



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Gislaine Luvizão

**Avaliação do Ciclo de Vida de Pavimentos: Análise Comparativa Entre Diferentes
Alternativas de Restauração a Partir de Estudos de Casos**

Florianópolis
2023

Gislaine Luvizão

**Avaliação do Ciclo de Vida de Pavimentos: Análise Comparativa Entre Diferentes
Alternativas de Restauração a Partir de Estudos de Casos**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa
Catarina como requisito parcial para a obtenção do título
de Doutora em Infraestrutura e Geotecnia.

Orientador(a): Prof. Glicério Trichês, Dr.(a)

Florianópolis

2023

Luvizão, Gislaine

Avaliação do Ciclo de Vida de Pavimentos : Análise Comparativa Entre Diferentes Alternativas de Restauração a Partir de Estudos de Casos / Gislaine Luvizão ; orientador, Glicério Trichês, 2023.

519 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Civil. 2. LCA. 3. LCCA. 4. HDM-4. 5. Pavimentos. I. Trichês, Glicério. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Gislaine Luvizão

Avaliação do Ciclo de Vida de Pavimentos: Análise Comparativa Entre Diferentes Alternativas de Restauração a Partir de Estudos de Casos

O presente trabalho em nível de Doutorado foi avaliado e aprovado, em 31 de maio de 2023, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Profa. Liedi Légi Bariani Bernucci, Dra.
Universidade de São Paulo - USP

Prof. Jorge Augusto Pereira Ceratti, Dr.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - FURGS

Profa. Liseane Padilha Thives, Dra.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Prof. Sebastião Roberto Soares, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil atribuído pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Insira neste espaço a
assinatura digital

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Insira neste espaço a
assinatura digital

Prof. Glicério Trichês, Dr.
Orientador

Florianópolis, 2023.

Dedico esta tese a minha família e a todos que de alguma forma ajudaram durante a caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelas oportunidades que me foram concedidas e por me permitir finalizar mais uma etapa importante da minha vida pessoal e profissional.

Agradeço, com grande amor a minha família, em especial aos meus pais, Claudemar Marcos Luvizão e Iracy Lourdes Luvizão, pelas grandes lições de vida e seus ensinamentos, nunca mediram esforços para me proporcionar e incentivar os estudos. Essa conquista também é de vocês! Aos meus irmãos, Maksuel e Samuel, por me proporcionarem grandes momentos juntos.

Ao meu orientador e amigo, professor Glicério Trichês, pelo conhecimento compartilhado, pela competência e apoio disponibilizados. Meu sincero agradecimento pelo tempo dedicado e por ter possibilitado meu aperfeiçoamento técnico. Meu profundo reconhecimento e admiração!

Ao Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, em especial o engenheiro civil André Nunes por ter possibilitado o uso do *software* HDM-4 e o engenheiro civil e colega de doutorado Huri Raimundo por permitir a utilização das dependências do DNIT em São José-SC, o meu muito obrigada. Além dos demais colaboradores do escritório de Joaçaba e São José.

Aos Amigos pelo apoio, compreensão e principalmente força nas horas difíceis. Em especial aos colegas e amigos dos cursos de engenharia civil da Unoesc, Fabiano, Jhulis, Maiara e Scheila.

Aos alunos dos cursos de Engenharias e Arquitetura da Unoesc, pela compreensão nos momentos de ausência nas aulas ou atividades.

A todos os professores e colegas da pós-graduação, pelos seus ensinamentos e experiências compartilhadas. Em especial a doutoranda, colega de trabalho na Unoesc e amiga, Gabriela Ceccon Carlesso Grando pelos trabalhos compartilhados, noites em claro na troca de informações e nas lamentações, muito obrigada por toda ajuda e apoio.

Aos professores, Liedi Légi Bariani Bernucci, Liseane Padilha Thives e Sebastião Roberto Soares, pela participação na banca de qualificação e pelas contribuições dadas.

Aos professores, Jorge Augusto Pereira Ceratti, Liedi Légi Bariani Bernucci, Liseane Padilha Thives e Sebastião Roberto Soares, pela disponibilidade em compartilhar ideias e contribuir na avaliação como membros da banca examinadora de defesa.

À Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unoesc) por permitir minha capacitação, juntamente com a jornada de trabalho nos cursos de graduação, na pesquisa e na extensão.

À Universidade Federal de Santa Catarina e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) pela oportunidade e contribuição na minha formação.

A realização desse trabalho não seria possível sem a contribuição e apoio de um considerável número de pessoas e instituições. Por isso, agradeço a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que eu conseguisse concluir esse, que foi um dos meus maiores desafios.

Muito obrigada!

RESUMO

No Brasil, o transporte de pessoas (95%) e cargas (65%) é dependente do modo rodoviário. Entretanto, as condições de trafegabilidade deixam a desejar, principalmente devido à falta de gestão para aplicação dos investimentos em restaurações e manutenções, resultando em elevados custos do transporte e impactos ao meio ambiente. A avaliação do ciclo de vida mostra-se como uma ferramenta para auxiliar os gestores na tomada de decisões, juntamente com o estudo de desempenho da estrutura e o conhecimento dos processos e materiais. Neste sentido, esta pesquisa busca apresentar parâmetros que auxiliem na tomada de decisão quanto à escolha da melhor opção de restauração, frente aos impactos ambientais e econômicos por meio da metodologia de avaliação do ciclo de vida. Para tanto, para aplicação da metodologia concebida, foram avaliadas três rodovias do estado de Santa Catarina, SC355 J/BR153 (tráfego médio), SC114 P/SJ (tráfego médio) e a SC114 L/OC (tráfego elevado). Inicialmente, analisaram-se as características geométricas, técnicas e de desempenho das obras. Adotando período de avaliação de 30 anos, a partir da primeira intervenção no pavimento deteriorado, foram modelados os dados empregando-se o *software* HDM-4 e considerando as calibrações para a região sul do Brasil. Foram definidas as alternativas de restaurações e manutenções, além da periodicidade de aplicação em cada rodovia. Para a SC355 J/BR153, aplicou-se a alternativa de reforço estrutural, comparando-a com a alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento Portland. Na SC114 P/SJ, foram comparadas as alternativas reforço estrutural, reciclagem profunda com adição de cimento Portland e fresagem contínua com recomposição do revestimento em HiMA (*Highly Modified Asphalt*). Da mesma forma para a SC114 L/OC, comparou-se reforço estrutural com reciclagem profunda com adição de cimento e incluiu-se a técnica *Whitetopping*. Para todas as abordagens utilizaram-se as manutenções do tipo FD+RC (fresagem descontínua com recomposição) e FD+RC+M (fresagem descontínua com recomposição e microrrevestimento). Para o pavimento rígido, incluiu-se selagem de juntas e trincas. Quantificaram-se os consumos para execução de cada etapa, com base na composição do sistema de custos referenciais de obras do DNIT (Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes). Procedeu-se com o inventário do ciclo de vida de cada alternativa, empregando-se o *software* OpenLCA e o banco de dados ecoinvent, e modelaram-se as etapas de construção, restaurações iniciais, cada uma das restaurações e manutenções ao longo do período de análise, complementando com o final dos 30 anos de ciclo. Obtiveram-se os impactos gerados por cada sistema em cada etapa construtiva, utilizando o método CML 2001, sendo possível comparar as alternativas em cada categoria de impacto, sendo elas, acidificação, mudanças climáticas, eutrofização, ecotoxicidade aquática de água doce, ecotoxicidade de sedimentos de água doce, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade de sedimentos marinhos, oxidação fotoquímica e ecotoxicidade terrestre. A análise foi finalizada com a avaliação dos custos para implantação da restauração inicial, ao longo do período de avaliação e o total em 30 anos. Os resultados mostraram que rodovias com tráfego elevado além de demandarem estruturas mais robustas também necessitaram de um maior número de intervenções ao longo do ciclo comparadas com rodovias de tráfego médio. Além do tráfego, as condições iniciais dos pavimentos deteriorados interferem na adoção das técnicas de aplicação, nas espessuras das camadas e nos materiais utilizados, resultando em diferentes quantidades de impactos ambientais, consumos e custos para a conservação da estrutura. Identificou-se que a abordagem reforço estrutural demanda 60% mais diesel e óleos combustíveis em relação à alternativa de reciclagem com adição de cimento. Os impactos totais gerados em 30 anos para a abordagem reciclagem resultaram em aproximadamente 46% menos impacto que a abordagem reforço estrutural, tanto para rodovia de médio e como para a de elevado volume de tráfego, sendo necessária análise ano a ano para identificar a partir de que

período se torna vantajoso uma ou outra alternativa de restauração. A alternativa contemplando o HiMA apresentou uma redução de 23% em relação a alternativa de reforço para tráfego médio e o *Whitetopping*, 87% menos em comparação com o reforço. As rodovias de fluxo médio apresentaram impactos semelhantes para reciclagem e diferença de 5% para o reforço. Porém, ao se comparar com a rodovia de tráfego alto, a geração de impactos ambientais é o dobro do quantificado para rodovia de tráfego médio. Os custos obtidos estão relacionados com as técnicas adotadas, o desempenho da estrutura, as cargas impostas e os consumos. A reciclagem profunda com adição de cimento se mostrou 50% mais econômica que o reforço para a SC355 J/BR153 e a SC114 P/SJ, enquanto a alternativa do *Whitetopping*, se mostrou, aproximadamente, 53% mais econômica em relação ao reforço. Ao comparar os consumos, impactos e custos obtidos nos estudos de caso apresentados, pode-se concluir que os projetos de restauração de rodovias de tráfego médio e alto, devem abranger análises de desempenho das possíveis técnicas em períodos longos (por exemplo 20 a 30 anos), além de avaliar os impactos ambientais que cada abordagem gera e os custos necessários para a restauração inicial somado a todas as restaurações e manutenções ao longo do período de análise.

Palavras-chave: restauração; HDM-4; reforço estrutural; reciclagem profunda; Whitetopping; HiMA; avaliação do ciclo de vida; OpenLCA.

ABSTRACT

In Brazil, the transport of people (95%) and cargo (65%) is dependent on road transport. However, the trafficability conditions leave something to be desired, mainly due to the lack of management for the application of investments in restorations and maintenance, resulting in high transport costs and impacts on the environment. The life cycle assessment proves to be a tool to assist managers in decision making, along with the study of structure performance and knowledge of processes and materials. In this sense, this research seeks to present parameters that help in decision making regarding the choice of the best restoration option, in view of the environmental and economic impacts through the life cycle assessment methodology. Therefore, to apply the conceived methodology, three highways in the state of Santa Catarina were evaluated, SC355 J/BR153 (medium traffic), SC114 P/SJ (medium traffic) and SC114 L/OC (heavy traffic). Initially, the geometric, technical and performance characteristics of the works were analyzed. Adopting an evaluation period of 30 years, starting from the first intervention on the deteriorated pavement, the data were modeled using the HDM-4 software and considering the calibrations for the southern region of Brazil. Alternatives for restoration and maintenance were defined, in addition to the periodicity of application on each road. For the SC355 J/BR153, the alternative of structural reinforcement was applied, comparing it with the alternative of deep recycling with addition of Portland cement. On the SC114 P/SJ, the alternatives structural reinforcement, deep recycling with the addition of Portland cement and continuous milling with recombination of the coating in HiMA (Highly Modified Asphalt) were compared. Similarly for SC114 L/OC, structural reinforcement was compared with deep recycling with addition of cement and the Whitetopping technique was included. For all approaches, maintenance of the type FD+RC (discontinuous milling with recombination) and FD+RC+M (discontinuous milling with recombination and micro-coating) was used. For rigid pavement, joint and crack sealing was included. Consumption for the execution of each stage was quantified, based on the composition of the DNIT (National Department of Transport Infrastructure) reference cost system for works. An inventory of the life cycle of each alternative was carried out, using the OpenLCA software and the ecoinvent database, and the stages of construction, initial restorations, each of the restorations and maintenance over the period of analysis, complementing with the end of the 30-year cycle. The impacts generated by each system in each construction stage were obtained, using the CML 2001 method, making it possible to compare the alternatives in each impact category, namely, acidification, climate change, eutrophication, freshwater aquatic ecotoxicity, sediment ecotoxicity freshwater, human toxicity, marine aquatic ecotoxicity, marine sediment ecotoxicity, photochemical oxidation, and terrestrial ecotoxicity. The analysis was finalized with the evaluation of the costs for the implantation of the initial restoration, throughout the evaluation period and the total in 30 years. The results showed that high-traffic roads, in addition to demanding more robust structures, also required a greater number of interventions throughout the cycle compared to medium-traffic roads. In addition to traffic, the initial conditions of deteriorated pavements interfere with the adoption of application techniques, the thickness of the layers and the materials used, resulting in different amounts of environmental impacts, consumption and costs for the conservation of the structure. It was identified that the structural reinforcement approach demands 60% more diesel and fuel oils compared to the recycling alternative with the addition of cement. The total impacts generated in 30 years for the recycling approach resulted in approximately 46% less impact than the structural reinforcement approach, both for medium and high-volume roads, requiring year-by-year analysis to identify from what period becomes advantageous one or another restoration alternative. The alternative contemplating the HiMA presented a reduction of 23% in relation to the reinforcement alternative for medium traffic and

Whitetopping, 87% less in comparison with the reinforcement. Medium flow highways showed similar impacts for recycling and a 5% difference for reinforcement. However, when compared to the high-traffic road, the generation of environmental impacts is twice that quantified for the medium-traffic road. The costs obtained are related to the techniques adopted, the performance of the structure, the imposed loads and consumption. Deep recycling with addition of cement proved to be 50% more economical than reinforcement for SC355 J/BR1 53 and SC114 P/SJ, while the Whitetopping alternative proved to be approximately 53% more economical in relation to reinforcement. By comparing consumption, impacts and costs obtained in the case studies presented, it can be concluded that restoration projects for medium and high traffic highways should include performance analyzes of possible techniques over long periods (for example, 20 to 30 years), in addition to assessing the environmental impacts that each approach generates and the costs required for the initial restoration plus all restorations and maintenance throughout the analysis period.

Keywords: restoration; HDM-4; structural reinforcement; deep recycling; Whitetopping; highly modified asphalt; life cycle assessment; OpenLCA.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1: Etapas da estrutura de uma Avaliação do Ciclo de Vida | 49 |
| Figura 2: Estrutura geral de um método de avaliação de impactos | 51 |
| Figura 3: Contribuição relativa de diferentes fases e subfases do ciclo de vida para os impactos ambientais totais devido ao uso de mistura betuminosa com 2,0 % de CR..... | 66 |
| Figura 4: Uso de valores de CO ₂ e para aplicação em LCA..... | 67 |
| Figura 5: Matriz elétrica no Brasil e no mundo..... | 69 |
| Figura 6: Tendências de desenvolvimento do IRI conforme previsto no MEPDG..... | 70 |
| Figura 7: Progressão das emissões induzidas por IRI ao longo da idade do pavimento com base nos níveis de confiabilidade de 50% e 95%..... | 72 |
| Figura 8: Variação do excesso de consumo de combustível no nível de confiança de 95% em função de (a): velocidade a T=10°C+/-10°C; (b): velocidade a T=30°C+/-10°C (c): temperatura a c =100 Km/h..... | 72 |
| Figura 9: Impacto da Velocidade do Veículo na Emissão de CO ₂ | 73 |
| Figura 10: Possível uso de estratégias de operação de tráfego na redução das emissões de CO ₂ na estrada..... | 74 |
| Figura 11: Variação da refletância solar no concreto asfáltico convencional e no concreto de cimento Portland com o tempo de uso..... | 76 |
| Figura 12: Refletância solar e temperatura superficial dos revestimentos | 77 |
| Figura 13: Comparação de PAG e contribuição de diferentes fases | 79 |
| Figura 14: Período de análise para uma alternativa de projeto de pavimento | 80 |
| Figura 15: Sistema de pavimento adotado no Brasil | 81 |
| Figura 16: Tipos de pavimentos construídos no Brasil | 82 |
| Figura 17: Modelos de fadiga para misturas estabilizadas com cimento | 88 |
| Figura 18: Curvas de fadiga de misturas asfálticas de alto desempenho..... | 88 |
| Figura 19: Fluxograma do Método do trabalho..... | 97 |
| Figura 20: Localização geográfica das rodovias estudadas..... | 98 |
| Figura 21: Arquitetura do sistema HDM-4..... | 103 |
| Figura 22: Alternativas de restauração inicial adotadas na SC355 J/BR153 | 106 |
| Figura 23: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC355 J/BR153).... | 109 |
| Figura 24: Alternativas de restauração inicial adotadas na SC114 P/SJ | 111 |
| Figura 25: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC114 P/SJ)..... | 113 |
| Figura 26: Alternativas de restauração inicial adotadas na SC114 L/OC | 115 |

| | |
|---|-----|
| Figura 27: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC114 L/OC)..... | 117 |
| Figura 28: Organização dos estudos de caso nas simulações no software HDM-4..... | 121 |
| Figura 29: Dados obtidos no sistema de custos referenciais de obras – SICRO2 | 123 |
| Figura 30: Fluxograma dos equipamentos, mão de obra, materiais e transporte para execução de revestimento asfáltico..... | 125 |
| Figura 31: Geometria da via considerada na LCA para construção, restauração e manutenção | 163 |
| Figura 32: Etapas consideradas na modelagem ambiental | 165 |
| Figura 33: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC355 JBR153 | 271 |
| Figura 34: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC114 PSJ | 272 |
| Figura 35: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC114 LOC | 273 |
| Figura 36: Proposta de metodologia para avaliação LCA e LCCA | 281 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| Quadro 1: Principais poluentes gasosos | 45 |
| Quadro 2: Resumo dos principais métodos de AICV | 52 |
| Quadro 3: Categorias de impacto usuais | 55 |
| Quadro 4: Resumo das alternativas de restauração das rodovias utilizadas no estudo | 99 |
| Quadro 5: Critérios e custos de restaurações..... | 104 |
| Quadro 6: Qualidade de Rolamento em IRI (m/km) | 105 |
| Quadro 7: Critérios e custos para manutenções..... | 105 |
| Quadro 8: Programa de intervenções para a SC355 J/BR153 ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4) | 110 |
| Quadro 9: Programa de intervenção para a SC114 P/SJ ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4) | 114 |
| Quadro 10: Programa de intervenções para a SC114 L/OC ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4) | 118 |
| Quadro 11: Inventário dos serviços executados | 124 |
| Quadro 12: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reciclagem na SC355 J/BR153 | 126 |
| Quadro 13: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reforço na SC 355 J/BR 153 | 128 |
| Quadro 14: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reciclagem na SC 114 P/SJ . | 135 |
| Quadro 15: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reforço na SC 114 P/SJ | 136 |
| Quadro 16: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de fresagem com recomposição de camada SAMI e reforço com HiMA na SC114 P/SJ..... | 137 |
| Quadro 17: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reciclagem na SC114 L/OC | 144 |
| Quadro 18: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reforço na SC114 L/OC | 145 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 19: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de <i>Whitetopping</i> na SC114 L/OC | 147 |
| Quadro 20: Espessuras das camadas estruturais na construção das rodovias..... | 169 |
| Quadro 21: Total impacto para construção da SC355 J/BR153 | 170 |
| Quadro 22: Total impacto para construção da SC114 P/SJ..... | 172 |
| Quadro 23: Total impacto para construção da SC114 L/OC..... | 175 |
| Quadro 24: Impacto total para cada categoria de impacto considerada, no processo de construção das rodovias estudadas | 177 |
| Quadro 25: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço Estrutural” na SC355 J/BR153 | 180 |
| Quadro 26: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC355 J/BR153 | 182 |
| Quadro 27: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC75” na SC355 J/BR153 | 184 |
| Quadro 28: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC90” na SC355 J/BR153 | 185 |
| Quadro 29: Total de impacto gerado para a execução das alternativas de restauração aplicadas na SC355 J/BR153..... | 187 |
| Quadro 30: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço estrutural” na SC114 P/SJ | 190 |
| Quadro 31: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC114 P/SJ.. | 192 |
| Quadro 32: Total de impacto para aplicação da restauração “HiMA” na SC114 P/SJ | 194 |
| Quadro 33: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC70” na SC114 P/SJ | 196 |
| Quadro 34: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC90” na SC114 P/SJ | 197 |
| Quadro 35: Total de impacto gerado para a execução das alternativas de restauração aplicadas na SC114 P/SJ..... | 199 |
| Quadro 36: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço estrutural” na SC114 L/OC | 202 |
| Quadro 37: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC114 L/OC | 205 |
| Quadro 38: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC110” na SC114 L/OC | 207 |
| Quadro 39: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC140” na SC114 L/OC | 208 |
| Quadro 40: Total de impacto para aplicação da restauração “ <i>Whitetopping</i> ” na SC114 L/OC | 210 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 41: Total de impacto para aplicação da restauração Substituição de juntas na SC114 L/OC | 212 |
| Quadro 42: Total de impacto gerado para a execução das técnicas de restauração aplicadas na SC114 L/OC | 213 |
| Quadro 43: LCA Restaurações iniciais para todas as rodovias | 216 |
| Quadro 44: Total de impacto para aplicação das manutenções adotadas nos três estudos de caso | 220 |
| Quadro 45: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC355 J/BR153..... | 222 |
| Quadro 46: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC355 J/BR153..... | 224 |
| Quadro 47: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC355 J/BR153..... | 225 |
| Quadro 48: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 P/SJ | 227 |
| Quadro 49: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 P/SJ | 228 |
| Quadro 50: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “HiMA” para a SC114 P/SJ..... | 230 |
| Quadro 51: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 P/SJ | 232 |
| Quadro 52: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 L/OC | 234 |
| Quadro 53: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 L/OC | 235 |
| Quadro 54: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Whitetopping” para a SC114 L/OC..... | 237 |
| Quadro 55: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 L/OC | 238 |
| Quadro 56: Impactos totais ao longo do ciclo de vida estudado | 240 |
| Quadro 57: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC355 J/BR153 | 250 |
| Quadro 58: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 P/SJ..... | 252 |
| Quadro 59: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 L/OC – SICRO2 | 255 |

| | |
|---|-----|
| Quadro 60: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 L/OC - SICRO | 256 |
| Quadro 61: Custos totais com reajustes SC114 L/OC – SICRO2 e SICRO | 259 |
| Quadro 62: Número de intervenções necessárias ao longo dos 30 anos de estudo..... | 263 |
| Quadro 63: Impactos gerados pelas restaurações iniciais | 267 |
| Quadro 64: Impactos gerados ao longo dos 30 anos de ciclo de análise..... | 269 |
| Quadro 65: Volume de tráfego inicial e final das rodovias estudadas | 277 |
| Quadro 66: Condições iniciais do pavimento deteriorado..... | 278 |
| Quadro 67: Abordagens adotadas em função dos parâmetros analisados | 279 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1: Faixas de valores levantados em pesquisas nacionais para energia incorporada e emissões incorporadas dos materiais no Brasil..... | 59 |
| Tabela 2: Condições técnicas mínimas exigidas para rodovias..... | 84 |
| Tabela 3: Correlação entre os indicadores de condições superficiais dos pavimentos..... | 85 |
| Tabela 4: Coeficientes de calibração..... | 91 |
| Tabela 5: Frota veicular e taxa de crescimento anual..... | 101 |
| Tabela 6: Classificação do tráfego quanto volume médio diário anual..... | 101 |
| Tabela 7: Características da unidade funcional de cada rodovia estudada..... | 101 |
| Tabela 8: Características de geometria e de velocidade das rodovias estudadas | 102 |
| Tabela 9: Histórico de intervenções | 102 |
| Tabela 10: Condições das superfícies dos pavimentos das rodovias estudados..... | 102 |
| Tabela 11: Categorias de impacto consideradas na LCIA..... | 169 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--|-----|
| Gráfico 1: Evolução do IRI na SC355 J/BR153 | 107 |
| Gráfico 2: Evolução da área trincada SC 355 J/BR153..... | 108 |
| Gráfico 3: Evolução do IRI na SC114 P/SJ..... | 112 |
| Gráfico 4: Evolução da área trincada na SC114 P/SJ (HDM-4) | 112 |
| Gráfico 5: Evolução do IRI na SC114 L/OC..... | 115 |
| Gráfico 6: Evolução da área trincada na SC114 L/OC..... | 116 |
| Gráfico 7: Evolução das falhas em pavimentos rígidos SC114 L/OC | 118 |
| Gráfico 8: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC355 J/BR153 – 30 anos | 130 |
| Gráfico 9: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC355 J/BR153 - 30 anos..... | 131 |
| Gráfico 10: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC355 J/BR153 – 30 anos | 132 |
| Gráfico 11: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC114 P/SJ – 30 anos | 139 |
| Gráfico 12: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC114 P/SJ - 30 anos..... | 140 |
| Gráfico 13: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC114 P/SJ – 30 anos | 141 |
| Gráfico 14: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC114 L/OC – 30 anos | 149 |
| Gráfico 15: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC114 L/OC - 30 anos..... | 150 |
| Gráfico 16: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC114 L/OC – 30 anos | 152 |
| Gráfico 17: Comparativo de consumo de diesel nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 153 |
| Gráfico 18: Comparativo de consumo de óleo combustível nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 154 |
| Gráfico 19: Comparativo de consumo de energia nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 155 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 20: Comparativo de consumo de mistura asfáltica nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 156 |
| Gráfico 21: Comparativo de consumo de CAP nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 157 |
| Gráfico 22: Comparativo de consumo de cimento Portland nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos | 158 |
| Gráfico 23: Comparativo de consumo de agregados para mistura asfáltica nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos..... | 158 |
| Gráfico 24: Geração de resíduos nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos..... | 160 |
| Gráfico 25: Total impacto para construção da SC355 J/BR153..... | 170 |
| Gráfico 26: Total impacto para construção da SC114 P/SJ..... | 173 |
| Gráfico 27: Total impacto para construção da SC114 L/OC..... | 175 |
| Gráfico 28: Impacto relativo para cada categoria de impacto gerado na construção | 177 |
| Gráfico 29: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço Estrutural” na SC355 J/BR153..... | 180 |
| Gráfico 30: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC355 J/BR153 | 182 |
| Gráfico 31: Contribuição de cada etapa para execução da restauração FC+RC75 na SC355 J/BR153 | 184 |
| Gráfico 32: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC90” na SC355 J/BR153 | 186 |
| Gráfico 33: Impacto total relativo por alternativa de restauração para cada categoria de impacto SC355 J/BR153..... | 187 |
| Gráfico 34: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço estrutural” na SC114 P/SJ | 190 |
| Gráfico 35: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC114 P/SJ | 193 |
| Gráfico 36: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “HiMA” na SC114 P/SJ | 195 |
| Gráfico 37: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC70” na SC114 P/SJ | 196 |
| Gráfico 38: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC90” na SC114 P/SJ | 198 |

| | |
|--|-----|
| Gráfico 39: Impacto total relativo por alternativa de restauração para cada categoria de impacto SC114 P/SJ | 199 |
| Gráfico 40: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço estrutural” na SC114 L/OC | 203 |
| Gráfico 41: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC114 L/OC | 205 |
| Gráfico 42: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC110” na SC114 L/OC | 207 |
| Gráfico 43: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC140” na SC114 L/OC | 209 |
| Gráfico 44: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Whitetopping” na SC114 L/OC | 210 |
| Gráfico 45: Impacto total relativo por técnica de restauração para cada categoria de impacto SC114 L/OC | 213 |
| Gráfico 46: LCA Restaurações iniciais para todas as rodovias, com impactos relativos..... | 217 |
| Gráfico 47: Total de impacto para aplicação das manutenções – impactos relativos | 221 |
| Gráfico 48: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC355 J/BR153..... | 222 |
| Gráfico 49: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC355 J/BR153..... | 224 |
| Gráfico 50: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC355 J/BR153..... | 226 |
| Gráfico 51: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 P/SJ | 228 |
| Gráfico 52: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 P/SJ | 229 |
| Gráfico 53: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “HiMA” para a SC114 P/SJ..... | 231 |
| Gráfico 54: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 P/SJ | 232 |
| Gráfico 55: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 L/OC | 234 |
| Gráfico 56: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 L/OC | 236 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 57: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Whitetopping” para a SC114 L/OC..... | 237 |
| Gráfico 58: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 L/OC | 239 |
| Gráfico 59: Impactos totais relativos para as abordagens de cada estudo de caso | 240 |
| Gráfico 60: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto acidificação..... | 242 |
| Gráfico 61: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto mudanças climáticas | 242 |
| Gráfico 62: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto eutrofização..... | 243 |
| Gráfico 63: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade terrestre | 244 |
| Gráfico 64: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade aquática de água doce..... | 245 |
| Gráfico 65: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade de sedimentos de água doce..... | 245 |
| Gráfico 66: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha..... | 246 |
| Gráfico 67: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade de sedimentos marinha | 246 |
| Gráfico 68: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto toxicidade humana..... | 247 |
| Gráfico 69: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto oxidação fotoquímica..... | 247 |
| Gráfico 70: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC355 J/BR153 | 250 |
| Gráfico 71: Comparação de custos ao longo dos 30 anos - SC355 J/BR153..... | 251 |
| Gráfico 72: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 P/SJ..... | 253 |
| Gráfico 73: Comparação de custos ao longo dos 30 anos – SC114 P/SJ..... | 254 |
| Gráfico 74: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 L/OC..... | 256 |
| Gráfico 75: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 L/OC com correção pelo INCC | 257 |
| Gráfico 76: Comparação de custos ao longo dos 30 anos – SC114 L/OC | 258 |
| Gráfico 77: Comparação de custos entre as alternativas iniciais adotadas e entre as obras... | 260 |

| | |
|---|-----|
| Gráfico 78: Comparação de custos acumulados ao longo dos 30 anos de análise por abordagem e obra..... | 261 |
| Gráfico 79: Consumo de diesel, energia e óleo combustível no ano inicial e em 30 anos..... | 265 |
| Gráfico 80: Consumo de mistura asfáltica, ligantes e aglomerante no ano inicial e em 30 anos | 266 |
| Gráfico 81: Consumo de agregados no ano inicial e em 30 anos..... | 266 |
| Gráfico 82: Custo total para execução da primeira restauração | 274 |
| Gráfico 83: Custo total acumulado ao longo do período do ciclo de análise | 276 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

% - Porcentagem

°C - Graus Celsius

ABEDA - Associação Brasileira de Empresas Distribuidoras de Asfalto

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

ACCV - Avaliação do Custo do Ciclo de Vida

ACPA - American Concrete Pavement Association

ACV - Avaliação do Ciclo de Vida

ADP - Asfalto Diluído de Petróleo

AICV- Avaliação dos Impactos do Ciclo de Vida

ANA - Agência Nacional de águas

BGS - Brita Graduada Simples

BGTC - Brita Graduada Tratada com Cimento

B/C - Relação Benefício-Custo

BID - Banco Interamericano de Desenvolvimento

BR - Rodovia federal do Brasil

C₂H₆ - Etanol equivalente

CA - Concreto asfáltico

CA-B - Concreto asfáltico com asfalto borracha

CAP - Cimento asfáltico de petróleo

Cd - Cádmió

CCP - Concreto de Cimento Portland

CCR - Concreto Compactado a Rolo

CFC - Clorofluorcarbonetos

CH₃Br - Brometo de Metilo

CH₄ - Metano

cm - Centímetros

CNT - Confederação Nacional do Transporte

CO - Monóxido de carbono

CO₂ - Dióxido de carbono

CO₂eq - Dióxido de carbono equivalente

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente

COV - Compostos Orgânicos Voláteis

CPA - Camada porosa de atrito
CR - Borracha triturada
CREMA - Contratos de Restauração e Manutenção
CRCP - Continuously reinforced concrete
CRM - Crumb Rubber Modified
D - Diesel
D₀ - Deflexão média
dB - Decibel
DBO - Demanda Bioquímica de Oxigênio
Deg/km - Graus por quilômetro
DEINFRA - Departamento de infraestrutura de Santa Catarina
DMT - Distância média de transporte
DNER - Departamento Nacional de Estradas de Rodagem
DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte
DQO - Demanda Química de Oxigênio
E - Eletricidade
EIO-LCA - Economic Input Output Life Cycle Assessment
ELCD - European reference Life Cycle Database
EPE - Empresa de Pesquisa Energética
EUA - Estados Unidos da América
FC - Fresagem contínua
FD - Fresagem descontínua
FHWA - Federal Highway Administration
g/MJ - Grama por mega joule
GEE - Gases de Efeito Estufa
GER - Gross Energy Requirement
h - Hora
H₂ - Hidrogênio
H₂S - Sulfeto de hidrogênio
H₂SO₄ - Ácido Sulfúrico
HCl - Hidrácido halogenado
HCFC's - Hidroclorofluorcarbonetos
HDM-4 - Highway Development and Management
He - Helio

HF - Hidrofluorídrico
HiMA - Highly Modified Asphalt
HMA - Hot-mix asphalt
HNO₃ - Ácido nítrico
Ht - Horas trabalhadas
ICPF - Índice da Condição do Pavimento Flexível
IEA - International Energy Agency
IGG - Índice de Gravidade Global
ILCD - International Reference Life Cycle Data System
IP - Instrução de Projeto
IPP - Interação pneu-pavimento
IRI - International Roughness Index
IS - Instrução de Serviço
ISO - International Organization for Standardization
IUCN - International Union For Conservation of Nature
J/BR153 - Jaborá até Rodovia BR 153
JRC - Joint Research Centre
kg - Quilograma
km - Quilômetro
km/1.000 km² - Quilômetros de extensão por 1000 quilômetros quadrados de área
km/h - Quilômetro por hora
km/L - Quilômetro por litro
Kr - Criptônio
KW - Quilowatt
LCA - Life Cycle Analysis
LCCA - Life Cycle Cost Analysis
LCI - Inventário do Ciclo de Vida
LCIA - Life Cycle Impact Assessment
L/OC - Lages à Otacílio Costa
m - Metro
m² - Metro quadrado
m³ - Metro cúbico
m/km - Metro por quilometro
MJ - Mega Joule

MJ/kg - Mega joule por quilograma
mm - Milímetro
MMA - Ministério do Meio Ambiente
MP - Material particulado
MPa - Mega Pascal
MW - Quilowatt
MWh - Megawatts hora
N - Nitrogênio
N - Número
N₂O - Óxido nitroso
N₂O₅ - Pentóxido de dinitrogênio
NBR - Norma Brasileira Regulamentadora
Ne - Neônio
NH₃ - Amônia ou amoníaco
NH₄ - Amônio
Ni - Níquel
NMHC - Hidrocarboneto não metano
NO - Óxido de nitrogênio
NO₂ - Dióxido de nitrogênio
NO_x - Óxido de nitrogênio
NPS - Nível de pressão sonora
O - Oxigênio
O₃ - Ozônio
ONU - Organização das Nações Unidas
P - Fósforo
PAG - Potencial de Aquecimento Global
PAN - Peroxyacetyl nitrate
Pb - Chumbo
PCA - Portland Cement Association
PFC - Perfluorcarbono
pH - Potencial Hidrogeniônico
P/SJ - Painele à São Joaquim
PO₄ - Fosfato
PRO - Procedimento

QI - Quociente de Irregularidade
R\$ - Reais
R\$/kg - Reais por quilograma
R\$/km - Reais por quilômetro
RAP - Reclaimed Asphalt pavement
RC - Recomposição
RCD - Resíduo de Construção e Demolição
RD - Road Deterioration
RDWE - Road Deterioration and Works Effects
REPA - Resource and Environmental Profile Analysis
RSI - Modelo de impacto de rugosidade
RUC - Road User Costs
RUE - Road User Effects
SAMI - Stress Absorbing Membrane Interlayer
SBS - Estireno-Butadieno-Estireno
SC - Santa Catarina
SEE - Safety, Energy and Environmental Effects
SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemistry
SIE - Secretaria de Estado de Infraestrutura e Mobilidade
SICRO - Sistema de Custos Referenciais de Obras
SMA - Stone Mastic Asphalt
SO₂ - Dióxido de enxofre
SO₂eq - Dióxido de enxofre equivalente
SO₃ - Óxido sulfúrico, anidrido sulfúrico ou trióxido de enxofre
SO_x - Óxido de enxofre
SR - Relação entre a tensão de tração
t - Toneladas
TIR - Taxa Interna de Retorno
t.km - Tonelada vezes quilômetro
UF - Unidade Funcional
UFRGS - Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina
USACE - United States Army Corps of Engineers
USLCI - U.S. life cycle Inventory Database

USP - Universidade de São Paulo

VOC - Vehicle Operating Costs

VPL - Valor presente líquido

VSA - Valor da serventia atual

Xe - Xenônio

WE - Work Effects

SUMÁRIO

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1. | INTRODUÇÃO | 33 |
| 1.1. | JUSTIFICATIVA..... | 36 |
| 1.2. | OBJETIVOS | 39 |
| 1.2.1. | Objetivo Geral..... | 39 |
| 1.2.2. | Objetivos Específicos | 39 |
| 1.3. | HIPÓTESES DA TESE | 39 |
| 1.4. | ESTRUTURA DA TESE..... | 40 |
| 2. | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 44 |
| 2.1. | SUSTENTABILIDADE | 44 |
| 2.2. | AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA | 46 |
| 2.2.1. | Conceitos..... | 46 |
| 2.2.2. | Estrutura de LCA | 49 |
| 2.2.3. | Categorias de impacto | 54 |
| 2.2.3.1. | Mudanças climáticas ou aquecimento global..... | 56 |
| 2.2.3.2. | Acidificação | 57 |
| 2.2.3.3. | Eutrofização | 57 |
| 2.2.3.4. | Toxicidade humana e Ecotoxicidade | 58 |
| 2.2.3.5. | Oxidantes fotoquímicos | 58 |
| 2.3. | ENERGIA | 58 |
| 2.4. | AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (LCCA)..... | 59 |
| 2.5. | ESTUDOS DESENVOLVIDOS EM LCA | 63 |
| 2.5.1. | Tipos de materiais aplicados na estrutura dos pavimentos..... | 63 |
| 2.5.2. | Volume de tráfego..... | 67 |
| 2.5.3. | Matéria prima | 68 |
| 2.5.4. | Irregularidade | 69 |
| 2.5.5. | Velocidade de deslocamento..... | 72 |
| 2.5.6. | Ruído | 74 |
| 2.5.7. | Refletância | 75 |
| 2.5.8. | Equipamentos..... | 77 |
| 2.5.9. | Operação da rodovia..... | 78 |
| 2.5.10. | Período de análise..... | 79 |
| 2.6. | PAVIMENTO | 80 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 2.6.1. | Manutenção e restauração | 86 |
| 2.6.2. | Sistema HDM-4 | 89 |
| 2.7. | COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 91 |
| 3. | MÉTODO DO TRABALHO | 95 |
| 4. | ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES FUNCIONAIS | 98 |
| 5. | ETAPA 2 - PLANEJAMENTO DAS ESTRATÉGICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO COM O HDM-4 | 103 |
| 5.1. | INTERVENÇÕES NA RODOVIA SC355 J/BR153 | 105 |
| 5.2. | INTERVENÇÕES RODOVIA SC114 P/SJ | 110 |
| 5.3. | INTERVENÇÕES RODOVIA SC114 L/OC | 114 |
| 5.4. | COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ENTRE AS RODOVIAS E AS ALTERNATIVAS | 119 |
| 6. | ETAPA 3 - CONSUMOS DE MATERIAIS E de COMBUSTÍVEIS | 122 |
| 6.1. | PROCEDIMENTO DE OBTENÇÃO dos consumos..... | 122 |
| 6.2. | INVENTÁRIO SC355 J/BR153 | 125 |
| 6.2.1. | Reciclagem x reforço estrutural SC 355 J/BR153 | 129 |
| 6.3. | INVENTÁRIO SC114 P/SJ | 133 |
| 6.3.1. | Reciclagem x Reforço Estrutural x HiMA SC114 P/SJ | 138 |
| 6.4. | INVENTÁRIO SC114 L/OC | 142 |
| 6.4.1. | Reciclagem x Reforço Estrutural x <i>Whitetopping</i> SC 114 L/OC | 149 |
| 6.5. | AVALIAÇÃO DOS CONSUMOS..... | 152 |
| 7. | ETAPA 4 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA | 161 |
| 7.1. | OBJETIVO E ESCOPO DO ESTUDO | 161 |
| 7.2. | INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA..... | 167 |
| 7.3. | AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS | 168 |
| 7.4. | FASE de INTERPRETAÇÃO dos Resultados | 169 |
| 7.4.1. | Construção | 169 |
| 7.4.1.1. | Implantação da SC355 J/BR153 | 170 |
| 7.4.1.2. | Implantação da SC114 P/SJ | 172 |
| 7.4.1.3. | Implantação da SC114 L/OC | 174 |
| 7.4.1.4. | Comparação na geração de impactos na construção..... | 176 |
| 7.4.2. | Restaurações SC355 J/BR153 | 179 |
| 7.4.2.1. | Reforço estrutural SC355 J/BR153..... | 179 |
| 7.4.2.2. | Reciclagem SC355 J/BR153 | 181 |

| | | |
|---------------|---|------------|
| 7.4.2.3. | FC+RC75 SC355 J/BR153 | 183 |
| 7.4.2.4. | FC-RC90 SC355 J/BR153 | 185 |
| 7.4.2.5. | Comparação entre alternativas restauração da SC355 J/BR153 | 187 |
| 7.4.3. | Restaurações SC114 PSJ | 189 |
| 7.4.3.1. | Reforço estrutural SC114 P/SJ..... | 189 |
| 7.4.3.2. | Reciclagem SC114 P/SJ..... | 191 |
| 7.4.3.3. | HiMA SC114 P/SJ | 194 |
| 7.4.3.4. | FC+RC70 SC114 P/SJ | 195 |
| 7.4.3.5. | FC-RC90 SC114 P/SJ | 197 |
| 7.4.3.6. | Comparação entre as restaurações SC114 P/SJ | 199 |
| 7.4.4. | Restaurações SC114 L/OC | 202 |
| 7.4.4.1. | Reforço estrutural SC114 L/OC..... | 202 |
| 7.4.4.2. | Reciclagem SC114 L/OC..... | 204 |
| 7.4.4.3. | FC+RC110 SC114 L/OC | 206 |
| 7.4.4.4. | FC+RC140 SC114 L/OC | 208 |
| 7.4.4.5. | <i>Whitetopping</i> SC 114 L/OC..... | 209 |
| 7.4.4.6. | Substituição de juntas..... | 212 |
| 7.4.4.7. | Comparação entre restaurações SC114 L/OC..... | 212 |
| 7.4.5. | Restaurações iniciais..... | 216 |
| 7.4.6. | Manutenções..... | 220 |
| 7.4.7. | Ciclo completo SC355 J/BR153 | 221 |
| 7.4.8. | Ciclo completo SC114 P/SJ | 226 |
| 7.4.9. | Ciclo completo SC114 L/OC | 233 |
| 7.5. | COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS DE RESTAURAÇÕES – 30 ANOS..... | 240 |
| 8. | ETAPA 5 - AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA | 249 |
| 8.1. | SC355 J/BR153..... | 250 |
| 8.2. | SC114 P/SJ..... | 252 |
| 8.3. | SC114 L/OC..... | 255 |
| 8.4. | COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE AS RODOVIAS | 260 |
| 9. | ETAPA 6 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PARÂMETROS ABORDADOS..... | 263 |
| 9.1. | AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS | 263 |

| | | |
|------------|---|------------|
| 9.2. | AVALIAÇÃO DOS CONSUMOS DE MATERIAIS, ENERGIA E COMBUSTÍVEIS | 264 |
| 9.3. | AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS | 267 |
| 9.4. | AVALIAÇÃO DOS CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÕES E RESTAURAÇÕES | 274 |
| 9.5. | AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO | 276 |
| 9.6. | AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DAS CONDIÇÕES INICIAIS DO PAVIMENTO | 278 |
| 9.7. | PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO | 280 |
| 10. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 283 |
| 10.1. | CONCLUSÕES | 287 |
| 10.2. | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 288 |
| | REFERÊNCIAS..... | 290 |
| | APÊNDICE A – DADOS ESTUDOS DE CASO | 305 |
| | APÊNDICE B – LANÇAMENTO HDM-4 | 319 |
| | APÊNDICE C – INVENTÁRIO DOS CONSUMOS | 325 |
| | APÊNDICE D – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS | 337 |
| | APÊNDICE E – INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DAS INTERVENÇÕES ADOTADAS | 338 |
| | APÊNDICE F – PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS | 500 |

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico, político e social de qualquer país está ligado à sua infraestrutura, principalmente a de transportes. O Brasil, sendo um país dependente do setor rodoviários para o transporte de passageiros (95%) e de cargas (65%), torna a qualidade das vias essencial para o bom uso, garantindo o direito fundamental de ir e vir de seus cidadãos, além de economicidade para a atividade (CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT, 2022).

Em relação ao desenvolvimento, a consciência ambiental se estende a segmentos cada vez mais amplos da sociedade, cobrando-se atitudes sustentáveis em cada setor. Dentro do âmbito rodoviário, onde as rodovias estão constantemente recebendo ação do tráfego e do meio ambiente, reduzindo a durabilidade do pavimento, há necessidade constante de intervenções para garantia de segurança, conforto e economicidade aos usuários. Estas intervenções, umas mais que outras, geram consumo de energia e emissões implicando em pressão sobre recursos naturais, danos a flora, fauna e ao ser humano.

O investimento público federal em rodovias no Brasil teve elevado aumento entre 2006 e 2012, passando de 10,78 para 27,03 bilhões de reais (autorizados). Desde então, esses valores só decresceram, sendo que em 2019 o investimento foi de 6,2 bilhões de reais. Por outro lado, os recursos destinados às manutenções e restaurações aumentaram em relação às construções novas, mostrando a preocupação em manter as estruturas existentes (CNT, 2022).

Para a melhor distribuição dos investimentos dentro das restrições orçamentárias vivenciadas nas últimas décadas, é necessário um sistema de gestão que busque, além da aplicação dos investimentos, agregação de conceitos de sustentabilidade, propiciando que a exploração e operação de um sistema viário ocorra dentro de um equilíbrio entre o meio ambiente, a sociedade e a economia. As tomadas de decisões quanto às alternativas de intervenção para a recuperação da capacidade estrutural da rodovia devem atender à necessidade atual por demanda de transporte sem comprometer as gerações futuras, adotando-se gerenciamento e reaproveitamento de rejeitos (sólidos e líquidos), reduzindo a exploração de matérias-primas, as emissões e os gastos com energia, garantindo a durabilidade da intervenção e o retorno do investimento.

As condições inadequadas das rodovias pavimentadas e a falta de pavimentação em outras, com buracos, trincas, ondulações, trilha de roda e desgastes, levam ao aumento do custo operacional dos veículos, das emissões atmosféricas e do tempo de viagem, além de potencializar a ocorrência de acidentes. Impactando em perdas na quantidade e qualidade de

produtos, reduzindo renda do produtor, transportador e aumento de custo ao consumidor e também na assistência médica e seguridade social do estado.

As alternativas de intervenção para a recuperação da capacidade estrutural de uma rodovia, dependendo do tráfego previsto para o novo ciclo, podem contemplar a simples colocação de camada de revestimento novo até a reconstrução parcial do pavimento, contemplando ou não a reciclagem dos materiais. Além disso, pode-se adotar alternativas com previsibilidade de vida útil variando de 10 a 20 anos, em geral, empregam-se 10 anos para projetos, segundo as normas e manuais vigentes. Diante deste leque de alternativas, é intuitivo que haverá alternativas, com mesma equivalência estrutural, com menor investimento de recursos, com menor consumo de energia, com menor emissões, com menor impacto ao morador lindeiro e ao tráfego e com maior condição de reaproveitamento de materiais no final da vida útil.

Há uma diversidade de legislações para aplicação em avaliação dos impactos ambientais, além de publicações com quadros orientativos quanto à forma de avaliação qualitativa e quantitativa, porém são poucas as estratégias de manutenção ou projetos globais que atendam toda a vida do empreendimento. A maioria dos estudos trazem resultados parciais, considerando apenas algumas etapas do ciclo de vida.

A metodologia de análise através da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) ou *Life Cycle Analysis* (LCA) é uma ferramenta aplicável para se atingir o panorama completo de um produto ou processo, pois padroniza unidades funcionais, delimitando o escopo do estudo e as fronteiras de análise, além de proporcionar melhor qualidade de confiabilidade nos resultados obtidos.

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora ISO 14041 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014) a LCA avalia os aspectos e impactos ambientais desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final, ou seja, “do berço ao túmulo”. O período de análise depende do objetivo a ser alcançado e do escopo definido. Para isso não há um método único para conduzir um estudo em LCA. Não tem enfoque na definição de impactos ambientais absolutos ou precisos, mas sim, em impactos ambientais potenciais. Portanto, é necessário sempre comparar as diferentes possibilidades de aplicação.

A LCA é indicada para uso na identificação de possíveis processos construtivos, processos de manutenção e restauração e, auxilia na tomada de decisões por parte do planejamento estratégico e nas definições de materiais e ferramentas. É uma técnica completa que pode auxiliar os gestores no gerenciamento dos investimentos, aliado aos estudos de desempenho das estruturas e o conhecimento dos processos e materiais.

A seleção de uma estrutura de pavimento mais adequada para uma determinada rodovia deve sempre ser definida por dois aspectos principais: o embasamento técnico, que deve conter as soluções mais adequadas à intervenção considerando as condições de suporte, da disponibilidade de materiais e de solicitações do tráfego; a avaliação econômica, que deve subsidiar a decisão com ferramentas que possibilitem mensurar tanto os custos de implantação e manutenção quanto os custos associados aos usuários (SANTOS, 2011). Uma ferramenta que vem sendo aplicada desde os anos de 2000 para a análise de viabilidade das soluções de manutenção e restauração, quanto ao desempenho técnico e econômico é o HDM4 (*Highway Development and Management*).

A Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (ACCV) ou *Life Cycle Cost Analysis* (LCCA) é uma ferramenta aliada a LCA que considera além dos impactos ambientais os custos necessários para o desempenho adequado da estrutura. O uso concomitante da LCA e da LCCA se torna uma ferramenta valiosa para a atuação da boa engenharia e auxilia na tomada de decisão por parte dos gestores.

O setor da construção rodoviária tem elevada importância econômica e social no desenvolvimento do País, aliado aos graves impactos ambientais que suas obras podem gerar. A falta de subsídios disponíveis aos órgãos públicos para embasar as decisões, atrelado ao tradicionalismo e atraso tecnológico, necessitando de atualização de processos, os quais permitam a classificação e quantificação dos impactos ambientais gerados. Uma ferramenta que permite a quantificação desses impactos ambientais tanto de produtos, processos e serviços é a metodologia de LCA.

Os órgãos rodoviários, de maneira geral, não detêm autonomia para definir a aplicação dos recursos financeiros para conservação e manutenção da sua malha rodoviária. Isso é feito por gestores da área financeira, sem maiores conhecimentos técnicos sobre o desempenho de pavimentos e das suas alternativas de recuperação. Por isso, utilizam de normativas nacionais e internacionais para as tomadas de decisões. Contudo, os mais variados métodos de dimensionamento de alternativas de restauração baseiam-se em modelos que, muitas vezes, não representam a realidade local, contemplando apenas as condições atuais da estrutura, sem levar em consideração a estrutura desejada ao final da vida útil e muito menos as intervenções necessárias ao longo do ciclo, de forma a garantir, constantemente, a qualidade da via.

As tomadas de decisões estão norteadas pelos custos envolvidos, porém, preponderantemente, avaliam-se apenas os custos iniciais de implantação, além da adoção do ciclo de vida curto, de aproximadamente 10 anos, por exemplo, sem levar em consideração os

custos com operação e manutenções, da mesma forma que não consideram nas projeções o reaproveitamento dos materiais como matéria prima para possíveis restaurações.

Portanto, a incorporação de uma ferramenta de análise de ciclo de vida e de análise do custo do ciclo de vida, com embasamento técnico confiável que expresse o estado atual e futuro da malha, considerando as características estruturais, funcionais, ambientais e principalmente econômicas ao longo de todo o ciclo de vida da rodovia projetada, poderia contribuir de forma racional a alocação de recursos considerando as restrições orçamentaria no tempo. A falta de planejamento técnico e econômico, além de conhecimento, posterga os investimentos e leva a uma manutenção tardia desse patrimônio o que gera o envelhecimento precoce dos pavimentos, atingindo seu esgotamento num processo de deterioração irreversível, sendo necessário despendimentos mais elevados para a reestruturação da via ou provocando a insatisfação dos usuários.

Os diversos fóruns sobre mudanças climáticas, mostram que cada vez mais se torna necessária em todas as áreas da atividade humana a implementação da análise ambiental aliada à análise econômica e técnica.

Tendo-se em conta que até o momento nos projetos rodoviários brasileiros não se tem aplicado a metodologia de LCA, considerando-se apenas os custos presentes na tomada de decisão para definição da alternativa de intervenção, este trabalho pretende apresentar parâmetros econômicos e ambientais que poderão servir de base para tomadas de decisões por parte dos gestores para o desenvolvimento e aprovação de novos projetos de restauração de rodovias no País. Para tanto, serão aliadas as contribuições de gestão fornecidas com as simulações no *software* HDM-4, com a avaliação ambiental em todo o ciclo de vida (LCA) e a avaliação econômica pela LCCA, aplicados em estudos de três casos de obras de restauração de rodovias em Santa Catarina.

1.1. JUSTIFICATIVA

O fórum internacional e intergovernamental que ocorreu em 2015 em Nova York, nos Estados Unidos da América, produziu o documento “Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável” e nele apresentou dezessete objetivos para garantir a qualidade de vida da população e negociar a resposta global às mudanças climáticas. Visando acelerar a redução das emissões globais de gases de efeito estufa, além de abordar a adaptação aos impactos negativos das mudanças climáticas. Pontos importantes que foram elencados pelo documento são (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 2015):

- a) prestar especial atenção à qualidade do ar, gestão de resíduos e outros poluentes, buscando a redução dos impactos até 2030;
- b) buscar racionalizar subsídios ineficientes aos combustíveis fósseis;
- c) adotar medidas para combater as mudanças climáticas e seus impactos;
- d) fortalecer as capacidades produtivas dos países em desenvolvimento, através de investimentos confiáveis, sustentáveis e modernos, tanto de transporte como de infraestrutura.

Com o desenvolvimento mundial e a inclusão de novas tecnologias em projeto, execução e manutenção de obras de engenharia, cada vez mais, são necessários parâmetros que forneçam subsídios para que os gestores sejam capazes de tomar decisões técnicas e sustentáveis, além de econômicas, adequadas para a aplicação em rodovias.

Diante da preocupação mundial em termos de desenvolvimento sustentável e redução dos impactos ambientais. O aquecimento global e mudanças climáticas, cada vez mais atuantes, gerando prejuízos para a saúde humana, além da recorrência de grandes desastres ambientais, decorrentes das alterações no meio. Busca-se com este estudo aferir os impactos gerados pelos processos de construções, manutenções e restaurações de rodovias.

Uma forma de avaliar estes impactos desde a extração da matéria-prima até o final da vida útil, é a aplicação da LCA, ferramenta capaz de modelar as mais variadas possibilidades de materiais e metodologias de execução. Esta ferramenta é muito utilizada na gestão de projetos e produtos nas indústrias brasileiras e mundiais, porém não se tem conhecimento da aplicação em projetos de obras rodoviárias.

Especificamente em relação ao Estado de Santa Catarina, os principais investimentos na construção de rodovias estaduais iniciaram na década de 1980 com a implantação do Programa de Estradas Alimentadoras de Santa Catarina (Programa BID I), onde foram implantados 35% da malha estadual da época (824 km). Importantes rodovias de escoamento de produção e de interligação entre centros foram pavimentadas.

Passados 30 anos, em 2010, mesmo recebendo algumas intervenções tipo manutenções, as condições dessas rodovias não estavam adequadas ao trânsito dos usuários. Diante disso novos métodos de restauração foram implantados nas obras rodoviárias no Estado, tais como, reciclagem profunda com adição de cimento, *Whitetopping*, revestimentos com misturas asfálticas com asfalto-borracha e misturas de módulos elevados (HiMA). Estas metodologias, com poucos estudos divulgados, foram objetos de acompanhamentos executivos e testes laboratoriais, além da análise de desempenho ao longo do ciclo de vida.

Embora sejam conhecidas as características dos materiais, tipo e potência dos equipamentos, processos executivos, desempenho da estrutura com a aplicação das cargas, as condições climáticas, custos desembolsados para a construção, não há estudos quanto aos impactos ambientais que essas soluções de restaurações geram. Deste modo é questionável se a solução adotada é a mais indicada frente ao desempenho técnico, ao custo de execução e principalmente a sustentabilidade.

O planejamento adequado de todas as etapas do ciclo de vida, por meio da modelagem em *softwares*, utilizando dados/estudos nacionais, a preocupação ambiental na escolha dos materiais e equipamentos (quantificando as emissões para o ar, a água e o solo), aliado com a análise econômica das soluções, se torna uma ferramenta primordial para auxiliar na tomada de decisão dos gestores.

Uma ferramenta que vem sendo utilizada na elaboração de projetos de implantação e restauração de rodovias é o *software* HDM-4, o qual possui calibrações para as condições de rodovias brasileiras desde o seu desenvolvimento, nos anos de 1970. Porém, as análises que costumeiramente são feitas, retratam apenas o custo inicial e o custo final da alternativa de intervenção e com limitações quanto aos custos dos usuários, o período de análise e os dispêndios anuais necessários para garantir conforto, segurança e economicidade ao usuário.

Ao se aliar a utilização do HDM-4 com a análise anual das manutenções e restaurações juntamente com os estudos dos impactos ambientais obtidos na avaliação do ciclo de vida (LCA), além dos fatores econômicos quantificados na avaliação do custo do ciclo de vida (LCCA), acredita-se que este estudo tenha um grande potencial para contribuir, de maneira técnica-científica, na escolha das melhores alternativas de intervenção de restauração de rodovias no País. Acredita-se que ele, embora se utilize de inventário internacional para os coeficientes envolvidos na avaliação, fornecerá parâmetros ambientais e econômicos para desenvolvimento dos projetos rodoviários, levando em consideração o ciclo de vida dos materiais e estruturas, além de reduzir as emissões de poluentes e melhorando a qualidade de vida dos usuários.

Esta tese inova ao desenvolver comparativo entre três estudos de caso (obras rodoviárias), abordando a avaliação de desempenho estrutural, econômico e ambiental no ano de aplicação das restaurações iniciais e ao longo de trinta anos de vida. Iniciando com a caracterização de campo das três rodovias, modelando no *software* HDM-4 (com calibrações locais), obtendo a periodicidade da necessidade de intervenções. Seguido da elaboração do inventário de materiais, equipamentos e mão de obra, definindo assim os custos para execução

das restaurações e manutenções, findando com a avaliação ambiental por meio da metodologia LCA de quantificação de impactos ambientais no mesmo período de ciclo de vida.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Geral

Conceber critérios e desenvolver parâmetros que auxiliem na tomada de decisão quanto à escolha da melhor alternativa de restauração de pavimentos rodoviários, frente aos impactos ambientais e econômicos, aliando-se as análises efetuadas pelo HDM4 e a metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida (LCA) e de Avaliação do Custo do Ciclo de Vida (LCCA).

1.2.2. Objetivos Específicos

- a) Avaliar a influência da adoção da análise do ciclo de vida (LCA) e da análise do custo do ciclo de vida (LCCA) na avaliação econômica das intervenções dimensionadas (referência) e as executadas considerando-se somente os custos iniciais de implantação.
- b) Avaliar a influência da adoção da análise do ciclo de vida (LCA) e da análise do custo do ciclo de vida (LCCA) na avaliação econômica das intervenções dimensionadas (referência) e as executadas considerando-se os custos iniciais de implantação, a manutenção e restauração da estrutura durante o período de 30 anos.
- c) Fornecer subsídios aos gestores para tomada de decisão no planejamento e adoção das melhores técnicas de restaurações considerando-se a implantação e o desempenho da estrutura durante o período de 30 anos, contemplando o LCA e a LCCA.

1.3. HIPÓTESES DA TESE

As hipóteses levantadas para esta tese são:

- a) A incorporação de considerações de Avaliação do ciclo de vida (LCA) e Avaliação do custo do ciclo de vida (LCCA) na tomada de decisões sobre a restauração de

pavimentos pode levar a melhores resultados ambientais e econômicos a longo prazo.

- b) No estudo contemplando LCCA obtém-se maiores custos na etapa de implantação das restaurações, quando considerados períodos adequados para as demais manutenções e restaurações ao longo do ciclo de vida.
- c) Ao contemplar o LCA nos projetos rodoviários é possível identificar materiais e alternativas com melhor abordagem para a restauração de pavimentos, levando em consideração tanto o desempenho técnico quanto o impacto ambiental.

1.4. ESTRUTURA DA TESE

No intuito de facilitar a leitura e considerando o formato definido para a estruturação desta tese, o texto encontra-se dividido em dez capítulos.

O Capítulo 1 contempla a **Introdução**, a qual apresenta um panorama geral das rodovias brasileiras, com breve descrição da aplicação da LCA e LCCA. Além da justificativa e dos objetivos esperados com o desenvolvimento desta tese, findando com as hipóteses levantadas e a estrutura.

Na **Revisão Bibliográfica**, Capítulo 2, com o intuito de conhecer as características das obras regionais e nacionais elaborou-se um extenso levantamento de informações dos trabalhos desenvolvidos e publicados, embasando: definições de sustentabilidade atribuídas à utilização em pavimentação; conceitos principais que subsidiam a estruturação de uma avaliação do ciclo de vida de processos, produtos e serviços; metodologias de avaliação do custo do ciclo de vida; tipos, materiais, processos executivos, equipamentos e mão de obra utilizados para a execução de pavimentos rígidos e flexíveis; métodos de restauração e manutenção de pavimentos rígidos e flexíveis. Em relação aos estudos em LCA, buscou-se catalogar os resultados que apresentaram relação com o estudo proposto nesta tese.

No Capítulo 3, **Método do Trabalho**, descreve-se de forma resumida as 6 (seis) etapas de desenvolvimento desta tese, as quais são detalhadas em capítulos individuais.

No Capítulo 4, **Etapa 1 - Caracterização Das Unidades Funcionais**, baseado nos dados da revisão bibliográfica e o conhecimento dos sistemas estruturais utilizados em Santa Catarina, definiu-se os subsistemas rodoviário a serem analisados, para posteriormente adotar os serviços, equipamentos, materiais e mão de obra. É proposto o estudo de três obras rodoviária executadas no estado de Santa Catarina, com características e soluções técnicas diferentes. Estas obras fazem parte de um projeto de monitoramento do desempenho estrutural e funcional,

conduzido pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) em parceria com outras instituições de ensino e pesquisadores. Para tanto foi necessário analisar detalhadamente as três obras selecionadas, obtendo informações de tráfego, características geométricas, estrutura existente, relevo, acidentes, situação estrutural à época da restauração e as possibilidades estudadas para a restauração de cada uma.

Para a definição da **Etapa 2 - Planejamento das Estratégicas de Manutenção e Restauração com o HDM-4**, Capítulo 5, adotou-se metodologia dividida em etapas de desenvolvimento, contemplando desde o levantamento de informações das obras até a comparação de custos, consumos e emissão ao longo do tempo. As três obras em estudo apresentam duas técnicas executivas de restauração iguais, o que possibilita um comparativo entre elas, sendo o reforço estrutural e a reciclagem profunda com adição de cimento:

- 1) A SC 355 entre a cidade de Jaborá e a BR 153 (Concórdia) (SC355 J/BR153) foi restaurada em 2012/2013 contemplando a reciclagem profunda (trituração do revestimento mais espessura parcial da camada de base) com adição de cimento, sobreposta com camada SAMI (*Stress Absorbing Membrane Interlayer*) e capa de rolamento com CA-B (Concreto asfáltico com asfalto borracha). A análise econômica que levou à decisão executada, comparou-se esta alternativa com o reforço estrutural com mistura asfáltica convencional e com borracha.
- 2) A SC 114 que liga Painel à São Joaquim (SC114 P/SJ) foi restaurada com a metodologia de fresagem contínua com recomposição, camada de 2 cm em SAMI mais 4 cm utilizando mistura asfáltica do tipo HiMA. O projeto original contemplava estudo de reciclagem profunda com adição de cimento e reforço estrutural com mistura asfáltica convencional.
- 3) A SC 114 que interliga a BR 282 (Lages) à Otacílio Costa (SC114 L/OC) foi restaurada por meio da técnica *Whitetopping*. Para a definição da solução de execução foram comparadas três alternativas diferentes, sendo reciclagem profunda, reforço estrutural e *Whitetopping*.

De posse das informações de cada obra, alimentou-se o *software* HDM-4, disponibilizado pelo DNIT. Para tanto, foram definidos critérios de intervenção, sendo que os principais foram IRI (*International Roughness Index*), porcentagem de área trincada e número de painelas, seja para restaurações quanto para manutenções, seguindo-se os critérios do Manual de Gerenciamento Rodoviários, calibração nacional do HDM-4 (ARANGO, 2017) e projetos

executados na região. Por meio das simulações realizadas, foi possível identificar a periodicidade das intervenções. As análises foram efetuadas para um horizonte de 30 anos, partindo do ano que iniciou o processo de restauração em cada uma das rodovias, ou seja, 2014 para a SC114 P/SJ e a SC355 J/BR153 e 2017 para a SC114 L/OC. Os custos levantados seguiram a mesma premissa, sendo alimentados com base nos valores utilizadas à época.

No Capítulo 6, **Etapa 3 - Consumos de Materiais e de Combustíveis**, detalhou-se a terceira etapa chamada de inventário. Com os relatórios gerados no *software* HDM-4, foi possível avaliar anualmente o desempenho do pavimento para cada intervenção efetuada, adotando assim os intervalos para quantificação dos serviços, equipamentos, materiais, mão de obra e transporte, considerando o mesmo horizonte de 30 anos. Utilizou-se o banco de dados do SICRO para definições de produção de equipe (equipamentos e mão de obra), quantidade de materiais e transporte para determinado serviço.

A partir do inventário concluído, foi possível efetuar a locação das entradas e saídas de cada sistema, obtendo-se os impactos ambientais gerados em cada etapa, contemplando os materiais, a energia consumida, as emissões para o ar, a água e o solo e o produto final. Foi possível, assim, desenvolver a **Etapa 4 - Avaliação do ciclo de vida (LCA)** (apresentado no Capítulo 7), durante os 30 anos do estudo. Para tanto, utilizou-se do *software* OpenLCA®, de propriedade da GreenDelta e disponibilizado de forma gratuita, e do banco de dados da Ecoinvent. Foram quantificados os impactos ambientais gerados pela execução de cada tipo de restauração possibilitando a identificação da alternativa de maior e de menor impacto ambiental.

No Capítulo 8, apresenta-se a **Etapa 5 - Avaliação do Custo do Ciclo de vida (LCCA)**, onde utilizou-se os dados (inventário e geração de produtos e resíduos) apresentados nos capítulos anteriores, além do Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) do DNIT e demais fontes necessárias. Os resultados foram processados e analisados anualmente separados por construção, manutenção e restauração, sendo possível identificar os valores presentes e futuros para a intervenção.

O Capítulo 9 compreende a **Etapa 6 - Análise Comparativa Entre os Parâmetros Abordados** consideradas em cada obra, buscando fornecer ao meio científico e técnico, parâmetros de análise tanto ambiental quanto econômica. Para tanto, avaliou-se:

- a) o número de intervenções necessárias ao longo do ciclo de avaliação;
- b) os consumos de materiais, energia e combustíveis no ano zero e o total ao final dos 30 anos;

- c) os impactos ambientais gerados com as intervenções no ano zero e o total ao final dos 30 anos;
- d) os custos para a primeira restauração (a partir do pavimento existente deteriorado, informações dos projetos executivos), ou seja, ano zero e ao final dos 30 anos de análise;
- e) as interferências das características do tráfego nas estruturas, nos impactos nos custos.

Ao final, apresentam-se as **Considerações Finais**, Capítulo 10, além das bibliografias utilizadas para dar suporte ao desenvolvimento desta tese, os apêndices e anexos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo contempla os principais conceitos necessários para o entendimento do ciclo ambiental e da avaliação do ciclo de vida (LCA) no processo de extração de matéria prima, na execução de rodovias, na operação (utilização) das estruturas rodoviárias, na restauração e no destino final dos materiais deteriorados considerados inservíveis.

2.1. SUSTENTABILIDADE

O termo “desenvolvimento sustentável” foi discutido, primeiramente, no documento intitulado *World Conservation Strategy*, instituído na *International Union for Conservation of Nature* (IUCN), em 1980. Onde afirma-se para o desenvolvimento ser sustentável, deve-se considerar aspectos referentes às dimensões social e ecológica, bem como fatores econômicos, dos recursos vivos e não vivos, e também as vantagens de curto e longo prazo das ações alternativas (BELL; MORSE, 2003; CAMPOS, 2011).

O tripé da sustentabilidade, ou “*triple bottom line*”, representa as três principais dimensões ambientais, sociais e econômicas que a sustentabilidade possui (pessoas, planeta e lucro). No âmbito econômico há o bem utilizado ou consumido, o qual deve ser aplicado com ecoeficiência e equidade, zelando pela sociedade e pelo meio ambiente, em uma relação de bem-estar entre eles (LIMA, 2007).

O sistema de gestão busca o desenvolvimento sustentável, através do equilíbrio entre o meio ambiente, a sociedade e a economia, atendendo as necessidades atuais sem comprometer o futuro, aperfeiçoando o sistema político, econômico, social, de produção, tecnológico, internacional e administrativo do governo e das indústrias (MENDES, BUENO, OMETTO, 2016; RUPPENTHAL, 2014). Cada vez mais têm-se adotado abordagens ambientais na tomada de decisão de obras, gerenciando rejeitos, controlando a exploração de recursos naturais, reduzindo as poluições sejam sonoras, gasosas, líquidas ou sólidas (NBR ISO 14001; ABNT, 2015).

Os principais aspectos ambientais considerados na gestão ambiental são: emissões para o ar, lançamento em água, lançamento em terra, uso de matérias-primas e recursos naturais, uso de energia, emissões de energia, geração de rejeito e/ou subprodutos, uso do espaço. São identificados por quantidade de matérias-primas, quantidade de emissões (principalmente o CO₂), resíduos produzidos por produtos acabados, eficiência dos materiais e energia consumida, incidentes e acidentes ambientais, resíduos reciclados, transporte, poluentes

específicos emitidos (NO_x , SO_x , CO , VOC , Pb e CFC) e investimentos em proteção ambiental (NBR ISO 14004, ABNT, 2018; NBR ISO 14001, ABNT 2015).

A atmosfera é uma mistura de gases, contendo pequena quantidade de matérias sólidas em suspensão e cuja composição quando seco é considerado puro. Entre os gases encontra-se o nitrogênio (N) e oxigênio (O) e em menor quantidade, há neônio (Ne), hélio (He), criptônio (Kr) e xenônio (Xe) que são inertes. Há também o dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), hidrogênio (H_2), óxido de nitrogênio (NO), monóxido de carbono (CO) (liberado através da queima dos combustíveis fósseis como gasolina, diesel, querosene, carvão mineral e vegetal) e o dióxido de enxofre (SO_2) que são essenciais para os processos biológicos e a radiação (RUPPENTHAL, 2014; SOUZA, 2017).

Para aferição dos poluentes líquidos, os parâmetros normalmente empregados são DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e DQO (Demanda Química de Oxigênio), que resulta em emissões de metano (CH_4). Estes parâmetros dão suporte às decisões necessárias para a eficácia e eficiência de um consumo de produto mais sustentável, além de informar os níveis gerenciais sobre o desempenho ambiental dos processos e produtos (THORESEN, 1999; GRAEL, BEZERRA, 2017; SOUZA, 2017). O Quadro 1 elenca informações quanto aos compostos dos principais poluentes gasosos.

Quadro 1: Principais poluentes gasosos

| | |
|-------------------------|--|
| Compostos de enxofre | SO_2 , SO_3 , Composto de enxofre reduzido: H_2S , mercaptanas, dissulfeto de carbono, etc.), Sulfatos |
| Compostos de nitrogênio | N_2O , NO, NO_2 , NH_3 , HNO_3 , Nitratos |
| Compostos orgânico | Hidrocarbonetos, álcoois, Aldeídos, Cetonas, Ácidos, orgânicos |
| Monóxido de carbono | CO |
| Compostos halogenados | HCl, HF, Cloretos, Fluoretos |
| Metais pesados | Pb, Cd, As, Ni, etc. |
| Material particulado | Mistura de compostos no estado sólido ou líquido |
| Oxidantes fotoquímicos | O_3 , Formaldeído, Acroleína, PAN, etc. |

Fonte: Adaptado de Adissi; Pinheiro; Cardoso (2013).

Os resíduos sólidos são materiais ou substâncias que num determinado tempo e espaço são descartados ou destinados ao descarte pelo responsável. A produção de resíduos em um sistema, em algum momento, será inevitável devido às variáveis biológica, química, tecnológica, econômica, ecológica e acidental (SOARES, 2006). Os resíduos provenientes da construção ou demolição de vias pavimentadas se enquadram, segundo a classificação da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 307 (CONAMA, 2002), na Classe A, como “de construção, demolição, reformas e remendos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplenagem”

A reciclagem de resíduo de construção e demolição (RCD) é uma forma de aproximar o setor da sustentabilidade por meio da redução dos impactos negativos dos seus resíduos nas cidades e da geração de matéria-prima que pode ser substituída pela natural, não renovável (BARRETO, 2014).

Embora a literatura apresente quadros orientativos para levantamentos quantitativos dos impactos ambientais, ela não disponibiliza conclusões, estratégias de manutenção ou projetos globais para toda a vida. A LCA enquadra-se como um processo essencial para atingir esses preceitos, padronizando unidades funcionais, ampliando o escopo dos estudos, melhorando a qualidade e confiabilidade, além de expandir os sistemas de fronteiras (SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011).

2.2. AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Considera-se ciclo de vida, os estágios consecutivos e encadeados de um sistema de produto, passando pela aquisição de materiais até a disposição final. Segundo a NBR ISO 14040 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014), a avaliação do ciclo de vida de qualquer produto, serviço ou processo, deve contemplar desde o berço até o túmulo, ou seja, desde a aquisição, produção, uso, tratamento, reciclagem até a disposição final.

Os estudos de LCA não são tão recentes quanto aparentam ser, havendo registros ainda da década de 60, como, por exemplo, o da Coca-Cola (REPA), em 1969. Na década de 1970, a Suécia, o Reino Unido e a Alemanha iniciaram a aplicação em processos industriais. Entre 1980 e 2000 foram publicadas as principais normativas internacionais e guias de elaboração de Inventários de Ciclo de Vida. No Brasil, os estudos tiveram início nos anos 90 (LIMA, 2007).

A confiabilidade e a precisão de uma LCA são afetadas pela acurácia das metodologias e modelos adotados. Os resultados da LCA não devem ser apresentados como valores absolutos de "figura única", mas sim, devem ser considerados como uma faixa de valores para refletir as incertezas e a variabilidade que estão por trás deles (TRUPIA, 2018).

2.2.1. Conceitos

A unidade funcional (UF) é o desempenho quantificado de um sistema de produto para utilização como uma unidade de referência, ou seja, é a definição quantitativa das funções (JRC-ILCD, 2010). Wenzel, Hauschild e Alting (1997) apontam que a unidade funcional deve conter descrições qualitativas e quantitativas do produto, incluindo sua expectativa de vida. O

propósito primário de uma unidade funcional é fornecer uma referência à qual as entradas e saídas são relacionadas, ou seja, a localização em que o produto foi desenvolvido, para ser possível analisar e quantificar o transporte necessário no processo (JRC-ILCD, 2010; SAVIETTO, 2017; NBR ISO 14041, ABNT, 2014).

A unidade funcional mais utilizada na LCA de estradas é a de 1 km de rodovia construída. A UF deve incluir informações sobre o desenho geométrico da estrada, o nível de tráfego que ela irá atuar, os componentes estruturais e as propriedades materiais empregados (BALAGUERA et al, 2018; NBR ISO 14040, ABNT, 2014). Em um estudo comparativo da LCA de pavimento, a UF atua como uma unidade de referência à qual todos os insumos (recursos materiais e energia) e saídas (emissões para o ar, água e solo) são normalizados (AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

O sistema de produto é o conjunto de processos que definem o ciclo de vida de um produto. Compreende todo ou parte de seu ciclo de vida e os fluxos elementares necessários. Fluxos elementares são definidos como matéria ou energia retirada do ambiente sem alteração prévia de interferência humana (SAVIETTO, 2017; NBR ISO 14041, ABNT, 2014).

A função do produto é a finalidade do produto final, sendo que produtos podem oferecer uma ou mais funções (SAVIETTO, 2017).

Os fluxos do sistema são divididos em elementar e de referência. Fluxo elementar é o material ou energia retirada do meio ambiente e que entra no sistema em estudo sem sofrer transformação prévia por interferência humana. Pode ser também o material ou energia que é liberado no meio ambiente pelo sistema em estudo sem sofrer transformação subsequente por interferência humana. Incluem o uso de recursos e as emissões para o ar, água e solo associados ao sistema. É importante determinar o fluxo de referência em cada sistema de produto para satisfazer a função determinada, ou seja, a quantidade de produtos necessária para desempenhar a função (NBR ISO 14041, ABNT, 2014).

As fronteiras do sistema caracterizam-se por conjunto de critérios que especificam quais processos elementares fazem parte de um sistema de produto. Devido à complexidade e grande extensão em englobar todas as fases do ciclo de vida, os estudos de LCA podem assumir simplificações de escopo, a fim de analisar apenas parte do ciclo de vida. Convém salientar que os critérios de corte usados em um estudo devem ser claramente entendidos e descritos. Ao estabelecer as fronteiras do sistema, convém que diversos estágios do ciclo de vida, processos elementares e fluxos sejam levados em consideração, tais como (SAVIETTO, 2017; NBR ISO 14041, ABNT, 2014):

- a) aquisição de matérias-primas;
- b) entradas e saídas na cadeia principal de manufatura/processamento;
- c) distribuição/transporte;
- d) produção e uso de combustíveis, eletricidade e calor;
- e) uso e manutenção de produtos;
- f) disposição final de resíduos de processos e de produtos;
- g) recuperação de produtos usados (incluindo reuso, reciclagem e recuperação de energia);
- h) manufatura de materiais auxiliares;
- i) manufatura, manutenção e descomissionamento de equipamentos;
- j) operações adicionais, como iluminação e aquecimento.

Também envolve a tomada de decisão quanto a consideração do alcance geográfico e temporal apropriado, bem como a localização e o período da avaliação. Os critérios de corte são especificações, em termos de fluxos de material ou energia ou do nível de significância ambiental, associados aos processos elementares ou a sistemas de produto, dos limites que definem a exclusão de dados de um estudo (RODRIGUES, 2015; NBR ISO 14041, ABNT, 2014; AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

Alocação é a repartição dos fluxos de entrada e saída de um processo ou sistema de produto entre o sistema de produto em estudo e outros sistemas de produtos. Há necessidade de aplicar o procedimento de alocação em dois casos: a) quando uma cadeia produtiva gera mais de um produto e b) quando existe a reutilização de material desprezado por outro processo de produção. Existem diversos métodos de alocação, sendo os mais conhecidos e utilizados (SAVIETTO, 2017): alocação por massa (kg), alocação energética (MJ), alocação econômica (R\$), expansão do sistema seguido de substituição.

A LCA avalia, de forma sistemática, os aspectos e impactos ambientais de sistemas de produto, desde a aquisição da matéria-prima até a disposição final, de acordo com o objetivo e escopo estabelecidos. O nível de detalhamento e o tempo de execução de uma LCA podem ser bastante variáveis, dependendo da definição de objetivo e escopo. Não existe um método único para se conduzir uma LCA (NBR ISO 14041, ABNT, 2014).

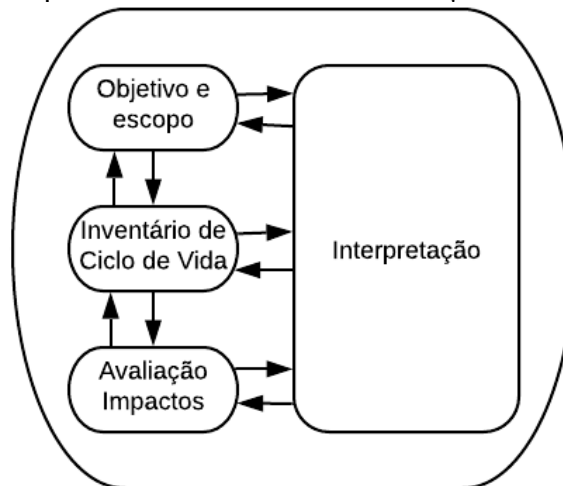
Segundo Walls III e Smith (1998), a técnica ou ferramenta LCA pode ser usada para uma variedade de fins, incluindo:

- a) identificar oportunidades para melhorar o desempenho ambiental dos produtos e sistemas de produção em vários pontos em seu ciclo de vida;
- b) informar e orientar as tomadas de decisão como parte do planejamento estratégico e de definições de propriedades;
- c) seleção de procedimentos e processos.

2.2.2. Estrutura de LCA

A estrutura de uma LCA é dividida em quatro etapas, sendo: 1 - definição de objetivo e escopo; 2 - análise de inventário; 3 - avaliação de impactos; 4 - interpretação. A Figura 1 representa as etapas segundo a NBR ISO 14040 (ABNT, 2014). Contudo o estudo do Inventário de Ciclo de Vida (LCI) compreende apenas três etapas, sendo elas: definição de objetivo e escopo, análise de inventário e interpretação.

Figura 1: Etapas da estrutura de uma Avaliação do Ciclo de Vida



Fonte: adaptado de NBR ISO 14040 (ABNT, 2014).

Para a delimitação dos objetivos de uma LCA (Etapa 1) é necessário o detalhamento da aplicação pretendida, a indicação das razões para a execução do estudo, informar qual o público-alvo (a quem comunicar os resultados) (FINNVEDEN et al., 2009; NBR ISO 14041, ABNT, 2014; BALAGUERA et al, 2018). A *European Commission* orienta como conduzir um estudo de LCA (JRC-ILCD, 2010) e aponta alguns aspectos que devem ser abordados e documentados na definição dos objetivos (SAVIETTO, 2017).

Por outro lado, o escopo apresenta o sistema de produto a ser estudado, as funções que esse possui, a unidade funcional, as delimitações das fronteiras do sistema, caso seja necessário,

os procedimentos de alocação, as categorias de impacto adotadas para comparação, as metodologias de avaliação de impacto, os requisitos de qualidade de dados, suposições iniciais e tipo de análise crítica (NBR ISO 14041, ABNT, 2014; BALAGUERA et al, 2018; AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

A segunda etapa é o Inventário do Ciclo de Vida (LCI), onde todos os processos dentro do sistema são descritos e os recursos e as emissões são alocados, usando diferentes ferramentas e métodos para selecioná-los (REBITZER et al., 2004; BALAGUERA et al, 2018).

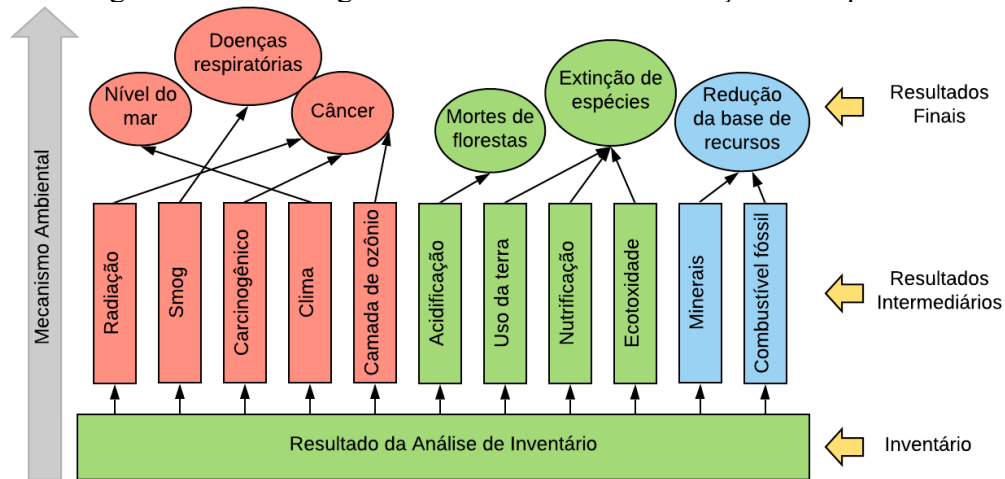
A avaliação de inventário dos pavimentos é complexa apresentando dificuldades durante a coleta de material, quantificação das emissões e fluxo de energia para modelagem de processos. Resultados mostram que o uso de vários bancos de dados (ecoinvent, GaBi ou ELCD), podem levar a uma taxa de carga ambiental aumenta em até 25% (AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

A omissão da fase de uso de quase todos os estudos é talvez o déficit mais significativo da perspectiva do limite do sistema. Poucos estudos fazem alguma tentativa de incluir essa fase na análise, mas mesmo essas análises são consideravelmente incompletas. Para o asfalto, que é resíduo no refino do petróleo, o impacto ambiental precisa ser alocado entre uma grande quantidade de produtos petrolíferos, como gasolina, diesel e plástico, justificando ainda mais a grande variedade de valores. Para o cimento Portland, por exemplo, ele é produto final e, portanto, a ele é alocado todo o impacto ambiental da produção. As emissões de CO₂ é o principal contribuidor para o aquecimento global e fazendo-se um inventário simples de seus níveis de emissão, muitas vezes, um indicador de impacto é suficiente (SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011).

Durante o processo de coleta de dados, pode surgir a necessidade de realizar alterações na etapa anterior (objetivo e escopo), pois conforme os dados são coletados ocorre um entendimento maior sobre o sistema estudado, fazendo-se convenientes tais mudanças. Existem dois tipos de dados usados em uma LCA: os dados primários (coletados da fonte em estudo) e os dados secundários (oriundo de outros estudos ou base de dados) (JRC-ILCD, 2010; HARVEY; MEIJER; KENDALL, 2014; SAVIETTO, 2017).

A terceira etapa procura identificar, caracterizar e avaliar o impacto ambiental produzido pelo uso de recursos e as emissões encontradas no inventário, incluindo uma coleção anterior de categorias de impacto e indicadores (SOARES, 2006; BALAGUERA et al, 2018). Tem como função estimar os impactos potenciais relacionados ao sistema delimitado na fase de escopo (SAVIETTO, 2017). A Figura 2 ilustra alguns exemplos da estrutura da LCIA.

Figura 2: Estrutura geral de um método de avaliação de impactos



Fonte: Adaptado de Goedkoop et al (2016).

Dependendo do método escolhido para a análise, é atribuído um nível de avaliação de impacto conforme (MENDES, BUENO, OMETTO, 2016): *Midpoint* (a caracterização usa indicadores localizados ao longo do mecanismo ambiental antes de chegar ao ponto final da categoria); *Endpoint* (a caracterização considera todo o mecanismo ambiental até o seu ponto final, ou seja, refere-se a um dano específico relacionado com a área mais ampla de proteção, que pode ser saúde humana, ambiente natural ou recursos naturais) e Combinado (considera as vantagens das abordagens *midpoint* e *endpoint*).

Os métodos de LCIA recomendados para aplicação no Brasil são aqueles que apresentam uma abrangência classificada como global para o escopo de aplicação de suas categorias de impacto (MENDES, BUENO, OMETTO, 2016; MENDES, 2013). O Quadro 2 apresenta uma relação de métodos de Avaliação dos impactos do ciclo de vida abordados em todo o mundo. Relacionando a origem, o desenvolvedor, ano de criação, abordagem, as categorias de impacto que estão contempladas e a abrangência do seu uso na aplicação.

A última etapa é a interpretação, onde os resultados das etapas anteriores são analisados em termos de significância, variabilidade, qualidade, etc. A fase de interpretação pode envolver o processo iterativo de analisar criticamente e revisar o escopo da LCA, assim como a natureza e qualidade dos dados coletados, de forma consistente com o objetivo definido (NBR ISO 14041, ABNT, 2014; BALAGUERA et al, 2018).

Dada a ampla variação nos fatores publicados e a dificuldade em estabelecer um fator global único, é prudente realizar análises de sensibilidade e incerteza para identificar a robustez dos resultados (AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016; SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011).

Quadro 2: Resumo dos principais métodos de AICV

(continua)

| Métodos | Origem | Desenvolvido por | Ano de criação | Abordagem | Categorias de impacto | Abrangência |
|--------------------|-----------|------------------|----------------|--|---|---|
| CML 2002 | Holanda | CML | 1992 | <i>Midpoint</i> | Depleção de recursos abióticos, uso da terra, mudança climática, depleção de ozônio estratosférico, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática (água doce e marinha), ecotoxicidade terrestre, formação de foto-oxidantes, acidificação e eutrofização, perda de função de suporte à vida, perda de biodiversidade, sedimentos (água doce e marinha), radiação ionizante, mau cheiro do ar, ruído, calor residual, acidentes, letal, não letal, depleção de recursos bióticos, dessecação e mau cheiro da água | Global exceto acidificação e foto-oxidantes |
| Eco-Indicador 99 | Holanda | PRé | | <i>Endpoint</i> | Mudança climática, depleção do ozônio, consumo de recursos, acidificação, eutrofização, uso da terra, materiais, processos de produção, de transporte, geração de energia e cenários de disposição | Global para mudança climática, depleção de ozônio, recursos minerais e fósseis, local para acidificação e eutrofização, regional para as demais |
| EDIP97 EDIP2003 | Dinamarca | DTU | 1997 | <i>Midpoint</i> | Aquecimento global, depleção de ozônio, acidificação, eutrofização terrestre e aquática, formação de ozônio fotoquímico, toxicidade humana, ecotoxicidade, ruído, enriquecimento de nutrientes, consumo de recursos e ambiente de trabalho | Global apenas para aquecimento global e depleção de ozônio (versão atual) |
| EPS 2000 | Suécia | IVL | 1996 | <i>Endpoint</i> | Saúde humana, expectativa de vida, morbidade grave e sofrimento, morbidade, incômodo grave, incômodo, ambiente natural, capacidade de produção agrícola, capacidade de produção de madeira, capacidade de produção de peixe e carne, capacidade de cátion de base, capacidade de produção de água potável, parcela de extinção de espécies, consumo de recursos naturais, esgotamento de reservas de elementos, esgotamento de reservas fósseis (gás, petróleo e carvão), esgotamento de recursos minerais | Global exceto perda de biodiversidade que é local |
| IMPACT 2002+ | Suíça | EPFL | 2000 | Combinada: <i>midpoint</i> <i>endpoint</i> | <i>Midpoint</i> : toxicidade humana, efeitos respiratórios, radiação ionizante, depleção do ozônio, formação de ozônio fotoquímico, ecotoxicidade aquática e terrestre, acidificação aquática e terrestre, eutrofização aquática e terrestre, ocupação do solo, aquecimento global, uso de energia renovável e extração de minerais. <i>Endpoint</i> : saúde humana, qualidade do ecossistema, mudança climática e recursos | Regional |

Quadro 2: Resumo dos principais métodos de AICV

(termina)

| Métodos | Origem | Desenvolvido por | Ano de criação | Abordagem | Categorias de impacto | Abrangência |
|-------------------|---------|---------------------|----------------|--|---|--|
| LUCAS | Canadá | CIRAIG | 2005 | <i>Midpoint</i> | Mudança climática, depleção de ozônio, acidificação, neblina fotoquímica, efeitos respiratórios, eutrofização aquática e terrestre, ecotoxicidade aquática e terrestre, toxidade humana, uso da terra, destruição de recursos abióticos | Global para mudanças climáticas e depleção de ozônio e Local (Canadá) para as demais categorias |
| TRACI | USA | US EPA | 2003 | <i>Midpoint</i> | Depleção de ozônio, aquecimento global, formação de fumaça, acidificação, eutrofização, saúde humana (carcinogênicos, não carcinogênicos e poluentes), ecotoxicidade, esgotamento de combustíveis fósseis, uso da terra e da água | Global para depleção de ozônio, aquecimento global e combustíveis fósseis, regional e local para as demais |
| ReCiPe | Holanda | RUN, PRé, CML, RIVM | 2000 | Combinada: <i>midpoint</i> <i>Endpoint</i> | Mudança climática, depleção de ozônio, acidificação terrestre, eutrofização aquática (água doce e marinha), toxidade humana, formação de oxidantes fotoquímicos, formação de matéria particulada, ecotoxicidade terrestre e aquática, radiação ionizante, uso da terra agrícola e urbana, transformação de terra natural, esgotamento de recursos fósseis, minerais e de água doce | Global para mudança climática, destruição da camada de ozônio e consumo de recursos, regional para as demais |
| Swiss Ecoscarcity | Suíça | E2, SEU-services | 1990 | Combinado distância do alvo | Mudança climática, depleção de ozônio, formação de oxidantes fotoquímicos, efeitos respiratórios, emissões para o ar, para a água de superfície, para o solo, para o mar, para águas subterrâneas, resíduos, consumo de água, consumo de areia, fontes de energia primária, disruptores endócrinos e perda de biodiversidade por ocupação da terra | Global para mudança climática e depleção de ozônio, Local para as demais |
| MEEup | Holanda | DG Enterprise | 2005 | <i>Midpoint</i> | consumo total de energia bruta, consumo de eletricidade, consumo de água no processo e no resfriamento, resíduos sólidos perigosos, resíduos não perigosos, aquecimento global, destruição do ozônio estratosférico, acidificação, emissão de poluentes orgânicos persistentes, emissão de compostos orgânicos voláteis, emissões de metais pesados, toxicidade humana, formação de partículas, eutrofização aquática | Regional |
| USEtox | | SETAC | 2005 | <i>Midpoint</i> | Cancerígenos, não cancerígenos e impactos totais para humanos e água doce | Global |
| IMPACT World+ | | CIRAIG | 2012 | <i>Midpoint e endpoint</i> (separadamente) | Toxidade humana, oxidação fotoquímica, depleção da camada de ozônio, aquecimento global, ecotoxicidade, acidificação, eutrofização, uso da água, uso da terra e uso de recursos | Global |

Fonte: adaptado de Mendes (2013).

Segundo JRC-ILCD (2010), a etapa de interpretação é dividida em três fases: a primeira consiste na identificação de questões relevantes a segunda, envolve três parâmetros para analisar a qualidade dos resultados (completeza, consistência e sensibilidade); a terceira, diz respeito a necessidade de uma revisão crítica (se o método é válido, se os dados são apropriados, se as interpretações são coerentes e se o trabalho como um todo é transparente e consistente) (SAVIETTO, 2017).

Os estudos de LCA geralmente são sujeitos a suposições e simplificações em relação ao seu escopo, limites de sistemas e dados levando inevitavelmente a incertezas nas avaliações. Também há, muitas vezes, incerteza associada aos dados devido a variações inerentes, imprecisões de medição, falta de informação, ineficiências na fabricação ou simplesmente erro humano. Além disso, a incerteza pode resultar da qualidade ou adequação dos dados porque, em muitos casos, há uma limitação em sua disponibilidade ou acesso a ele (NOSHADRAVAN et al, 2013).

Para melhorar o desempenho ambiental dos pavimentos, recomenda-se padronizar a unidade funcional, expandir os limites do sistema, melhorar a qualidade dos dados e examinar os indicadores ambientais (NBR ISO 14041, ABNT, 2014; SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011).

O objetivo fundamental de qualquer metodologia do ciclo de vida é avaliar um produto ou serviço ao longo de toda a sua vida, incluindo impactos diretos e indiretos. Embora simples em conceito, modelar e analisar com precisão cada fase do ciclo de vida é inibido pela falta de compreensão do sistema em estudo e dificuldade em obter dados relevantes. Entre as principais bases de dados disponíveis no mundo, pode-se citar: *Access the U.S. life cycle Inventory Database* (USLCI), *GaBi professional*, *Ecoinvent*, *ELCD*, entre outras (SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011).

2.2.3. Categorias de impacto

De acordo com o Artigo 1º da Resolução 001 (CONAMA, 1986):

Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais.

As questões ambientais do desenvolvimento sustentável referem-se, por exemplo, ao esgotamento dos recursos naturais, ao aquecimento global, à poluição química e à perda de biodiversidade (BALAGUERA et al, 2018).

O Quadro 3 apresenta as categorias de impacto mais usadas nas LCA, relacionando com a escala de aplicação, os exemplos de poluentes relacionados e os fatores de caracterização.

Quadro 3: Categorias de impacto usuais

| Categoria de impacto | Escala | Exemplo para LCI (classificação) | Possível fator de caracterização comum | Fator de caracterização da descrição |
|------------------------------|-----------------------------|--|--|---|
| Aquecimento Global | Global | Dióxido de carbono (CO ₂) Óxido de Nitrogênio (N ₂ O) Metano (CH ₄) Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's) Brometo de metilo (CH ₃ Br) | Potencial de aquecimento global | Converter dados de LCI em CO ₂ equivalente |
| Depleção da camada de ozônio | Global | Clorofluorcarbonetos (CFC's) Hidroclorofluorcarbonetos (HCFC's) Halons Brometo de metilo (CH ₃ Br) | Potencial de depleção de ozônio | Converter dados de LCI para triclórofluorometano (CFC-11) equivalente |
| Acidificação | Regional Local | Óxido de enxofre (SO _x) Óxido de nitrogênio (NO _x) Ácido clorídrico (HCL) Hidrofluorídrico (HF) Amônia (NH ₄) | Potencial de acidificação | Converter dados de LCI em Hidrogênio (H ⁺) ion equivalente |
| Eutrofização | Local | Fosfato (PO ₄) Óxido de Nitrogênio (NO) Dióxido de Nitrogênio (NO ₂) Nitratos Amônia (NH ₄) | Potencial de eutrofização | Converter dados de LCI em fosfato equivalente (PO ₄) |
| Smog Fotoquímica | Local | Hidrocarboneto não metano (NMHC) | Potencial de criação de oxidantes fotoquímicos | Converter dados de LCI em etanol equivalente (C ₂ H ₆) |
| Toxicidade terrestre | Local | Produtos químicos com uma concentração letal para roedores | LC ₅₀ | Converter dados de LCI em equivalentes: usa vias de exposição de modelagem multimídia |
| Toxicidade aquática | Local | Produto químico tóxico com uma concentração letal relatada para pescar | LC ₅₀ | Converter dados de LCI em equivalentes: usa vias de exposição de modelagem multimídia |
| Esgotamento de recursos | Global Regional Local | Quantidade de minerais utilizados Quantidade de combustíveis fósseis utilizados | Remove Potencial de esgotamento | Converte dados de LCI em uma proporção de quantidades de recursos utilizadas versus quantidade de recursos restantes na reserva |
| Uso da terra | Global Regional Local | Quantidade descartada em um aterro ou outras modificações na terra | Disponibilidade de terras | Converte massa de resíduos sólidos em volume usando uma densidade estimada |
| Uso da Água | Regional Local | Água usada ou consumida | Potencial de escassez de água | Converte dados de LCI em uma proporção entre a quantidade de água usada e a quantidade de recursos restantes na reserva |
| Saúde Humana | Global Regional Local | Liberação total no ar, na água e no solo | LC ₅₀ | Converte dados do LC ₅₀ em equivalentes: usa caminhos de exposição de modelagem multimídia |

Fonte: Adaptado de Trupia (2018).

Os principais impactos ambientais estudados em LCA são: aquecimento global (mudança climática), depleção de ozônio, toxidade humana, radiação ionizada, perturbação sensorial, oxidação fotoquímica, acidificação, eutrofização, ecotoxicidade, uso da terra, depleção de recursos (RODRIGUES, 2015, SAVIETTO, 2017).

Quando se relaciona à Saúde humana, pode-se elencar os impactos ambientais: mudanças climáticas, depleção de ozônio, toxidade humana, radiação ionizada, perturbação sensorial e oxidação fotoquímica (*Smog*). Para ambiente natural e/ou artificial: mudanças climáticas, depleção de ozônio, radiação ionizada, oxidação fotoquímica (*Smog*), acidificação, eutrofização, ecotoxicidade e uso da terra. Com relação aos recursos naturais: uso da terra e depleção de recursos fósseis (RODRIGUES, 2015).

2.2.3.1. Mudanças climáticas ou aquecimento global

Quando a radiação solar incide sobre a superfície terrestre, parte dela é refletida e retorna ao espaço e outra parte fica retida por alguns gases presentes na atmosfera (os chamados gases de efeito estufa) mantendo o calor na superfície terrestre. Este fenômeno natural, conhecido como efeito estufa, é responsável pela manutenção da temperatura dentro de uma faixa que possibilita a vida, pois sem eles a Terra seria congelante. Entretanto, o lançamento de alguns tipos de emissões na atmosfera pode favorecer para que esse processo, então natural, se intensifique, e que a radiação que incidiu naturalmente na atmosfera terrestre fique aprisionada, causando assim o aumento global da temperatura média, ou seja, o aquecimento global (SAVIETTO, 2017).

O impacto do aquecimento global é caracterizado por emissões de gases de efeito estufa (GEE) em toneladas métricas de CO₂ equivalente. Isto é calculado multiplicando-se a massa emitida de cada GEE pelo seu potencial de aquecimento global (PAG), onde o valor de PAG é 1 para CO₂, 23 para o metano (CH₄) e 296 para o óxido nitroso (N₂O) (SOUZA, 2017). O PAG é uma das muitas métricas para comparar as emissões e não encapsula todos os aspectos relacionados aos impactos ambientais (NOSHADRAVAN et al, 2013).

Exemplos de emissões que contribuem para o processo de aquecimento global são o gás carbônico (CO₂), o monóxido de carbono (CO), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O), os clorofluorcarbonos (CFCs), óxidos de nitrogênio (NO_x), o monóxido de carbono (CO), os halocarbonos, hidrofluorcarbono (HFC) e o perfluorcarbono (PFC) (SAVIETTO, 2017; CAMPOS, 2011). As principais fontes desses gases são a combustão de combustíveis fósseis,

tais como petróleo, carvão mineral e gás natural (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997; SAVIETTO, 2017).

2.2.3.2. Acidificação

Alguns poluentes do ar, tais como dióxido de enxofre e óxido de nitrogênio, podem ser transformados em ácidos que causam a redução do pH da água de chuva. As consequências dessa redução do pH podem causar danos aos ecossistemas naturais como também alguns impactos indiretos, tais como a redução de nutrientes dos solos e maior solubilidade de metais em solos. Porém, até construções e seus materiais podem passar por consequências alarmantes, pois é possível encontrar metais e rochas naturais corroídas devido ao ácido encontrado em chuvas (WENZEL; HAUSCHILD; ALTING, 1997). O indicador usado para o impacto ambiental potencial de acidificação é expresso em dióxido de enxofre equivalente (SO_{2eq}) (SOARES, 2006; SAVIETTO, 2017).

A chuva, naturalmente, já apresenta um pH ácido, em torno de 6, devido a presença de dióxido de carbono na atmosfera. Esse pH de acidez baixa não traz prejuízos as pessoas ou ao meio ambiente. A ocorrência de chuva ácida, com pH entre 2 e 5, está associada a presença de dióxido de enxofre (SO_2) e óxidos de nitrogênio (NO , NO_2 , N_2O_5), que em contato com o hidrogênio em forma de vapor, formam ácidos como o ácido nítrico (HNO_3), ou o ácido sulfúrico (H_2SO_4) (RUPPENTHAL, 2014).

2.2.3.3. Eutrofização

A eutrofização é o fenômeno da proliferação e crescimento excessivo das plantas aquáticas que causam interferências no corpo d'água (RUPPENTHAL, 2014). A eutrofização marinha é caracterizada pelo enriquecimento do ecossistema marinho com nutrientes químicos, tipicamente contendo nitrogênio (N) e fósforo (P) (SCHINDLER, 2006). Isso pode causar uma produção elevada de biomassa (SANTOS et al., 2018). O impacto da eutrofização no caso da produção agregada é dominado pela fase de processamento (trituração e triagem) e emissões indiretas (BRESSI et al, 2018).

O processo de eutrofização, normalmente, ocorre com a repetição da entrada de nutrientes no lago ao longo do tempo. Geralmente, com uma única ocorrência e uma pequena quantidade de nutrientes, o lago volta ao seu estado normal através do processo de autodepuração (RUPPENTHAL, 2014).

2.2.3.4. Toxicidade humana e Ecotoxicidade

O potencial de toxicidade humana é semelhante ao conceito do impacto potencial de ecotoxicidade e apresenta diferenciação entre toxicidade aguda e crônica. Ela ocorre quando o ser humano é exposto a substâncias que são danosas a ele mesmo. São três os parâmetros levados em consideração para criar os fatores de caracterização da ecotoxicidade: a dispersão da substância no meio ambiente, a característica ecotoxicológica da substância e a biodegradabilidade dela (SAVIETTO, 2017).

2.2.3.5. Oxidantes fotoquímicos

A poluição atmosférica por ozônio produzido por reações com gases de origem antrópica (NO₂ e COV) também chamado de “*smog*“, é altamente relacionado ao setor de transportes e seu impacto é considerado Regional ou local. É utilizado Kg etileno-equivalente como indicador. Os principais impactos gerados são em relação aos problemas respiratórios (RODRIGUES, 2015).

2.3. ENERGIA

Santos (2011) elaborou uma metodologia para o cálculo do fator de conversão da energia final em primária da eletricidade no Brasil. Considerando os anos 1970 a 2009 e os dados fornecidos pelo Balanço Energético Nacional, esse fator teve uma variação de valores entre 1,25 e 1,51. No seu estudo, também calculou cenários de conversão tanto para o fator de eletricidade em energia primária, quanto para as emissões de CO_{2eq}, com base nos dados do PNE 2030. Para isso, criou alguns cenários: primeiro considerando a redução do uso de aquecimento elétrico para água, substituindo-o por gás; e em segundo, com base na redução da participação da fonte hidráulica na matriz energética em 10%, 15% e 20% para 2030. Os valores correspondentes aos cenários da redução da contribuição hídrica na matriz energética variam de 1,49 (referência) até 1,62, 1,68 e 1,75, com as reduções colocadas anteriormente. Para as emissões de CO_{2eq}, os valores variam de 0,156 tCO₂/MWh no cenário de referência do PNE a 0,253, 0,302 e 0,351 respectivamente. A Tabela 1 apresenta a correlação entre a energia e as emissões de CO₂ para alguns materiais produzidos no Brasil.

Tabela 1: Faixas de valores levantados em pesquisas nacionais para energia incorporada e emissões incorporadas dos materiais no Brasil

| Material | EI (MJ/kg) | CO ₂ (kgCO ₂ /kg) |
|-------------------|-------------------------|---|
| Aço | 6,068 – 25,290 | 0,500 – 2,040 |
| Cerâmica vermelha | 0,560 – 3,746 | 0,610 – 1,911 |
| Concreto-bloco | 0,145 – 1,308 | 0,020 – 0,235 |
| Areia | 0,005 – 0,060 | 0,001 – 0,006 |
| Argamassa mistura | 0,232 – 3,470 | 0,037 – 0,347 |
| Brita | 0,015 – 0,080 | 0,001 – 0,005 |
| Cal hidratada | 0,830 – 4,800 | 0,659 – 0,939 |
| Cimento Portland | 1,15 2,9 – 3,3 3,86 | 0,180 – 0,821 |
| Concreto Simples | 0,1 – 0,704 | 0,021 – 0,160 |
| Gesso | 1,017 – 6,880 | 0,074 – 0,771 |

Fonte: adaptado de Montes (2016).

2.4. AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA (LCCA)

A partir do inventário detalhado do ciclo de vida, onde quantifica-se e qualifica-se todos os procedimentos adotados na elaboração da LCA, aplica-se a metodologia de avaliação de custo do ciclo de vida para avaliar os custos econômicos necessários para contemplação de todas as etapas. Os projetos desenvolvidos no Brasil, consideram apenas os valores presentes, ou seja, o valor necessário para construção, sem mencionar os gastos ao longo de toda a vida de utilização, por exemplo, custos de operação, manutenção e restauração e o custo do usuário.

De acordo com a FHWA (2002), a avaliação de custo do ciclo de vida (LCCA) é uma técnica de avaliação aplicável para a consideração de certas decisões de investimento, uma vez que a LCCA ajuda a determinar o melhor custo-benefício para a realização de um projeto. A maior parte dos estudos de LCCA em pavimentos concentram-se em trabalhos norte-americanos e europeus. No Brasil, Mesquita (2001), Biroli (2003), Rodrigues Filho (2006), Brasil (2011) e Santos (2011), Souza (2017) desenvolveram estudos de avaliação de custo do ciclo de vida em pavimentação.

Para Walls e Smith (1998), os custos totais das viagens são determinados multiplicando-se o valor do tempo adicional gasto em congestionamentos, trechos em obras ou em desvios, em comparação com o tempo gasto em um fluxo em condições normais, em função do tempo (taxa ou custo de atraso) para o usuário, veículos e caminhões. O método do Valor Presente Líquido (VPL) é a ferramenta mais empregada pelas grandes empresas na análise de investimentos e consiste em calcular o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial, utilizando uma taxa mínima de atratividade para descontar o fluxo (SAVIETTO, 2017; SOUZA, 2017).

Os custos totais dos usuários compreendem os custos de operação dos veículos e os custos em função do tempo das viagens. Além desses, podem ser incluídos nos custos dos usuários os custos de pedágio e os relacionados a acidentes e a emissões de poluentes provocadas pelos veículos (SANTOS, 2011). Bennet e Greenwood (2001) apresentaram uma terminologia para a determinação dos custos dos usuários:

- a) VOC – *Vehicle Operating Costs* (Custos de Operação dos Veículos): Engloba os custos de combustível, pneus, peças, óleos lubrificantes e pode também incluir os custos de tempo de viagem e de tripulação;
- b) RUE – *Road User Effects* (Efeitos aos Usuários da Rodovia): Similar ao VOC, mas RUE também inclui outras componentes tradicionalmente negligenciadas, como emissões e segurança. No HDM-4, o RUE é utilizado como a terminologia padrão de custos dos usuários;
- c) RUC – *Road User Costs* (Custos dos Usuários): São os custos originados da atribuição de custos ao RUE (Efeitos aos Usuários);
- d) RDWE – *Road Deterioration and Works Effects* (Efeitos da Deterioração e de Intervenções na Rodovia): Abrange os efeitos da deterioração do pavimento e as melhorias decorrentes de intervenções. Podem abranger também efeitos de melhorias, como alargamentos, travessia de pedestres, etc.

A taxa de desconto (taxa mínima de atratividade ou taxa de interesse) é expressa numa taxa de juros compostos que representa o grau de interesse ou atuação que o dinheiro merecerá no futuro. Nos países ditos desenvolvidos, este valor varia entre 4 e 8% ao ano. Nos países em desenvolvimento os valores mais usuais estão entre 10 e 12% ao ano (BRASIL, 2011; SOUZA, 2017).

O valor residual (terminal ou de resgate) representa o valor monetário atribuído ao pavimento ao final do período de análise (BRASIL, 2011). Seu cálculo pressupõe a valorização monetária, quando da reciclagem da estrutura de pavimento existente, no final do período de avaliação (MENDES, BUENO, OMETTO, 2016; SOUZA, 2017).

A LCCA é usada principalmente para ajudar os gestores a identificar as estratégias de construção e reabilitação de pavimentos mais econômicas (WANG et al, 2016). No HDM-4 é feita a implementação do modelo de efeitos sobre usuários (RUE – *Road User Effects*) para o cálculo das velocidades dos veículos motorizados, dos custos de operação dos veículos, do tempo de viagem, dos custos dos acidentes e das emissões de poluentes. Para modelar o custo

de operação, assim como o tempo de viagem, são utilizados procedimentos computacionais para (SANTOS, 2011):

- a) calcular a velocidade para cada tipo de veículo (velocidade livre, velocidade de congestionamento, velocidade de operação média anual, velocidade de tráfego média anual);
- b) calcular a quantidade de insumos consumidos (combustível, óleo lubrificante, pneus, peças, custo do trabalho de manutenção, custo do capital, custo da tripulação e custos gerais);
- c) calcular o tempo de viagem (passageiros por hora e carga por hora);
- d) calcular o custo dos insumos consumidos pelos veículos e o tempo de viagem, aplicando os custos unitários;
- e) calcular o aumento nos custos operacionais (devido a possíveis reduções de velocidade provocadas por estrangulamentos do tráfego ou pela deterioração da via). Para um trecho de rodovia e um período de projeto, o consumo de insumos dos veículos é modelado considerando-se a operação de cada tipo de veículo sob as condições do fluxo de tráfego.

No processo de uma avaliação de custo do ciclo de vida de um pavimento, são determinados os diversos custos pertinentes à uma solução de pavimento e posteriormente comparada a soluções alternativas. A solução economicamente mais vantajosa será aquela que apresentar o menor custo do ciclo de vida (SANTOS, 2011). LCCA é utilizada hoje em dia em complementação à LCA como um meio auxiliar na tomada de decisão, de modo a instruir as indústrias e empresas a eliminar custos antes que eles ocorram e administrar alguns riscos de negócios relacionados a custos, fluxo de caixa e rentabilidade (BARRETO, 2014).

Santos e Ferreira (2012) avaliaram, por meio da LCCA, um novo modelo de otimização de desempenho para pavimentos em Portugal, chamado OPTPAV, em que foram avaliadas duas qualidades de pavimentos em horizontes de 20 e 40 anos. O trabalho concluiu que a metodologia de LCCA é muito eficaz para decisões sobre a combinação de custos de construção, manutenção, uso e até de valor para valoração residual de maneira a comparar as diferentes soluções para a escolha final da melhor alternativa de pavimentação. O estudo também revelou que o pavimento português diferiu em 78% dos casos avaliados (BARRETO, 2014).

Com a crescente demanda por novas infraestruturas rodoviárias, a demanda por gerenciamento eficiente de estradas antigas e novas também aumenta, juntamente com demandas de segurança, acessibilidade e implementação de sistemas avançados de gerenciamento de tráfego para diminuir os custos socioeconômicos, mitigando efeitos ambientais relacionados à manutenção, problemas de trânsito e perdas. Os atrasos de manutenção, no entanto, aumentam também. Uma vez que as despesas de manutenção normalmente compreendem metade dos fundos anuais de infraestrutura rodoviária, é muito importante priorizar a eficiência na manutenção rodoviária (BABASHAMSI et al, 2016).

Na maioria de seus modelos de previsão de desempenho do pavimento, a irregularidade longitudinal do pavimento é o principal parâmetro utilizado. No HDM4 foram incorporados modelos de Custos de Operação de Veículos – VOC (*Vehicle Operating Cost*). O HDM-4 foi formulado e calibrado para ser utilizado em países em desenvolvimento, não havendo na literatura frequentes relatos de sua utilização em países desenvolvidos, como os EUA, por exemplo. Porém seus modelos são utilizados nas estimativas de custos de operação dos usuários, mesmo em países desenvolvidos (SANTOS, 2011).

A avaliação econômica de um projeto de restauração de pavimentos consiste basicamente na comparação entre custos e benefícios econômicos, no intuito de determinar se um investimento é justificável. Diz-se que uma alternativa de restauração é atrativa economicamente quando o benefício líquido ou o retorno é pelo menos igual ao de outras oportunidades de investimento. Os mais importantes benefícios econômicos da restauração (BRASIL, 2005b) são:

- a) redução do custo de operação dos veículos;
- b) redução dos custos futuros de conservação;
- c) economia do tempo de viagem de passageiros e das cargas;
- d) redução dos custos de acidentes;
- e) estímulo ao desenvolvimento econômico;
- f) acréscimo de conforto e utilidade.

Na avaliação econômica é essencial que todos os custos e benefícios que ocorrem na vida da rodovia sejam incluídos. Isto não era efetuado adequadamente ou mesmo compreendido pelos projetistas. Eles entendiam que os primeiros custos de implantação eram suficientes para os estudos econômicos. Porém, isto não se mostra coerente no tempo, pois os custos operacionais relativos à manutenção do pavimento, em níveis aceitáveis de irregularidade,

podem ser significativo e para enfatizar a necessidade de uma análise de custos globais, o termo custos do ciclo de vida (*life-cycle costs*) foi incorporado na área de pavimentação. Os custos de ciclo de vida referem-se a todos os custos (e no sentido mais amplo a todos os benefícios) envolvidos em um ciclo completo de vida do pavimento. Isto inclui custos de construção, de conservação, de restauração, e de operação (BRASIL, 2005b).

2.5. ESTUDOS DESENVOLVIDOS EM LCA

Diversos estudos são desenvolvidos na área de impactos ambientais. Apesar de alguns serem apresentados como LCA, contêm apenas inventários de ciclo de vida (LCI) e não fornecem avaliação de impacto do ciclo de vida (LCIA) (SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011). A quantificação minuciosa dos impactos ambientais dos pavimentos, requer informações de numerosas fontes relacionadas aos estágios de seu ciclo de vida, as quais nem sempre estão disponíveis (NOSHADRAVAN et al, 2013).

A falta de padronização na avaliação de impactos do ciclo de vida vem sendo discutida frente a padrões temporais, em relação à fase de uso com estudo em carbonatação, albedo (YU e LU, 2014) e rugosidade (ZHANG et al., 2010), em relação aos padrões dinâmicos eutrofização (HAES et al., 2002), a toxicidade humana (MANNEH, MARGNI, DESCHENES, 2012) ou o impacto da saúde humana no ruído (CUCURACHI, HEIJUNGS, OHLAU, 2012).

O setor da construção é responsável por um consumo substancial de energia e recursos naturais. Além disso a operação e manutenção de um sistema rodoviário gera um impacto ambiental considerável ao longo da sua vida útil (ANASTASIOU, LIAPIS, PAPAYIANNI, 2015; GRAEL, BEZERRA, 2017).

Em 2013, o transporte rodoviário foi responsável por 23% das emissões de CO₂ nos 28 países da União Europeia (ARAÚJO, 2016). Se os impactos da construção, operação e manutenção da estrada fossem adicionados às emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos veículos rodoviários, esses impactos ambientais seriam aproximadamente 10% maiores do que se poderia obter apenas com a operação dos veículos rodoviários (CHESTER e HORVATH, 2009).

2.5.1. Tipos de materiais aplicados na estrutura dos pavimentos

O objetivo dos estudos de LCA varia em uma ampla gama como, por exemplo, o desenvolvimento do modelo de construção e manutenção de pavimentos (HUANG, BIRD,

HEIDRICH, 2009), a avaliação de misturas asfálticas mornas e de módulo elevado (COSTA E BENTA, 2016), a análise de pavimento de concreto com subproduto da indústria (JAMSHIDI et al., 2015), a quantificação dos benefícios ambientais da reciclagem *in situ* (TURK et al., 2016) e análise da resistência ao rolamento do pavimento sobre a emissão de gases com efeito de estufa (WANG et al., 2012; WANG et al, 2016).

Os resultados mostraram que a mistura asfáltica quente (HMA – *hot mix asphalt*) gera maiores emissões de CO₂ do que o pavimento de concreto com armadura contínua (CRCP- *continuously reinforced concrete*). Por outro lado, o aumento de CO₂, do material particulado e do CH₄ foi devido as emissões de cinzas volantes, liberadas principalmente durante a fase de produção de cimento. Para as emissões de NO_x, SO₂ e CH₄, estas eram maiores para HMA em comparação com CRCP (KUCUKVAR, TATARI, 2012). Em Taiwan, desenvolveu-se um LCI para três diferentes materiais reciclados (RAP, asfalto-borracha e vidro-asfalto) com o HMA, através do Eco-indicador 99, para avaliar o impacto ambiental gerado pelo uso de materiais reciclados para a manutenção dos pavimentos asfálticos (BALAGUERA et al, 2018).

Collins (2010) concluiu que a carbonatação durante a vida secundária (após trituração) pode ser afetada pelo tipo de aplicação e exposição do agregado reciclado de concreto: o cascalho com tamanho de partícula fina carbonatará de maneira mais abrangente do que as rochas maiores (devido à maior área de superfície exposta), enquanto o agregado reciclado exposto ao ar carbonatará de maneira mais abrangente que o localizado em um ambiente enterrado e úmido. Se a carbonatação for ignorada, as estimativas de emissão podem ser superestimadas em 13 a 48%, dependendo do tipo de cimento e da aplicação do agregado reciclado durante a vida secundária.

O pavimento com revestimento asfáltico foi 44% menos impactante que o pavimento de concreto Portland quanto ao desempenho ambiental. O fator determinante para o baixo desempenho do pavimento de concreto deve-se principalmente às emissões de CO₂ relacionadas à fabricação de cimento e à sua respectiva contribuição para o aquecimento global (SOUZA DA SILVA et al, 2014).

Hakkinen e Makela (1996) realizaram um estudo baseado em estruturas de pavimento na Finlândia e concluíram que o pavimento de concreto produziu 40% mais emissões de CO₂ em relação ao pavimento de asfalto. A análise foi desenvolvida considerando ciclo de 50 anos, com tráfego de 20.000 veículos por dia, unidade funcional de 1 km de rodovia construída, ao final do ciclo a rodovia deve estar renovada, não gerar resíduos, ou seja, todo material precisa ser reciclado ou reaproveitado. Os autores relacionam o impacto negativo para o concreto

devido aos altos fatores de valorização do mercúrio e do cádmio de acordo com as metas políticas suecas e a dificuldade em reciclar o pavimento de concreto.

Horvath e Hendrickson (1998) realizaram um estudo utilizando o modelo EIO-LCA (*Economic Input Output Life Cycle Assessment*) e concluíram que o pavimento de asfalto (7 milhões de MJ) consome 40% mais energia do que o pavimento de concreto (5 milhões de MJ) para sua implantação. O pavimento de concreto foi considerado com 22,0 cm de espessura, enquanto o asfáltico 30,0 cm, dimensionados de forma a atender o tráfego durante 20 anos

Particularmente, por causa de sua longa vida útil, o concreto é uma solução de pavimento econômica e que consome menos materiais, energia e outros recursos para atividades de construção, manutenção e reabilitação ao longo de sua vida útil. Além da longevidade, outras características do pavimento de concreto aumentam ainda mais sua sustentabilidade. Pavimentos de concreto construídos e texturizados de forma adequada reduzem a deflexão do pavimento, o que resulta em menor consumo de combustível do veículo (ACPA, 2007).

Zapata, Gambatese, Asce (2005) concluíram que o Concreto de cimento Portland consumia mais energia nas três primeiras etapas do ciclo de vida de uma estrada (extração de matérias-primas, fabricação e execução da pavimentação) em relação ao pavimento de asfalto. A fabricação de betume requer menos energia do que a produção de cimento. As fábricas de cimento consomem quase 61% da energia necessária para a produção e execução de concreto armado, enquanto a extração e produção de ligante asfáltico responde por 40% da energia necessária para fabricação e execução de pavimento asfáltico.

Weiland e Muench (2010) analisaram três diferentes alternativas de reabilitação de pavimentos e descobriram que o consumo de energia é mais alto na opção asfáltico, enquanto o impacto do aquecimento global é mais alto na opção concreto de cimento Portland, com maior contribuição da etapa de produção dos materiais, principalmente cimento e asfalto. Existem muitos fatores que podem afetar os resultados da LCA, como limites do sistema, a qualidade e a fonte dos dados de inventário, projetos de pavimentos inconsistentes e locais geográficos (WANG et al, 2016). Para tanto, não deve-se considerar apenas o tipo de pavimento implantado, mas sim todos os fatores que podem intervir, tais como geometria, espessura, tipo de material, tráfego, região climática, transporte dos insumos, técnicas de execução.

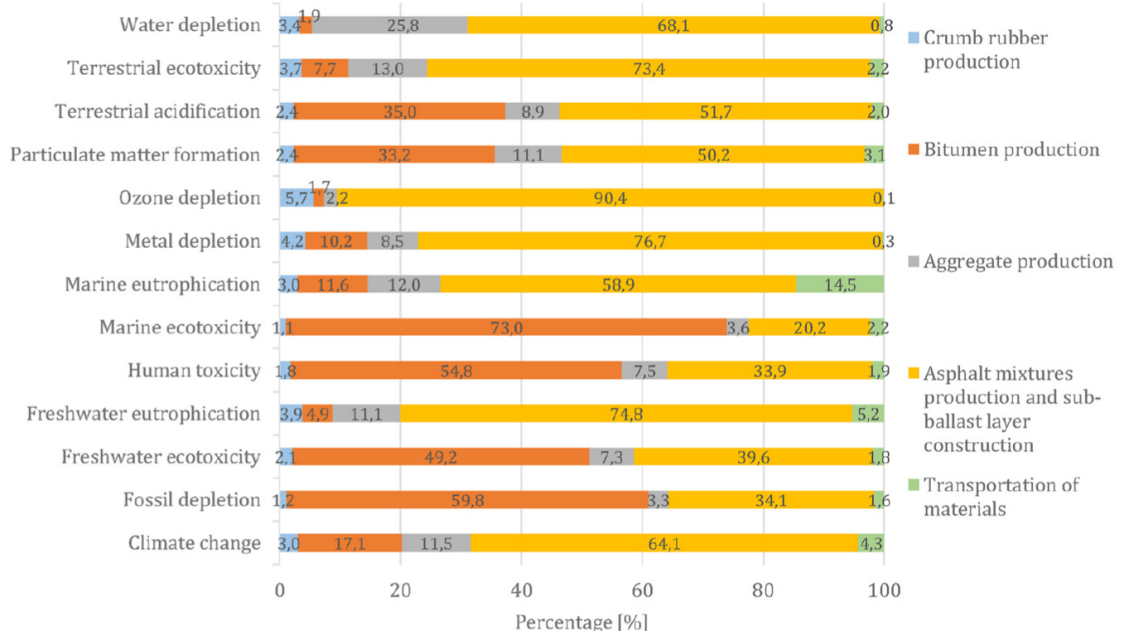
Bressi et al (2018) compararam diferentes misturas betuminosas contendo materiais reciclados, nomeadamente borracha triturada (CR – processo seco) e camada asfáltica fresada (RAP), através dos resultados de uma avaliação do ciclo de vida (LCA). Em comparação com uma camada betuminosa tradicional, as misturas de *Crumb Rubber Modified* (CRM) mostraram maiores impactos devido ao tratamento da borracha, bem como à maior quantidade de betume

empregada na mistura. Por sua vez, quando o RAP é utilizado, os resultados da LCA reportam uma melhoria de todos os indicadores considerados. A redução dos impactos é ainda maior quando há a interação completa entre ligante envelhecido e ligante virgem, porque permite reduzir a quantidade de cimento asfáltico (CAP) virgem empregado. O uso de CR na produção de misturas asfálticas por meio de ambas as tecnologias (processo úmido e seco) tem se mostrado ambientalmente benéfico devido à:

- redução da necessidade de energia bruta (GER) e das emissões de GEE (FARINA et al., 2017);
- redução do ruído, especialmente quando o processo seco é utilizado (PAJE et al., 2010);
- melhoria das propriedades de amortecimento quando o CR é misturado como um agregado como consequência da absorção de vibrações pela borracha (D'ANDREA, URBANI, BONIN, 2004).

Na Figura 3 desenvolvida por Bressi et al (2018) observa-se que a produção da borracha triturada, o transporte dos materiais e a produção dos agregados são menos impactantes em relação à produção do ligante asfáltico e da produção da mistura asfáltica. Em relação a ecotoxicidade marinha, água doce e humana e a depleção fóssil, a produção do betume é impactante.

Figura 3: Contribuição relativa de diferentes fases e subfases do ciclo de vida para os impactos ambientais totais devido ao uso de mistura betuminosa com 2,0 % de CR



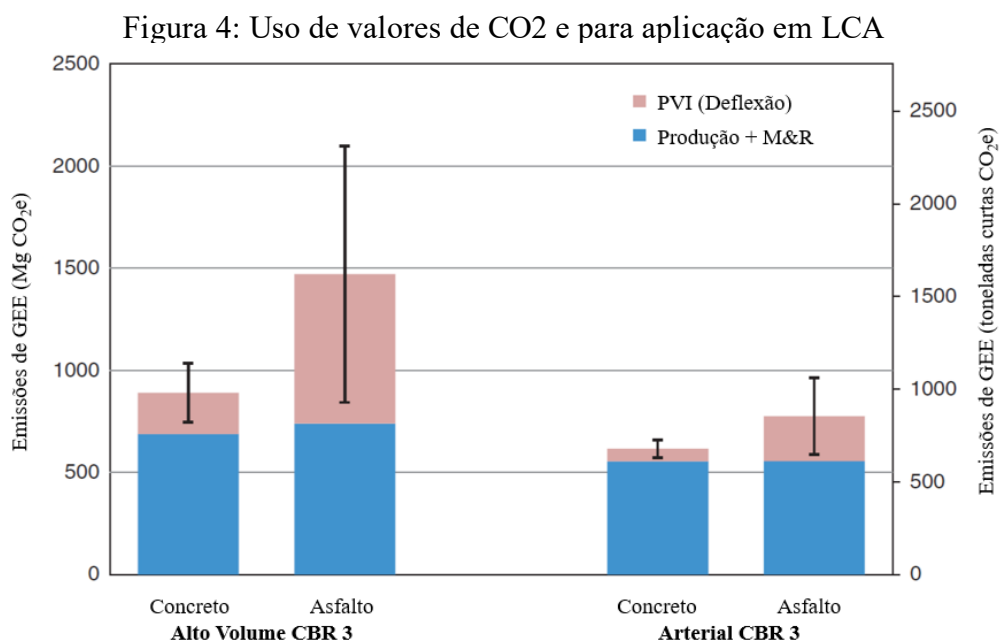
Fonte: adaptado de Bressi et al (2018).

A produção de mistura asfáltica e a execução de camadas de base são as que mais interferem na depleção da camada de ozônio. Fica visível a elevada interferência que a produção de ligantes betuminosos e misturas asfálticas detém dentro do processo de construção de uma rodovia, sendo primordial a utilização de técnicas que reduzam as emissões ao meio ambiente e a adoção de materiais alternativos ou reciclados (BRESSI et al., 2018).

2.5.2. Volume de tráfego

As pesquisas sobre o LCA de rodovias têm se concentrado em vias com alto e médio volume de tráfego e a maioria foi realizada na América do Norte e na Europa. Os tipos de estradas nos países em desenvolvimento são diferentes: baixo volume de tráfego, não pavimentadas e com diferentes consequências econômicas, sociais e ambientais. Os resultados mostraram que, em estradas com baixo volume de tráfego, embora a reabilitação seja mais barata, o consumo de energia e as emissões de gases com efeito estufa podem ser maiores em comparação com uma manutenção rotineira do pavimento (WANG et al., 2012).

A Figura 4 mostra os valores de CO_{2eq} do Instituto Athena para estradas de alto volume de tráfego e vias arteriais e o valor médio do impacto resultante da interação pneu-pavimento (IPP) (para caminhões e automóveis) para pavimentos de asfalto e de concreto.



Fonte: adaptado de Akbarian et al (2012).

As faixas máxima e mínima nos impactos CO_{2eq} são indicadas com barras de erro, refletindo a faixa de valores para cada tipo de pavimento. É demonstrado que o impacto CO_{2eq} é mais significativo para a via expressa de alto volume de tráfego do que para a arterial de baixo volume (AKBARIAN et al, 2012). No caso do pavimento flexível, em rodovias de tráfego pesado, resultou em geração de CO_2 equivalente, tanto ao analisar a deflexão, quanto a construção do pavimento. ou seja, o caminhão gasta muito mais combustível ao trafegar em rodovias que são flexíveis e irregulares, do que em pavimentos rígidos, é como se o caminhão estivesse constantemente subindo uma pequena ladeira. Para rodovias de baixo volume de tráfego, estas emissões representam menos da metade do valor gerado na construção.

2.5.3. Matéria prima

Olsson, Kärman, Gustafsson (2006) verificaram que o aumento do consumo de energia deve-se, principalmente, ao processo de britagem dos agregados e à distância de transporte do material.

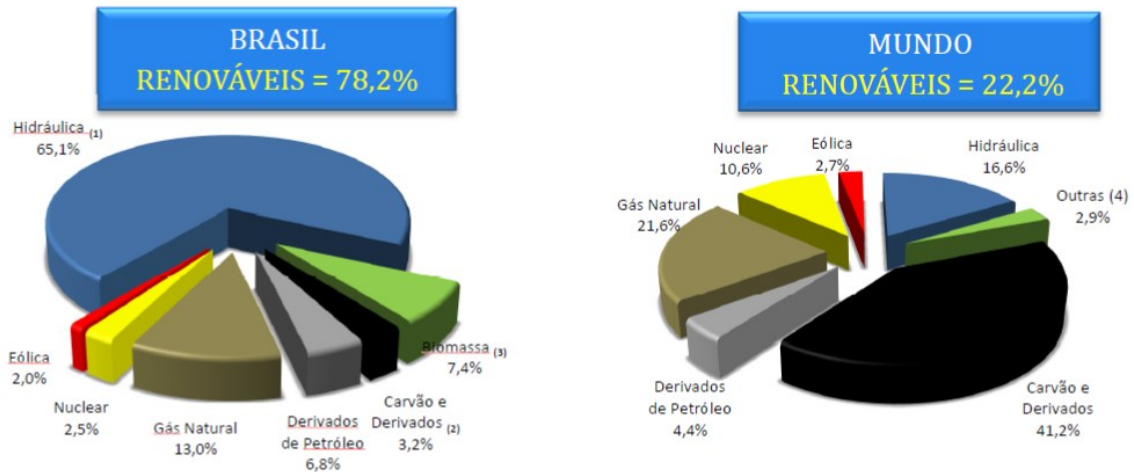
O processo de produção de óleo diesel envolve, principalmente, o refino do petróleo que nas refinarias modernas envolvem as atividades de: destilação, craqueamento, polimerização, alquilação, dessulfurização, dessalinização, desidratação e hidrogenação. Outra fonte de emissão é a regeneração periódica dos catalisadores de processo, que pode conter monóxido de carbono, material particulado, além de hidrocarbonetos voláteis. Esta corrente, para ser tratada, precisa passar por uma caldeira de CO, onde são queimados o CO e os hidrocarbonetos remanescentes. Estas emissões possuem efeitos nocivos à saúde humana e são potencialmente causadores de dano (MARIANO, 2001; FERREIRA, 2014).

A energia da matéria-prima no betume é relatada como sendo de 40,2 MJ/kg. Os estudos que tratam desta determinação, o fazem de forma diferente e não podem ser razoavelmente comparados devido aos sistemas de contabilidade usados para estimar o consumo de energia (GARG et al., 2006 apud SANTERO, MASANET, HORVATH, 2011). Segundo Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2016), o Brasil possui 78,2% da matriz elétrica sendo renovável (Figura 5) enquanto que no mundo esse valor é de 22,2% e isto vai impactar na quantidade de CO_2 gerada em relação a matéria-prima betume.

Além de ser um grande consumidor de energia, o setor de transportes no Brasil também apresenta indicativos de que é pouco eficiente, quando comparado ao cenário mundial. Em 2010, a média mundial de autonomia (km/L) para caminhões novos, leves e médios foi de 8,2 km/L e de caminhões novos pesados foi de 3,6 km/L (IEA, 2012), enquanto no cenário

brasileiro estes valores foram, respectivamente, de 5,6 km/L e 3,4 km/L, em 2012 (MMA, 2014).

Figura 5: Matriz elétrica no Brasil e no mundo



Fonte: EPE (2016).

Embora o cimento seja um material relativamente intensivo em termos de energia e dióxido de carbono (CO_2) na fabricação, é importante reconhecer que a fabricação do cimento representa apenas 1,5% das emissões de CO_2 dos EUA. O saldo das emissões provém de fontes como produção de eletricidade (28%), indústria (22%), transporte (29%), comercial e residencial (12%) e vários outros processos comerciais e industriais (DOE 2017; ACPA, 2007).

2.5.4. Irregularidade

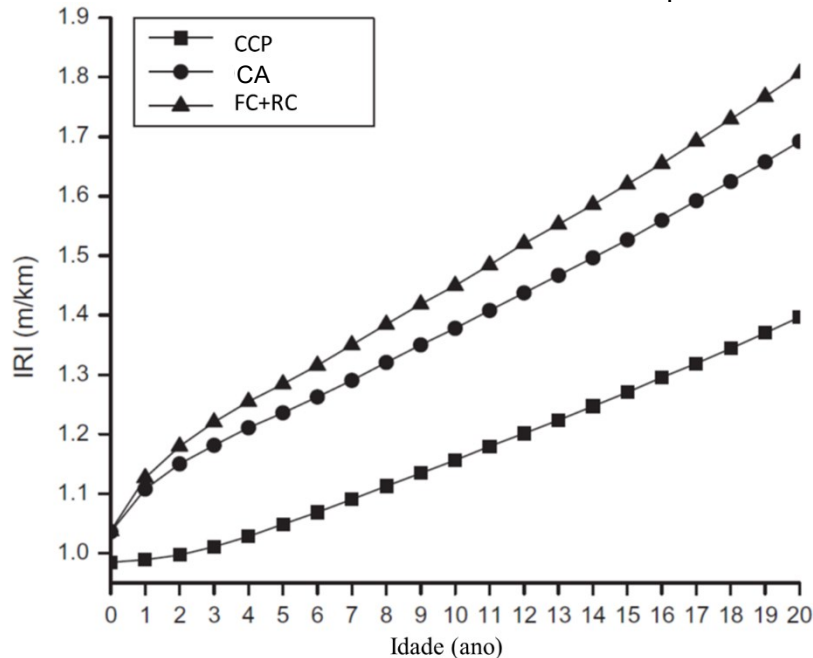
Azarijafari, Yahia, Amor (2016) apresentam uma análise de inventário contemplando a irregularidade superficial, ruído, iluminação, albedo, carbonatação e terraplenagem, além da coleta de dados localmente aplicáveis, consideração consequencial e temporal do ciclo de vida do pavimento e análise de sensibilidade.

De Lima et al (2013) concluíram que a maior parte do investimento rodoviário está relacionado aos materiais e seus custos de transporte. No Brasil, 12,5% do orçamento total de 4 anos em São Paulo foi gasto em desenvolvimento e manutenção de estradas (VASCONCELLOS, 2014 apud AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

Estudos mostraram que uma redução de até 2% no consumo de combustível dos veículos pode ser alcançada por redução de 10% na resistência ao rolamento induzida pela irregularidade da superfície. A maior parte da pesquisa no campo de LCA em rodovias considerou a rugosidade da superfície com base no índice internacional de irregularidade (IRI).

O IRI é afetado pelo tipo do revestimento da rodovia e aumentará com a idade do pavimento e falta de uma gestão adequada da manutenção (Figura 6) (CALWELL, 2003; EVANS et al., 2009; AZARIJAFARI, YAHIA, AMOR, 2016).

Figura 6: Tendências de desenvolvimento do IRI conforme previsto no MEPDG



Fonte: adaptado de Yu, Lu, Xu (2013).

Nota: CCP (concreto de cimento Portland); CA (concreto asfáltico); FC+RC (fresagem contínua com reconstituição em CA).

Um modelo de impacto de rugosidade (RSI) foi desenvolvido por Ziyadi et al. (2018) para quantificar os impactos energéticos e ambientais devido à interação veículo/pavimento. O modelo RSI é responsável pela resistência adicional ao rolamento dos veículos, resultante das propriedades da superfície do pavimento, medidas em termos de irregularidade, bem como das melhorias de eficiência do veículo ao longo do tempo. Estima-se que cerca de 20% do consumo relacionado com o transporte seja causado pela resistência ao rolamento.

Para Ziyadi et al. (2018) os resultados indicam uma interação mais forte entre o IRI e o consumo de energia em velocidades mais altas. Enquanto a eficiência do veículo responde por cerca de 27% do potencial total de economia de energia, a economia potencial da rugosidade e irregularidade do pavimento pode ser de até 7%, dependendo da política de reabilitação, nos 35 anos do período de análise. Embora possa não parecer significativo, uma economia de 1,5% em níveis elevados de tráfego, produz redução direta de combustível de 400.000 galões de gasolina ou 3.500 toneladas de CO₂ ou \$ 135.000.

Zhang, Keoleian, Qiann (2007) descrevem um projeto em que se testou o impacto da irregularidade do pavimento sobre o consumo de combustível de caminhões pesados. Os resultados mostraram que o rendimento do combustível diminuiu de 1,87 km/L para 1,79 km/L, quando o IRI aumentou de 1,2 para 2,4 m/km.

Por outro lado, a diminuição do IRI propiciado pela intervenção no pavimento reduz o consumo de combustível, como apresentado pelo Departamento de Transporte do Missouri (AMOS, 2006) onde a economia de combustível aumentou ligeiramente de 9,06 km/L a 9,13 km/L, para motores a gasolina e veículos leves, e de 2,51 km/L para 2,6 km/L para caminhões movidos a diesel, conforme o IRI foi melhorando de 2,03 m/km para 0,95 m/km.

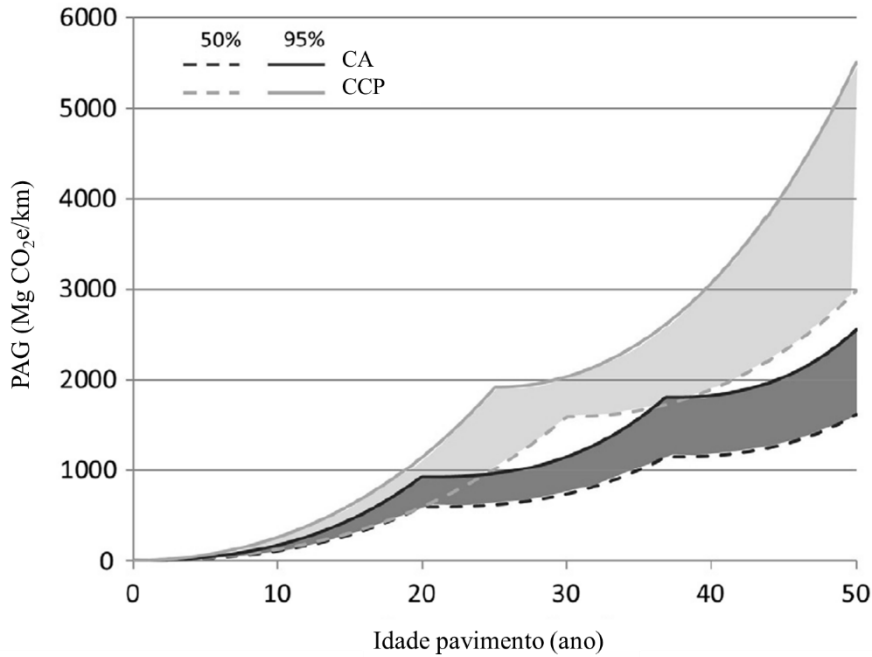
Estudos desenvolvidos em Portugal apontam que o desgaste - do sistema de frenagem e pneus contribuem, em média, com 14% da emissão total de material particulado (MP) fino (de PM_{2,5} ou 2,5 µm) em área urbanizada. Entretanto, participação percentual na composição do material particulado fino varia ao longo do ano devido à temperatura e à taxa de insolação. O escape dos veículos seria responsável em média por 22% do total de emissões de MP, variando de 30% no outono/inverno a 14% nos meses de primavera/verão (ALMEIDA et al, 2004).

Quando o pneu gira, é deformado pela carga exercida sobre ele, fazendo com que este fique plano na zona de contato pneu-pavimento. A repetida deformação dos pneus causa uma perda de energia devida a um fenômeno de histerese que provoca uma força de resistência ao rolamento (SANTOS, FERREIRA, 2012). Um dimensionamento criterioso dos pavimentos, utilizando método empírico-mecanicista (estabelecendo critérios de ruína, limitando a fadiga e a deformação permanente) para pavimentos flexíveis e análise por fadiga e erosão para pavimentos rígidos, além da correta calibragem dos pneus permite maximizar a economia de combustível, diminuindo assim o consumo de energia e as emissões gasosas libertadas para a atmosfera (ARAÚJO, 2016).

Amos (2006) investigou o efeito da irregularidade do pavimento na eficiência de combustível, para pavimento liso em relação ao áspero. Verificou que uma melhora de 53% na irregularidade que resultou em mais de 2,4% de economia de combustível.

A Figura 7 demonstra a progressão do potencial de aquecimento global (PAG) induzido pela irregularidade da superfície durante a vida útil do pavimento com base em níveis de confiabilidade de 50% e 95% para concreto asfáltico (CA) e concreto de cimento Portland (CCP) (NOSHADRAVAN et al., 2013).

Figura 7: Progressão das emissões induzidas por IRI ao longo da idade do pavimento com base nos níveis de confiabilidade de 50% e 95%

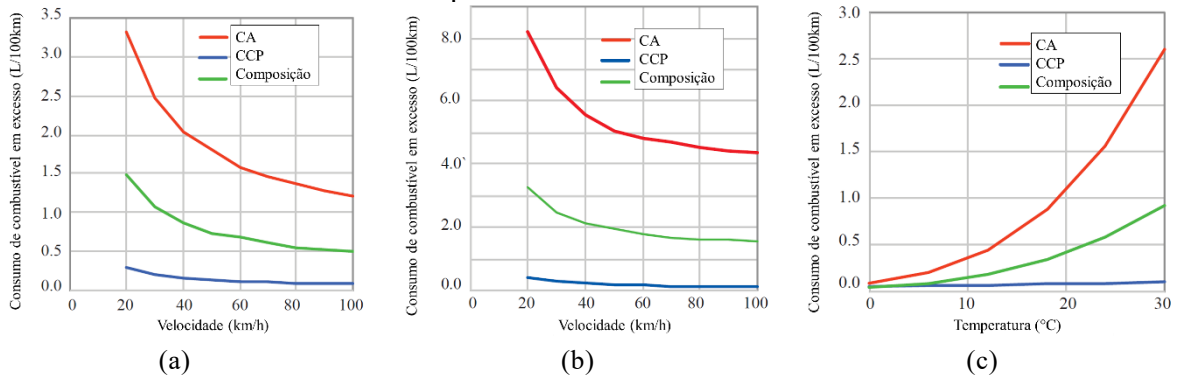


Fonte: adaptado de Noshadravan et al (2013).

2.5.5. Velocidade de deslocamento

Louhghalam, Akbarian, Ulm (2014) mencionaram que à medida que a velocidade e a temperatura do veículo aumentaram, há uma diferença significativa no consumo de combustível para os diferentes tipos de pavimentos (Figura 8).

Figura 8: Variação do excesso de consumo de combustível no nível de confiança de 95% em função de (a): velocidade a T=10°C±10°C; (b): velocidade a T=30°C±10°C (c): temperatura a c =100 Km/h



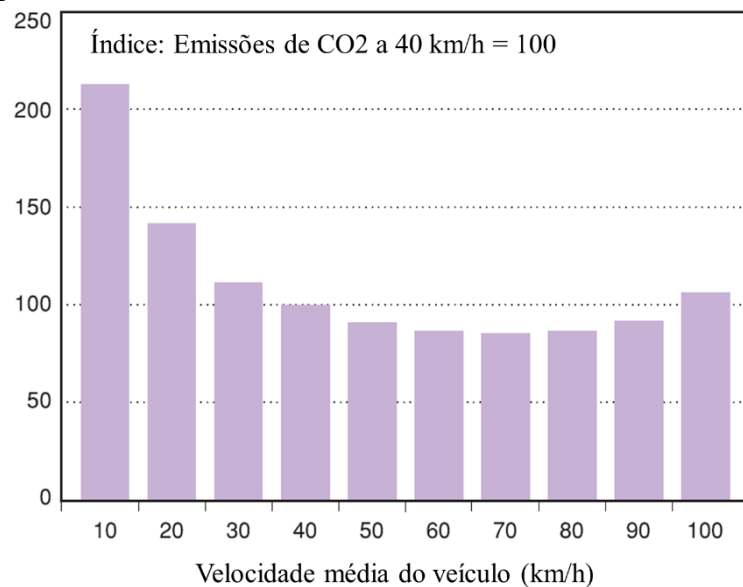
Fonte: adaptado de Louhghalam, Akbarian, Ulm (2014).

Com o aumento da velocidade há redução no consumo de combustível, contudo ao comparar apenas com a velocidade em 100 km/h, conforme aumenta-se a temperatura,

aumenta-se o consumo de combustível. Pavimentos flexíveis (asfálticos) apresentaram maiores consumos que os pavimentos rígidos (concreto)

De acordo com estudos conduzidos por Jama (2008), a velocidade do veículo influencia na quantidade de emissões de CO₂, havendo uma otimização na redução destas emissões quando o veículo se desloca a uma velocidade entre 60 e 80 km/h, como ilustra a Figura 9. Também pode ser observado na figura que velocidades lentas de deslocamento (congestionamentos com paradas e partidas) aumentam as emissões de CO₂ por conta do aumento do consumo de combustível.

Figura 9: Impacto da Velocidade do Veículo na Emissão de CO₂

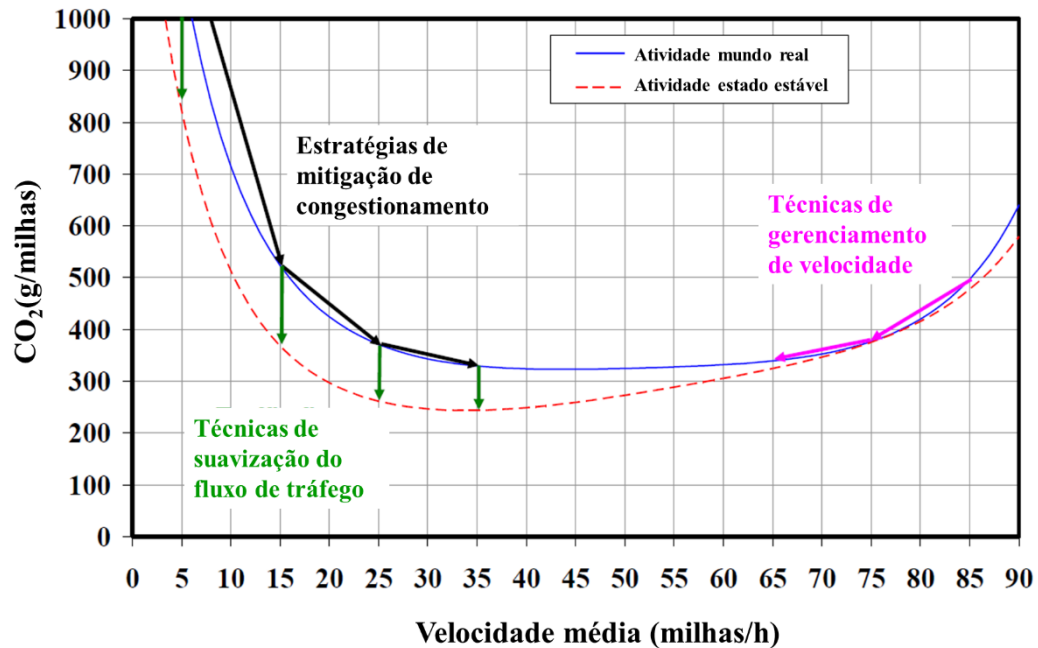


Velocidade média do veículo (km/h)

Fonte: adaptado de Jama (2008).

A Figura 10 mostra o efeito potencial de operações aprimoradas de tráfego no CO₂. É importante considerar todas essas estratégias ao tentar reduzir as emissões de CO₂. A presença de zona de trabalho, resultante do fechamento de faixas, estradas e desvios durante eventos de construção e manutenção, afeta o fluxo de tráfego, produzindo um tráfego atrasado, um impacto de congestionamento na rede rodoviária e um aumento geral do consumo de combustível do veículo (TRUPIA, 2018).

Figura 10: Possível uso de estratégias de operação de tráfego na redução das emissões de CO₂ na estrada



Fonte: adaptado de Barth, Boriboonsomsin (2008).

2.5.6. Ruído

O ruído gerado pelo tráfego é a principal fonte de poluição sonora, que ameaça a saúde humana. Bennert et al. (2005) demonstraram que a mistura *Stone Mastic Asphalt* (SMA) pode reduzir o ruído gerado pelo tráfego do veículo em vez do asfalto graduado denso.

Grande parte do ruído gerado tem origem na fase de consumo do pneu, sendo proveniente principalmente do contato entre o pneu e o pavimento (FERREIRA, 2014). Texturas de superfícies de pavimento mais porosas propiciam pavimentos mais silenciosos reduzindo a poluição sonora (ACPA, 2007).

O ouvido humano saudável pode perceber uma mudança de sonoridade quando ocorre uma variação do nível de pressão sonora (NPS) de cerca de 3 dB. A absorção sonora de superfícies de pavimentos é afetada pela espessura da camada porosa do revestimento, da porcentagem dos vazios de ar e de vazios comunicantes (KNABBEN, 2012).

Knabben (2017) construiu um trailer-CPX para aferição do ruído em superfícies pavimentadas. As medições do ruído pneu-pavimento realizada com Trailer-CPX mostraram que a macrotextura das misturas densas tem grande influência na geração do ruído da parcela mecânica. Texturas consideradas positivas, ou seja, com alta rugosidade (como no caso do

microrrevestimento) aumentam a geração do ruído da parcela mecânica, principalmente de impactos e choques.

A camada porosa de atrito (CPA) foi a que apresentou menor índice de ruído (CPXI) quando comparada com os demais revestimentos estudados. Essa redução é explicada pela sua textura negativa que diminui a geração do ruído mecânico e pela porosidade que possibilita a passagem do ar por seus vazios e reduz a parcela de geração do ruído aerodinâmico. Quanto maior a rugosidade maior é o nível de pressão sonora nas baixas frequências. Quanto maior a porosidade menor será o nível de pressão sonora nas altas frequências (KNABBEN, 2017).

Por outro lado, o microrrevestimento foi o mais ruidoso dos revestimentos estudados, devido ao desgaste da superfície constatada pelo ensaio da mancha de areia, gerando um ruído causado principalmente pelo mecanismo mecânico de impactos e choques. Da mesma forma quanto maior a altura da macrotextura maior é o ruído gerado (KNABBEN, 2012).

2.5.7. Refletância

Durante o dia, os pavimentos se tornam consideravelmente mais quentes que o meio ambiente. Durante a noite, o calor armazenado nas camadas inferiores se transmite para o revestimento e este irradia o excesso de calor para a superfície. A espessura das camadas do pavimento pode influenciar na condução térmica dentro da estrutura. Um pavimento mais fino aquecerá mais rápido durante o dia, mas também esfriará mais rápido durante a noite (VILLENA DEL CARPIO, 2014).

A reflexão solar de pavimentos (conhecida como albedo) é uma propriedade efetiva do revestimento conectado com a categoria de impacto de mudança climática e é altamente afetado pelo envelhecimento (SANTAMOURIS, 2013).

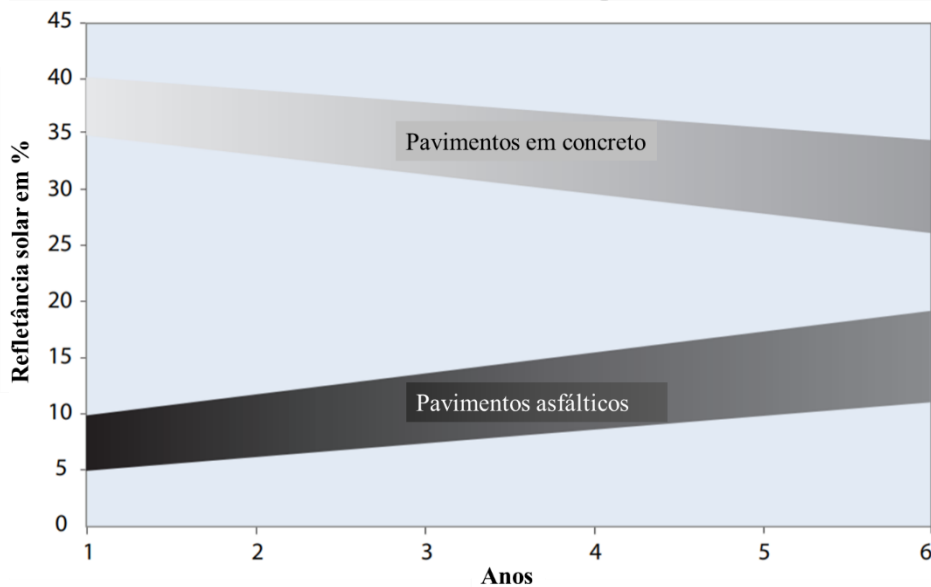
O albedo pode variar entre 0 (absorção total) e 1 (reflectância total). Representa a razão entre a radiação solar refletida por uma superfície e a radiação total que incide sobre essa superfície (ARAÚJO, 2016).

Para revestimentos asfálticos o albedo esperado situa-se entre 0,05 e 0,20, enquanto para pavimentos em cimento deverá variar entre 0,25 e 0,40 (POMERANTZ et al., 1997; MARCEAU, VANGEEM, 2007; ARAÚJO, 2016). As cores mais claras dos pavimentos de concreto e a maior refletividade melhoram a visibilidade noturna, reduzem a quantidade de energia necessária para iluminar estradas durante a noite e ajudam a mitigar a geração de calor urbano e a geração de poluição atmosférica (ACPA, 2007). A luminância média dos pavimentos de concreto foi obtida como 1,77 vezes a dos revestimentos asfálticos. Os estacionamentos de

asfalto usam 57% mais energia elétrica do que os estacionamentos de concreto para um mesmo nível luminotécnico (candelas). Também se tornou evidente que uma maior uniformidade da luminância também poderia ser alcançada com superfícies de concreto (ADRIAN, JOBANPUTRA, 2005).

Como mencionando, tipicamente, os materiais empregados na pavimentação tem albedos com valores entre 0,05 a 0,40 (Figura 11) para os pavimentos flexíveis e rígidos, respectivamente. Entretanto, com o tempo, a mistura asfáltica tende a ser mais clara quando o ligante se oxida e os agregados ficam mais expostos, aumentando o albedo da superfície. No concreto de cimento Portland se dá um comportamento diferente devido ao acúmulo de sujeira e crescimento de microrganismos. Desta forma, ainda que os pavimentos tenham valores de albedos diferentes quando novos, estes valores se aproximam um do outro quando os pavimentos são colocados em serviço (EPA, 2012).

Figura 11: Variação da refletância solar no concreto asfáltico convencional e no concreto de cimento Portland com o tempo de uso



Fonte: adaptado de EPA (2012).

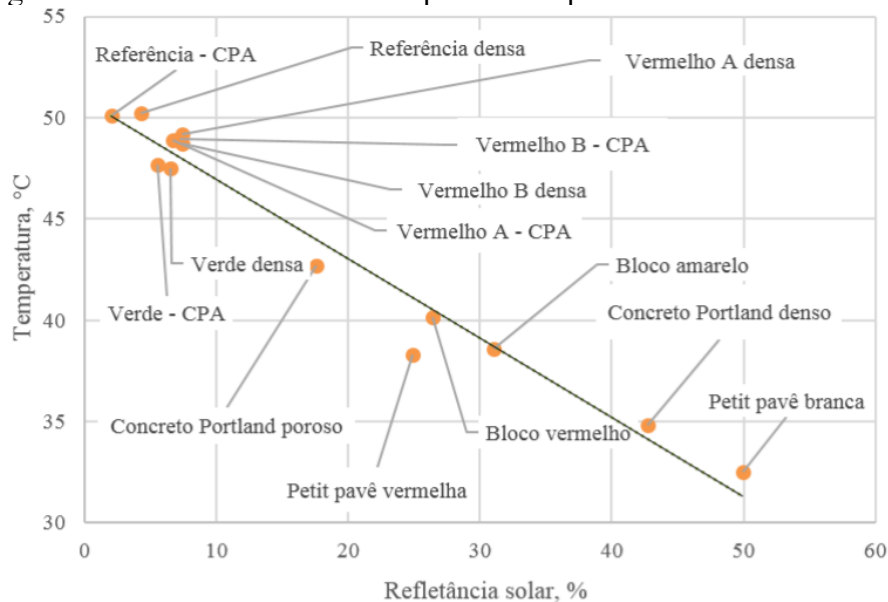
Yu, Lu (2014) sugerem que o efeito albedo produz uma contribuição não negligenciável para o inventário do ciclo de vida. Comparando um tipo de pavimento base com o pavimento de concreto e o pavimento asfáltico, concluíram que a emissão de CO_{2eq} reduz em 9,2% para o pavimento de concreto de cimento Portland, e aumenta em 19,1% para o pavimento asfáltico.

As misturas asfálticas com pigmentos oxidativos apresentam maiores valores de refletância solar do que as misturas sem pigmento. No entanto, o valor da refletância não foi o

mesmo apresentado pelos ligantes coloridos elaborados com as mesmas proporções de ligante e pigmento. A divergência nos resultados está relacionada com a textura superficial das superfícies. Nas misturas densas, se superfície lisa, a radiação incidente é refletida uma única vez. Nas misturas porosas, por causa da textura grosseira e dos vazios comunicantes da superfície, o raio incidente pode ser refletido com direção a outra região da superfície (inclusive para o interior), ocorrendo um fenômeno de reflexão e absorção múltipla da radiação solar e atinge maiores profundidades dentro espessura do revestimento, aumentando a temperatura do revestimento (VILLENA DEL CARPIO, 2014).

A Figura 12 mostra a relação entre a refletância e a temperatura, no horário crítico, dos revestimentos estudados por Villena Del Carpio. Segundo os dados apontados, o uso de um revestimento de concreto Portland denso ao invés de uma mistura asfáltica densa convencional, reduziria a temperatura superficial em, aproximadamente, 15 °C. Se, por questões de saúde, não se pode utilizar uma superfície tão clara, a substituição da mistura asfáltica densa convencional por blocos de cor vermelha ou amarela, permitiriam uma redução de, aproximadamente, 10 a 12 °C na temperatura do local (VILLENA DEL CARPIO, 2014).

Figura 12: Refletância solar e temperatura superficial dos revestimentos



Fonte: Villena Del Carpio (2014).

2.5.8. Equipamentos

Existem três etapas de transporte no ciclo de vida de um pavimento (SANTERO et al., 2010):

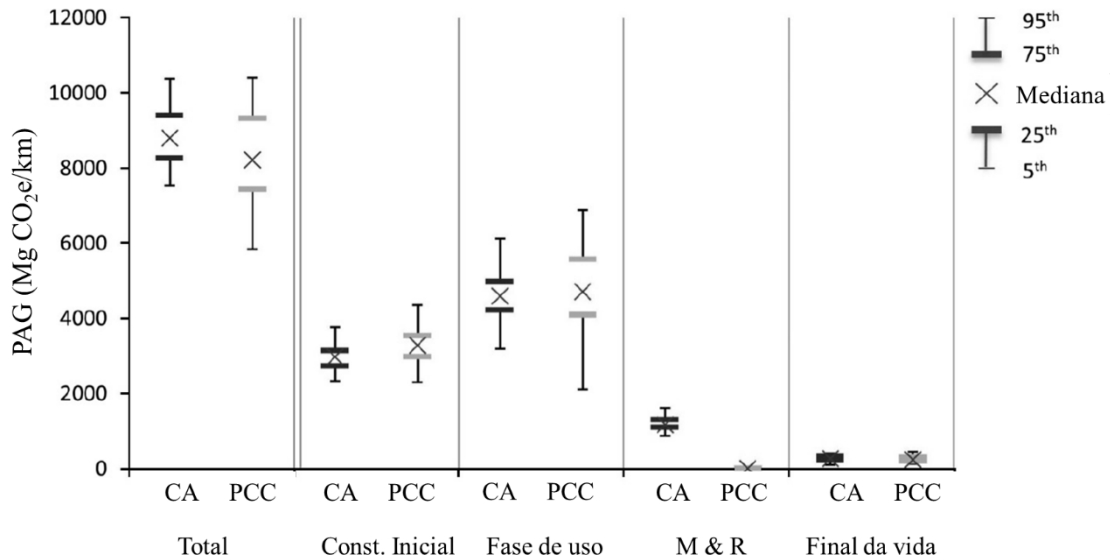
- a) transporte de matérias-primas do local de extração para a instalação de processamento, como transporte de petróleo bruto para refinaria, agregados da bancada da pedreira para a instalação de britagem e de solos das jazidas para a pista;
- b) transporte de materiais processados para fábricas, tais como transporte de asfalto da refinaria para a usina de mistura asfáltica ou transporte de produtos agregados do canteiro para planta de mistura;
- c) transporte de materiais manufaturados desde produção até o local de aplicação em campo.

Souza (2017) considerou que para os equipamentos que usam diesel como combustível os valores de emissões de GEE são 79 g/MJ para CO₂, 0,0016 g/MJ para N₂O e 0,00005 g/MJ para CH₄.

2.5.9. Operação da rodovia

O consumo de energia pelo tráfego atuante durante a vida de uma rodovia é de extrema importância, sendo responsável por cerca de 95 a 98% do consumo total de energia consumida imputável a ela, sendo as atividades de construção, conservação e operação responsáveis pelos restantes 2 a 5% (EAPA/EUROBITUME, 2004). A Figura 13 apresenta um comparativo entre as emissões para um pavimento revestimento asfáltico (CA) e um pavimento de concreto de cimento Portland (CCP) para cada fase considerada. Nela identifica-se que a fase de operação da rodovia é a mais impactante para os dois tipos de revestimentos, além de possuir maior dispersão para ambos. Segundo Noshadravan et al (2013), isso é motivado pela incerteza nas emissões induzidas pela variação do IRI da superfície no tempo.

Figura 13: Comparação de PAG e contribuição de diferentes fases



Fonte: adaptado de Noshadravan et al (2013).

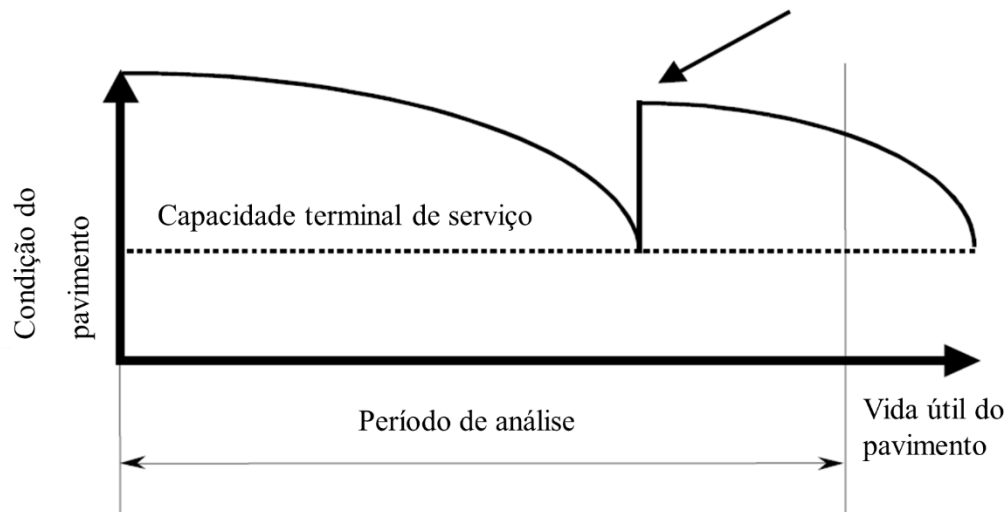
2.5.10. Período de análise

O período de análise é o período durante o qual todos os custos e as emissões são comparados. Este período deve ser suficientemente longo para refletir a longo prazo os custos e emissões associados às diferentes estratégias de pavimentação ou restauração da rodovia. De maneira geral, o período de análise deve ser longo o suficiente para incorporar, pelo menos, uma atividade de reabilitação (WALLS III, SMITH, 1998). “*The FHWA’s (Federal Highway Administration) September 1996 Final LCCA Policy statement*”, recomenda um período de análise de, pelo menos, 35 anos para todos os projetos de pavimentos, ao passo que os valores típicos para o período de análise são de 30 a 40 anos para rodovias/autoestradas, 20 a 30 anos para vias urbanas, e 30 anos para os aeroportos (COSTA, 2008).

Por vezes, uma análise com períodos mais curtos pode ser adequada, em especial quando as diversas alternativas de pavimento são desenvolvidas para se ganhar tempo (por ex., 10 anos) até à total reconstrução (WALLS III, SMITH, 1998).

Independentemente do período de análise selecionado, este deve ser o mesmo para todas as alternativas. A Figura 14 mostra um diagrama típico de análise para um determinado pavimento.

Figura 14: Período de análise para uma alternativa de projeto de pavimento



Fonte: adaptado de Walls III e Smith (1998).

Em relação aos estudos abordados nesta revisão identificou-se períodos variados de análise. Na Alemanha, por exemplo, Schwab et al (2014) estudaram resíduos secundários em substituição aos materiais primários por período de 100 anos. Na China, Qian et al (2013) analisaram pavimentos de concreto com ciclo de vida de 20 e 40 anos. Na Coreia, Kim et al (2013) compararam diferentes estruturas civis ao longo de 50 anos. Torres-Machi et al (2017) analisaram métodos sustentáveis de programas de manutenção de pavimentos sob restrições orçamentárias na Espanha, considerando períodos de 25 anos. Porém há estudos desenvolvidos naquele país que contemplam análises entre 15 e 50 anos. Nos Estados Unidos da América, um dos países que mais desenvolvem estudos na área de LCA, Chen e Wang (2018) avaliaram o ciclo de vida da reciclagem de pavimentos asfálticos quanto à emissão de gases de efeito estufa com aspecto temporal com 40 e 100 anos.

2.6. PAVIMENTO

Desde meados do século XX, a alta demanda por materiais de construção aumentou a necessidade de extrair e processar uma grande quantidade de recursos naturais, desenvolver novos materiais e tratar grandes quantidades de diferentes tipos de resíduos de construção e demolição - com o custo de energia que isto representa. As estradas estão na vértebra do setor de transporte (BALAGUERA et al, 2018).

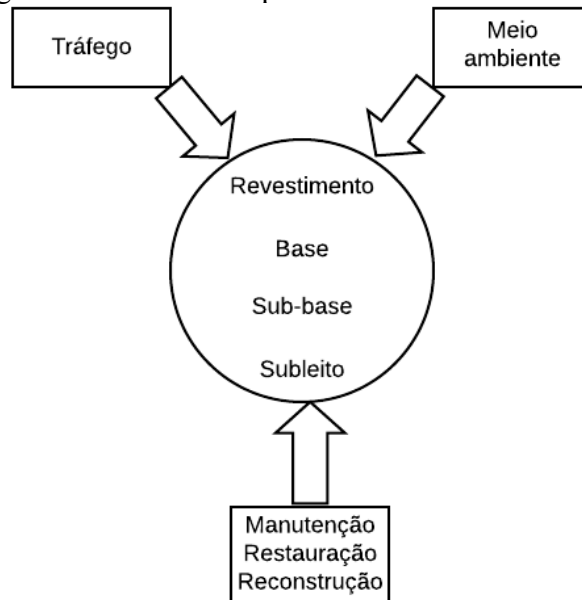
O Brasil ainda apresenta uma distribuição modal no transporte de carga excessivamente centrada na rodovia, decorrente de um processo que se estendeu por várias

décadas e onde predominou o crescimento rápido e desproporcional do segmento rodoviário relativamente ao conjunto das demais modalidades. Assim, o setor de transportes apresenta-se no Brasil segundo características que o diferenciam da maioria dos países desenvolvidos e até mesmo de grande parte dos em desenvolvimento (TAKAHASHI, 2008).

Os pavimentos são concebidos para durarem um determinado período. Durante cada período ou ciclo de vida, o pavimento inicia numa condição ótima até alcançar uma condição ruim. O decréscimo da serventia do pavimento ao longo do tempo é o que caracteriza a sua degradação (BRASIL, 2011).

O Sistema Pavimento pode ser definido como um conjunto de componentes que interagem mutuamente. Os componentes deste Sistema (revestimento, base, sub-base e subleito) são submetidos a fatores externos, como o tráfego, e as condições ambientais e as operações de manutenção conforme mostrado na Figura 15 (BRASIL, 2011).

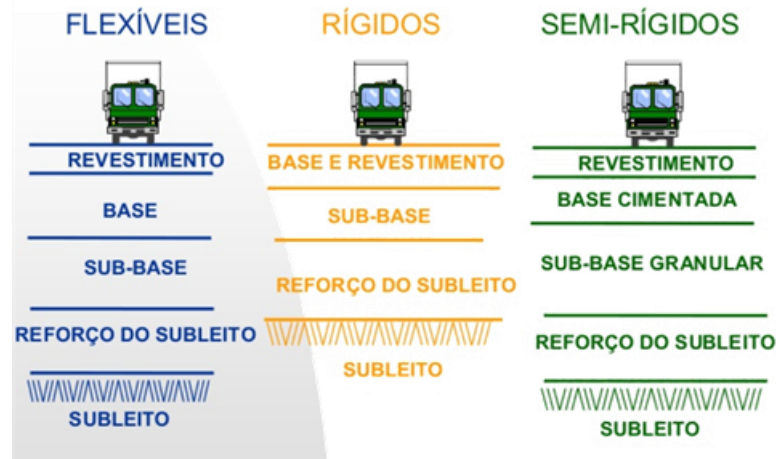
Figura 15: Sistema de pavimento adotado no Brasil



Fonte: Brasil (2011).

Os pavimentos são estruturas construídas após a terraplenagem, destinados a suportar as ações do tráfego e do meio ambiente, garantindo segurança e conforto aos usuários. Para isso, é necessário a construção de estruturas assentes em camadas, os principais tipos de estruturas são os pavimentos: flexíveis, rígidos e semirrígidos (Figura 16).

Figura 16: Tipos de pavimentos construídos no Brasil



Fonte: DER-PR (2008).

Os pavimentos flexíveis apresentam as camadas superiores, chamadas de revestimento, formadas por misturas asfálticas. Assente sobre a base e a sub-base, camadas constituídas por material granular. Em alguns casos demandam da construção de reforço do subleito, composto por solos locais ou agregados granulares. As características mecânicas de cada material devem ser superiores aos das camadas inferiores.

Os pavimentos rígidos possuem a camada superficial, identificada como base e revestimento, constituída por concreto de cimento Portland, assente sobre a sub-base composta por material granular estabilizado com ligante hidráulico e/ou apenas constituído por material granular.

Os pavimentos ditos semirrígidos apresentam estrutura comum aos dois tipos de pavimentos anteriores. A estrutura é composta por camadas flexíveis intercaladas por camada rígida. O mais comum é a construção de revestimento asfáltico sobre a base, constituída por material granular estabilizado com ligante hidráulico, assente à outra camada granular (sub-base).

Um Sistema de Gerenciamento de Pavimentos tem como componentes, o planejamento, o projeto, a construção, a manutenção e a restauração dos pavimentos, os quais devem interagir mutuamente,. Como principais fatores externos podem ser citados os recursos e restrições orçamentários, os dados necessários ao sistema e as diretrizes políticas e administrativas do órgão gestor (BRASIL, 2011).

O programa de gerenciamento de pavimentos SAMP, utilizado na China adota a visão de que manutenção de rotina e reabilitação futura (sobreposição) fazem parte do processo total de gerenciamento de pavimentos. Os custos futuros são descontados até o presente e o custo total por unidade de área é usado como critério para determinar qual projeto de pavimento é o

ideal. Existem sete classes de variáveis de entrada da seguinte forma: (1) propriedades dos materiais, (2) ambiente e manutenção, (3) carga e tráfego, (4) restrições orçamentárias, (5) atraso no tráfego, (6) manutenção e (7) programação e controle (SULTAN, GUO, 2016).

No âmbito gerencial, três fatores devem ser considerados como subsídios à tomada de decisão quanto à necessidade ou não de restauração do pavimento, quais sejam (BRASIL, 2011):

- a) desempenho funcional – refere-se à capacidade do pavimento de satisfazer sua função de fornecer uma superfície com serventia adequada, em termos de qualidade de rolamento. A característica do pavimento que mais afeta a avaliação dos usuários é o IRI;
- b) desempenho estrutural – refere-se à capacidade de um pavimento de manter sua integridade estrutural, sem apresentar falhas significativas, sendo avaliado pelos ensaios defletoométricos;
- c) desempenho operacional e da segurança – a avaliação operacional envolve vários aspectos do pavimento, da sinalização, da demanda do usuário, do comportamento humano, etc. Quanto ao aspecto do pavimento, além da geometria e irregularidade superficial, é importante avaliar o atrito pneu-pavimento, quantificando-se a resistência à derrapagem.

Diversos critérios para estabelecimento das necessidades e das prioridades de restauração já foram utilizados no Brasil. Resumidamente, em ordem crescente de complexidade, esses critérios podem ser relacionados como segue (BRASIL, 2011):

- a) critérios subjetivos, baseados em escolha subjetiva, simples e rápida, porém sujeita a inconsistências e quase sempre tendenciosa;
- b) critérios baseados em indicadores físicos, também de aplicação simples; utiliza parâmetros como a serventia, a deflexão ou a degradação do pavimento (p. ex. porcentagem de área trincada);
- c) critérios baseados em indicadores físicos, ponderados pelo volume de tráfego, relativamente simples, mais proximamente da solução ótima;
- d) critérios baseados em modelos de análise de investimentos, de aplicação mais complexa e permite a determinação da solução ótima, sob o ponto de vista econômico, para cada trecho rodoviário;

- e) critérios baseados em modelos de análise de investimentos, associados a modelos de restrição orçamentária, complementam o anterior, adequando a programação ótima aos recursos disponíveis.

Em termos estruturais, na medida em que o pavimento vai sendo solicitado, seu desempenho vai perdendo qualidade, de forma crescente e, no entorno do final de seu período de projeto a deterioração estrutural terá alcançado estágio tal que “seria recomendável” a execução de um “reforço estrutural”, para atender a um novo ciclo de vida. Ocorre que, em geral, como decorrência da carência de recursos orçamentários, a reforço não é executado neste estágio e processo de deterioração começa então a evoluir, aumentando progressivamente de intensidade (BRASIL, 2005a). A Tabela 2 apresenta as especificações de condições técnicas mínimas especificadas pelo DNIT para os componentes físicos permanentes das rodovias federais.

Tabela 2: Condições técnicas mínimas exigidas para rodovias

| Ocorrências e atributos | Tolerância para Aceitação |
|--|---------------------------|
| Trincas de classe 2 | ≤ 25% |
| Trincas de classe 3 | ≤ 15% |
| Trincas de classe 2 e 3 (área do pavimento) | ≤ 20% |
| Afundamento na trilha de roda | ≤ 5 mm |
| Panelas | 0% |
| Degrau pista de rolamento/acostamento | 0-5,0cm |
| Índice de gravidade global (IGG) | ≤ 30 |
| Valor da serventia atual - VSA (mínimo) | ≥ 3,5 |
| Conforto ao rolamento (QI) (valor máximo) | ≤ 35 contagens/km |
| Deflexão característica máxima | ≤ 50 x 0,01 mm |
| Macrotextura (altura de areia e pêndulo britânico) | 0,6 mm < H < 1,2 mm |
| Resistência à derrapagem | VRD ≥ 55 |

Fonte: adaptado de Brasil (2005a).

Para que o pavimento apresente tal desempenho previsível dentro de cada ciclo, é necessário, que seja continuamente mantido com adequadas intervenções de caráter corretivo e preventivo em função do tráfego crescente e da evolução das deteriorações. Tais intervenções constituem as atividades de conservação. Quando se aproxima do final do ciclo, o pavimento, embora desfrutando ainda da devida habilitação estrutural, passa a apresentar um desempenho próximo de sua condição limite permissível, no qual o processo de deterioração tenderá a crescer de forma acentuada, vindo a tornar antieconômica, dentro do enfoque de otimização do custo total de transporte, a operação da rodovia (BRASIL, 2005b).

Na seleção da alternativa de restauração mais apropriada, anterior ao dimensionamento propriamente dito, deverão ser considerados fatores como (BRASIL, 2005b):

- a) condição atual do pavimento quanto à qualidade de rolamento e aos defeitos de superfície;
- b) características do tráfego no passado e no futuro, em termos de volume de tráfego, número de eixos e peso por eixo;
- c) avaliação estrutural do pavimento existente;
- d) condições ambientais, geralmente representadas pelo índice de precipitação pluviométrica e temperatura;
- e) condições de drenagem superficial e subterrânea;
- f) topografia do terreno (plana, montanhosa, ondulada ou suave);
- g) restrições impostas pelas estruturas contíguas (pontes, meio-fio, sarjetas ou mesmo acostamentos);
- h) vida útil requerida para a intervenção;
- i) materiais utilizados na construção original e aqueles disponíveis para a futura intervenção;
- j) idade do pavimento;
- k) histórico da conservação (os tipos e frequência das intervenções anteriores e seus respectivos custos);
- l) característica demográfica da região (urbana, suburbana ou rural).

No Brasil, as normas pertinentes recomendam que seja ordinariamente adotado, em especial para rodovias com acentuado volume de tráfego, o valor de $IRI \leq 3,5$, trincamento por fadiga tipo FC-3 $> 20\%$ da área, afundamento nas trilhas de roda $> 1,2$ cm como gatilhos para a deflagração da intervenção no pavimento. Os indicativos de comprometimento estrutural podem ser valores como os que estão correlacionados na Tabela 3 (BRASIL, 2005b).

Tabela 3: Correlação entre os indicadores de condições superficiais dos pavimentos

| ICPF | Irregularidade | | IGG | TR | Conceito |
|------|----------------|------------|--------|-------|-----------|
| | QI (cont/km) | IRI (m/km) | | | |
| 5-4 | 13-25 | 1-1,9 | 0-20 | 0-2 | Excelente |
| 4-3 | 25-35 | 1,9-2,7 | 20-40 | 2-5 | Bom |
| 3-2 | 35-45 | 2,7-3,5 | 40-80 | 5-10 | Regular |
| 2-1 | 45-60 | 3,5-4,6 | 80-150 | 10-25 | Ruim |
| 1-0 | >60 | $>4,6$ | >150 | >25 | Péssimo |

Fonte: adaptado de Brasil (2005a).

2.6.1. Manutenção e restauração

Os processos de deterioração dos pavimentos são intrínsecos à operação da rodovia e são promovidos pelas solicitações do tráfego e potencializados pela ação climática. Como os processos ocorrem ao longo do tempo, há necessidade da realização de atividades de manutenção e reabilitação ao longo da vida do pavimento para garantir a qualidade do pavimento e segurança ao usuário (SAVIETTO, 2017).

Como alternativas de manutenção de pavimentos flexíveis mais utilizadas no Brasil, contempladas em projetos do CREMA-PATO e em obras estaduais de Santa Catarina, podem-se citar: fresagem descontínua e recomposição em CA, fresagem descontínua e recomposição em CA e microrrevestimento, remendo superficial e remendo profundo para pavimentos flexíveis; selagem de trincas e juntas para pavimentos rígidos. Como alternativas de restauração, citam-se: camada de reforço estrutural, a fresagem contínua e recomposição com CA e a reciclagem profunda com adição de cimento, espuma de asfalto e emulsão de reciclagem e a alternativa *Whitetopping*, passando então estrutura a se comportar como pavimento rígido

Para o dimensionamento preconizado pela norma do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transporte (PRO 011, DNER, 1979) a avaliação estrutural e o dimensionamento da espessura de reforço são definidos em função da análise deflectométrica, não levando quaisquer outros fatores em consideração. Embora o procedimento contemple a realização da análise objetiva da superfície do pavimento para cálculo do IGG, este resultado é apenas aplicado para a avaliação estrutural e não é utilizado para o cálculo da espessura em si, de reforço.

Na norma DNER PRO 269/94 é considerada a deformação elástica recuperável do subleito e das camadas constituintes do pavimento, que estão sob a ação de cargas repetitivas. Este método, também conhecido como Método da Resiliência – TECNAPAV é fundamentado em modelos de fadiga de misturas betuminosas, no comportamento resiliente típico de solos finos e materiais granulares e no cálculo de tensões e deformações considerando a teoria da elasticidade não linear.

A norma DNER PRO 159/85 baseada em critérios de desempenho do pavimento é utilizada como referência para o cálculo da espessura de reforço funcional em função da irregularidade longitudinal. Alguns projetos adotam o valor de IRI admissível de 2,25 m/km, que corresponde a 90% do IRI do padrão CREMA que é de 2,5m/km (com intervalo de confiança de 95%).

É comum a adoção de algumas soluções de melhorias baseando-se na área trincada do pavimento, para isso recomenda-se a aplicação de remendo superficial quando a área trincada for inferior a 15%, fresagem descontínua e recomposição com CA quando o trincamento está entre 15 e 50%, fresagem contínua e recomposição com CA para áreas trincadas superiores à 50%.

Na alternativa *Whitetopping* o dimensionamento pode ser efetuado pelo método da PCA/84.

A reciclagem profunda com adição de cimento contempla a reconstrução parcial do pavimento através da reciclagem da camada de revestimento e parte da base, processo a frio com correção granulométrica e adição de cimento. Não há um método específico para o dimensionamento desta solução. Todavia, o monitoramento de restauração de algumas rodovias no estado de Santa Catarina com esta alternativa, fornecem parâmetros de desempenho e curva de fadiga deste material, tornando possível a aplicação destes modelos na análise mecanicista. A Figura 17 apresenta o comportamento das curvas de fadiga desenvolvidas por Luvizão (2014) (Equação 1) para misturas recicladas com adição de cimento, Trichês (1993) (Equação 2) para Concreto Compactado a Rolo (CCR) e Balbo (1993) (Equação 3) para Brita Graduada Tratada com Cimento (BGTC). Definidos por meio de ensaios de resistência a tração considerando fator campo laboratório igual à 1.

$$N = 21,961.SR^{-18,887} \text{ (Luvizão)} \quad (1)$$

$$SR = 0,989 - 0,066 \log N \text{ (Trichês)} \quad (2)$$

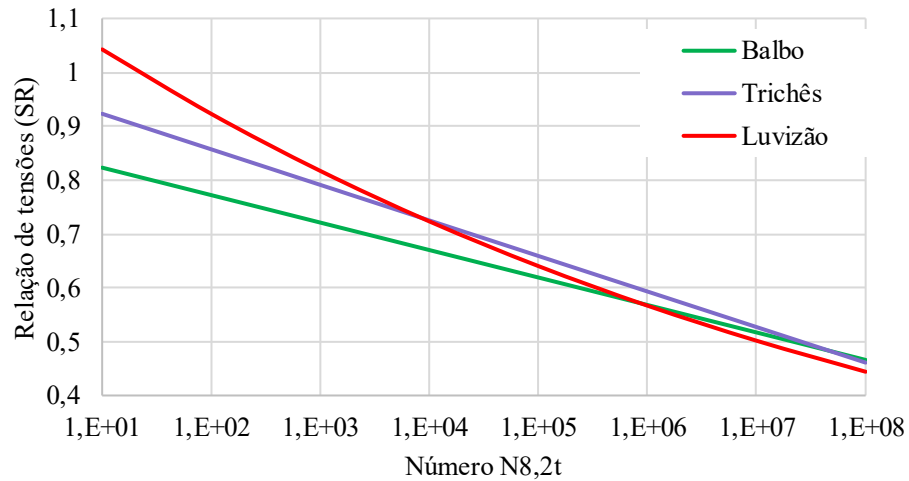
$$SR = 0,874 - 0,051 \log N \text{ (Balbo)} \quad (3)$$

Onde:

-SR é a relação entre a tensão de tração (σ) na face inferior da camada cimentada e a resistência à tração (R_t) na flexão; e,

-N é o número de solicitações do eixo padrão de 8,2t para o período de projeto, calculado com os coeficientes do USACE.

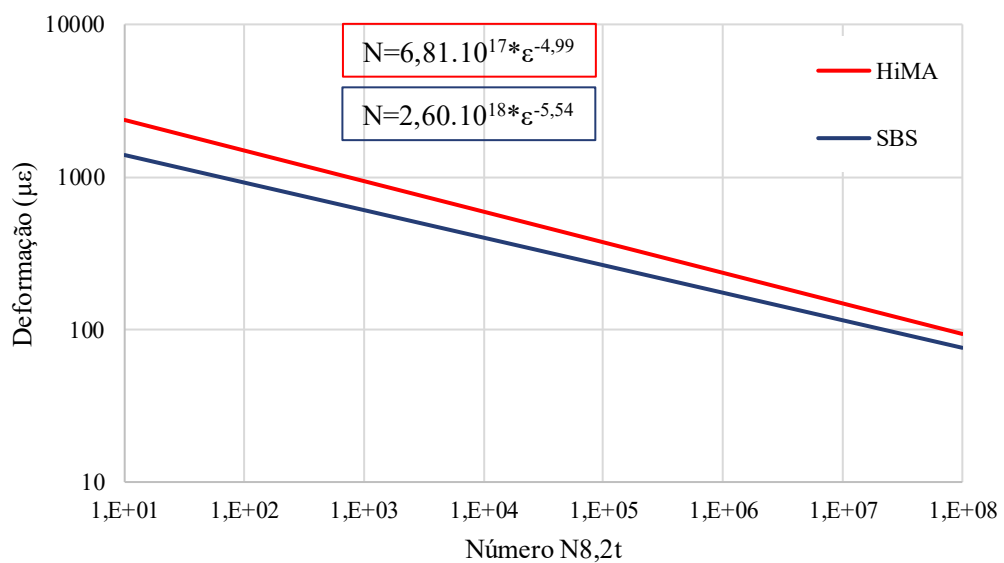
Figura 17: Modelos de fadiga para misturas estabilizadas com cimento



Fonte: elaborada pela autora.

Em algumas alternativas de restauração contemplando a execução de camada de reforço, foram utilizadas misturas asfálticas de alto desempenho com o objetivo de redução da espessura da camada de reforço e o prolongamento da vida útil da rodovia. A criação da rede polimérica contínua no asfalto retarda consideravelmente o desenvolvimento e a propagação de trincas no revestimento. Em aplicação desta alternativa na SC 114, Silva (2018) obteve as curvas de fadiga para misturas com SBS (Estireno-Butadieno-Estireno) e HiMA (Figura 18).

Figura 18: Curvas de fadiga de misturas asfálticas de alto desempenho



Fonte: Silva (2018).

2.6.2. Sistema HDM-4

Frente as restrições orçamentárias, os investimentos em rodovias têm sido insuficientes para atender às necessidades de manutenção e reabilitação, tornando indispensável a busca pela otimização na aplicação dos recursos disponíveis (NUNES, 2012). O Sistema HDM-4 permite a análise econômica de uma rodovia, ou de uma rede de rodovias, através da aplicação de 03 (três) métodos de avaliação, quais sejam (BRASIL, 2011): Análise por Projeto; Análise por Programa e Análise por Estratégia.

Quando se deseja analisar a viabilidade da implantação de uma rodovia ou execução de melhorias em rodovia existente, adota-se o método de Análise por Projeto. Esta análise consiste, normalmente, em se comparar os custos totais de transporte resultantes de uma ou mais alternativas de projeto tecnicamente equivalentes com os custos de transporte sem a execução da intervenção.

A Análise por Programa permite gerar programas de serviços de manutenção e melhorias para um conjunto de seções que maximizem o retorno econômico, com base nas restrições orçamentárias. A avaliação por ciclo de vida (*Life Cycle Analysis*) permite definir diversas alternativas de investimentos nesta análise (BRASIL, 2011).

A Análise por Estratégia permite gerar programas de serviços de manutenção e melhorias para um conjunto de seções que maximizem o retorno econômico, maximizem a melhoria da irregularidade ou minimizem os custos para atingir uma irregularidade pré-fixada, com base nas restrições orçamentárias. As alternativas consideradas são conjuntos de serviços de manutenção e melhorias a serem aplicadas a cada seção (BRASIL, 2011).

O programa HDM-4 é considerado, uma das ferramentas mais disseminadas mundialmente no que diz respeito a alocação de recursos em sistemas viários e, concomitantemente, no auxílio a engenheiros em Sistemas de Gerência Rodoviários, principalmente para análises econômicas de alternativas de investimentos. Isto porque este é um modelo capaz de reunir as principais características do modo de transporte rodoviário e apresentar um estudo de viabilidade econômica através dessas informações (NUNES, 2012).

O HDM-4 aplica a concepção de matriz da rede viária, que é composta por categorias definidas de acordo com as características que mais influenciam o desempenho do pavimento e os custos dos usuários. Os modelos utilizados no programa HDM-4 podem ser definidos da seguinte forma (NUNES, 2012):

- a) RD (*Road Deterioration*/Deterioração da Rodovia) – modela a deterioração na pista de rodagem para rodovias sem pavimentação e com pavimentação asfáltica e de concreto de cimento Portland;
- b) WE (*Work Effects*/Efeitos das Intervenções) – simula os efeitos das intervenções nas condições da rodovia e determina os custos correspondentes;
- c) RUE (*Road User Effects*/Efeitos sobre os Usuários) – determina os custos de operação dos veículos e do tempo de viagem;
- d) SEE (*Safety, Energy and Environmental Effects*/Efeitos Ambientais, Energéticos e na Segurança) – determina os efeitos da emissão de gases dos veículos, do consumo de energia e dos acidentes.

No HDM-4, os padrões de intervenções são utilizados para representar as metas ou níveis aceitáveis da condição das rodovias pelo organismo rodoviário, assim como a resposta que se pretende alcançar com determinada ação. Essas intervenções são divididas em duas grandes categorias: a) obras de manutenção e reabilitação e b) obras de melhoria e ampliação. Os critérios mais comuns de seleção de projeto são o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e a Relação Benefício-Custo (B/C) (NUNES, 2012).

Na utilização do sistema de gerenciamento do DNIT a possibilidade de integração com o HDM-4, torna capaz a realização de previsões de desempenho da malha (NUNES, 2018). Biroli (2003) estudou os custos envolvidos durante o ciclo de vida de pavimentos flexíveis e rígidos, empregando a ferramenta HDM-4 para gerência das alternativas. Verificou que os custos para implantação de um pavimento rígido são maiores em relação aos flexíveis, em uma ordem de 40% e 60%, porém os custos de manutenção e reabilitação dos pavimentos flexíveis são menores, assim como os custos de operação dos veículos.

No HDM-4, para pavimentos com revestimento asfáltico, é possível simular o surgimento e a progressão de área trincada (estruturais e térmicas), desgaste, trinca nos bordos, placas, deformação permanente, irregularidade longitudinal (em função de deformação dos materiais, trincamento da superfície, afundamento de trilha de roda, placas, precipitação, temperatura e umidade) e aspectos relacionados a micro e macrotextura do revestimento.

Artusi (2020) o desempenho do HDM-4 e o MeDiNa quanto ao comportamento das estruturas, o MeDiNa se mostrou mais conservador nas previsões de desempenho em situações de início da vida útil do pavimento, isso porque informa valores maiores de trincamento que o HDM-4. Porém quando as trincas começam a evoluir, o progresso é muito mais rápido no HDM-4, caracterizando então, ser mais cauteloso.

A Tabela 4 apresenta os coeficientes de calibração obtidos pelo DNIT nos trechos monitorados e incorporados ao HDM-4.

Tabela 4: Coeficientes de calibração

| Tráfego | kcia | kcpa | kciw | kcpw | kvi | kvp | kpic | kpir | kpp | ktd |
|---------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| TB | 0,38 | 0,79 | 1 | 0,69 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TM | 0,9 | 1,5 | 1 | 1,4 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tráfego | ksfc | krid | krst | krpd | krds | kgm | kgs | kgc | kgr | kgp |
| TB | 1 | 1 | 0,6 | 0 | 0,37 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1 |
| TM | 1 | 1 | 0,4 | 0 | 0,42 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 1 |

Fonte: Arango e Nunez (2017).

2.7. COMENTÁRIOS GERAIS SOBRE A REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No presente capítulo foram apresentados os conceitos fundamentais sobre a sustentabilidade, as etapas que compõem uma avaliação do ciclo de vida, a avaliação do custo do ciclo de vida, panorama nacional e internacional de estudos desenvolvidos em LCA em obras viárias e a visão geral nacional quanto o sistema de gestão das rodovias.

O estado de Santa Catarina, nos últimos anos, está aplicando diferentes métodos de restauração de pavimentos, tais como reciclagem profunda com adição de cimento, utilização de ligantes de alto desempenho (HiMA) e *Whitetopping*. Estudos recentes apresentam modelos de previsão de vida dessas estruturas, como os propostos por Luvizão (2014) e Silva (2018).

Quanto aos planos de gerenciamento de pavimentos, fica visível que no Brasil as tomadas de decisão em relação aos aspectos ambientais não estão presentes em nenhuma das fases de análise.

Quanto ao custo na maioria dos projetos analisa-se apenas o valor presente, sem contemplar as manutenções e restaurações futuras e o custo do usuário. O sistema HDM-4 mostra-se como uma das principais ferramentas utilizadas por países em desenvolvimento, com a finalidade de aplicação no planejamento das intervenções e na tomada de decisão dos métodos aplicados ao longo do ciclo de vida do pavimento, para períodos entre 15 e 40 anos. O sistema possui calibração no Brasil, em Santa Catarina há dois segmentos.

Os dados necessários para a análise de alternativas pelo HDM-4 são: condição atual do pavimento quanto à qualidade de rolamento e aos defeitos de superfície; características do tráfego no passado e no futuro, volume de tráfego; avaliação estrutural do pavimento existente; condições ambientais (índice de precipitação pluviométrica e temperatura); condições de drenagem superficial e subterrânea; topografia do terreno; restrições impostas pelas estruturas contíguas; vida útil requerida para a intervenção; materiais utilizados na construção original e

aqueles disponíveis para a futura intervenção; idade do pavimento; histórico da conservação (os tipos e frequência das intervenções anteriores e seus respectivos custos); característica demográfica da região (urbana, suburbana ou rural). Como parte da metodologia desta tese, será utilizado o *software* HDM-4 para a identificação da periodicidade de aplicação das manutenções e restaurações ao longo do ciclo de vida dos estudos de caso.

É visível a preocupação mundial com os aspectos ambientais, sejam em relação à extração de matéria-prima, na produção das misturas asfálticas e granulares, no processo executivo, nas restaurações ou na operação, principalmente sobre o ponto de vista do consumo de combustíveis. Porém, os estudos desenvolvidos para análise de emissões, omite, em sua maioria, a fase de uso (operação da rodovia) sendo talvez o déficit mais significativo da perspectiva do limite do sistema de LCA.

Frente aos estudos em LCA pôde-se identificar que os países desenvolvidos estão à frente, seja pelo maior incentivo econômico em pesquisas ou pelas melhores estruturas e por já terem identificado o retorno financeiro e ambiental quanto esta análise é implementada. Como parâmetros de análise têm-se:

- a) períodos de análise: 5 a 100 anos, recomendado entre 20 e 40 anos, desde que seja possível contemplar atividades de manutenção e restauração;
- b) tipos de pavimentos: rígidos, flexíveis, semirrígidos, sem pavimentação;
- c) poluentes: CO₂, CO, CH₄, N₂O, NO_x, SO_x, energia, compostos orgânicos, voláteis e materiais particulados;
- d) principais categorias de impacto: Pegada de carbono, aquecimento global, potencial de acidificação, impacto do câncer na saúde humana, efeitos respiratórios, eutrofização, destruição da camada de ozônio, ecotoxicidade, poluição atmosférica;
- e) unidade funcional: mais usada 1 quilometro de rodovia, além das descrições de largura e espessura das camadas, encontradas também área (m², ha, km²) e extensão linear;
- f) etapas: principalmente a construção, seguido da manutenção, em algumas publicações mencionaram a produção dos materiais, a reciclagem/reabilitação e o fim de vida. Etapas como operação, são encontrados em estudos pontuais e bem específicos.

A unidade funcional mais encontrada nos estudos analisados foi a adoção de 1 quilometro de rodovia, além das descrições de largura e espessura das camadas. Além desta UF, foram mencionadas outras opções como: área (m², ha, km²), extensão linear com diferentes medidas (1,6 km, 600 m, 20 km).

As etapas modeladas nos estudos ambientais abordaram principalmente a construção, seguido da manutenção, em algumas publicações mencionaram a produção dos materiais, a reciclagem ou reabilitação e o fim de vida. Etapas como operação, são encontrados em estudos pontuais e bem específicos.

Estudos apontam que o pavimento com revestimento asfáltico é 40% menos impactante ambientalmente em relação ao pavimento de concreto quando aferidas as emissões de CO₂ durante a construção e operação da rodovia. Entretanto, o consumo de energia o pavimento asfáltico é 40% maior em relação ao pavimento rígido. Por outro lado, estudos obtiveram que o impacto do aquecimento global é mais alto em pavimentos de concreto da mesma forma que o consumo de energia. Diante disso, fica evidente que há muitos fatores que podem afetar os resultados da LCA, tais como limites do sistema, a qualidade e a fonte dos dados de inventário, projetos de pavimentos inconsistentes e localização geográficas, o que torna complexa esta análise.

A incorporação dos impactos da construção, operação e manutenção da estrada às emissões de gases de efeito estufa (GEE) dos veículos rodoviários, gera impactos ambientais em torno de 10%. Estima-se que cerca de 20% do consumo relacionado com o transporte seja causado pela resistência ao rolamento. Como método de análise ambiental desta tese, será utilizada a avaliação do ciclo de vida de pavimentos flexíveis e rígidos, considerando as fases de construção, restauração, manutenção das estruturas.

O consumo de energia pelo tráfego atuante durante a operação da rodovia é responsável por cerca de 95 a 98% do consumo total de energia consumida, sendo as atividades de construção, conservação e operação responsáveis pelos restantes 2 a 5%.

Ficou visível a elevada interferência que a produção de ligantes betuminosos e misturas asfálticas detém dentro do processo de construção de uma rodovia, sendo primordial a utilização de alternativas que reduzam as emissões ao meio ambiente e a adoção de materiais alternativos ou reciclados.

A avaliação do custo do ciclo de vida é uma técnica de avaliação aplicável para a consideração de certas decisões de investimento, uma vez que ajuda a determinar o melhor custo-benefício para a realização de um projeto, pois ela considera todas as fases de uma obra. A maior parte dos estudos de LCCA em pavimentos concentram-se em publicações norte-

americanas e europeias. Visando as comparações dos custos presentes (construção) e os investimentos necessários ao longo de todo o ciclo de vida das estruturas estudadas, neste trabalho de tese será adotada a metodologia de LCCA para as quantificações.

3. MÉTODO DO TRABALHO

Para se avaliar a hipótese a ser testada e se alcançar os objetivos estabelecidos para esta tese, o trabalho foi desenvolvido em seis Etapas apresentadas na Figura 19 e descritas a seguir:

ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DA UNIDADE FUNCIONAL DE CADA RODOVIA ANTES DA INTERVENÇÃO

Nesta etapa foi apresentada a caracterização da Unidade Funcional de cada rodovia (SC355 J/BR153, SC114 P/SJ e SC114 L/OC). Caracterizados todos os parâmetros necessários para poder rodar o *software* HDM-4, tais como, as características geométricas e de velocidade, a estrutura do pavimento e tipo de revestimento, as condições do pavimento antes da intervenção e o tráfego incidente no ano de abertura após a intervenção. Também caracterizadas as alternativas de intervenção propostas em projeto e aquela que foi implementada em campo.

ETAPA 2 - PLANEJAMENTO DAS ESTRATÉGICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO COM O HDM-4

Nesta etapa foram estabelecidas as estratégias de manutenção e restauração para as três rodovias, com base nas previsões obtidas no *software* HDM-4 para o período de 30 anos a partir das informações de cada Unidade Funcional, considerando-se a alternativa de intervenção de referência e aquela executada em campo. Definição dos critérios (gatilhos) de intervenção para restaurações e manutenções. Na sequência foi efetuada a análise dos resultados obtidos no *software*, com a descrição detalhada de cada alternativa abordada, definição da periodicidade das intervenções, finalizando com o comparativo entre as alternativas e entre as rodovias estudadas.

ETAPA 3 - CONSUMOS DE MATERIAIS E DE COMBUSTÍVEIS

Nesta etapa de elaboração do inventário do ciclo de vida, foram definidos os sistemas e calculados os consumos necessários para cada pacote estratégico de manutenção e restauração previstos pelo HDM-4 para cada rodovia estudada, além das composições de serviços disponibilizadas pelo Sistema de Custos Referenciais de obras (SICRO) do DNIT, separando

por equipamentos, mão de obra, materiais, atividades auxiliares, transporte e geração de resíduos, definindo assim todos os *inputs* e *outputs* do sistema que servirão para a avaliação do ciclo de vida e para a avaliação do custo do ciclo de vida.

ETAPA 4 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Na etapa 4 desenvolveu-se a avaliação do ciclo de vida referente aos três estudos de caso, partindo da definição do objetivo e escopo, a análise do inventário do ciclo de vida, com a escolha do método de cálculo e das categorias de impacto avaliadas. Interpretação dos resultados, contemplando as abordagens: Construção; Restaurações; Restaurações iniciais; Manutenções; e Ciclo de vida de 30 anos para cada rodovia. Finaliza-se a etapa com um comparativo de impactos ambientais gerados para cada alternativa estudada.

ETAPA 5 - AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

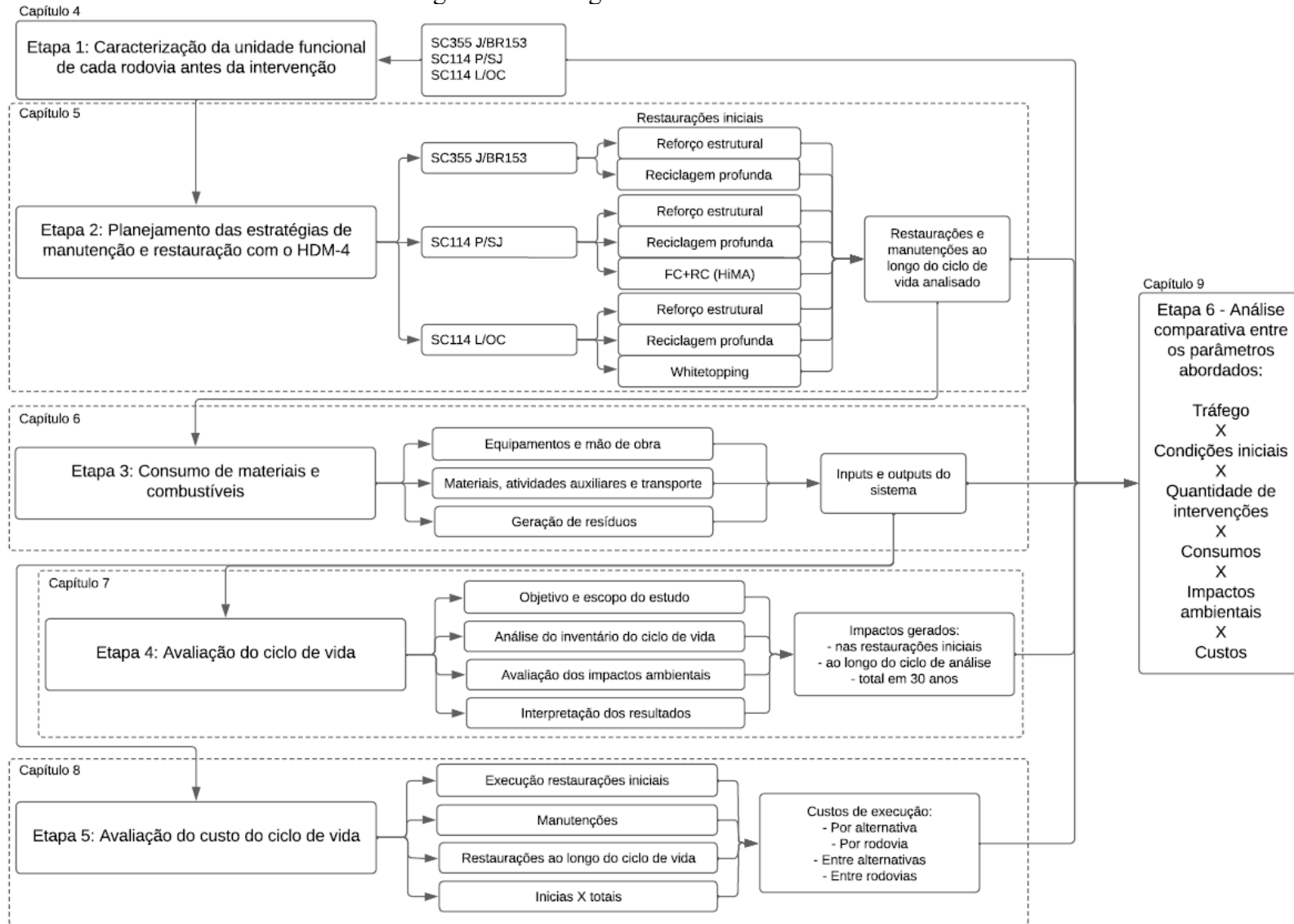
Na etapa 5 foram apresentados os custos necessários para a implantação da restauração inicial, das manutenções e restaurações ao longo dos 30 anos de avaliação do ciclo de vida e do custo total. Utilizou-se do sistema de custos rodoviários do DNIT (SICRO) como base de dados para a elaboração dos orçamentos. Foram descritos os comparativos de custo por alternativa, por rodovia, entre as alternativas e entre as rodovias.

ETAPA 6 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PARÂMETROS ABORDADOS

Esta etapa contempla a análise comparativa entre os parâmetros abordados ao longo do estudo. Serão apresentadas as seguintes abordagens:

- avaliação do desempenho das alternativas.
- avaliação dos consumos de materiais, energia e combustíveis.
- avaliação dos impactos ambientais gerados.
- avaliação dos custos para implantação, manutenções e restaurações.
- avaliação da interferência das características do tráfego.
- avaliação da interferência das condições iniciais do pavimento.

Figura 19: Fluxograma do Método do trabalho

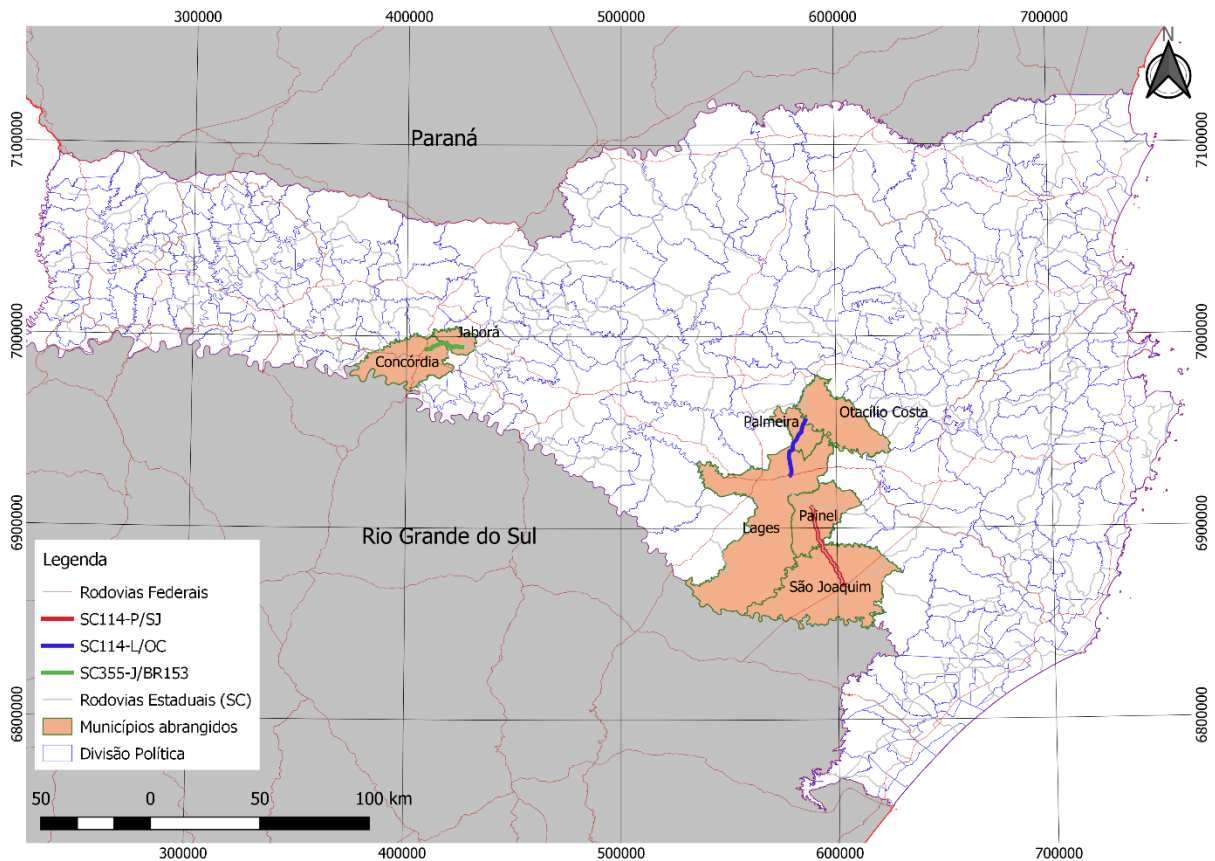


Fonte: elaborado pela autora.

4. ETAPA 1 - CARACTERIZAÇÃO DAS UNIDADES FUNCIONAIS

Para o desenvolvimento desta tese foram avaliadas três obras rodoviárias localizadas no estado de Santa Catarina, situadas na região do planalto serrano e meio oeste. A escolha dessas obras deu-se por apresentarem as estruturas e metodologias de restaurações almejadas para o estudo e por se ter conhecimento das características dos materiais (ensaios de campo e de laboratório), dos processos executivos utilizados e avaliação do desempenho pós construção. A Figura 20 demonstra a localização das obras estudadas.

Figura 20: Localização geográfica das rodovias estudadas



Fonte: elaborado pela autora.

De forma a simplificar a identificação de cada estudo de caso, adotou-se como nomenclatura “SC XXX Y/Z”, sendo SC a representação de uma rodovia do Estado de Santa Catarina, XXX a classificação/nome de cada rodovia (355 e 114), Y a cidade considerada origem do segmento (J – Jaborá, P – Pains, L – Lages) e Z o destino de cada segmento (BR 153, SJ – São Joaquim, OC – Otacílio Costa). Portanto utilizou-se as seguintes nomenclaturas: SC 355 J/BR153, SC 114 P/SJ e SC 114 L/OC.

Visando analisar o custo e os impactos ambientais para a implantação, restauração e manutenção de algumas técnicas utilizadas no Brasil, foi necessário avaliar as características do clima, do tráfego, da localização, dos materiais e condições das vias ao desenvolver o projeto de restauração. Para tanto, as informações foram obtidas junto ao Deinfra (Departamento de Infraestrutura do Estado de Santa Catarina), atual SIE (Secretaria de Infraestrutura e Mobilidade), além de consultas em dissertações desenvolvidas em trechos monitorados das referidas rodovias. O detalhamento das obras estudadas está apresentado no Apêndice A.

No Quadro 4 encontra-se um resumo das características consideradas nos dimensionamentos de cada alternativa referente aos estudos selecionados para análise.

Quadro 4: Resumo das alternativas de restauração das rodovias utilizadas no estudo

| Rodovia | SC355 J/BR153 | SC114 P/SJ | SC114 L/OC |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--|
| Período de análise (anos) | 20 | 20 | 20 |
| Tráfego (USACE) | 1,01E+07 | 1,10E+07 | 4,95E+07 (10 anos) 1,26E+08 (20 anos) |
| Método restauração | DNER PRO 11/79 | DNER PRO 11/79 | DNER PRO 11/79 |
| Espessura reforço (cm) | 33% reconstrução | 17% reconstrução | 60% reconstrução |
| | 52% reforço < 15,5 | 69% reforço < 7,8 | 40% reforço de 7,7 |
| | 15% correção da superfície | 14% correção da superfície | |
| Método restauração | DNER PRO 269/94 | DNER PRO 269/94 | DNER PRO 269/94 |
| Espessura reforço (cm) | Máximo 13,8 | Máximo 10,6 | Máximo 18,0 |
| | Médio 10,9 | Médio 5,82 | Médio 15,1 |
| Método restauração | Reciclagem profunda SC 303 | Reciclagem profunda SC 303 | Reciclagem profunda SC 303 |
| Espessura reforço (cm) | CA Borracha 5,0 | CA Borracha 4,0 à 8,0 | CA Borracha 4,0 |
| | Massa fina 3,0 | Massa fina 2,0 | Hardcap 8,0 |
| | Base reciclada com cimento 18,0 | Base reciclada 15,0 a 22,0 | Base reciclada 20,0 |
| Método restauração | | software ME-Design | PCA/84 |
| Espessura reforço (cm) | | Fresagem: 4,0 | Espessura: 22 |
| | | Mistura asfáltica (SAMI): 2,0 | 3,50 (pista) |
| | | Mistura asfáltica (CA): 4,0 | 1,20 (acostamento) |

Texto grifado em vermelho representa a alternativa adotada para a execução, por parte do órgão público.

Fonte: projetos executivos das rodovias.

A escolha da alternativa reciclagem profunda com adição de cimento para a SC355 J/BR153, embasou-se na elevada porcentagem de área trincada e trilha de roda, aliado a deterioração de parte da base e a necessidade de substituição de parte desta camada. Inicialmente a SC114 P/SJ seria restaurada com a alternativa de fresagem e recomposição com mistura convencional, por sugestão da empresa executora, adotou-se a utilização de camada SAMI e mistura com HiMA devido às elevadas trilhas de roda presentes na via e a prevenção da propagação de trincas presentes nas camadas inferiores. A adoção da alternativa do

pavimento de concreto para a SC114 L/OC justifica-se pela elevada carga de caminhões e pelas condições das camadas inferiores do pavimento.

Para as três obras foram utilizados os métodos de dimensionamento de restauração PRO 11 (DNER, 1979) e PRO 269 (DNER, 1994). Para a reciclagem profunda, abordou-se o estudo desenvolvido na SC 303 (atual SC150). Para a SC114 L/OC, foi considerado, além dos métodos mencionados, o método da PCA/84 para pavimentos rígidos, com a utilização da alternativa *Whitetopping*. Na rodovia SC114 P/SJ, também foi analisado com o *software* ME-Design a utilização de mistura asfáltica de alto módulo *HiMA*, em substituição ao ligante convencional.

Em função dos projetos executivos terem considerado 20 anos de vida para as restaurações adotadas, nesta tese foi utilizado o *software* HDM-4 para a simulação das alternativas de manutenção e restauração, alimentando a análise conduzida pelo programa com os dados obtidos na fase de projeto quanto à área trincada, deflexão, IRI, tráfego e clima.

Adotou-se como alternativa de referência neste estudo, a execução de camada de reforço estrutural em mistura asfáltica, que foi considerada como alternativa em todas as obras na fase de projeto. A qual será comparada com as alternativas implementadas em campo, bem como contemplação, também, das alternativas de manutenção e restauração indicadas pelo HDM-4.

No estudo, optou-se por manter os anos de abertura de tráfego em 2014 (SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ) e 2017 (SC114 L/OC) de forma a respeitar as características levantadas e obter resultados mais próximos da realidade local. Como a análise é feita em cada obra, com a comparação das diferentes alternativas de restauração, este dado não implicará em interferência nas avaliações.

A frota veicular (detalhado ano a ano) considerada para a aplicação de carga ao longo dos 30 anos de estudo está apresentada no Apêndice B, separadamente por rodovia. A Tabela 5 apresenta a quantidade de veículos no ano de restauração inicial (2014/2017), bem como as taxas médias estimadas para o crescimento do tráfego ao longo dos 30 anos da análise conduzida.

As taxas de crescimento foram mantidas inalteradas após 2016, pois não haviam projeções de crescimento no projeto e o mundo passou por dois anos de pandemia (2020 e 2021), tendo retorno gradativo das atividades em 2021. Desta forma, optou-se por adotar a estabilidade de crescimento da frota.

Tabela 5: Frota veicular e taxa de crescimento anual

| Rodovia Veículo | SC355 J/BR153 | | SC114 P/SJ | | SC114 L/OC | |
|--------------------|---------------|-------------------------|---------------|-------------------------|---------------|--------------------|
| | Quant. (2014) | Taxa (%) (2014/2016) | Quant. (2014) | Taxa (%) (2012/2016) | Quant. (2017) | Taxa (%) (2017) |
| CP | 1851 | 3,2/1,5 | 1417 | 3,2/1,5 | 3442 | 1,5 |
| O | 51 | 1,5/1,8 | 64 | 1,5/1,8 | 69 | 1,8 |
| 2C | 219 | 4,3/4,4 | 100 | 4,3/4,4 | 443 | 4,4 |
| 3C | 296 | 4,3/4,4 | 114 | 4,3/4,4 | 712 | 4,4 |
| 4C | 4 | 4,3/4,4 | 371 | 4,3/4,4 | 7 | 4,4 |
| 2S3 | 43 | 4,3/4,5 | - | - | 409 | 4,5 |
| 3S2 | 2 | 4,3/4,5 | - | - | 23 | 4,5 |
| 3S3 | 50 | 4,3/4,5 | 101 | 4,3/4,5 | 474 | 4,5 |
| 3C2 | 2 | 4,3/4,5 | - | - | 11 | 4,5 |
| 3C3 | 2 | 4,3/4,5 | - | - | 22 | 4,5 |
| 3C4 | 9 | 4,3/4,5 | - | - | 78 | 4,5 |
| 3T4 | 9 | 4,3/4,5 | 4 | 4,3/4,5 | 78 | 4,5 |

Fonte: elaborado pela autora.

O volume de tráfego (Tabela 6) impacta diretamente na alternativa de restauração adotada, na periodicidade de manutenções e nos custos para a garantia mínima da segurança e do conforto aos usuários.

Tabela 6: Classificação do tráfego quanto volume médio diário anual

| Rodovia | Faixa de tráfego | Volume Médio Diário |
|---------------|------------------|---------------------|
| SC355 J/BR153 | Médio | 2538 |
| SC114 P/SJ | Médio | 2164 |
| SC114 L/OC | Alto/Médio | 5758 |

Fonte: elaborado pela autora.

A Unidade Funcional de cada rodovia antes das intervenções executadas, foi definida a partir das informações dos projetos executivos de cada rodovia. Na Tabela 7 apresentam-se as características funcionais das rodovias estudadas.

Tabela 7: Características da unidade funcional de cada rodovia estudada

| Nome | SC355 J/BR153 | SC114 P/SJ | SC114 L/OC |
|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Classe da rodovia | Secundária ou principal | Secundária ou principal | Secundária ou principal |
| Extensão (km) | 1 | 1 | 1 |
| Largura da pista (m) | 6,6 | 7,0 | 7,0 |
| Largura do acostamento (m) | 2,4 (2x1,20) | 3 (2x1,50) | 2,4 (2x1,20) |
| Direção do fluxo | Mão dupla | Mão dupla | Mão dupla |
| Classe de superfície | Betuminosa | Betuminosa | Betuminosa |

Fonte: elaborado pela autora.

Os dados utilizados quanto à geometria das rodovias estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Características de geometria e de velocidade das rodovias estudadas

| Nome | SC355 J/BR153 | SC114 P/SJ | SC114 L/OC |
|-------------------------------------|---------------|------------|------------|
| Subidas + descidas (m/km) | 50 | 37,06 | 27,26 |
| Nº de subidas + descidas (nº/km) | 4 | 2 | 21 |
| Superelevação (%) | 4 | 8 | 8 |
| Curvatura horizontal média (deg/km) | 100 | 97 | 17,58 |
| Aceleração (m/s ²) | 0,1 | 0,1 | 0,1 |
| Limite de velocidade (km/h) | 60 | 70 | 60 |
| Fiscalização limite de velocidade | 1,1 | 1,1 | 1,1 |
| Altitude (m) | 770 | 1197 | 870 |

Fonte: Projetos executivos.

A Tabela 9 apresenta o histórico das intervenções executadas nas 3 rodovias.

Tabela 9: Histórico de intervenções

| Nome | SC355 J/BR153 | SC114 P/SJ | SC114 L/OC |
|---|---------------|------------|------------|
| Espessura de superfície mais recente (mm) | 50 | 50 | 50 |
| Espessura de superfície mais antiga (mm) | 50 | 50 | 50 |
| Última reconstrução ou nova construção | 1995 | 1980 | 1977 |
| Última reabilitação | 2000 | 1980 | 2002 |
| Última superfície | 2000 | 1980 | 2002 |
| Última prevenção | 2000 | 1980 | 2002 |
| Deflexão (mm) | 0,57 | 0,76 | 0,57 |
| SNP | 4,56 | 3,80 | 4,56 |

Fonte: Projetos executivos.

A Tabela 10 apresenta as condições superficiais do pavimento das rodovias estudadas antes das intervenções executadas.

Tabela 10: Condições das superfícies dos pavimentos das rodovias estudados

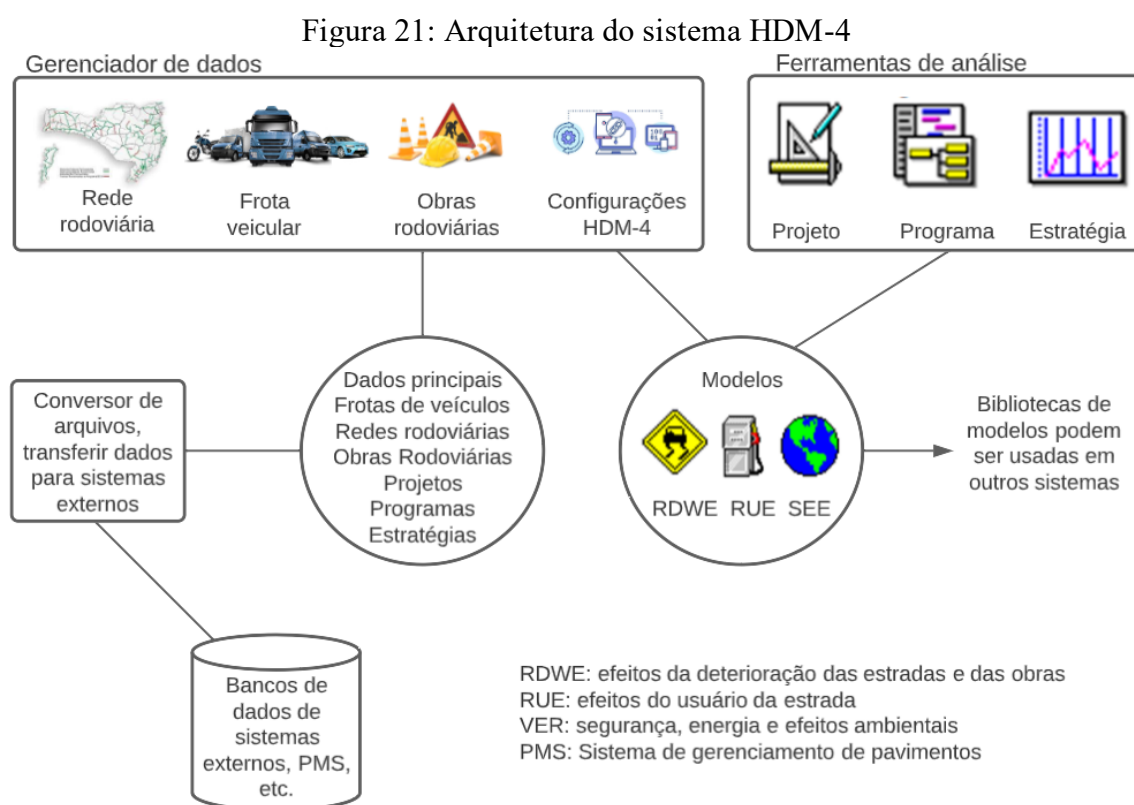
| Nome | SC355 J/BR153 | SC114 P/SJ | SC114 L/OC |
|--|-----------------------|-------------------------|--------------------------|
| Condição no final do ano: | 2011 | 2011 | 2013 |
| Rugosidade (IRI – m/km): | 5 | 4,4 | 3,52 |
| Total Fissuras estruturais (%): | 5 | 6 | 52 |
| Extensão fissuras estruturais (%): | 0 | 4 | 51,3 |
| Fissura térmica (%): | 0 | 0 | 0 |
| Área trincada (%): | 69,7 | 6 | 51,5 |
| Área desgaste (%): | 10 | 2 | 100 |
| Número de buracos (nº/km): | 50 | 0 | 3 |
| Área de borda quebrada (m ² /km): | 5 | 0 | 1 |
| Profundidade média da trilha de roda (mm) | 7 | 15,4 | 7,63 |
| Deflexão média (D ₀) (mm) | 57 x 10 ⁻² | 77,6 x 10 ⁻² | 57,59 x 10 ⁻² |
| Condição de Drenagem: | Ruim | Ruim | Ruim |

Fonte: Projetos executivos.

5. ETAPA 2 - PLANEJAMENTO DAS ESTRATÉGICAS DE MANUTENÇÃO E RESTAURAÇÃO COM O HDM-4

Como mencionado no capítulo anterior, apesar dos projetos de restauração das rodovias considerarem período de vida útil das soluções de 20 anos, foram lançadas diversas alternativas de restauração e manutenção no *software* HDM-4, com o objetivo de simular o desempenho, durabilidade e frequência das intervenções ao longo de 30 anos.

Para a emprego do *software* HDM-4 admitiu-se a estrutura do sistema conforme apresentado na Figura 21.



Fonte: Adaptado de Kerali (2001).

Os dados utilizados para alimentar o banco de dados foram obtidos nos projetos executivos das rodovias em estudo, nas dissertações de mestrado, que descreveram o processo executivo e as características obtidas no campo, e informações fornecidas pelo órgão gestor das rodovias.

Os parâmetros assumidos para configuração do sistema estão descritos detalhadamente no Apêndice B, e aqui resumidos:

- a) modelo de fluxo de tráfego;
- b) modelo de velocidade de fluxo;
- c) zonas de clima;
- d) moeda;
- e) acidentes com mortes e/ou danos materiais;
- f) parâmetros de calibração regional para região Sul do Brasil (ARANGO, 2017);
- g) atributos dos veículos;
- h) parâmetros de calibração de trabalho.

Os serviços de restauração possibilitam a reabilitação estrutural dos pavimentos, compreendendo a execução de uma ou mais camadas, seja a de desgaste ou a de base mais a de desgaste. Chamado muitas vezes de reforço estrutural do pavimento, ou seja, ações capazes de aumentar a capacidade estrutural do pavimento existente. O Quadro 5 apresenta os critérios e os custos para os serviços de restauração do pavimento utilizados para alimentar o *software*.

Quadro 5: Critérios e custos de restaurações

| Restaurações | Critério | Custo Financeiro | Custo econômico | Condição após (m/km) |
|--|--|--|--|----------------------|
| Recapeamento 5 cm | IRI= 3-4 m/km | 47,38 R\$/m ² 20,31 \$/m ² | 33,16 R\$/m ² 14,21 \$/m ² | IRI 2 |
| Recapeamento 10 cm | IRI= 4-5 m/km | 88,42 R\$/m ² 37,89 \$/m ² | 61,89 R\$/m ² 26,52 \$/m ² | IRI 2 |
| Recapeamento 15 cm | IRI>5m/km | 165,00 R\$/m ² 70,71 \$/m ² | 115,51 R\$/m ² 49,50 \$/m ² | IRI 2 |
| Fresagem contínua 4 cm, recomposição de 2+4 (HiMA) | primeiro ano | 470.088,00 R\$/km 201.451,89 \$/km | 329.112,00 R\$/km 141.037,92 \$/km | IRI 2 |
| Reciclagem profunda + TS + CA-B | Primeiro ano, IRI>6m/km, área trincada > 20% | 124,65 R\$/m ² 53,42 \$/m ² | 87,25 R\$/m ² 37,39 \$/m ² | IRI 2 |
| <i>Whitetopping</i> | IRI > 10m/km e Trincamento > 20% | 2.206.505,02 R\$/km 945.577,42 \$/km | 1.875.529,26 R\$/km 803.740,78 \$/km | |
| Substituição de juntas | fissuração superior à 5% | 180,00 R\$/m ² 77,14 \$/m ² | 153 R\$/m ² 65,57 \$/m ² | |

Fonte: Projetos, DNIT e SIE SC (dados janeiro 2014).

Os critérios IRI utilizados como parâmetros para a modelagem no HDM-4 foram baseados nas orientações do DNIT (Quadro 6), em função da classificação das rodovias (secundária ou principal) e do tipo de intervenção utilizada.

Quadro 6: Qualidade de Rolamento em IRI (m/km)

| Classe de Estrada | Pavimento Flexível | | | | Rígido | | | |
|-------------------------|--------------------|---------|------|---------|--------|---------|------|---------|
| | Boa | Regular | Ruim | Péssimo | Boa | Regular | Ruim | Péssimo |
| Principal ou Tronco | 2,00 | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 2,00 | 4,00 | 6,00 | 8,00 |
| Secundária ou Principal | 3,00 | 5,00 | 7,00 | 9,00 | 3,00 | 5,00 | 7,00 | 9,00 |
| Terciária ou Local | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 10,00 | 4,00 | 6,00 | 8,00 | 10,00 |

Fonte: DNIT.

As manutenções nas rodovias são serviços executados ao longo do período de operação, necessárias para o bom desempenho da estrutura e a garantia da segurança, economia e do conforto aos usuários, além de prolongar a vida útil do pavimento. Os pavimentos flexíveis necessitam de manutenções em períodos de tempo mais curtos enquanto os pavimentos rígidos apresentam maior durabilidade. Do exposto, é importante observar que a maior frequência nas intervenções impacta em bloqueio parcial ou total das vias, ocasionando a redução de velocidade de deslocamento, uso de rotas alternativas, riscos de acidentes e a insatisfação dos usuários durante o período de obra. A frequência das intervenções mobiliza estrutura de apoio e equipamentos para execução, isso ocasiona maiores custos. As manutenções previstas, os gatilhos para início da manutenção, os custos financeiro e econômico correspondentes podem ser visualizados no Quadro 7.

Quadro 7: Critérios e custos para manutenções

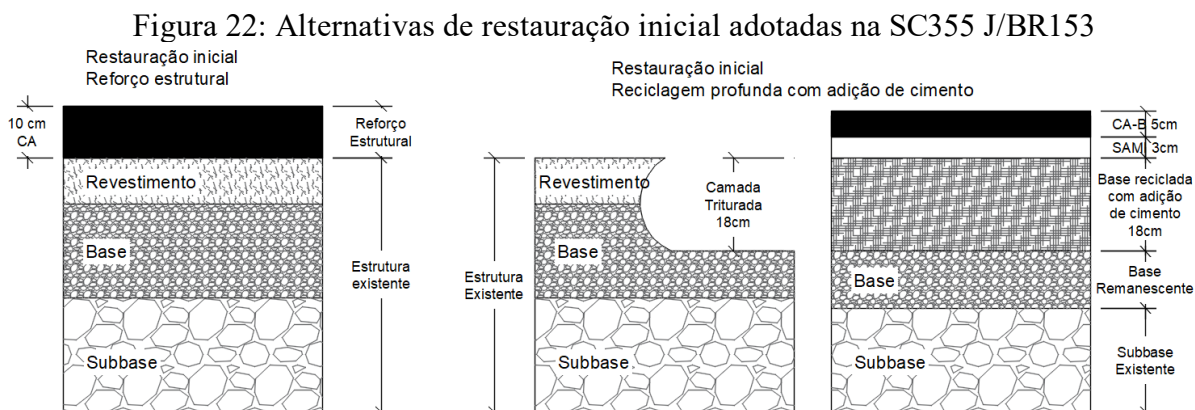
| Manutenção | Critério | Custo Financeiro | Custo econômico |
|---|------------------------------------|--|--|
| Fresagem descontínua e recomposição com CA (FD+RC) | IRI entre 3,0 e 4,0 | 58,06 R\$/m ² 24,88 \$/m ² | 40,64 R\$/m ² 17,42 \$/m ² |
| Fresagem descontínua e recomposição com CA + microrrevestimento (FD+RC+M) | IRI entre 3,0 e 4,0 | 77,14 R\$/m ² 33,06 \$/m ² | 54,00 R\$/m ² 23,14 \$/m ² |
| Remendo superficial | 100% de cobertura, 1 buraco por km | 30,00 R\$/m ² 12,86 \$/m ² | 24,00 R\$/m ² 10,28 \$/m ² |
| Remendo profundo | trincamento superior à 20% | 202,34 R\$/m ² 86,71 \$/m ² | 141,64 R\$/m ² 60,70 \$/m ² |
| Selagem de juntas e trincas | intervalos entre 5 e 10 anos | 25.680,66 R\$/km 11.005,21 \$/km | 21.828,56 R\$/km 9.354,43 \$/km |

Fonte: Projetos, DNIT e SIE SC (dados janeiro 2014).

5.1. INTERVENÇÕES NA RODOVIA SC355 J/BR153

Adotou-se que a estrutura receberia uma intervenção do tipo restauração no ano inicial de análise, ou seja, 2014. Para esta obra comparou-se a alternativa reforço estrutural com camada de 10 cm em CA (dimensionada em função do tráfego local e das condições da superfície) com a alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento (corte de 18 cm

com revestimento de 3 cm SAMI mais 5 cm em CA-B), conforme pode ser visualizado na Figura 22.



Fonte: elaborado pela autora.

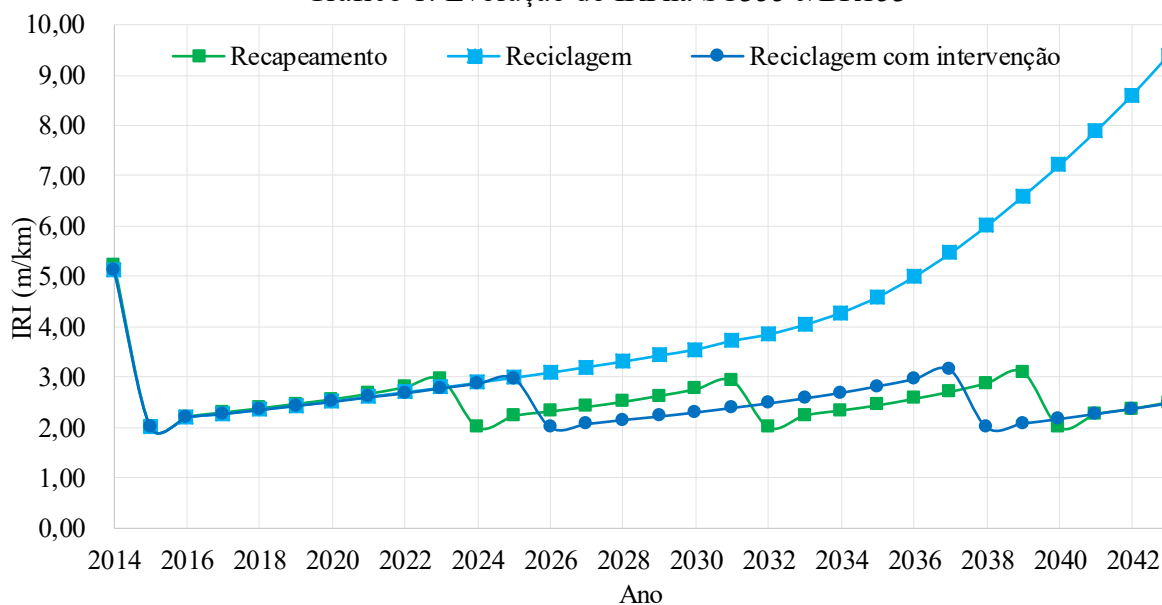
As duas alternativas apresentam comportamentos diferentes ao longo do período de estudo. A primeira alternativa oferece desempenho igual as estruturas de pavimento flexível, enquanto a segunda, de pavimentos semirrígidos, por apresentar uma camada intermediária (base) estabilizada com cimento.

Mesmo a reciclagem sendo uma alternativa que possibilita maior vida útil ao pavimento, a capa de rolamento é composta por material asfáltico, a qual possui durabilidade igual à mistura utilizada no reforço estrutural. O que muda entre as alternativas é a interação entre a base (granular ou estabilizada) com a mistura asfáltica, acelerando ou retardando a propagação das trincas e as deformações.

A utilização de uma camada SAMI entre a base e a camada de rolamento propicia o retardamento da propagação de trincas entre elas, aumentando assim a vida útil do pavimento e melhorando as condições de trafegabilidade e segurança. A aplicação de misturas modificadas ou com incorporação de borracha proporciona maior vida útil para a camada de rolamento devido ao aumento da resistência à fadiga e à deformação permanente. O Gráfico 1 exibe a evolução do IRI ao longo dos 30 anos de análise da estrutura, considerando as alternativas de reciclagem e de recapeamento (reforço estrutural).

A alternativa de reciclagem foi analisada de duas formas “Reciclagem” e “Reciclagem com intervenção”. A primeira, refere-se em executar a alternativa de reciclagem e não efetuar nenhuma intervenção até o final do período de análise (30 anos), enquanto a segunda refere-se a previsão de 2 intervenção do tipo restauração ao longo do mesmo período.

Gráfico 1: Evolução do IRI na SC355 J/BR153

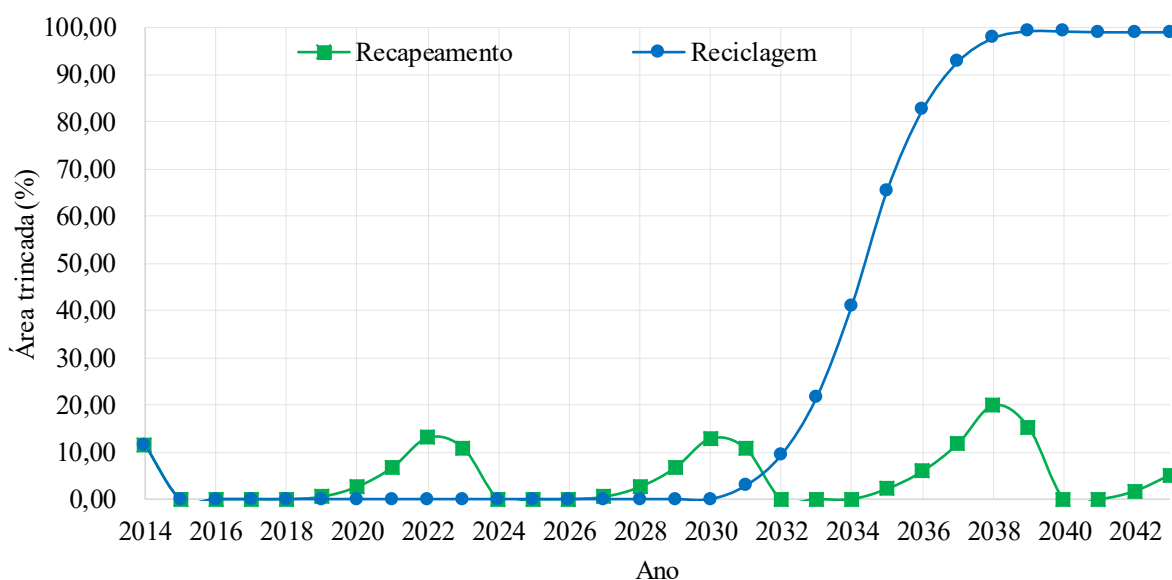


Fonte: elaborado pela autora.

A intervenção inicial em 2014, permitiu a redução do IRI para 2 m/km (parâmetro adotado de acordo com orientações do DNIT). As alternativas recapeamento e reciclagem evoluem de forma similar durante os primeiros cinco anos. A partir do sexto ano a estrutura recapeada tem aumento superior no valor de IRI, o que resulta em necessidade de nova intervenção dois anos antes da estrutura reciclada. Este fator pode ser explicado pela interação entre o revestimento e a base, pelo fato de que as duas camadas são flexíveis e apresentarem maior deformação que a camada estabilizada com cimento. A previsão de desempenho da estrutura em relação ao IRI, recomenda nova intervenção estrutural após nove anos (108 meses) para a estrutura executada em recapeamento. Enquanto para a estrutura restaurada em reciclagem, a nova intervenção deve ser feita após onze anos (132 meses). Diante das previsões obtidas em função do IRI, buscou-se avaliar o comportamento frente a área trincada, como pode ser observado no Gráfico 2.

Ao efetuar a restauração inicial do pavimento, a área trincada é considerada inexistente. Com o passar do tempo e uso da rodovia, ocorre o aumento da área trincada, o que pode ser explicada pela irregularidade longitudinal, pelo surgimento das trilhas de roda e principalmente pela fadiga da mistura asfáltica. Quando comparamos uma mistura asfáltica com adição de borracha à uma convencional, identifica-se a redução no trincamento da primeira.

Gráfico 2: Evolução da área trincada SC 355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Analisando-se o Gráfico 2, verifica-se que o pavimento recapeado prevê um trincamento de mais de 10% no oitavo ano de vida. Esta evolução não é identificada se utilizada a alternativa de reciclagem profunda, a qual apresenta evolução significativa a partir do 16º ano de abertura ao tráfego. Oliveira (2021) desenvolveu um estudo de avaliação das condições superficiais do pavimento da SC 355 (restaurada em 2014 com a alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento), onde observou que, após 8 anos de abertura ao tráfego, a superfície do revestimento apresentou menos de 0,3% de área trincada, ou seja, valores coerentes com a previsão do modelo. Os valores de afundamento de trilha de roda, de apenas 1,5 mm, o que representa um bom comportamento da estrutura.

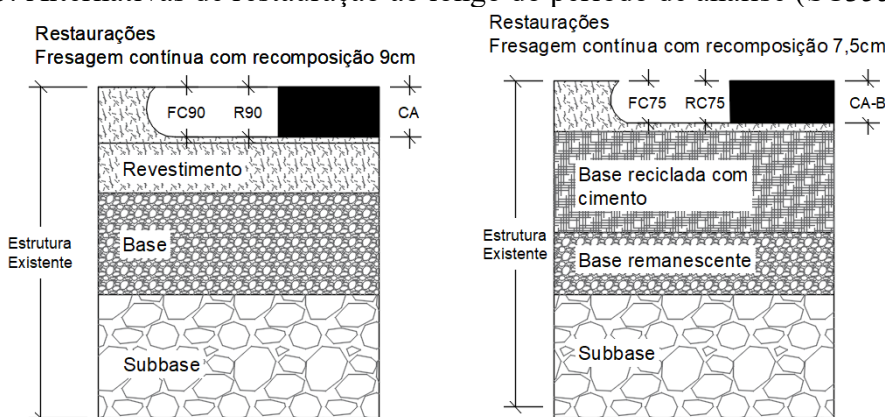
Vale salientar que a efetividade da previsão é baseada na perspectiva de que sejam executadas as manutenções periódicas e rotineiras na rodovia. Levando em consideração a previsão de desempenho obtida no *software* HDM-4 a segunda intervenção (Figura 23), na questão restauração, contempla:

- a) Alternativa reforço estrutural: adotou-se a fresagem contínua com recomposição em CA com espessura de 9,0 cm (FC+RC9,0) apenas nas faixas de rolamento. Manteve-se 1,0 cm da camada de revestimento existente, garantindo que ao fresar não será desestabilizada a camada de base granular. Juntamente com a fresagem e recomposição foi necessária intervenção com remendo profundo em 20% da área

recuperada, adequando possíveis deficiências nas camadas inferiores do pavimento.

- b) Alternativa reciclagem profunda: adotou-se a fresagem contínua com recomposição em CA-B com 7,5 cm de espessura (FC+RC7,5), apenas nas faixas de rolamento. Como a camada inferior (base) é composta por uma mistura de agregados, mistura asfáltica e cimento, considera-se semirrígida, conseqüentemente não foi necessário intervenção com remendos profundos, neste momento. Manteve-se 0,5 cm de espessura da camada de revestimento existente impossibilitando que a fresadora danifique a camada de base.

Figura 23: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC355 J/BR153)



Fonte: elaborado pela autora.

A alternativa recomendada pelo *software* HDM-4 quanto à terceira e quarta (quando necessário) intervenções de restauração foram as mesmas mencionadas anteriormente. Contudo, é possível utilizar outras alternativas como reforço, reciclagem do revestimento, misturas de alto desempenho, utilização de geogrelhas, nanocompósitos, *Whitetopping*, dentre outros. Porém, para este estudo, serão aplicados os recomendados pelo *software*.

Para garantir o desempenho das estruturas ao longo dos 30 anos, deve-se efetuar as manutenções de rotina extra pista, além de manutenções na pista em períodos estratégicos. Para esta rodovia, definiu-se o programa de restauração e manutenção conforme Quadro 8, apresentado pelo HDM-4.

As manutenções empregadas foram fresagem descontínua com recomposição (FD+RC) e fresagem descontínua com recomposição mais microrrevestimento (FD+RC+M), conforme critérios apresentados no Quadro 7.

Na análise as duas propostas de gestão da rodovia SC355 J/BR153 pode-se destacar alguns pontos. A opção de camada de reforço apresenta a necessidade de sete intervenções,

enquanto a opção reciclagem, somente cinco. Isso indicaria que ao longo do período de análise haveria maior impacto no fluxo de veículos, na velocidade de deslocamento, na possibilidade de congestionamento, além dos riscos de trafegabilidade (em função das obras) que serão prejudicados. Com isso, observa-se que a alternativa de reciclagem seria mais vantajosa em relação à gerência do trânsito.

Quadro 8: Programa de intervenções para a SC355 J/BR153 ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4)

| Ano | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------|------------|---------|---------|---------|-------|---------|------|---------|------|--------|
| Restauração | Reciclagem | | | | | | | | | |
| | Reforço 10 | | | | | | | | | FC+R90 |
| Manutenção | | | | | | | | FD+RC | | |
| | | | | | | FD+RC+M | | | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
| Restauração | | FC+RC75 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | FC+R90 | | |
| Manutenção | | | | | FD+RC | | | FD+RC+M | | |
| | | | | | | | | | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 |
| Restauração | | | | FC+RC75 | | | | | | |
| | | | | | | FC+R90 | | | | |
| Manutenção | | | | | | | | | | |
| | | | FD+RC+M | | | | | | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

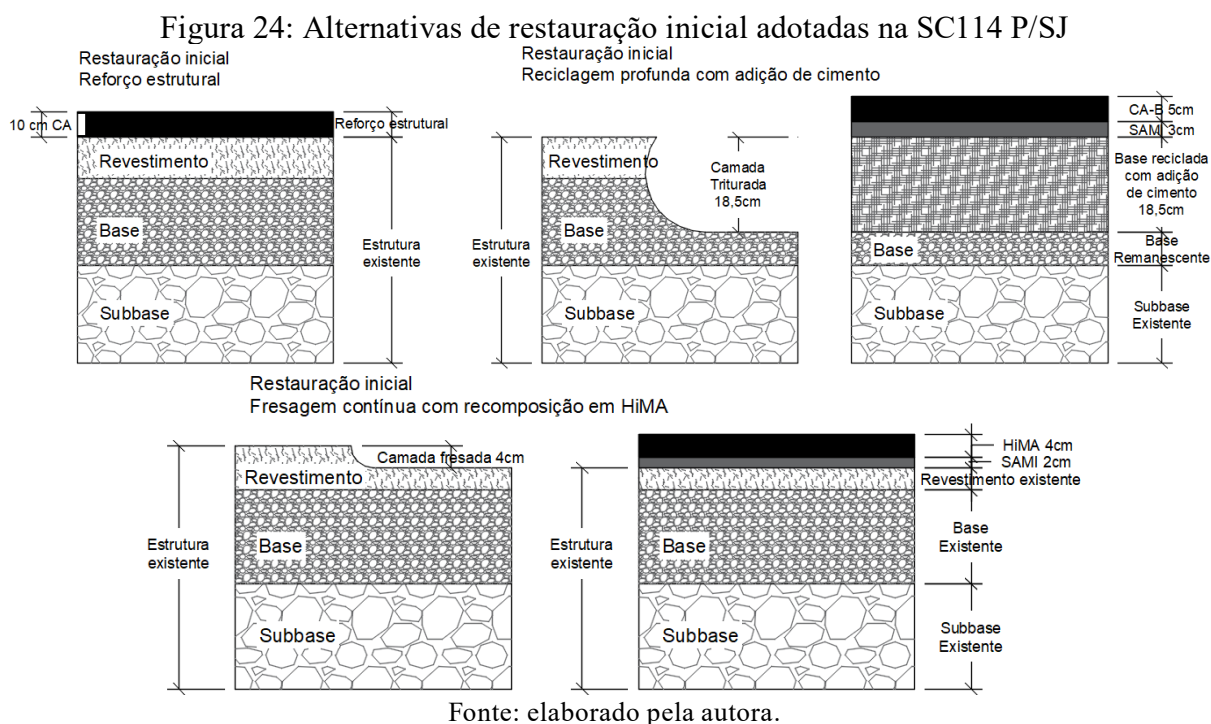
Por outro lado, a alternativa de reciclagem profunda exige que o trecho reciclado permaneça sem uso (fechado ou com uma das faixas fechadas) por períodos que variam de 3 à 7 dias, aumentando o risco de acidentes ao longo do trecho em obras, exigindo sinalização e controle de tráfego. Ainda, menciona-se a necessidade de maiores intervenções em camadas inferiores quando utilizado a alternativa de camada de reforço, o que não acontece na reciclagem, pois a camada estabilizada com cimento apresenta maior durabilidade.

Portanto, para a SC355 J/BR153, do ponto de vista de durabilidade e número de intervenções, o recomendado seria o uso de reciclagem profunda com adição de cimento. Por outro lado, do ponto de vista de liberação de tráfego, seria recomendado a alternativa reforço estrutural.

5.2. INTERVENÇÕES RODOVIA SC114 P/SJ

Para esta obra comparou-se a alternativa de camada de reforço estrutural com 5,0 cm em CA (dimensionada em função do tráfego local e das condições da superfície) com as alternativas de reciclagem profunda com adição de cimento (corte de 18,5 cm com revestimento

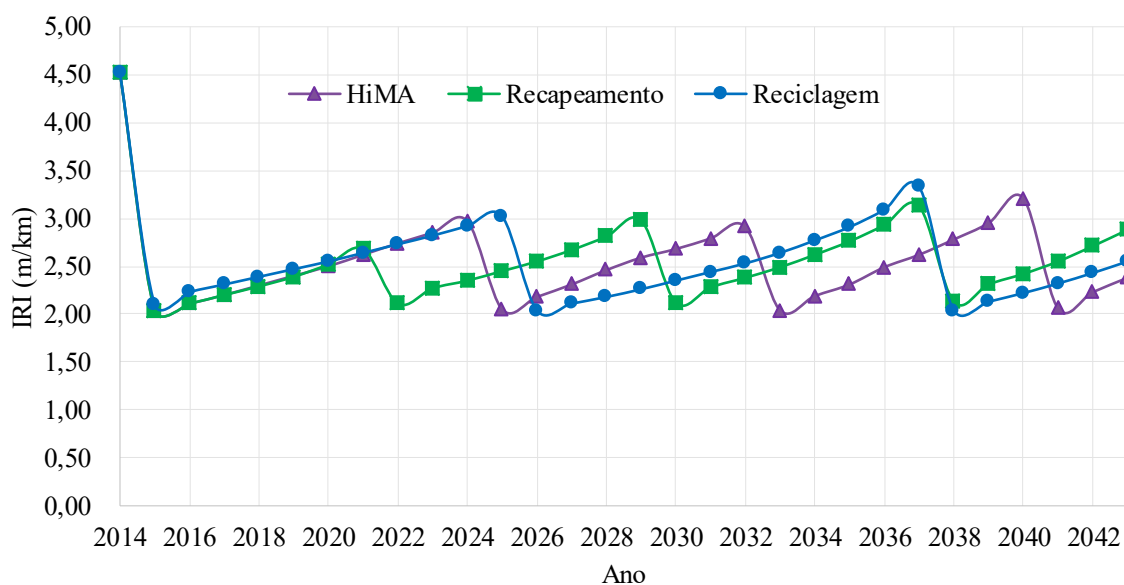
de 3,0 cm SAMI mais 5,0 cm em CA-B) e com fresagem contínua de 4,0 cm e recomposição de 2,0cm em SAMI mais 4,0 cm em mistura asfáltica com HiMA (Figura 24).



As três metodologias apresentam desempenhos diferentes ao longo do período de estudo. A primeira opção comporta-se como uma estrutura de pavimento flexível, a segunda, como pavimentos semirrígidos, por apresentar uma camada intermediária (base) estabilizada com cimento, e a terceira, semelhante a pavimentos flexíveis, porém com durabilidade superior, por possuir revestimento composto por camada antirreflexão de trincas (SAMI) aliado a camada final de rolamento com mistura asfáltica de alto desempenho (HiMA). A utilização de uma camada de SAMI entre a base e a camada de rolamento propicia o retardamento da propagação de trincas para o revestimento, aumentando assim a vida útil do pavimento e melhorando as condições de trafegabilidade e segurança, podendo-se considerar que as duas últimas opções são mais duráveis.

O Gráfico 3 exibe a evolução do IRI ao longo dos 30 anos de análise da estrutura, considerando as alternativas de reforço estrutural (recapeamento), reciclagem e fresagem contínua com recomposição em HiMA. A intervenção inicial em 2014, possibilita a redução do IRI para 2 m/km (parâmetro adotado de acordo com orientações do DNIT). As três alternativas apresentam evolução muito similar durante os primeiros 6 anos.

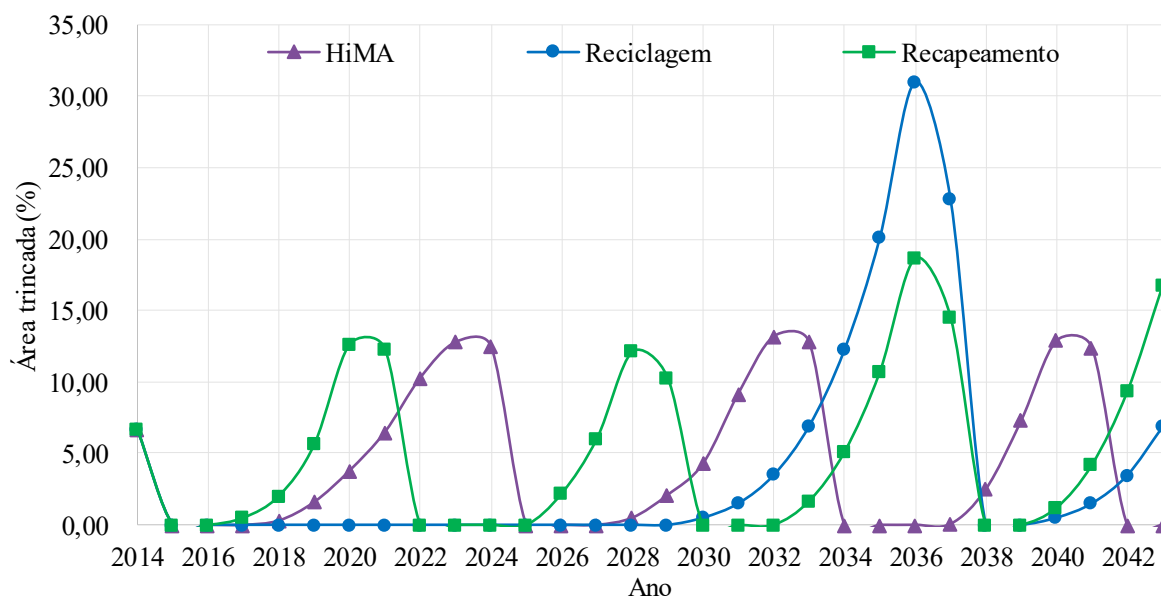
Gráfico 3: Evolução do IRI na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

Devido ao fluxo de veículos ser considerado médio e apresentar características adequadas de suporte, além da fresagem da camada deteriorada e execução de mistura asfáltica com HiMA, a segunda intervenção é prevista para apenas no 10º ano, em 2024, muito próximo à alternativa de reciclagem, sendo que nesta alternativa a camada de revestimento seria composta por mistura asfáltica com borracha. Diante das previsões obtidas em função do IRI, buscou-se avaliar o comportamento frente a área trincada, como mostra o Gráfico 4.

Gráfico 4: Evolução da área trincada na SC114 P/SJ (HDM-4)

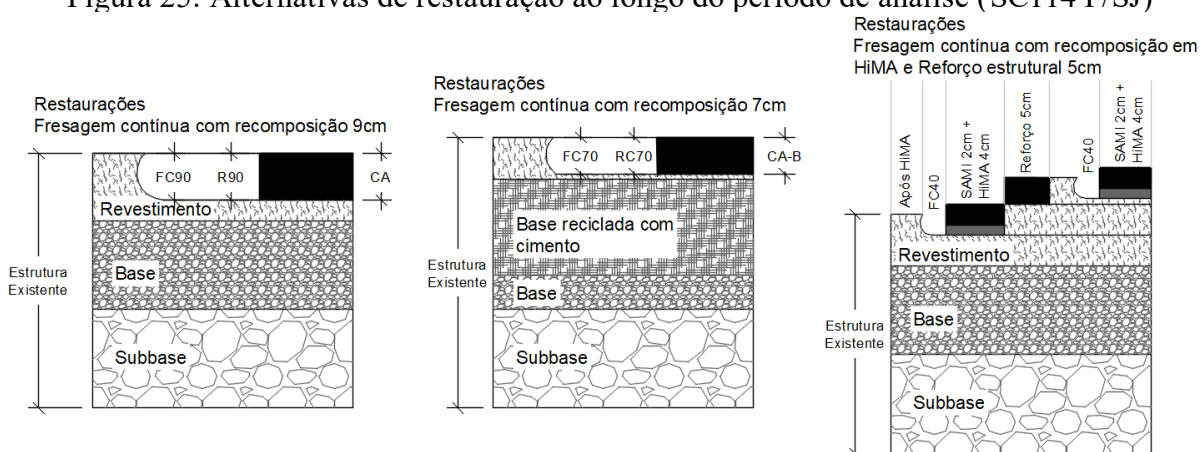


Fonte: elaborado pela autora.

Quando se compara os diferentes tipos de misturas asfálticas utilizadas para restauração do pavimento, identifica-se a redução no trincamento entre as misturas, com o HiMA, apresentando uma sobrevida de, pelo menos, 3 anos que a mistura convencional. Não é possível fazer esta comparação diretamente com a mistura asfáltica com borracha, pois esta, está sobre uma camada semirrígida, enquanto as outras duas, em camadas flexíveis. Esta interação entre as camadas inferiores e superiores acelera ou retarda o surgimento de fissuração. Salienta-se, novamente, que a efetividade da previsão é baseada na perspectiva de que sejam executadas as manutenções periódicas e as rotineiras na rodovia, anualmente e em períodos estratégicos.

A solução recomendada pelo *software* HDM-4 quanto as demais intervenções de restauração estão apresentadas no Quadro 9 (Figura 25). Este programa de manutenção indicado pelo *software*, não é o único possível, podendo-se utilizar outras alternativas como reciclagem do revestimento, misturas de alto desempenho, utilização de geogrelhas, nanocompósitos, *Whitetopping*, dentre outros, porém para este estudo serão aplicados os descritos.

Figura 25: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC114 P/SJ)



Fonte: elaborado pela autora.

As manutenções utilizadas foram fresagem descontínua com recomposição (FD+R) e fresagem descontínua com recomposição mais microrrevestimento (FD+RC+M), conforme critérios apresentados no Quadro 7.

Analisando-se as três propostas de gestão da rodovia SC114 P/SJ, verifica-se que a alternativa reciclagem apresentaria a necessidade de cinco intervenções ao longo dos 30 anos, enquanto o reforço apresenta oito intervenções, e a fresagem com recomposição em HiMA, sete intervenções. Com isso, observa-se que a alternativa de reciclagem seria mais vantajosa em relação ao número de vezes que a rodovia estará em obras, gerando menor impacto ao fluxo

dos veículos. Em relação à alternativa da reciclagem, valem aqui os mesmos comentários apresentado para a rodovia SC355 J/BR153, quanto a necessidade de fechamento de uma das faixas por um período de 3 à 7 dias.

Quadro 9: Programa de intervenção para a SC114 P/SJ ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4)

| Ano | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|-------------|------------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|-----------|
| Restauração | Reciclagem | | | | | | | | | |
| | HiMA | | | | | | | | | |
| | Reforço | | | | | | | FC+RC90 | | |
| Manutenção | | | | | | FD+RC | | FD+RC | | |
| | | | | | FD+RC | | | | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2024 | 2025 | 2026 | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 |
| Restauração | FC+RCH | FC+RC70 | | | | | | | | Reforço50 |
| | | | | | | FC+RC90 | | | | |
| Manutenção | | | | | FD+RC+M | | | FD+RC+M | | |
| | | | FD+RC+M | | | | | | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2034 | 2035 | 2036 | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 |
| Restauração | | | | FC+RC70 | | | | | | |
| | | | | FC+RC90 | | | FC+RCH | | | |
| Manutenção | | | | FD+RC | | | | | | |
| | FD+RC | | | | | | | | FD+RC+M | |
| Rotina | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Ao comparar a alternativa de reforço com HiMA, considera-se a segunda alternativa mais eficiente, pois ao findar os 30 anos estará em condições ideais de trafegabilidade e estrutural, com valores de IRI em torno de 2,38 m/km e área trincada em 0%, enquanto a alternativa de reforço, apresentará IRI em torno de 2,88 m/km e área trincada de 16,74%, com os dois parâmetros muito próximos ao limite para nova intervenção, com isso pode-se concluir que a alternativa HiMA é mais vantajosa que o reforço.

Baseando-se no desempenho obtido pelas modelagens, recomenda-se utilização de reciclagem profunda com adição de cimento, pois haveria um menor número de intervenções ao longo dos 30 anos. Porém, é necessário avaliar as condições de custo para execução e manutenção, as quais serão discutidas em capítulos posteriores.

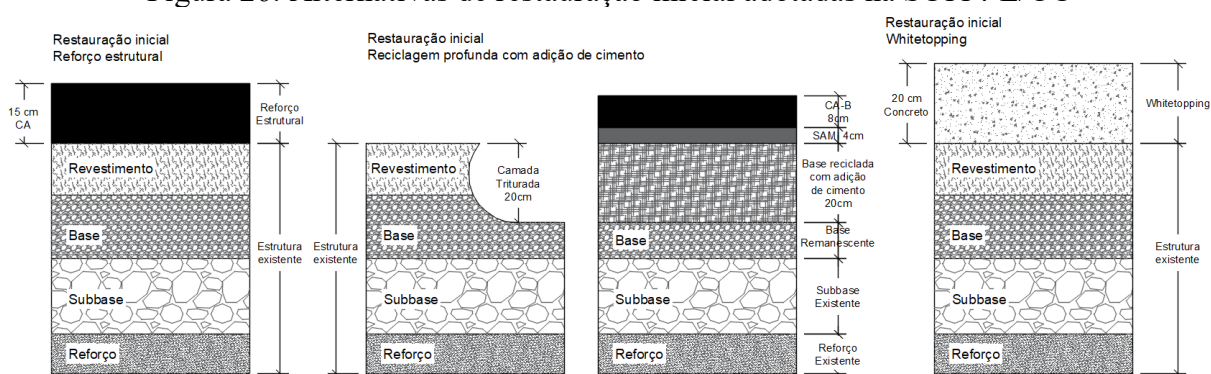
5.3. INTERVENÇÕES RODOVIA SC114 L/OC

Diferentemente dos dois casos anteriores, para a SC114 L/OC adotou-se intervenção inicial do tipo restauração em 2017, pois os dados levantados referentes às condições da via e

o ano de execução desta intervenção em campo, ocorreu nesta data. Para esta rodovia comparou-se a alternativa de camada de reforço estrutural com espessura de 15,0 cm em CA (dimensionada em função do tráfego local e das condições da superfície) com a alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento (corte de 20,0 cm, revestimento com 12 cm) e com a alternativa pavimento rígido tipo *Whitetopping*, com placas de 22,0 cm de espessura.

As três alternativas apresentam comportamentos diferentes ao longo do período de estudo, sendo a primeira alternativa, com desempenho de estrutura de pavimento flexível, a segunda como pavimento semirrígido, e a terceira, como pavimento rígido (Figura 26).

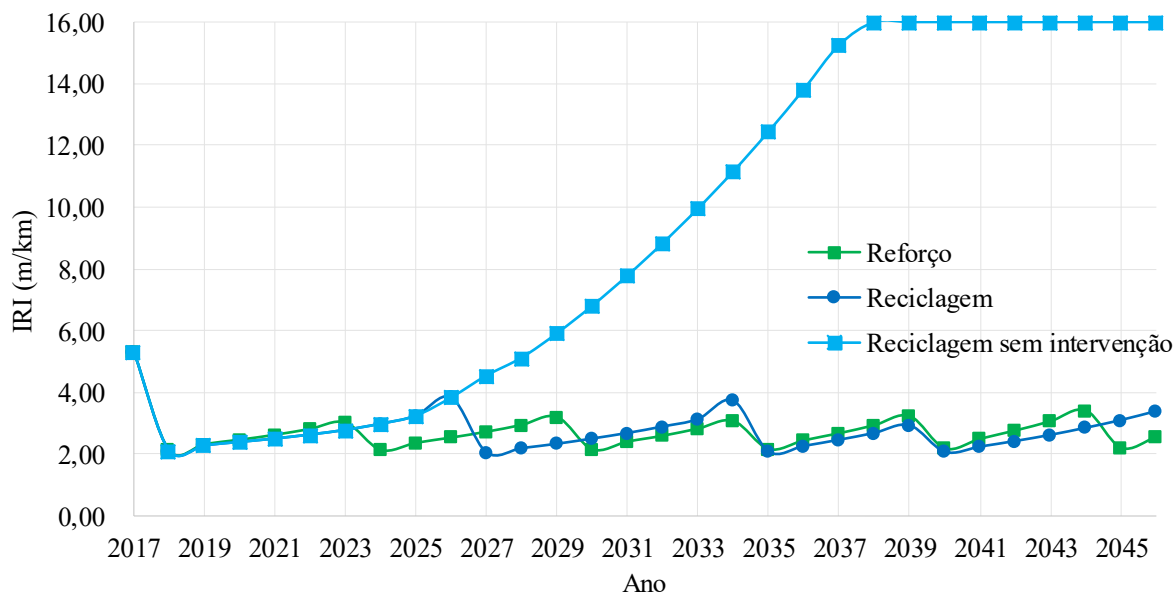
Figura 26: Alternativas de restauração inicial adotadas na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

O Gráfico 5 demonstra a evolução do IRI ao longo dos 30 anos de análise da estrutura, considerando as alternativas de reforço, reciclagem e reciclagem sem intervenção.

Gráfico 5: Evolução do IRI na SC114 L/OC



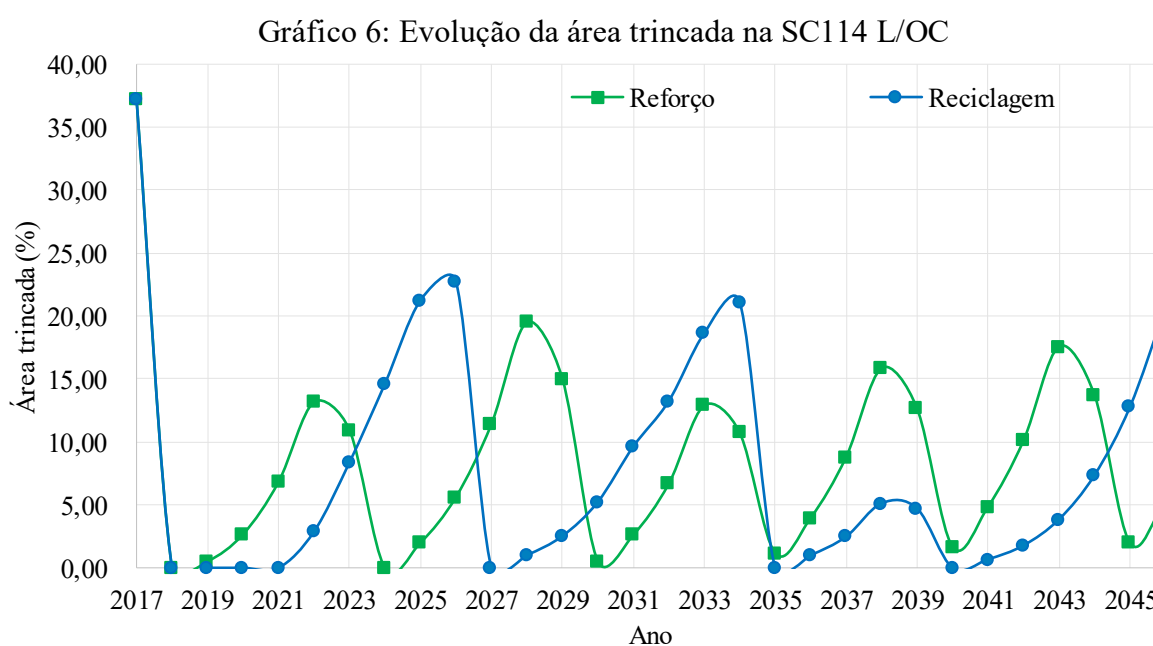
Fonte: elaborado pela autora.

A intervenção inicial em 2017, possibilita a redução do IRI para 2 m/km nas alternativas com revestimento flexível (parâmetro adotado de acordo com orientações do DNIT) e a 0 para revestimento rígido (resultados explanados a seguir).

Ao analisar a reciclagem profunda com adição de cimento sem a ocorrência de nenhuma intervenção, em 15 anos a rodovia estaria em condições péssimas, pois atinge IRI no valor de 9 m/km, ou seja, há necessidade de intervenções, restaurações e manutenções para que a alternativa de reciclagem seja eficiente ao longo dos 30 anos de vida.

A alternativa reforço estrutural comparada com a reciclagem profunda apresentam comportamento similar nos 3 primeiros anos. Porém, após este período, ocorre o aumento acelerado do IRI na alternativa de reforço estrutural. Apesar das camadas de revestimento destas duas alternativas serem muito similares, a aplicada na reciclagem profunda possui uma camada intermediária de SAMI, o que possibilita a redução da propagação das trincas e, consequentemente, o aumento da durabilidade.

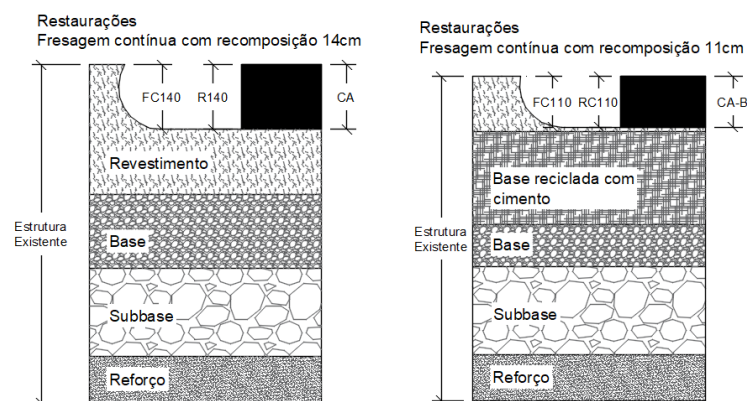
Considerando como parâmetro o valor do IRI, a periodicidade das intervenções de comportamento flexível ou semirrígidos, nesta rodovia seriam muito frequentes. Isso se deve ao elevado volume de tráfego na rodovia, principalmente veículos de carga. Diante das previsões obtidas em função do IRI, buscou-se avaliar o comportamento frente à porcentagem de área trincada, como pode ser observado no Gráfico 6.



Fonte: elaborado pela autora.

O Gráfico 6 mostra o comportamento das duas primeiras alternativas de intervenção (reforço e reciclagem). O *software* HDM-4 avalia inúmeros dados e comportamentos baseados nos coeficientes de calibração fornecidos e nos gatilhos atribuídos a cada alternativa de restauração. Portanto, há variações na porcentagem área trincada no momento indicado para a restauração. Nota-se que, no caso da reciclagem, em três momentos a porcentagem de área trincada apresenta-se superior a 20%, enquanto que para a alternativa de reforço, a área trincada não atinge 20% (Figura 27).

Figura 27: Alternativas de restauração ao longo do período de análise (SC114 L/OC)



Fonte: elaborado pela autora.

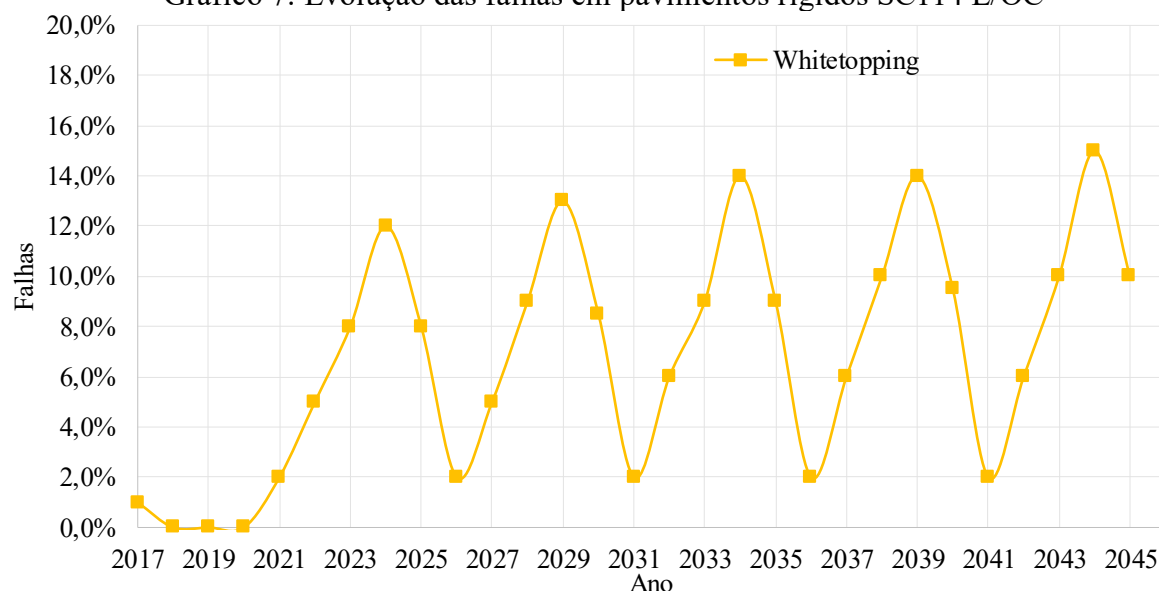
Identifica-se que a evolução da área trincada na alternativa de reciclagem é mais amena que na alternativa de reforço, onde há crescimento rápido do trincamento. Este desempenho pode ser explicado pela ação do tráfego de alta intensidade e carga, aliado à mistura asfáltica ser do tipo convencional, enquanto a alternativa de reciclagem, o revestimento é com mistura modificada com borracha e camada de SAMI.

Para analisar as intervenções de manutenção no pavimento rígido, mostra-se no Gráfico 7 a evolução das falhas que surgem na superfície.

A previsão de manutenções para o pavimento rígido, obtida no HDM-4, demonstra necessidade de 5 intervenções do tipo manutenção, por apresentar falhas, também chamadas de fissuras e trincas que precisam serem preenchidas/seladas, buscando manter as condições de trafegabilidade e conforto ao rolamento. O Quadro 10 demonstra a previsão de restaurações e manutenções resultantes das simulações efetuadas no HDM-4.

As manutenções empregadas para as 3 alternativas foram fresagem descontínua com recomposição (FD+RC), fresagem descontínua com recomposição mais microrrevestimento (FD+RC+M) e selagem de trincas (pavimento rígido) conforme critérios apresentados no Quadro 7.

Gráfico 7: Evolução das falhas em pavimentos rígidos SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 10: Programa de intervenções para a SC114 L/OC ao longo dos 30 anos de avaliação (HDM-4)

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--------------|------|----------|---------|------|-------|----------|----------|------|----------|
| Ano | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | 2026 |
| Restauração | Reciclagem | | | | | | | | | FC+RC110 |
| | Reforço | | | | | | FC+RC140 | | | |
| | Whitotopping | | | | | | | | | |
| Manutenção | | | | | | FD+RC | | | | |
| | | | | FD+RC | | | | | | FD+RC+M |
| | | | | | | | | Selagem | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2027 | 2028 | 2029 | 2030 | 2031 | 2032 | 2033 | 2034 | 2035 | 2036 |
| Restauração | | | | | | | | FC+RC110 | | |
| | | | FC+RC140 | | | | | FC+RC140 | | |
| | Substituição | | | | | | | | | |
| Manutenção | | | | FD+RC+M | | | | | | |
| | | | | | | FD+RC | | | | |
| | | | Selagem | | | | | Selagem | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |
| Ano | 2037 | 2038 | 2039 | 2040 | 2041 | 2042 | 2043 | 2044 | 2045 | 2046 |
| Restauração | | | FC+RC110 | | | | | | | FC+RC110 |
| | | | FC+RC140 | | | | | FC+RC140 | | |
| | Substituição | | | | | | | | | |
| Manutenção | | | | | | FD+RC | | | | |
| | FD+RC+M | | | | | FD+RC | | | | |
| | | | Selagem | | | | | Selagem | | |
| Rotina | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Na análise das três alternativas de restauração da rodovia SC114 L/OC, pode-se destacar que as alternativas reciclagem e *whitotopping* apresentam necessidade de oito intervenções ao longo dos 30 anos, enquanto a camada de reforço apresenta a necessidade de onze intervenções.

Por outro lado, a alternativa de reciclagem profunda exige que o trecho reciclado permaneça sem uso (fechado) por período que varia de 3 à 7 dias, aumentando o risco de

acidentes ao longo do trecho em obras, exigindo controle de tráfego. Por outro, a alternativa *Whitetopping* necessita o bloqueio da faixa de rolamento por períodos superiores ao da reciclagem (dependendo da classe de cimento utilizada), porém ao longo do período de vida, as manutenções são pontuais e de menor impacto no trânsito.

A previsão utilizada para este estudo, considera que no último ano será necessário a execução restauração por meio de fresagem contínua com recomposição em CA com 11 cm de espessura. O que garantiria a sobrevida da estrutura quando utilizada a alternativa de reciclagem. Isto que não ocorre com a alternativa de *Whitetopping*, sendo necessário substituição de juntas e placas nos anos seguintes ao final do estudo.

Diante das simulações apresentadas pelo HDM-4 e as análises conduzidas, pode-se concluir que a alternativa de reforço não é recomendada, que as outras duas alternativas poderiam ser aplicadas. Entretanto é necessário avaliar os custos envolvidos na execução dos serviços e nos impactos ambientais que geram.

5.4. COMPARAÇÃO DE DESEMPENHO ENTRE AS RODOVIAS E AS ALTERNATIVAS

A SC355 J/BR153 apresenta fluxo de veículos inicial 17% superior ao da SC114 P/SJ, porém apenas 4% superior ao final da vida útil, o que representa o maior crescimento na SC114 P/SJ. Contudo, se comparada com a SC114 L/OC, a diferença é mais significativa, pois o tráfego da SC355 J/BR153 é apenas 44% do fluxo inicial e 41% do fluxo final daquelas rodovias. O tráfego é um dos fatores mais influentes no dimensionamento da capacidade estrutural do pavimento, ficando evidente a necessidade de uma maior espessura de reforço para a SC114 L/OC (15 cm), espessura intermediária para a SC355 J/BR153 (10 cm) e menor espessura para a SC114 P/SJ (5cm).

A SC355 J/BR153 possui o relevo mais acidentado entre as três rodovias estudadas, com IRI em torno de 5 m/km e porcentagem de área trincada baixa. Porém a quantidade de buracos por quilômetro está na ordem de 50, o que indica a deterioração da camada de revestimento e parte da base. Neste caso é necessário intervenção com remendos profundo e superficial em elevada área, caso se opte pela alternativa de reforço estrutural. Para esta condição do pavimento, a reciclagem se mostra mais eficaz.

Ao analisar a SC114 P/SJ, a deformação do revestimento foi o parâmetro que mais influenciou na escolha do tipo de restauração adotada, pois devido ao relevo acidentado e

temperaturas elevadas da região, a rodovia apresentava profundidade de trilha de roda em torno de 17 mm, com necessidade de constantes correções.

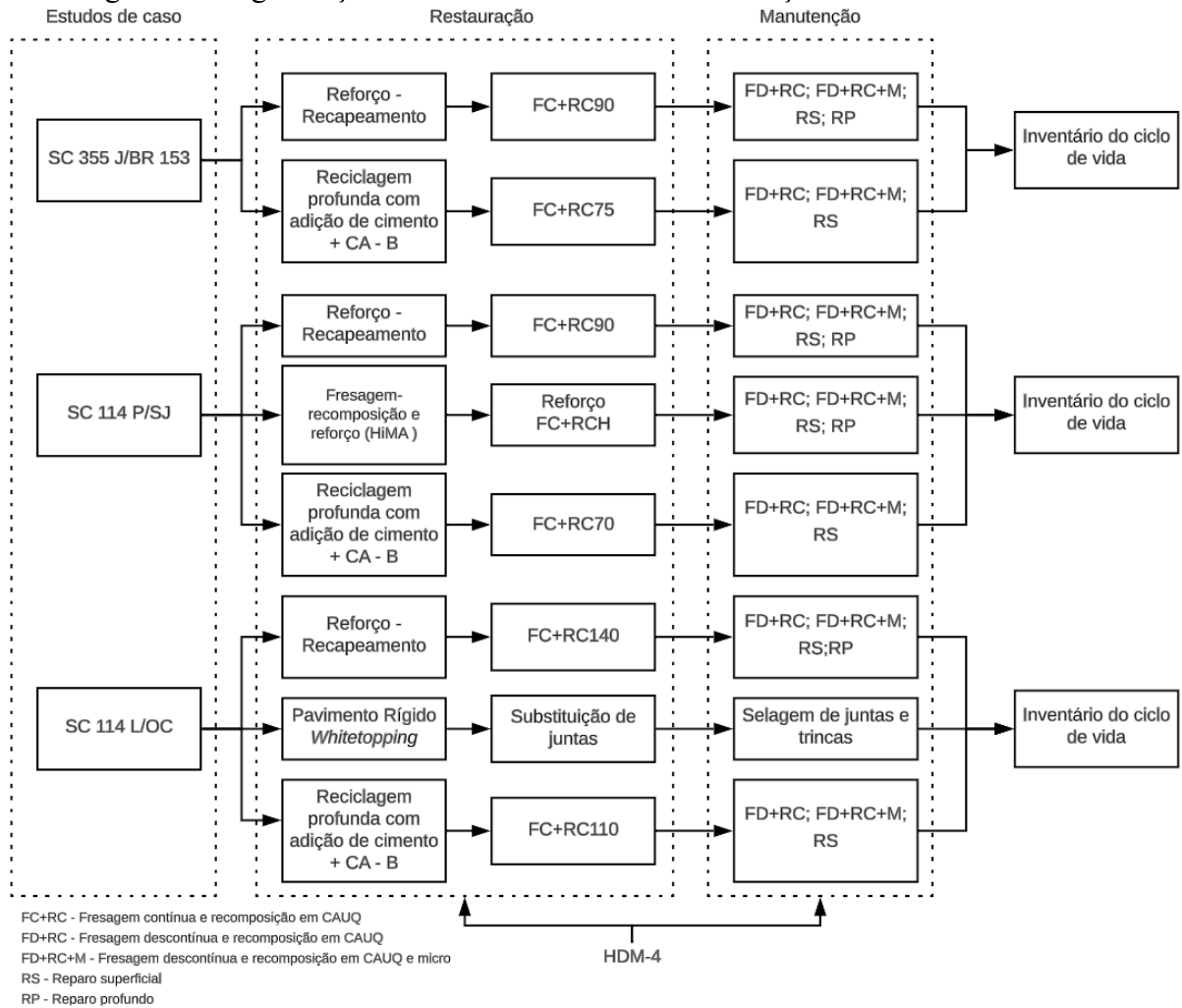
Apesar do processo executivo da reciclagem ser igual para as três rodovias, a espessura de trituração e da nova camada de revestimento são diferentes em função do tráfego estimado para o período de projeto. A quantidade de intervenções desta alternativa ao longo dos 30 anos, resultou no menor número se comparado à alternativa de reforço e se igualando a alternativa de *Whitetopping*, impactando de forma diferente os usuários quanto às interrupções de tráfego, e fechamento da via. Por outro lado, a alternativa de camada de reforço demanda de quantidade superior de intervenções ao longo do ciclo de vida. Entretanto, o tempo despendido para a execução do serviço é inferior, liberando o fluxo no mesmo dia.

Diante dos resultados obtidos, é possível afirmar que a escolha da alternativa de restauração e manutenção executada em determinadas vias, depende das condições atuais da estrutura e da superfície do pavimento, do tráfego previsto e das condições geométricas da via. A utilização de *softwares* de modelagem, os quais possuem calibrações regionais e representam os materiais e as condições desejadas, são essenciais como suporte na tomada de decisões.

Neste capítulo foi considerado a expectativa de desempenho de cada alternativa de acordo com a calibração HDM-4. Porém, não se pode adotar um planejamento a longo prazo sem levar em consideração os custos despendidos para a execução de cada etapa. Desta forma, os próximos capítulos desta tese apresentam o detalhamento do inventário de materiais, equipamento e mão de obra necessários para a aplicação das alternativas adotadas neste capítulo, com posterior obtenção de custos e avaliação ambiental.

A Figura 28 apresenta a organização da análise dos estudos de caso no *software* HDM-4. As avaliações estão separadas por rodovia, adotando as manutenções referentes a cada alternativa de restauração, possibilitando ao final elaborar o inventário do ciclo de vida para cada simulação. Vale salientar que estas foram as obtidas ao final da análise, porém outras também foram lançadas no *software*. No Capítulo 6, detalha-se os parâmetros lançados para cada alternativa estudada e executada.

Figura 28: Organização dos estudos de caso nas simulações no software HDM-4



Fonte: elaborado pela autora.

6. ETAPA 3 - CONSUMOS DE MATERIAIS E DE COMBUSTÍVEIS

O inventário do ciclo de vida compreende a quantificação de todas as entradas e saídas de cada sistema, contemplando insumos, equipamentos, mão de obra e transporte necessários para a execução, manutenção e restauração das estruturas propostas.

Foram quantificados os serviços referentes à execução, restauração e manutenção dos pavimentos que, conforme previsto, serão realizados dentro do período de análise de 30 anos. A quantificação desses serviços foi obtida a partir das estratégias de restauração e manutenção propostas pelo HDM-4, detalhadas no Capítulo 5, e nas composições unitárias fornecidas pelo Sistema de Custos Referenciais de obras – SICRO do DNIT.

6.1. PROCEDIMENTO DE OBTENÇÃO DOS CONSUMOS

Para cada serviço quantificado, buscou-se no sistema de custos rodoviários do DNIT a composição das equipes, formadas por equipamentos e mão de obra, necessárias para a execução da atividade. No sistema, há informações sobre a produtividade, características dos equipamentos e qualificação da mão de obra. A Figura 29 apresenta um exemplo da extração dos dados do sistema SICRO2, no mês de janeiro de 2014 (dado de referência para as SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ) para Santa Catarina. Para SC114 L/OC, utilizou-se dos parâmetros definidos no SICRO em 2017.

Cada serviço apresenta uma produção de equipe, ou seja, a quantidade de serviço ou produto produzido considerando a composição de equipamentos e mão de obra relacionados, a produção é quantificada em horas de trabalho (destacado em marrom).

Os equipamentos necessários para essa execução estão listados no item A (destacado em vermelho). Relaciona-se a quantidade de cada equipamento e a fração de hora produtiva e improdutiva, tornando possível calcular o consumo de combustível gasto para cada equipamento para a referida produção.

A mão de obra está relacionada no item B (destacado em verde), quantificada em relação à quantidade de produção do serviço especificado em um período de uma hora.

Os materiais necessários para a produção do serviço são relacionados no item C. Porém, em alguns casos, esses valores precisam passar por modificação em função do tipo de mistura utilizada, como é o caso do exemplo, onde a relação de materiais está especificada no item D (destacado em roxo). Em alguns casos, utiliza-se a composição parcial do item C com o D. Este quantitativo não está relacionado com a produção da equipe, mas sim, com a

quantidade unitária, como por exemplo, 1 tonelada de mistura asfáltica, 1 metro quadrado de regularização do subleito, etc.

O transporte dos materiais por unidade (toneladas, metros cúbicos, metros quadrados) é detalhado nos itens E e F (destacado em azul) e usualmente são aferidos em tkm (tonelada x quilômetro).

Figura 29: Dados obtidos no sistema de custos referenciais de obras – SICRO2

| DNIT - Sistema de Custos Rodoviários | | Construção Rodoviária | | SICRO2 | | |
|--|--------|--------------------------------|------------|--|-------------------|---------------|
| Custo Unitário de Referência | | Santa Catarina | | RCTR0320 | | |
| Mês : Janeiro / 2014 | | Produção da Equipe : 75,00 t | | (Valores em R\$) | | |
| 2 S 02 540 01 - Conc. betuminoso usinado a quente - capa rolamento | | | | | | |
| A - Equipamento | | Quantidade | Utilização | | Custo Operacional | Custo Horário |
| | | | Operativa | Improdutiva | Operativo | Improdutivo |
| E007 - Trator Agrícola - (74 kW) | 1,00 | 0,24 | 0,76 | 54,90 | 7,06 | 18,55 |
| E102 - Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1,00 | 0,56 | 0,44 | 100,28 | 7,06 | 59,27 |
| E105 - Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2,00 | 0,29 | 0,71 | 111,92 | 7,06 | 74,95 |
| E107 - Vassoura Mecânica - rebocável | 1,00 | 0,24 | 0,76 | 4,65 | 0,00 | 1,12 |
| E149 - Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1,00 | 0,81 | 0,19 | 147,77 | 12,36 | 122,04 |
| E404 - Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1,00 | 0,00 | 127,18 | 11,51 | 194,60 |
| | | | | Custo Horário de Equipamentos | | 470,52 |
| B - Mão-de-Obra | | Quantidade | | | Salário-Hora | Custo Horário |
| T511 - Encarreg. de pavimentação | 1,00 | | | | 29,66 | 29,66 |
| T701 - Servente | 8,00 | | | | 6,27 | 50,19 |
| | | | | Custo Horário da Mão-de-Obra | | 79,86 |
| C - Materiais | | | | Adc.M.O. - Ferramentas: (15,51 %) | | 12,39 |
| | | | | Custo Horário de Execução | | 562,76 |
| D - Atividades Auxiliares | | Quantidade | Unidade | Custo Unitário de Execução | | 7,50 |
| 1 A 01 390 02 - Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 1,0000 | t | | 42,95 | | 42,95 |
| | | | | Custo Total das Atividades | | 42,95 |
| E - Transporte de Materiais | | Toneladas / Unidade de Serviço | | Custo Unitário | | |
| M101 - Cimento asfáltico CAP 50/70 | | 0,0550 | | | | |
| M905 - Filler | | 0,0280 | | | | |
| F - Transporte de Materiais Produzidos / Comerciais | | Toneladas / Unidade de Serviço | | Custo Unitário | | |
| 1 A 01 170 01 - Areia extraída com escavadeira hidráulica | | 0,0800 | | | | |
| 1 A 01 200 01 - Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | | 0,8370 | | | | |
| 1 A 01 390 02 - Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | | 1,0000 | | | | |
| | | | | Custo Unitário Direto Total | | 50,45 |
| | | | | Lucro e Despesas Indiretas (29,98 %) | | 15,13 |
| | | | | Preço Unitário Total | | 65,58 |

Fonte: elaborado pela autora.

Para melhor entendimento de como obteve-se os quantitativos de cada material, será detalhado o serviço de concreto asfáltico. Os demais resultados estão disponibilizados no Apêndice C.

A quantidade de mistura asfáltica necessária para executar um determinado serviço foi calculada com base na geometria da via (comprimento, largura e espessura) e, quando necessário, convertido em massa, multiplicando-se o volume pela densidade do material. No caso do concreto asfáltico, foi calculada 1.872 toneladas para executar uma intervenção. Uma equipe completa produz 75 toneladas por hora, o que resulta em 24,96 horas de trabalho (Quadro 11).

Quadro 11: Inventário dos serviços executados

| Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | | | | | | |
|--|------------|----------------|------------|---------|-----------------|---|
| | 75 t | 1.872 t | 24,96 h | | | |
| Equipamentos | Quant | Prod | HT | L/h | L (combustível) | |
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 5,99 | 13,86 | 83,03 | D |
| Rolo Comp. - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 13,98 | 17,46 | 244,05 | D |
| Rolo Comp. - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 14,48 | 15,3 | 221,50 | D |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 5,99 | 7,56 | 45,29 | D |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 20,22 | 14,76 | 298,41 | D |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1,00 | 38,19 | 37,8 | 1443,54 | D |
| | | | | | 2335,81 | D |
| Mão de obra | Quant. | HT | | | | |
| Encarregado de pavimentação | 1 | 24,96 | | | | |
| Servente | 8 | 199,68 | | | | |
| Material | Quant. | | | | | |
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.872 t | | | | | |
| Transporte | Quant. | | 374,00 tkm | | | |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 56.160 tkm | | 150,16 | 37,80 | 5.676,06 | D |
| | | | | | | |
| Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | | | | | | |
| | 75 t | 1872 t | 24,96 h | | | |
| Equipamentos | Quant. | Prod. | HT | L/h | Combustível (L) | |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 6,4896 | 20,34 | 132,00 | D |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 L | 2 | 1 | 49,92 | | | |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 24,96 | 4,08 | 101,84 | D |
| Us. de Asf. a Quente - 90/120 t/h c/ filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 24,96 | 4692,48 | | E |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 24,96 | 82,08 | 2048,72 | D |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 24,96 | 82,08 | 2048,72 | D |
| | | | | | 4331,27 | |
| Mão de obra | Quant. | HT | | | | |
| Encarregado de turma | 1 | 24,96 | | | | |
| Servente | 8 | 199,68 | | | | |
| Material | Quant. | | | | | |
| Óleo combustível 1A | 8,00 | l | 14.976 | | | |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 0,055 | t | 102,96 | | | |
| Filler | 28,00 | kg | 52.416 | | | |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 0,0533 | m ³ | 99,78 | | | |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 0,558 | m ³ | 1.044,58 | | | |
| Transporte | Quantidade | | 18,00 | | | |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 41.184 tkm | | 120 | 24,48 | 2.937,60 | D |

HT – Horas trabalhadas, h – horas, t – toneladas, tkm – tonelada x quilômetro, L/h – litros por hora, D – diesel, E – Energia.

Fonte: elaborado pela autora.

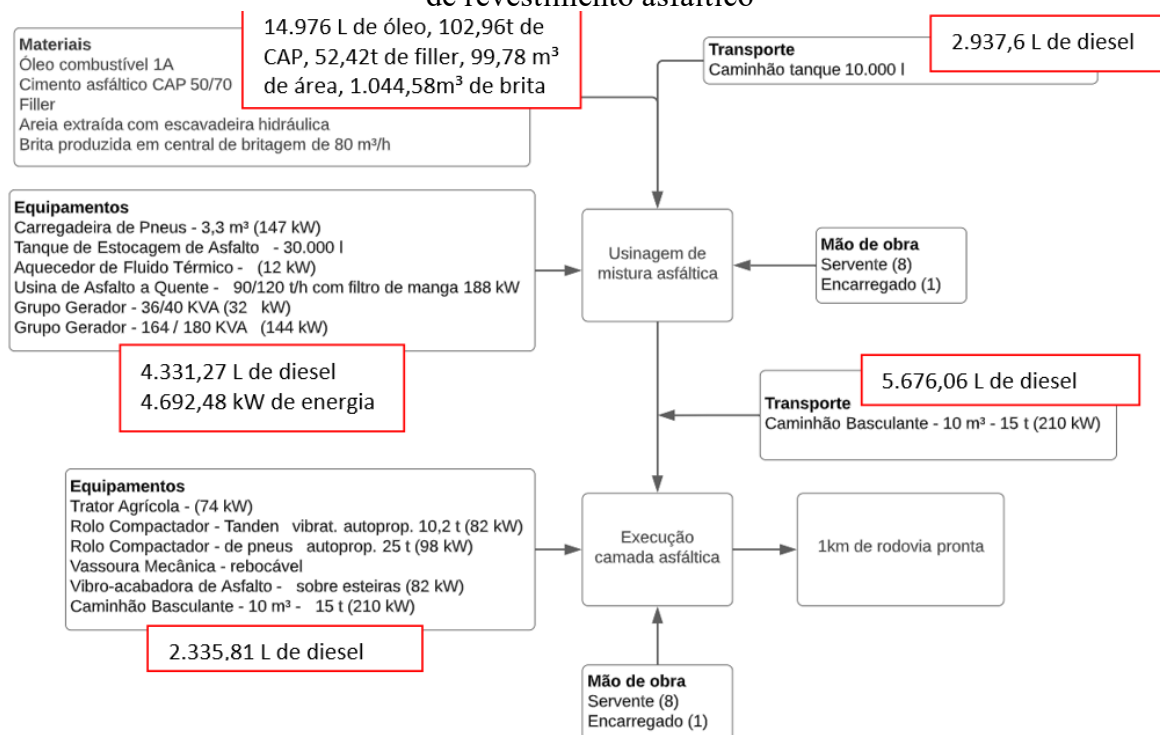
Para o cálculo do consumo de combustível de cada equipamento multiplicou-se as horas necessárias pela produtividade de cada equipamento e pelo seu consumo horário (dados obtidos no Manual de Custos de Infraestrutura de Transportes – DNIT (2017) e apresentados no Apêndice D), obtendo-se assim, a quantidade de combustível necessária para realizar o serviço. A mão de obra foi obtida multiplicando-se a quantidade de pessoas necessárias para desenvolver a atividade pela quantidade de horas do serviço técnico.

Para quantificar o cimento asfáltico gasto, adotou-se teor ótimo de 5,5%, porcentagem esta coerente com o que é aplicado na região em estudo. Para alguns materiais, utilizou-se as quantidades unitárias disponibilizadas pelo DNIT (2017), tais como óleo combustível e agregados para a mistura asfáltica.

O transporte foi considerado em tkm (tonelada x quilômetro), multiplicando-se as toneladas transportadas pela distância de deslocamento. Cada caminhão possui uma capacidade e uma produção de transporte, além do consumo de combustível.

Em paralelo, elaborou-se o fluxograma dos equipamentos, mão de obra, materiais e transporte para a execução de cada serviço. Na Figura 30 apresenta-se o fluxograma referente ao revestimento asfáltico. Estes dados foram lançados no *software* OpenLCA para a modelagem ambiental, o qual será explicado detalhadamente no próximo capítulo.

Figura 30: Fluxograma dos equipamentos, mão de obra, materiais e transporte para execução de revestimento asfáltico



Fonte: elaborado pela autora.

6.2. INVENTÁRIO SC355 J/BR153

Como mencionado no item 5.1, de acordo com o HDM-4, seriam necessárias 5 intervenções do tipo restauração e manutenção ao longo dos 30 anos para a alternativa de “reciclagem profunda”, enquanto para a alternativa de “reforço estrutural”, seriam necessárias 7 intervenções.

O Quadro 12 exhibe os consumos de combustíveis, energia, ligantes, aglomerantes, agregados e demais materiais necessários para a produção de insumos, transporte e execução das intervenções do tipo “reciclagem profunda”, ano a ano, entre 2014 e 2043.

Quadro 12: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reciclagem na SC355 J/BR153

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Óleo combustível (L) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Cimento Portland (t) | Brita corrida (m³) |
|------|------------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|
| 2014 | 34.800,85 | 4.006,84 | 213,84 | 28,15 | 10,99 | 79,20 | 263,34 | 567,00 | 11.520,00 | 237,006 | 594,00 | 142,56 | 477,00 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | 1.283,99 | 198,53 | 0 | 0,73 | 0 | 4,36 | 0 | 49,21 | 633,60 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | 14.738,63 | 2.977,92 | 0 | 7,26 | 0 | 65,34 | 0 | 738,10 | 9.504,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2026 | | | | | | | | | | | | | |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | | | | | | | | | | | | | |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | 3.646,80 | 397,06 | 0 | 20,59 | 0 | 8,71 | 0 | 98,41 | 1.267,20 | 0 | 0 | 0 | 99 |
| 2032 | | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | | | | | | | | | | | | | |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 14.738,63 | 2.977,92 | 0 | 7,26 | 0 | 65,34 | 0 | 738,10 | 9.504,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | | | | | | | | | | | | | |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | | | | | | | | | | | | | |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Vale salientar que a mistura asfáltica só é computada na intervenção inicial (2014), pois nas composições do DNIT, ela só é utilizada na intervenção remendo profundo. Nos demais tipos de intervenção, o material e sua produção são analisados separadamente como agregados, ligantes e usinagem da mistura asfáltica. Nesta alternativa de restauração foi considerado que não haverá remendos profundos após a reciclagem, uma vez que a camada de base será estabilizada com cimento. O mesmo se justifica para a utilização de ADP (Asfalto Diluído de Petróleo, quando da execução das obras estudadas, este material era aplicado na camada de imprimação, portanto manteve-se o mesmo material), visto que não será necessária nova imprimação da base, apenas a utilização de EAP (Emulsão Asfáltica de Petróleo) para efetuar a pintura de ligação entre a camada existente com a restaurada por meio de fresagem e recomposição ou reforço.

O cimento Portland será utilizado apenas no primeiro ano de restauração, pois a reciclagem tende a ocorrer apenas uma vez ao longo da vida útil considerada no estudo. Da mesma forma, os materiais que compõem as camadas de regularização do subleito, sub-base e base são considerados apenas no processo de remendo profundo, portanto, antes da reciclagem do pavimento.

Nos anos 2025 e 2037 foram previstas intervenções do tipo fresagem contínua com recomposição da mistura asfáltica (FC+RC), resultando em elevado consumo de óleo diesel e óleo lubrificante. A etapa que mais impacta neste consumo é o transporte, visto que o material fresado precisa ser eliminado adequadamente e a nova mistura asfáltica ser transportada até o local de aplicação. Não foi objeto deste estudo, porém a tendência atual é a utilização da mistura fresada como nova camada de revestimento, ou seja, a reciclagem da própria camada com a incorporação de ligante rejuvenescedor e ajuste da curva granulométrica.

A elevada quantidade de EAP calculada na quarta intervenção (2031) se deve à aplicação de microrrevestimento ao longo de toda a via, como forma de prolongar a vida útil da camada de rolamento.

Para a execução da reciclagem à frio com a incorporação de cimento é triturada a camada de revestimento e parte da camada de base, incorporado agregado virgem para a correção da granulometria e o cimento Portland para ganho de resistência

O Quadro 13 demonstra os consumos para a alternativa inicial “reforço estrutural”, considerando o mesmo período de análise. Para esta alternativa de restauração inicial, fica evidente a maior quantidade de intervenções ao longo dos 30 anos de análise, dependendo uma elevada quantidade de consumo de combustíveis e de materiais para a manutenção das condições mínimas de uso.

Quadro 13: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reforço na SC 355 J/BR 153

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Óleo combustível (l) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Brita corrida (m³) |
|------|------------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------|--------------------|
| 2014 | 27.066,42 | 4.692,48 | 483,12 | 19,70 | 1,09 | 102,96 | 198,00 | 1.163,07 | 14.976,00 | 178,20 | 594 | 0 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | 3.646,80 | 397,06 | 0 | 20,59 | 0 | 8,71 | 0 | 98,41 | 1.267,20 | 0 | 0 | 99,00 |
| 2020 | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | | | | | | | | | | | | |
| 2022 | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | 27.225,07 | 3.573,50 | 285,12 | 8,71 | 1,45 | 78,41 | 264,00 | 885,72 | 11.404,80 | 237,60 | 792 | 0 |
| 2024 | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | | | | | | | | | | | | |
| 2027 | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | 1.283,99 | 198,53 | 0 | 0,73 | 0 | 4,36 | 0 | 49,21 | 633,60 | 0 | 0 | 0 |
| 2029 | | | | | | | | | | | | |
| 2030 | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | 27.225,07 | 3.573,50 | 285,12 | 8,71 | 1,45 | 78,41 | 264,00 | 885,73 | 11.404,80 | 237,60 | 792 | 0 |
| 2032 | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | | | | | | | | | | | | |
| 2035 | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | 3.646,80 | 397,06 | 0 | 20,59 | 0 | 8,71 | 0 | 98,41 | 1267,20 | 0 | 0 | 99,00 |
| 2037 | | | | | | | | | | | | |
| 2038 | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | 27.225,07 | 3.573,50 | 285,12 | 8,71 | 1,45 | 78,41 | 264,00 | 885,73 | 11.404,80 | 237,60 | 792,00 | 0 |
| 2040 | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | | | | | | | | | | | | |
| 2043 | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Diferentemente da alternativa que contempla a reciclagem, na alternativa de reforço estrutural não há a melhoria das condições estruturais da camada de base, havendo apenas correções da estrutura onde há a necessidade de remendos superficiais ou profundos, além do aumento da espessura da camada de revestimento asfáltico.

Em relação ao consumo de diesel e óleo combustível (gasto no secador da usina), destaca-se o concreto asfáltico como o maior contribuinte, devido, principalmente, ao transporte do ligante entre a refinaria e a usina e da mistura asfáltica da usina até o local de aplicação.

Devido à falta de melhorias nas camadas inferiores na restauração, foi necessário a previsão de intervenções tipo remendo profundo e superficiais, o que resulta em uma quantidade elevada de solo (para correção da camada de subleito), macadame (rachão, para camada de sub-base), brita graduada simples (para camada de base) e mistura asfáltica (para camada de revestimento), além de ADP (para imprimação) e EAP (para a pintura de ligação). O remendo profundo foi considerado em todas as intervenções do tipo “reforço estrutural” e “fresagem contínua”, ou seja, em 2014, 2023, 2031 e 2039.

Para as intervenções realizadas em 2019 e 2036 tem-se um consumo de 20,59 toneladas de EAP para a execução de 1 km de fresagem contínua com recomposição e microrrevestimento (FC+RC+M). Este alto consumo deve-se, especialmente, ao microrrevestimento, o qual é executado ao longo de toda a superfície da pista de rolamento.

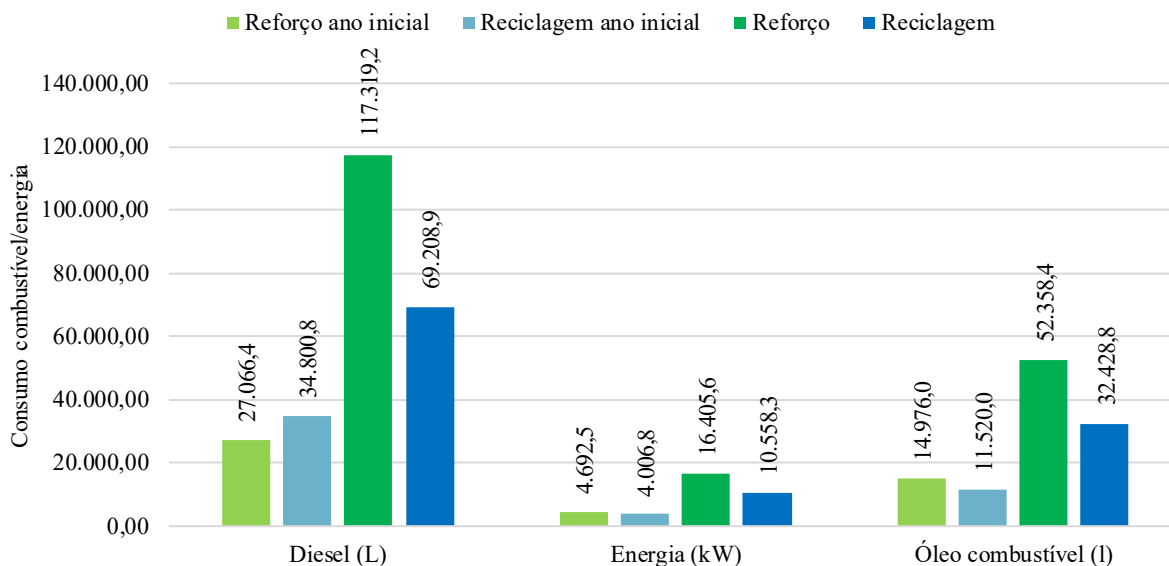
6.2.1. Reciclagem x reforço estrutural SC 355 J/BR153

A partir dos consumos obtidos no levantamento detalhado, ano a ano, nos Quadros 12 e 13, apresentar-se os comparativos entre o consumo no ano inicial (reforço ano inicial e reciclagem ano inicial) e o consumo total de todas as intervenções (reforço e reciclagem). O Gráfico 8 demonstra o consumo de combustível e energia para o ano inicial e ao longo dos 30 anos.

A alternativa de reciclagem demanda maior consumo de diesel no ano inicial quando comparado com a alternativa de reforço, sendo aproximadamente 28% superior. Por outro lado, ao final dos 30 anos mantendo as condições de conforto e segurança simuladas no *software* HDM-4, o consumo de diesel é maior para a alternativa de reforço, 70% superior a alternativa de reciclagem. Isso deve-se, principalmente, ao número de intervenções necessárias, enquanto a reciclagem necessita de 5 intervenções, o reforço exige 7 intervenções. Além do mais, a espessura de material fresado (tanto contínua como descontínua) é diferente entre as intervenções posteriores a alternativa de reciclagem (necessitando de 7,5 cm de corte e

recomposição) e a alternativa de reforço estrutural (a qual necessita 9,0 cm de corte e recomposição), resultando em maior quantidade de material produzido.

Gráfico 8: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC355 J/BR153 – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

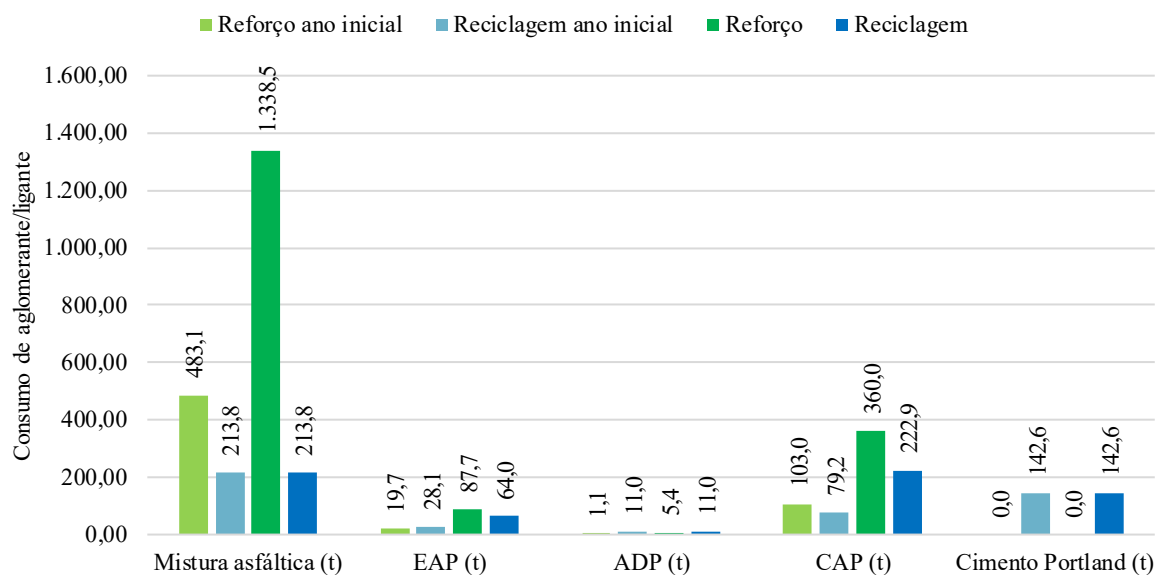
A energia consumida é utilizada para a usinagem do concreto asfáltico, uma vez que as duas alternativas demandam de misturas asfálticas, considera-se proporcionais as quantidades iniciais e totais de energia consumida. No mesmo viés do consumo de diesel, a espessura de material fresado e recomposto interfere no consumo de energia. Com isso, a alternativa de reforço, que requer uma maior produção de mistura asfáltica, também demandará de maior quantidade de energia, em torno de 6MW a mais que a reciclagem. As mesmas justificativas podem ser aplicadas ao consumo de óleo combustível, utilizado para a usinagem de misturas asfálticas.

O Gráfico 9 demonstra os consumos de aglomerantes, ligantes e misturas asfálticas necessários para a manutenção das condições de conforto e segurança ao longo dos 30 anos, além do ano inicial, o qual se aplicou as alternativas base de restauração.

O consumo inicial de mistura asfáltica se iguala ao final para a alternativa de reciclagem. Isto se deve ao fato de que o termo (material) é utilizado apenas na execução de remendos profundos, enquanto que para as demais intervenções, o concreto asfáltico é separado em ligante (CAP) e agregados. O remendo profundo só é executado na alternativa reciclagem e antes da execução da mesma. Após, apenas fresagens contínuas e descontínuas com

recomposição são executadas, devido ao comportamento da estrutura para este tipo de pavimento (semirrígido).

Gráfico 9: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC355 J/BR153 - 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Por outro lado, ao aplicar a alternativa de reforço, foi considerado remendos profundos em 15% da área funcional em cada intervenção executada. Adotou-se esta porcentagem, pois a execução do remendo profundo se dará por meio da utilização de equipamentos escavadeiras e rolos de compactação e, o que demanda de maior área de corte e recomposição.

A EAP é utilizada na execução de remendos profundos, tratamento superficial e pintura de ligação. No ano inicial, demanda-se de mais EAP para a execução de reciclagem profunda, pois aplica-se em todos os serviços mencionados acima, enquanto que para o reforço, aplica-se apenas na pintura de ligação. Por outro lado, ao longo dos 30 anos, para a alternativa de reciclagem, utiliza-se apenas para pintura de ligação e microrrevestimento, enquanto que para a alternativa reforço, ela é necessária em remendo profundo, pintura de ligação e microrrevestimento, resultando em 40% a mais de consumo de EAP.

Para a reciclagem profunda deve-se executar camada de imprimação ao longo de toda a superfície avaliada na intervenção inicial, o que não é necessário ao longo dos anos. Contudo, o reforço necessitará de imprimação apenas quando aplicado em remendos profundos.

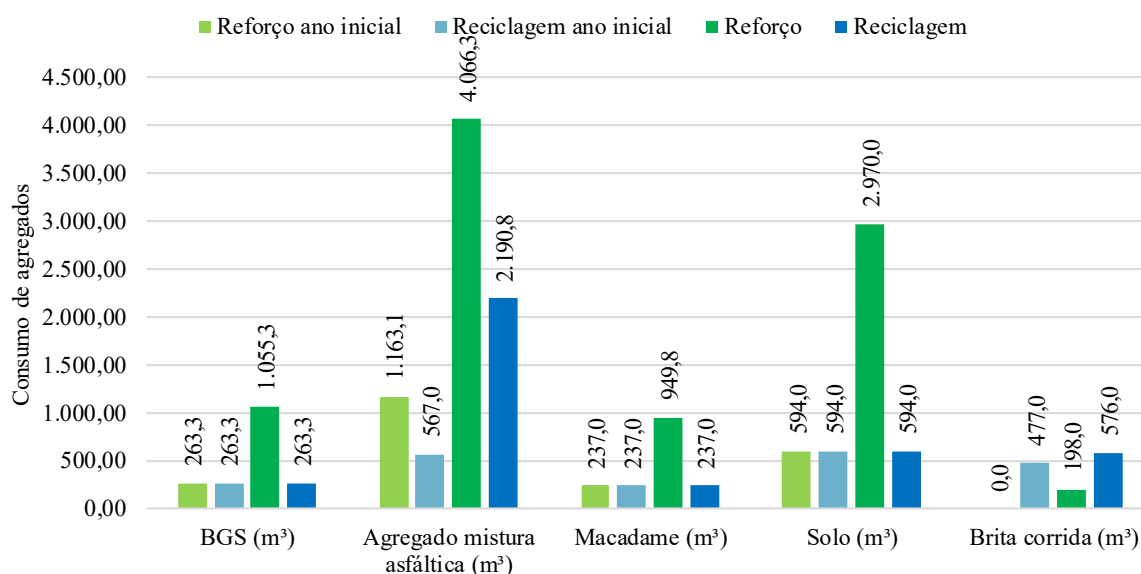
O CAP (cimento asfáltico de petróleo) é um dos materiais que mais impacta financeiramente a execução da pavimentação flexível. Portanto, quanto menor a sua quantidade gasta mais econômica será a obra. Por outro lado, almeja-se garantir a qualidade e durabilidade

da camada. Considerando as intervenções a periodicidade obtidas com o *software* HDM-4, serão necessárias 23,8 toneladas a mais de CAP para a execução da alternativa reforço em relação a alternativa de reciclagem profunda. Isso se deve à espessura da camada de revestimento dimensionada para atender ao volume de tráfego previsto no período de projeto. O consumo total de CAP se torna 61% (137 toneladas) maior para executar todas as restaurações e manutenções na alternativa reforço, em relação a alternativa de reciclagem. Em contraposição, a alternativa reciclagem, demanda de 142,6 toneladas de cimento Portland para executar a intervenção restauração inicial. Em termos de quantidade, o consumo do CAP e do Cimento Portland são muito próximos. Serão analisados os impactos ambientais gerados pela utilização desses materiais, além dos custos desembolsados para a execução.

O

Gráfico 10 mostra os consumos de agregados para a execução da intervenção inicial comparada com as restaurações e manutenções ao longo dos 30 anos de análise.

Gráfico 10: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC355 J/BR153 – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

No ano inicial, o consumo de BGS (Brita Graduada Simples), macadame e solo são iguais, pois foi considerado a mesma porcentagem de intervenção em remendo profundo para as duas alternativas. Ao final dos 30 anos, tanto BGS como o macadame e o solo para a alternativa de reforço, apresentam aumento expressivo no consumo, devido aos tipos de intervenções que foram consideradas no período. Diferentemente da alternativa de reciclagem,

onde não se aplicou remendos profundos depois da execução da reciclagem (camada estabilizada com cimento permaneceu íntegra de acordo com as projeções do HDM-4).

O consumo de agregados para a mistura asfáltica é proporcional a quantidade de CAP utilizada. Portanto, quanto maior o número de intervenções e a espessura de revestimento, maior será este consumo.

Considerando o contexto geral do consumo de combustíveis, energia e materiais, a alternativa de reciclagem demanda uma quantidade inferior às demais alternativas. Ao se avaliar por intervenção, ou seja, o consumo total dividido pelo número de intervenções, a diferença entre a alternativa de reciclagem e de reforço cai para 17,4%, quanto ao consumo de diesel, e de 13,3% para o consumo de óleo combustível. Porém a reciclagem manteve-se com menor consumo. O contrário se observa em relação à EAP e ao ADP, os quais apresentam valores inferiores de consumo por intervenção para a alternativa reforço em relação a alternativa de reciclagem.

Contudo, não é recomendado efetuar a escolha da alternativa de intervenção apenas pelo seu consumo de insumos e do seu desempenho, pois os impactos gerados aos usuários, aos moradores do entorno, e ao meio ambiente e o custo em si da intervenção são de suma importância na análise do custo do ciclo de vida. Estes custos e os impactos ambientais serão analisados nos capítulos seguintes deste trabalho.

6.3. INVENTÁRIO SC114 P/SJ

Para a SC114 P/SJ foram previstas 8 intervenções para a alternativa “reforço estrutural”, 7 intervenções para a alternativa “fresagem continua com recomposição em HiMA” e 5 intervenções para a alternativa “reciclagem profunda com adição de cimento”. Esta previsão foi definida com base nas simulações efetuadas no *software* HDM-4, considerando vida útil de 30 anos, conforme mencionado no Capítulo 5.

O Quadro 14 apresenta os consumos de combustíveis, energia, ligantes, aglomerantes, agregados e demais materiais necessários para a produção de insumos, transporte e execução da alternativa “reciclagem profunda com adição de cimento”, ano a ano entre 2014 e 2043.

O elevado consumo de diesel e óleo combustível no ano inicial da restauração é resultado da usinagem e transporte da mistura asfáltica e da execução da reciclagem em si, concomitante com a execução de remendos profundos, necessários para adequação da capacidade estrutural das camadas inferiores do pavimento deteriorado. Ao longo do período

estudado, destaca-se este mesmo consumo na terceira (2025) e na quinta (2037) intervenção, porém decorrente somente da produção da mistura asfáltica e da fresagem do revestimento.

A utilização de EAP fica evidente na primeira (2014) e na quarta (2031) intervenção, devido ao fato de que inicialmente é necessário mais de uma camada de pintura de ligação, além da execução de tratamento superficial, enquanto na quarta, ocorre a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a extensão da unidade funcional.

Da mesma forma que os combustíveis, o CAP e os agregados apresentam maior demanda na intervenção inicial, na terceira (2025) e na quinta (2037). Isso se deve à execução da camada inicial de revestimento e a fresagem de toda a camada de revestimento com a sua recomposição. Em contrapartida o ADP, cimento Portland, BGS, macadame e solo são utilizados na primeira intervenção, onde considerou-se a execução de remendo profundo com a substituição dos materiais danificados, além da reciclagem profunda, aumentando a capacidade de suporte da estrutura e prolongamento da vida útil do pavimento.

O Quadro 15 mostra os consumos para a alternativa de “reforço”, considerando o mesmo período de análise da alternativa reciclagem. Diferentemente da alternativa de reciclagem, a metodologia de reforço apresenta maior consumo de diesel, óleo combustível, energia e mistura asfáltica na terceira (2021), quinta (2029) e sétima (2037) intervenção, sendo a primeira inferior as subsequentes. Isso deve-se ao fato que na primeira intervenção é executado apenas o reforço sobre a camada existente de revestimento, enquanto nas outras três intervenções, que são de maior monta, efetua-se a fresagem e reconstituição da camada antiga mais o reforço.

Para esta alternativa foi adotado o remendo profundo em todas as intervenções que demandam de fresagem contínua, contribuindo para o maior consumo de insumos. Isto fica evidente quando aferidas as quantidades de CAP, BGS, agregados para a mistura asfáltica, macadame e solo, ou seja, em 2021, 2029 e 2037.

Se comparado a alternativa reciclagem com o reforço, obtém-se que a reciclagem representa consumo em torno de 70% de diesel, 11% de energia elétrica, 80% de óleo combustível e 70% de CAP, fato atribuído a quantidade superior de mistura asfáltica necessária para a execução das intervenções após o reforço estrutural inicial. Em contrapartida, não há uso de cimento Portland e tratamento superficial na alternativa reforço, reduzindo o uso de ADP e agregado para o tratamento.

Quadro 14: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação de alternativa de reciclagem na SC 114 P/SJ

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado ou mistura asfáltica (m³) | Óleo combustível (l) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Cimento Portland (t) | Brita corrida (m³) |
|------|------------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|------------------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|
| 2014 | 33.642,79 | 4.308,09 | 126 | 30,86 | 12,16 | 85,80 | 237,40 | 614,25 | 1.2480,00 | 265,34 | 630,00 | 162,80 | 542,50 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | 1.262,86 | 210,56 | 0 | 0,77 | 0 | 4,62 | 0 | 52,19 | 672,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | 13.787,95 | 2.947,84 | 0 | 7,70 | 0 | 64,68 | 0 | 730,65 | 9.408,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2026 | | | | | | | | | | | | | |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | | | | | | | | | | | | | |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | 4.623,76 | 421,12 | 0 | 21,84 | 0 | 9,24 | 0 | 104,38 | 1.344,00 | 0 | 0 | 0 | 105,00 |
| 2032 | | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | | | | | | | | | | | | | |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 13.787,95 | 2.947,84 | 0 | 7,70 | 0 | 64,68 | 0 | 730,65 | 9.408,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | | | | | | | | | | | | | |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | | | | | | | | | | | | | |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 15: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reforço na SC 114 P/SJ

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Óleo combustível (l) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Cimento Portland (t) | Brita corrida (m³) |
|------|------------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|
| 2014 | 17.485,93 | 3.076,23 | 294,00 | 13,70 | 1,16 | 58,08 | 178,5 | 656,09 | 8.448,00 | 199,50 | 630 | 0 | 0 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | 1.262,86 | 210,56 | 0 | 0,77 | 0 | 4,62 | 0 | 52,19 | 672,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | 26.619,35 | 4.341,33 | 302,40 | 9,24 | 1,54 | 83,16 | 238,00 | 939,41 | 12.096,00 | 266,00 | 840 | 0 | 0 |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | 4.623,76 | 421,12 | 0 | 21,84 | 0 | 9,24 | 0 | 104,38 | 1.344,00 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | 26.619,35 | 4.341,33 | 302,40 | 9,24 | 1,54 | 83,16 | 238,00 | 939,41 | 12.096,00 | 266,00 | 840 | 0 | 0 |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | | | | | | | | | | | | | |
| 2032 | | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | 1.262,86 | 210,56 | 0 | 0,77 | 0 | 4,62 | 0 | 52,19 | 672,00 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 26.619,35 | 4.341,33 | 302,40 | 9,24 | 1,54 | 83,16 | 238,00 | 939,41 | 12.096,00 | 266,00 | 840 | 0 | 0 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | | | | | | | | | | | | | |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | 4.623,76 | 421,12 | 0 | 21,84 | 0 | 9,24 | 0 | 104,38 | 1.344,00 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 16: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de fresagem com recomposição de camada SAMI e reforço com HiMA na SC114 P/SJ

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Óleo combustível (l) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Cimento Portland (t) | Brita corrida (m³) |
|------|------------|--------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------------------|--------------------|
| 2014 | 19.641,49 | 3.056,97 | 168 | 16,94 | 1,54 | 55,44 | 238 | 626,27 | 8064 | 266 | 840 | 0 | 0 |
| 2015 | | | | | | | | | | | | | |
| 2016 | | | | | | | | | | | | | |
| 2017 | | | | | | | | | | | | | |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | 1.262,86 | 210,56 | 0 | 0,77 | 0 | 4,62 | 0 | 52,19 | 672 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | | | | | | | | | | | | | |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | 19.641,49 | 3.056,97 | 168 | 16,94 | 1,54 | 55,44 | 238 | 626,27 | 8064 | 266 | 840 | 0 | 0 |
| 2025 | | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | | | | | | | | | | | | | |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | 4.623,76 | 421,12 | 0 | 21,84 | 0 | 9,24 | 0 | 104,38 | 1344 | 0 | 0 | 0 | 105 |
| 2029 | | | | | | | | | | | | | |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | | | | | | | | | | | | | |
| 2032 | 17.485,93 | 3.076,23 | 294 | 13,70 | 1,16 | 58,08 | 178,5 | 656,09 | 8448 | 199,5 | 630 | 0 | 0 |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | | | | | | | | | | | | | |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 1.262,86 | 210,56 | 0 | 0,77 | 0 | 4,62 | 0 | 52,19 | 672 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | | | | | | | | | | | | | |
| 2040 | 19.641,49 | 3.056,97 | 168 | 16,94 | 1,54 | 55,44 | 238 | 626,27 | 8064 | 266 | 840 | 0 | 0 |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | | | | | | | | | | | | | |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

Para a SC114 P/SJ foi proposto como terceira alternativa a fresagem contínua com recomposição com camada SAMI e posterior revestimento com ligante HiMA. As quantidades obtidas no levantamento de insumos e mão de obra, estão apresentados de forma resumida no Quadro 16. A utilização de HiMA em misturas asfálticas é cada vez mais comum, visto sua capacidade em reduzir deformação permanente, e melhor desempenho quanto à fadiga. Isto possibilita camadas de revestimento mais delgadas, reduzindo os custos de implantação e de manutenção e restauração.

O consumo de diesel e óleo combustível são mais expressivos para a execução da intervenção inicial, das intervenções subsequentes que demandam de fresagem contínua e recomposição (2024 e 2040), além do reforço (2032). O principal fator do consumo de diesel é a execução de remendos profundos, juntamente com a aplicação do concreto asfáltico. Em relação ao óleo combustível, este é usado apenas na usinagem do concreto asfáltico. A demanda de energia elétrica é oriunda dos mesmos serviços/etapas que resultam o consumo de óleo combustível.

Com exceção da EAP e da brita, os demais materiais exibem o mesmo comportamento de consumo que o apresentado pelo diesel. Isso decorre da expressiva fresagem de material e recomposição, além de ser necessário a exploração de matéria prima para a usinagem da mistura asfáltica com o posterior transporte e execução. Além disso, o resíduo gerado precisa ser removido e transportado até um local de descarte adequado ou de reutilização.

O consumo de ADP é menor do que 2 toneladas por quilometro restaurado. Isso justifica-se pelo fato de não haver alterações nas camadas granulares, exceto quando da execução de remendos profundos. Em contrapartida, o consumo de EAP e CAP são elevados, sendo a etapa de microrrevestimento a que necessita o maior consumo de EAP, aproximadamente 20t.

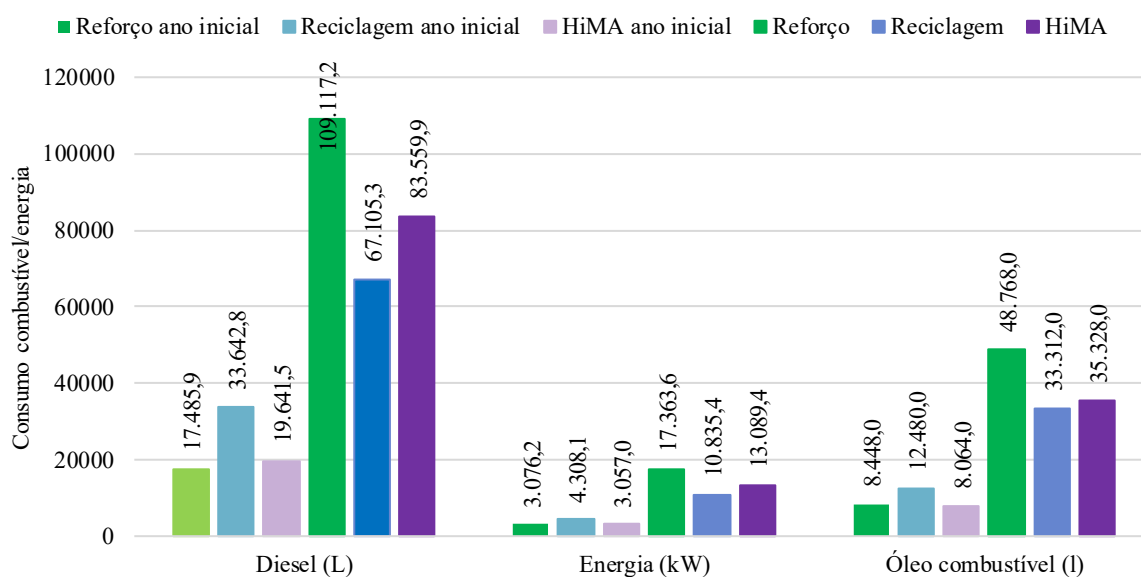
6.3.1. Reciclagem x Reforço Estrutural x HiMA SC114 P/SJ

Com base nos dados elencados, nos Quadros 14, 15 e 16, apresentar-se, na sequência, comparativos entre o consumo de insumos no ano inicial e o consumo total de todas as intervenções ao longo do período de análise (30 anos). O Gráfico 11 mostra o consumo de diesel, óleo combustível e energia para o ano inicial e para o total do ciclo estudado.

A alternativa de reciclagem apresenta maior consumo de diesel no ano inicial quando comparado com as alternativas de reforço e fresagem contínua com recomposição com mistura HiMA, aproximadamente, 92% e 71% superior, respectivamente. Por outro lado, ao final dos

30 anos, mantendo-se as condições de conforto e segurança simuladas no *software* HDM-4, o consumo de diesel é maior para a alternativa de reforço, sendo 62% superior a alternativa de reciclagem e 25% a alternativa com HiMA. Este consumo está associado, principalmente, ao número de intervenções necessárias durante o período de análise. Enquanto que a alternativa de reciclagem necessita de 5 intervenções, a do HiMA exige 7 e a do o reforço necessita de 8 intervenções. Além disso, a espessura de material fresado (tanto contínua como descontínua) é diferente entre as intervenções posteriores a alternativa de reciclagem (necessário 7,0 cm de corte e recomposição), a alternativas HiMA (com 6,0 cm de corte e recomposição) e a alternativa de reforço (a qual necessita 9,0 cm de corte e recomposição), resultando em maior quantidade de material produzido.

Gráfico 11: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC114 P/SJ – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

A energia é consumida principalmente durante o processo de usinagem do concreto asfáltico. De acordo com as espessuras aplicadas nas restaurações e manutenções, inicialmente o consumo de energia são próximos. Porém, ao considerar o ciclo completo de análise, a alternativa de reciclagem demanda de menor quantidade de energia (40% a menos que o reforço e 20% a menos que HiMA). Um dos fatores que contribuem para isto é que na reciclagem praticamente não há o emprego de remendos profundos.

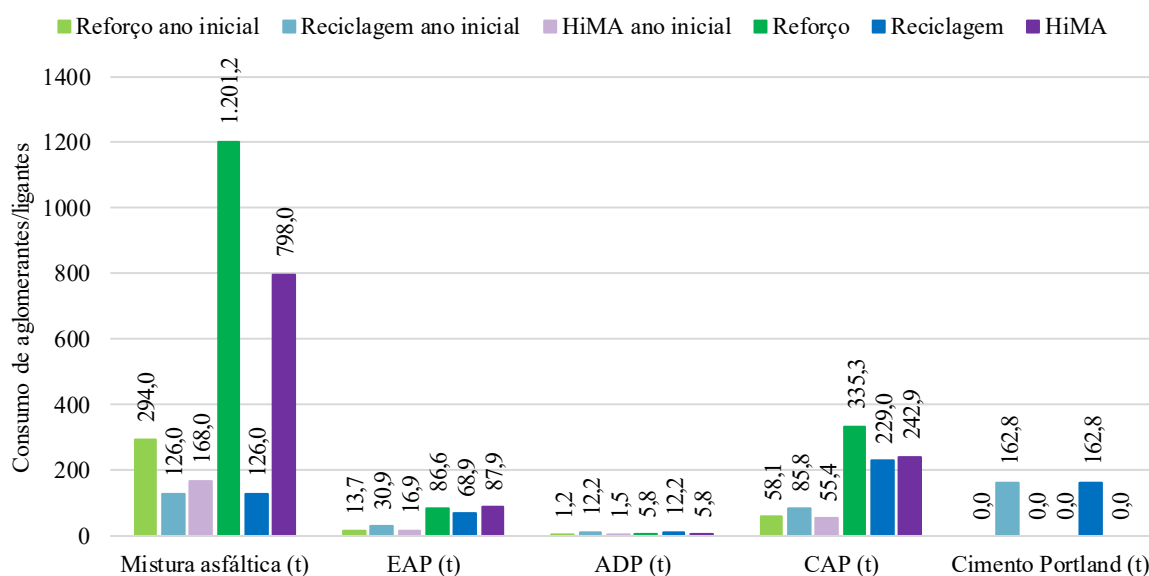
Em relação ao consumo de óleo combustível, observa-se que o comportamento é semelhante ao consumo de energia, na intervenção inicial a reciclagem apresenta maior

consumo (em torno de 50% superior as outras duas alternativas), contudo ao final dos 30 anos é equivalente ao HiMA e 30% inferior ao reforço.

O Gráfico 12 mostra os consumos de aglomerantes, ligantes e mistura asfáltica necessários para a manutenção das condições de conforto e segurança ao longo dos 30 anos, além do ano inicial, quando se aplicaram as alternativas de restauração.

O consumo inicial de mistura asfáltica se iguala ao final para a alternativa de reciclagem, devido ao fato de que o termo é utilizado apenas na execução de remendos profundos, enquanto que para as demais intervenções, o concreto asfáltico está separado em ligante (CAP) e agregados.

Gráfico 12: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC114 P/SJ - 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Por outro lado, ao aplicar as alternativas de reforço e HiMA, considerou-se remendos profundos em 20% da área da Unidade Funcional em cada intervenção executada. Adotou-se esta porcentagem porque na execução do remendo profundo se utiliza de equipamentos tipo escavadeiras e rolo de compactação, o que demanda de maior largura de corte e recomposição.

A EAP é utilizada na execução de remendos profundos, tratamento superficial e pintura de ligação. No ano inicial, demanda-se de mais EAP para a execução de reciclagem profunda, pois aplica-se em todos os serviços mencionados acima, enquanto que para o reforço e HiMA, aplica-se apenas em remendos profundos e pintura de ligação, esta última em duas camadas diferentes devido ao uso de uma camada com 2,0 cm e outra com 4,0 cm. Por outro lado, ao longo dos 30 anos, para a alternativas de reciclagem, utiliza-se apenas a EAP para

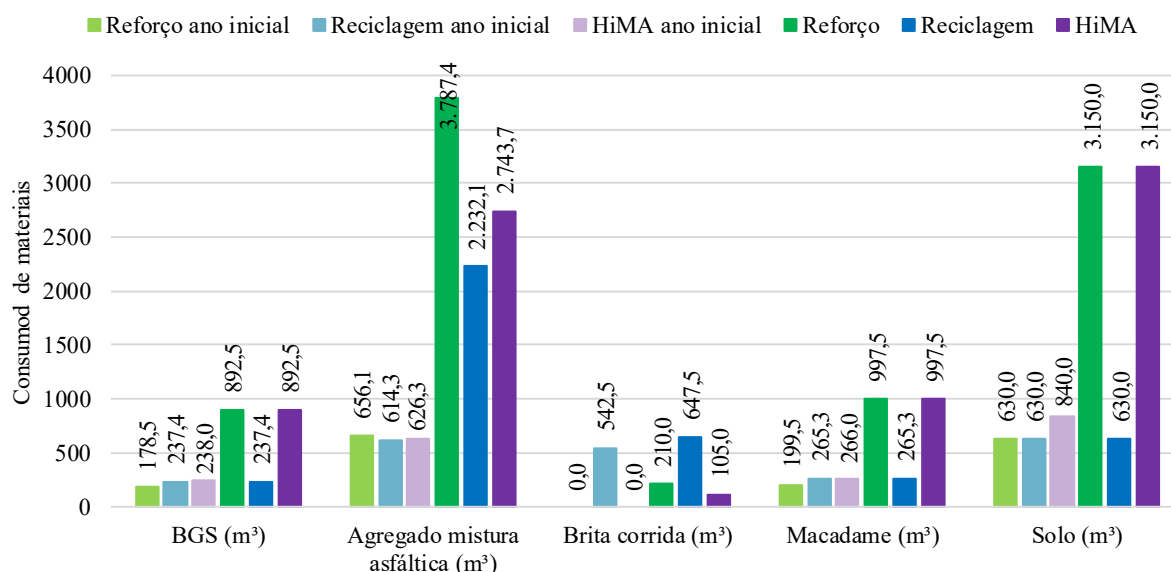
pintura de ligação e microrrevestimento, enquanto que para as alternativas de reforço e do HiMA, ela é necessária em remendo profundo, pintura de ligação microrrevestimento, resultando em 25% a mais de EAP em relação à reciclagem.

A reciclagem profunda demanda de uma camada de imprimação ao longo de toda a superfície avaliada na intervenção inicial, o que não é necessário ao longo dos anos. Contudo, o reforço e o HiMA necessitarão de imprimação quando aplicado em remendos profundos.

Considerando as alternativas e a periodicidade obtidas no *software* HDM-4, serão necessários 27,7 e 30,4 toneladas a mais de CAP para a execução da reciclagem em relação ao reforço e HiMA respectivamente, isso deve-se à espessura da camada de revestimento adotada uma vez que o fluxo de veículos não é elevado. Contudo ao final do ciclo de estudo o consumo total de CAP se torna 46% (106,3 toneladas) maior para executar todas as restaurações e manutenções na alternativa reforço, e 6% (13,9 toneladas) maior na alternativa do HiMA em relação a reciclagem. Em contraposição, a alternativa reciclagem, demanda de 162,8 toneladas de cimento Portland para executar a intervenção restauração inicial.

O Gráfico 13 mostra os consumos de agregados para a execução da intervenção inicial comparada com as restaurações e manutenções ao longo dos 30 anos de análise.

Gráfico 13: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC114 P/SJ – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

No ano inicial o consumo de BGS, agregado para mistura asfáltica, macadame e solo são bem próximos, pois foi considerado a mesma porcentagem de intervenção em remendo profundo para as três alternativas. Ao final dos 30 anos, tanto BGS quanto macadame para as

alternativas de reforço e HiMA, apresentam aumento expressivo no consumo, isso deve-se aos tipos de intervenções que foram consideradas, representando, aproximadamente, 3,8 vezes o que é consumido para a alternativa de reciclagem. Em relação ao consumo de solo, a diferença aumenta para 5 vezes. Quanto aos agregados, para a mistura asfáltica a alternativa reciclagem consome 59% e 81%, respectivamente, do que é consumido na alternativa reforço e na alternativa HiMA, resultado proporcional a quantidade de CAP utilizada, portanto quanto maior o número de intervenções e a quantidade de material de revestimento, maiores serão estes consumos.

Ao analisar de forma geral as três alternativas estudadas, é possível afirmar que caso se considere apenas os consumos da intervenção inicial, a melhor escolha quanto ao baixo consumo seria alternativa reforço, e a pior escolha, seria a alternativa de reciclagem. Por outro lado, ao avaliar os 30 anos do ciclo de vida, seria recomendado a escolha da alternativa de reciclagem, pois esta resultou em menor consumo geral de insumos, enquanto que a alternativa reforço foi a pior alternativa e a alternativa HiMA encontrou-se intermediária entre as duas. Porém, é muito importante ressaltar, mais uma vez, que não se deve levar em consideração apenas os consumos, mas sim o desempenho, os impactos gerados ao meio ambiente, os custos e os inconvenientes aos usuários, decorrente das intervenções periódicas impostas.

6.4. INVENTÁRIO SC114 L/OC

O Quadro 17 apresenta os consumos de combustíveis, energia, ligantes, aglomerantes, agregados e demais materiais necessários para a produção de insumos, transporte e execução das intervenções do tipo reciclagem profunda, ano a ano, entre 2017 e 2046.

Entre os anos de 2014 e 2017 o DNIT fez alterações na forma de compor as equipes para o desenvolvimento das atividades e, portanto, alterando os custos unitários dos serviços. Desta forma, para um mesmo serviço executado em 2017 pode-se ter consumos e tipos de uso diferentes dos especificados nas duas obras anteriores.

Como salientados, a SC114 L/OC tem uma projeção de tráfego superior às outras duas rodovias estudadas. Isso faz com que as intervenções necessárias para a garantia da qualidade da estrutura, conforto, economia e segurança aos usuários, resultem em estruturas mais espessas, o que demanda de maior quantidade de materiais e maior custo, tanto na implantação como na manutenção e restauração ao longo dos 30 anos do ciclo de vida.

Analisando-se o Quadro 17, fica evidente que a alternativa reciclagem (primeiro ano) apresenta consumo de combustível mais que o dobro do necessário para executar as

intervenções do tipo fresagem contínua com recomposição utilizada nas intervenções posteriores (segundo a análise do HDM-4, ao longo do período de estudo serão necessárias 8 intervenções do tipo restauração e manutenção). Isso justifica-se pelo fato de que nestas intervenções não se faz correções nas camadas inferiores do pavimento, mas apenas na capa de rolamento.

Como já mencionado na análise das obras anteriores, o maior consumo de diesel é identificado na produção, no transporte dos insumos e da mistura asfáltica e na execução do revestimento, representando 50% do consumo para a execução de todos os serviços da alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento. Para a alternativa de restauração do tipo fresagem contínua, esta porcentagem é elevada à, aproximadamente, 80%, visto que para esta, a interferência se dá apenas na camada de revestimento. A energia e o óleo combustível acompanham o comportamento do diesel. Contudo, ele só é utilizado na usinagem da mistura asfáltica, o que justifica a elevação do seu consumo com o aumento da quantidade de mistura asfáltica produzida.

O cimento Portland e a mistura asfáltica são mencionados apenas no primeiro ano, sendo o primeiro utilizado na reciclagem profunda com adição de cimento, não sendo mais necessária seu emprego dentro do período de avaliação, e o segundo, devido a execução de remendo profundo, apenas antes da execução da intervenção reciclagem profunda.

Os demais consumos resultaram em valores coerentes com a quantidade de serviço executada e já abordado nas obras anteriores.

O Quadro 18 exhibe os consumos obtidos quando considerada a alternativa de reforço estrutural. Segundo o HDM-4, seriam necessárias 11 intervenções entre restaurações e manutenções ao longo dos 30 anos

A elevada quantidade de intervenções na alternativa de reforço deve-se ao tipo de estrutura utilizada em relação às características do tráfego imposto. Como mencionado, o tráfego nesta rodovia é caracterizado por uma quantidade elevada de veículos de carga, o que demanda pavimentos com maior capacidade estrutural.

A espessura de reforço estrutural projetada foi de 15,0 cm e as restaurações do tipo fresagem contínua com recomposição foram simuladas com 14,0 cm de espessura, visto que a aplicação da nova camada reforço sobre o revestimento trincado e espesso, poderia propiciar a propagação de trincas deste para a nova camada de reforço. Nesta alternativa, o maior consumo de diesel ocorre no transporte de insumos para a usina de mistura asfáltica e desta para o trecho e na execução do revestimento e execução de remendos profundos, totalizando aproximadamente 90% do consumo da intervenção.

Quadro 17: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reciclagem na SC114 L/OC

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Cal (t) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Cimento Portland (t) | Material fresado (m³) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Brita (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) |
|------|------------|--------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------|-----------------------|----------|---------------------------------|------------|---------------|-----------|
| 2017 | 41.080,3 | 8.278,7 | 31.449,6 | 127,2 | 126,0 | 29,5 | 11,5 | 123,6 | 165,4 | 1.155,0 | 157,5 | 1.328,0 | 532,7 | 210,0 | 735,0 |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2022 | 940,7 | 263,1 | 672,0 | 4,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | 19.633,5 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | 0,0 | 15,4 | 0,0 | 104,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.092,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2030 | 3.416,0 | 4.057,9 | 1.344,0 | 9,5 | 0,0 | 23,9 | 0,0 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 99,3 | 105,8 | 0,0 | 0,0 |
| 2031 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2032 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | 19.633,5 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | 0,0 | 15,4 | 0,0 | 104,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.092,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | 19.633,5 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | 0,0 | 15,4 | 0,0 | 104,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.092,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | 940,7 | 263,1 | 672,0 | 4,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2044 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2045 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2046 | 19.633,5 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | 0,0 | 15,4 | 0,0 | 104,6 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 1.092,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 18: Inventário anual dos consumos de combustíveis, aglomerantes, ligantes, agregados e outros materiais para aplicação da alternativa de reforço na SC114 L/OC

| Ano | Diesel (L) | Energia (kW) | Gasolina (L) | Óleo combustível (l) | Cal (t) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Material fresado (m³) | BGS (m³) | Agregado ou mistura asfáltica (m³) | Brita (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) |
|------|------------|--------------|--------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|-----------------------|----------|------------------------------------|------------|---------------|-----------|
| 2017 | 38.786,9 | 9.698,3 | 40,0 | 24.768,0 | 175,2 | 294,0 | 20,7 | 1,2 | 175,2 | 1.225,0 | 157,5 | 1.830,3 | 0,0 | 210,0 | 735,0 |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | 940,7 | 263,1 | 0,0 | 672,0 | 4,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2021 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | 36.979,9 | 7.367,7 | 0,0 | 18.816,0 | 133,1 | 0,0 | 16,9 | 1,5 | 133,1 | 1.540,0 | 210,0 | 1.390,5 | 0,0 | 280,0 | 980,0 |
| 2024 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2025 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | 3.416,0 | 4.057,9 | 0,0 | 1.344,0 | 9,5 | 0,0 | 23,9 | 0,0 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | 99,3 | 105,8 | 0,0 | 0,0 |
| 2027 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | 36.979,9 | 7.367,7 | 0,0 | 18.816,0 | 133,1 | 0,0 | 15,4 | 3,1 | 133,1 | 1.540,0 | 210,0 | 1.390,5 | 0,0 | 280,0 | 980,0 |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2032 | 940,7 | 263,1 | 0,0 | 672,0 | 4,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | 36.979,9 | 7.367,7 | 0,0 | 18.816,0 | 133,1 | 0,0 | 15,4 | 3,1 | 133,1 | 1.540,0 | 210,0 | 1.390,5 | 0,0 | 280,0 | 980,0 |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 3.416,0 | 4.057,9 | 0,0 | 1.344,0 | 9,5 | 0,0 | 23,9 | 0,0 | 9,5 | 0,0 | 0,0 | 99,3 | 105,8 | 0,0 | 0,0 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | 36.979,9 | 7.367,7 | 0,0 | 18.816,0 | 133,1 | 0,0 | 15,4 | 3,1 | 133,1 | 1.540,0 | 210,0 | 1.390,5 | 0,0 | 280,0 | 980,0 |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | 940,7 | 263,1 | 0,0 | 672,0 | 4,8 | 0,0 | 0,8 | 0,0 | 4,8 | 0,0 | 0,0 | 49,7 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2044 | 36.979,9 | 7.367,7 | 0,0 | 18.816,0 | 133,1 | 0,0 | 15,4 | 3,1 | 133,1 | 1.540,0 | 210,0 | 1.390,5 | 0,0 | 280,0 | 980,0 |
| 2045 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2046 | | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

As intervenções do tipo manutenção (fresagem descontínua) consomem menor quantidade de materiais, equipamentos e combustíveis, visto que sua aplicação varia entre 10% e 20% da área total da Unidade Funcional.

Os maiores consumos de EAP foram obtidos nas intervenções que apresentavam implantação de camada de microrrevestimento após a fresagem contínua e recomposição, ou seja, além da utilização do ligante como camada de ligação, utiliza-se também para o microrrevestimento. Por outro lado, o ADP foi utilizado apenas quando da execução de remendos profundos, visto que ao considerar fresagem, não há dano a camada granular e com isso, não necessitando da pintura de imprimação.

Os consumos de CAP e agregados são considerados expressivos ao se comparar com as outras alternativas e as outras duas obras. Isso se deve à espessura da camada de reforço (15,0cm) e da fresagem com recomposição (14,0cm) necessária para a conservação da rodovia.

Caso esta fosse a alternativa adotada para a restauração da rodovia, seria recomendado a reutilização do material fresado, seja para a reciclagem posterior da estrutura (reciclagem profunda com adição de cimento), seja para a incorporação na mistura asfáltica, por exemplo.

Por fim, o Quadro 19 apresenta o inventário da alternativa *Whitetopping*, aplicada apenas nesta rodovia, dentre as três estudadas.

A variedade de materiais necessários para a execução desta alternativa é superior às descritas anteriormente. Os principais elementos que impactam em qualidade, custo e impactos ambientais, além do elevado consumo de cimento Portland, são os diferentes tipos de aço, insumos de cura, materiais para execução e manutenção das juntas.

Geralmente, pavimentos rígidos apresentam durabilidade em torno de três vezes superior ao ciclo de duração dos pavimentos flexíveis. Porém, não se pode desprezar a necessidade das manutenções e restaurações ao longo dos 30 anos desta análise de ciclo de vida. Para esta alternativa, o *software* HDM-4 indicou a necessidade de 8 intervenções, entre restaurações e manutenções. Os maiores consumos dos insumos estão locados na primeira restauração, a qual é propriamente *Whitetopping*, necessitando sete vezes mais diesel que nas intervenções de 2027 e 2037 (substituição de juntas). A energia, a gasolina e o óleo combustível são utilizados apenas na intervenção inicial.

As misturas asfálticas (ou os agregados mais o CAP) foram utilizadas apenas para a correção dos acostamentos (no preenchimento) e das trilhas de roda. Por outro lado, a quantidade de cimento Portland é expressiva, visto que a espessura das placas é 22,0 cm e o consumo de cimento é de 380 kg por metro cúbico.

| Ano | Aditivo Concreto (kg) | Aditivo de cura para concreto (kg) | Selante (kg) | Selante asfáltico polimerizado (L) | Aço CA 25 (t) | Aço CA 50 (t) | Treliça nervurada (t) | Arame recozido 18 BWG (kg) | Filme (lona) plástico (m²) | Cordão (m) | Gás propano (kh) | Baguete limitador de polietileno (m³) | Adesivo | Junta |
|------|-----------------------|------------------------------------|--------------|------------------------------------|---------------|---------------|-----------------------|----------------------------|----------------------------|------------|------------------|---------------------------------------|---------|-------|
| 2017 | 2.667,7 | 2.068,0 | 443,0 | 0,0 | 10,7 | 1,8 | 4,4 | 882,9 | 9.400,0 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2018 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2019 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2020 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2021 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2022 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2023 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2024 | 0,0 | 0,0 | 111,0 | 2.053,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 940,0 | 146,7 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 |
| 2025 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2026 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2027 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2.016,9 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 610,2 | 488,9 |
| 2028 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2029 | 0,0 | 0,0 | 111,0 | 2.053,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 940,0 | 146,7 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 |
| 2030 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2031 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2032 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2033 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2034 | 0,0 | 0,0 | 111,0 | 2.053,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 940,0 | 146,7 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 |
| 2035 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2036 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2037 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 2.016,9 | 0,0 | 27,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 610,2 | 488,9 |
| 2038 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2039 | 0,0 | 0,0 | 111,0 | 2.053,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 940,0 | 146,7 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 |
| 2040 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2041 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2042 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2043 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2044 | 0,0 | 0,0 | 111,0 | 2.053,5 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 940,0 | 146,7 | 4.889,4 | 0,0 | 0,0 |
| 2045 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2046 | | | | | | | | | | | | | | |

Fonte: elaborado pela autora.

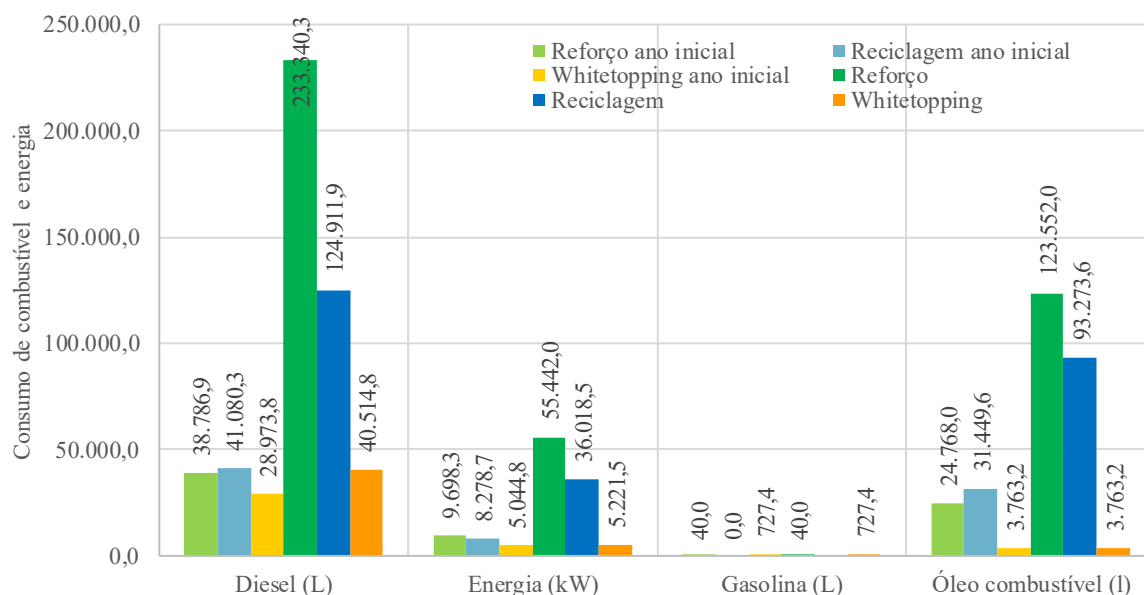
As juntas longitudinais e transversais demandam manutenções periódicas, visto que o material utilizado para a vedação possui ciclo de vida baixo, tornando-se rígido e não desempenhando adequadamente as funções selagem das juntas. Portanto, a limpeza e selagem das juntas e trincas é de suma importância para a garantia da qualidade de toda a estrutura.

Vale mencionar que esta alternativa demanda de aço apenas para as barras de ligação (juntas longitudinais) e barras de transferência (juntas transversais). Portanto não é um pavimento rígido com armadura estrutural.

6.4.1. Reciclagem x Reforço Estrutural x *Whitetopping* SC 114 L/OC

Com base nos dados apresentados nos Quadros 17, 18 e 19, apresenta-se, na sequência, comparativos entre o consumo de insumos no ano inicial e o consumo total de todas as intervenções ao longo dos 30 anos da análise. O Gráfico 14 demonstra o consumo de diesel, gasolina, óleo combustível e energia para o ano inicial e total do ciclo estudado.

Gráfico 14: Consumo de combustível e energia para restauração e manutenção da SC114 L/OC – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

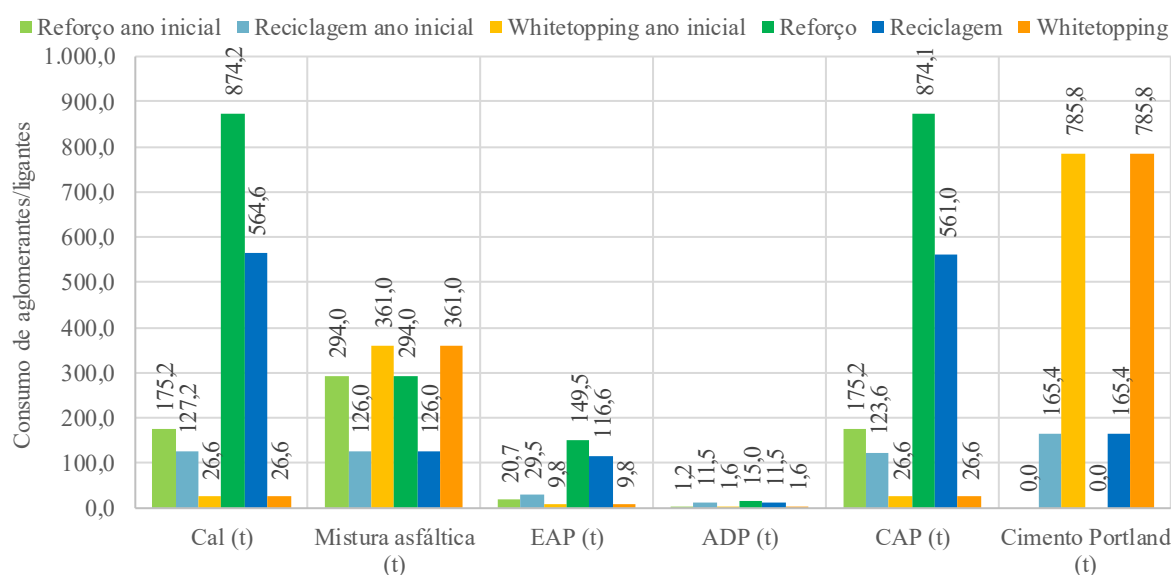
As alternativas simuladas e a alternativa executada nesta rodovia, resultaram em consumos bem distintos entre elas. O consumo de diesel é inferior na alternativa de *Whitetopping* tanto na intervenção inicial quanto ao longo dos 30 anos de análise. Por outro lado, a alternativa de reforço consome quantidade intermediária de diesel no primeiro ano,

porém ao longo dos 30 anos, ela resulta em um consumo 5,8 vezes maior do que o necessário para a alternativa de *Whitetopping*, e 1,9 vezes o necessário para a alternativa de reciclagem, mostrando que esta não seria a melhor aplicação para as condições e tráfego desta rodovia, quanto a este insumo.

Ao aplicar a alternativa de *Whitetopping* há economia de 50 mil kW de energia em relação ao reforço e 31 mil kW em relação à alternativa de reciclagem. Até o presente momento, a melhor alternativa a empregar nesta situação, com análise de 30 anos, seria o *Whitetopping*. Ao desenvolver a análise entre as alternativas de reciclagem profunda com adição de cimento e do reforço, pode-se chegar a duas considerações, dependendo de como ela é conduzido. Se adotar o ano da primeira intervenção como base para o estudo, a alternativa de reforço seria a que demanda de menor quantidade de diesel e óleo combustível, porém maior quantidade de energia. Por outro lado, ao efetuar a análise em relação a 30 anos, a alternativa de reciclagem profunda é mais econômica em termos de consumo de combustíveis e energia em relação ao reforço, ficando evidenciado que a forma de condução das análises interfere diretamente nos recursos necessários ao longo de tempo.

O Gráfico 15 mostra os consumos de aglomerantes, ligantes e mistura asfáltica necessários para a manutenção das condições de conforto, economia e segurança ao longo dos 30 anos, além do ano inicial, o qual se aplicou a alternativa base de restauração.

Gráfico 15: Consumo de aglomerantes e ligantes para a manutenção e restauração da SC114 L/OC - 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Diferentemente das outras duas obras (usando as composições indicadas pelo SICRO2) que não considerava o uso da cal na mistura asfáltica, nesta obra (modelada utilizando o SICRO), o uso de cal na mistura asfáltica é considerado. Avaliando os consumos entre as três alternativas, o *Whitetopping* consome menor quantidade, resultando em 15% em relação ao reforço e 21% em relação à reciclagem.

Ao analisar o consumo de mistura asfáltica, não se pode desconsiderar as quantidades do CAP e dos agregados. Como já mencionado, a mistura asfáltica está relacionada à execução de remendos profundos e superficiais e aos preenchimentos, diferentemente das camadas de rolamento (reforço e recomposição), onde o SICRO considera separadamente os agregados e o CAP. Portanto, fica evidente que a alternativa de reforço apresenta o maior consumo de CAP e de agregados que as outras duas alternativas, tanto no ano inicial como ao longo dos 30 anos.

As espessuras de revestimento empregadas nos reforços estruturais e nas restaurações por meio de fresagem contínua com recomposição são espessas, variando de 11,0 à 15,0 cm, o que demanda elevada quantidade de agregados e ligante. Isto não ocorre na alternativa de *Whitetopping*, pois estas misturas são utilizadas apenas para preenchimento dos acostamentos e das trilhas de roda antes da execução das placas.

Por outro lado, o consumo de cimento Portland é 5 vezes superior na alternativa do *Whitetopping* comparado à alternativa reciclagem, enquanto que este insumo não é utilizado na alternativa reforço. Um ponto que deverá ser analisado é o impacto ambiental gerado pela produção do cimento Portland e do CAP (capítulo 7), uma vez que a quantidade necessária é elevada e muito se discute sobre os impactos da exploração desses dois materiais.

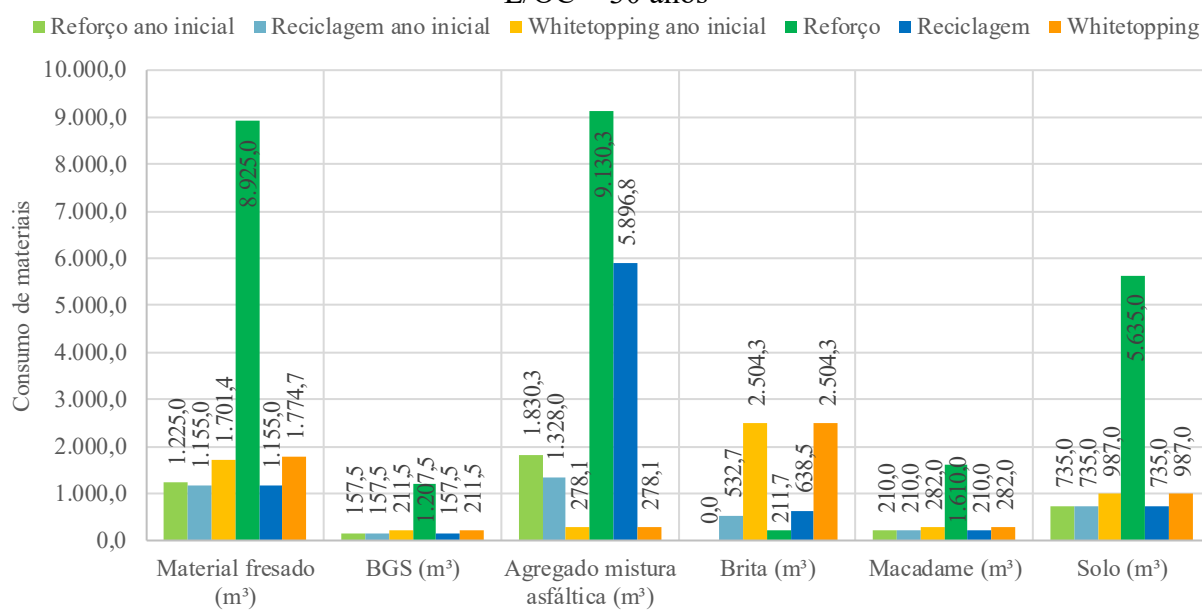
O consumo de ADP e EAP está diretamente ligada à quantidade de intervenções executadas ao longo dos 30 anos e o tipo de alternativa adotada em maior consumo na alternativa reforço, seguida da reciclagem.

O Gráfico 16 exhibe os consumos referentes aos materiais granulares necessários para a melhoria das camadas inferiores e a restauração da camada de revestimento (inicial e ao longo de 30 anos).

Ao efetuar os remendos profundos, remendos superficiais e fresagens, ocorre a geração de material residual principalmente de mistura asfáltica (RAP). Este material apresenta características e materiais nobres, os quais podem e devem ser reutilizados, porém, como já mencionado para esta tese não foi incorporada esta possibilidade, visto não se ter dados necessário de desempenho a longo prazo para as simulações no *software* HDM-4.

Na alternativa reforço é utilizado 7 vezes mais solo (em 30 anos) do que nas outras duas alternativas. Isso se deve ao número de intervenções necessárias (maior quantidade) e à correção das camadas inferiores com a aplicação de remendo profundo.

Gráfico 16: Consumo de materiais necessários para manutenção e restauração da SC114 L/OC – 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar de forma geral, diferentemente das obras anteriores, esta rodovia apresenta desde o ano inicial, os menores consumos de insumos na alternativa *Whitetopping*. Portanto, é possível indicar como melhor alternativa inicial e ao longo do tempo, a aplicação de *Whitetopping* para a restauração da rodovia. Porém, muito importante ressaltar, mais uma vez, que não se deve levar em consideração apenas os consumos, mas sim o desempenho, os impactos gerados ao meio ambiente, os custos e os inconvenientes aos usuários, devido às intervenções periódicas impostas.

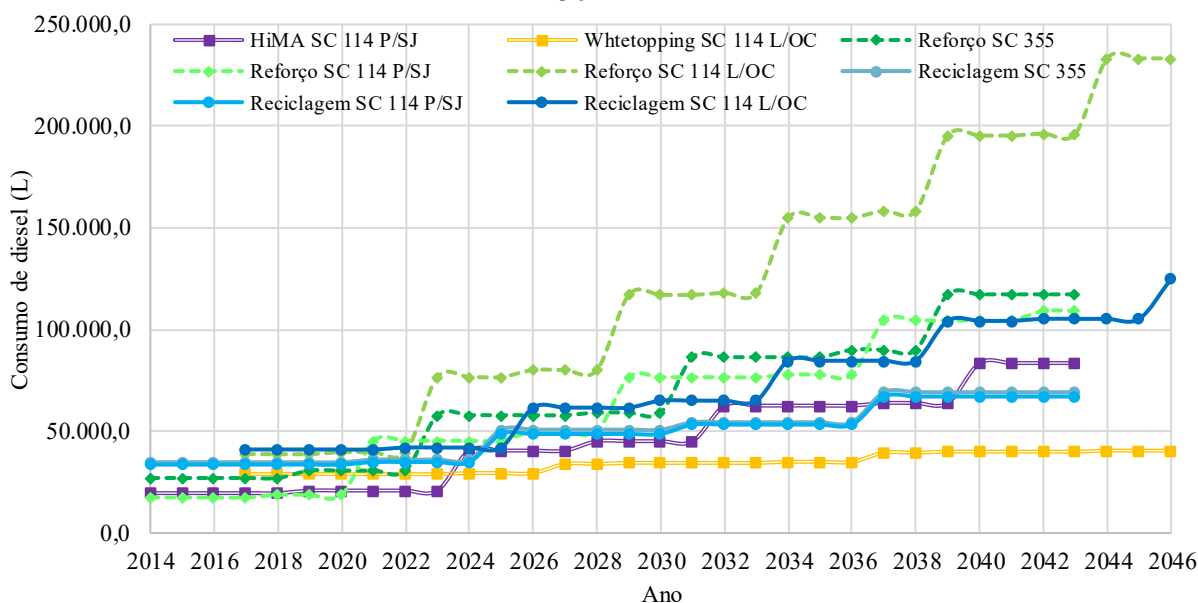
6.5. AVALIAÇÃO DOS CONSUMOS

Na tomada de decisão para a escolha da alternativa utilizada para a restauração, a maioria dos gestores buscam a solução que resulte no seu menor valor na aplicação da técnica, ou seja, apenas na intervenção inicial, sem levar em consideração todos os consumos ao longo de um determinado período de vida. Algumas alternativas como *Whitetopping* e a reciclagem profunda com adição de cimento proporcionam maior durabilidade para a estrutura executada, resultando em menor número de intervenções ao longo do ciclo de vida. Porém seus consumos

iniciais (para implantação) se sobressaem em relação as alternativas convencionais. Justificando desta forma a escolha por outras técnicas de menor impacto financeiro inicial.

Os gráficos apresentados na sequência mostram os consumos dos principais produtos necessários para a restauração e manutenção das rodovias estudadas. Os comparativos estão separados por tipo de produto, por alternativa de intervenção base e detalhados ano a ano por período de 30 anos. O Gráfico 17 detalha o consumo de diesel.

Gráfico 17: Comparativo de consumo de diesel nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

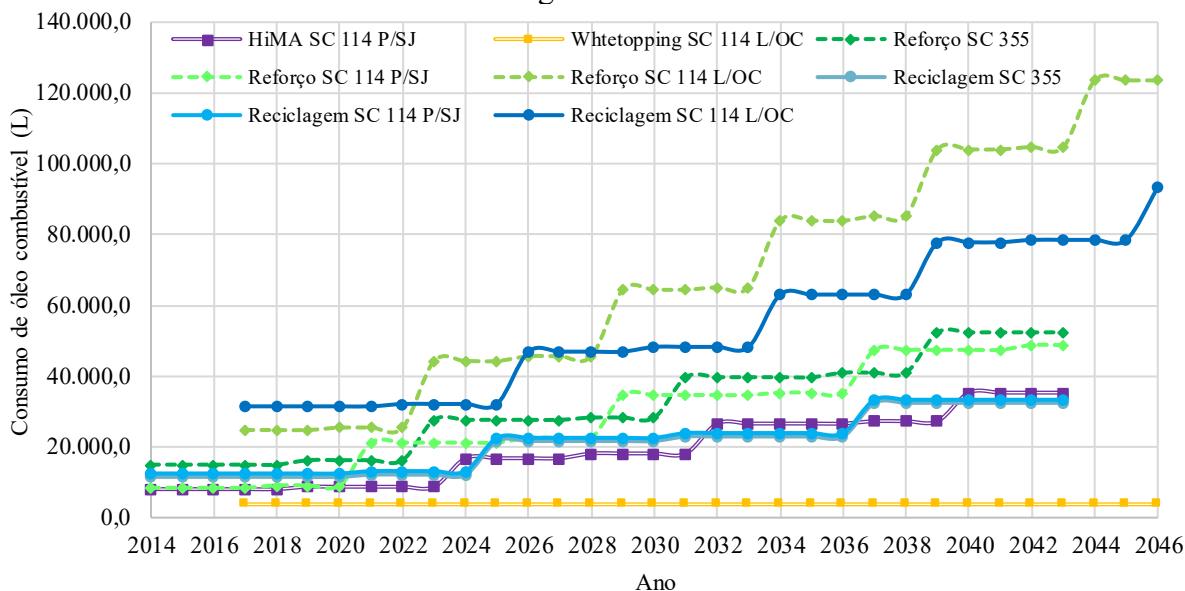
Quando aplicada a alternativa de reciclagem em rodovias com tráfego médio (caso da SC355 J/BR153 e da SC114 P/SJ), ela resulta em consumo de diesel inferior à utilização da alternativa de reforço e HiMA, mostrando-se como uma das melhores alternativas de restauração a longo prazo quanto a este insumo. Por outro lado, em rodovias de tráfego elevado como na SC114 L/OC (principalmente com muitos veículos de carga) é vantajoso trabalhar com estruturas rígidas como a alternativa do Whitetopping.

Ao se avaliar os consumos de diesel nas 3 rodovias é visível o maior consumo inicial nas alternativas tipo reciclagem. Por outro lado, ao considerar os 30 anos de análise, fica evidente a vantagem da utilização das alternativas de reciclagem ou *Whitetopping*, em relação à alternativa de reforço, pois esta, consome, aproximadamente, 1,8 vezes diesel mais que a reciclagem, 5 vezes mais que o *Whitetopping* e 1,3 vezes mais que o HiMA.

Em relação ao consumo de diesel, é vantajoso, a longo prazo, a restauração com Whitetopping para a SC 114 L/OC e a reciclagem para as SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ.

O Gráfico 18 detalha o consumo de óleo combustível necessário para as restaurações e manutenções ao longo dos 30 anos.

Gráfico 18: Comparativo de consumo de óleo combustível nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

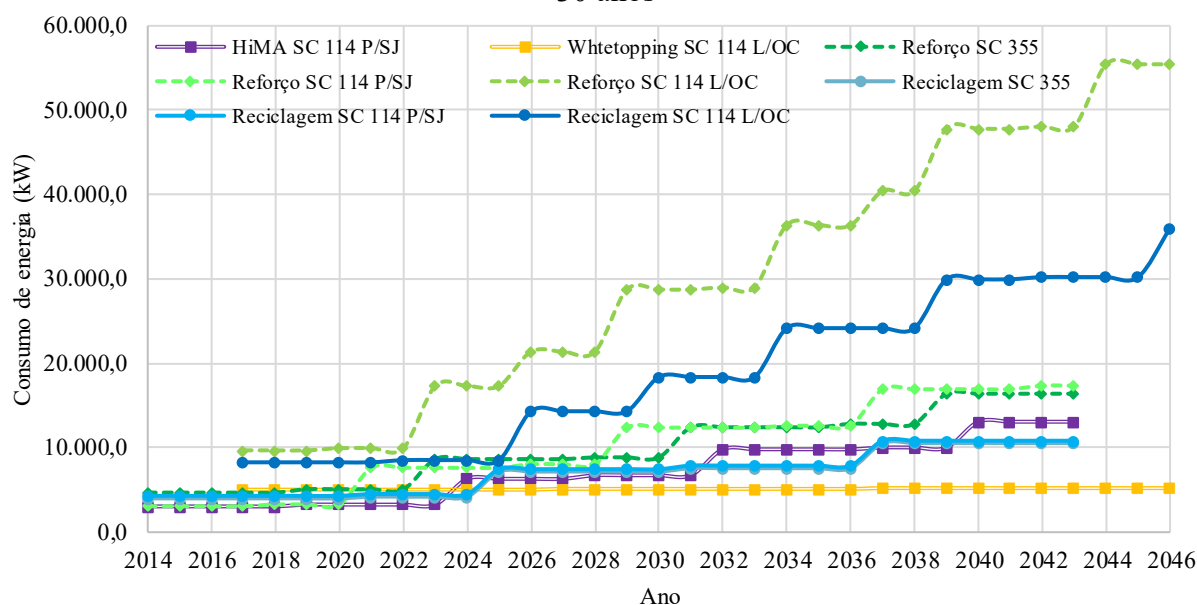
Uma vez alternativa de *Whitetopping*, que não requer aquecimento e secagem dos insumos, as demais alternativas e intervenções executadas ao longo do ciclo de vida para atender qualidade das rodovias de acordo com o HDM-4 consomem valores variados de óleo combustível. O HiMA apresenta consumos equivalente com a reciclagem para a SC114 P/SJ, porém com intervalos de aplicação diferentes, em função das características dos materiais impostos.

Em relação a alternativa de reciclagem, as duas rodovias que possuem tráfego considerado médio, demandam quantidades equivalentes de óleo combustível, enquanto que para a SC114 L/OC, caso ela fosse adotada, o consumo de óleo combustível seria cerca de 2,9 vezes mais que as outras duas rodovias.

A alternativa de reforço é a que demanda maior consumo de óleo combustível, sendo que para a SC114 L/OC ele seria 1,3 vezes maior que a alternativa de reciclagem e 33 vezes mais que alternativa do *Whitetopping*. Para a SC114 P/SJ, a alternativa o reforço resulta em, aproximadamente, 1,4 vezes mais consumo que a alternativa do HiMA e a reciclagem, enquanto que para a SC355 J/BR153, ele é 1,6 vezes maior que a alternativa de reciclagem. Desta forma, fica evidente que o elevado consumo do óleo combustível ao longo dos 30 anos indica executar camada de reforço inicial não é uma alternativa indicada à longo prazo.

O Gráfico 19 apresenta o comportamento do consumo de energia para a execução das técnicas ao longo dos 30 anos de análise. Fica evidente, que as técnicas que utilizam maior quantidade de misturas asfálticas, consomem mais energia, visto esta ser utilizada principalmente na usinagem da mistura.

Gráfico 19: Comparativo de consumo de energia nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

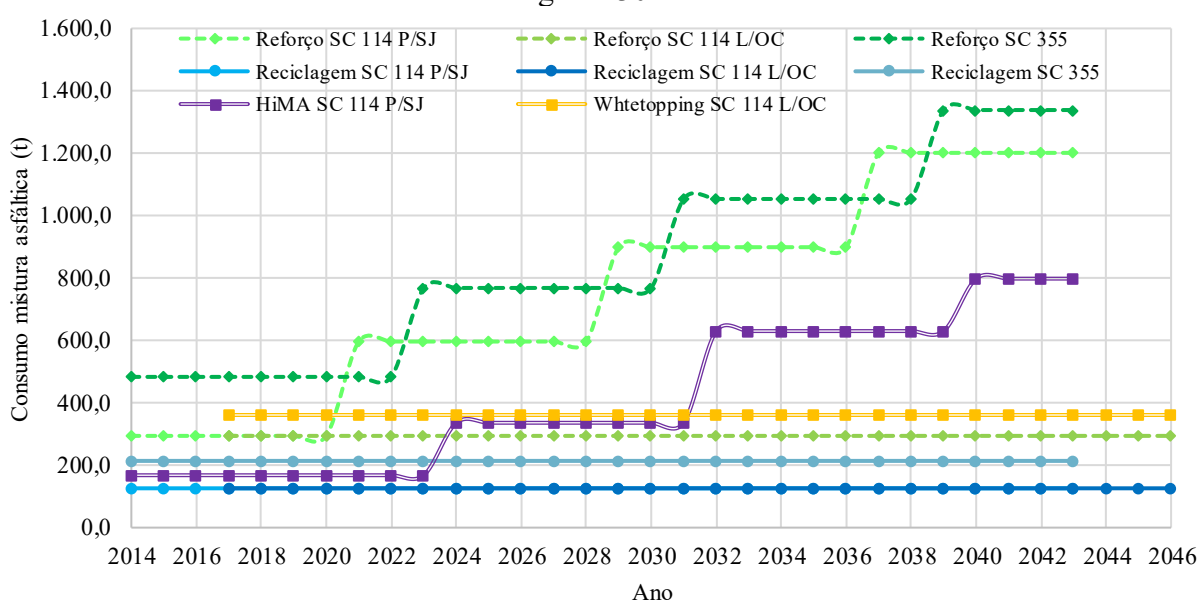
Quanto maior o tráfego e a quantidade de intervenções, maior o consumo de energia. A execução de camada de reforço é a alternativa que mais consome energia, sendo 1,5 e 6,9 vezes maior que a alternativa de reciclagem e do *Whitetopping*, respectivamente, para a SC114 L/OC. Em relação à SC355 J/BR153, o consumo de energia é 1,6 vezes maior para alternativa de reforço que para a alternativa de reciclagem, valor igual na SC114 P/SJ em relação à reciclagem e 1,3 em relação à alternativa do HiMA.

A SC114 L/OC apresenta os maiores consumos de energia para execução das alternativas de reforço e reciclagem, tendo em conta as elevadas espessuras necessárias e intervenções com menor espaço de tempo entre elas. Por outro lado, a alternativa *Whitetopping* demanda de menor quantidade, devido ao uso reduzido de misturas asfálticas.

O Gráfico 20 representa o comportamento do consumo de mistura asfáltica para a execução das técnicas ao longo dos 30 anos de análise. Vale salientar que o uso de mistura asfáltica é empregado apenas nos remendos profundos e superficiais (no SICRO2, utilizado na SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ). Quando da utilização em reforços ou recapeamentos, o consumo de mistura asfáltica não é quantificada em termos de agregados e ligante.

Ao analisar os dados, constata-se que apenas a alternativa de reforço da SC355 J/BR153 e da SC114 P/SJ e o HiMA da SC 114 P/SJ apresentam variação de consumo ao longo dos 30 anos. Como já explicado, o banco de dados utilizados, do SICRO2 considera mistura asfáltica em remendos superficiais e profundos, enquanto o SICRO (utilizado para a SC 114L/OC) define os materiais separadamente. Caso se considerasse o SICRO2 para a SC 114 L/OC, ter-se-ia um acréscimo de, aproximadamente, 140 toneladas de mistura asfáltica a cada intervenção efetuada, o que resultaria em valores superiores ao encontrado para a SC355 J/BR153 e a SC114 P/SJ.

Gráfico 20: Comparativo de consumo de mistura asfáltica nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Para a alternativa de reciclagem não é empregado remendo superficial ou profundo ao longo da vida útil, o que resulta em consumo apenas inicial de mistura asfáltica.

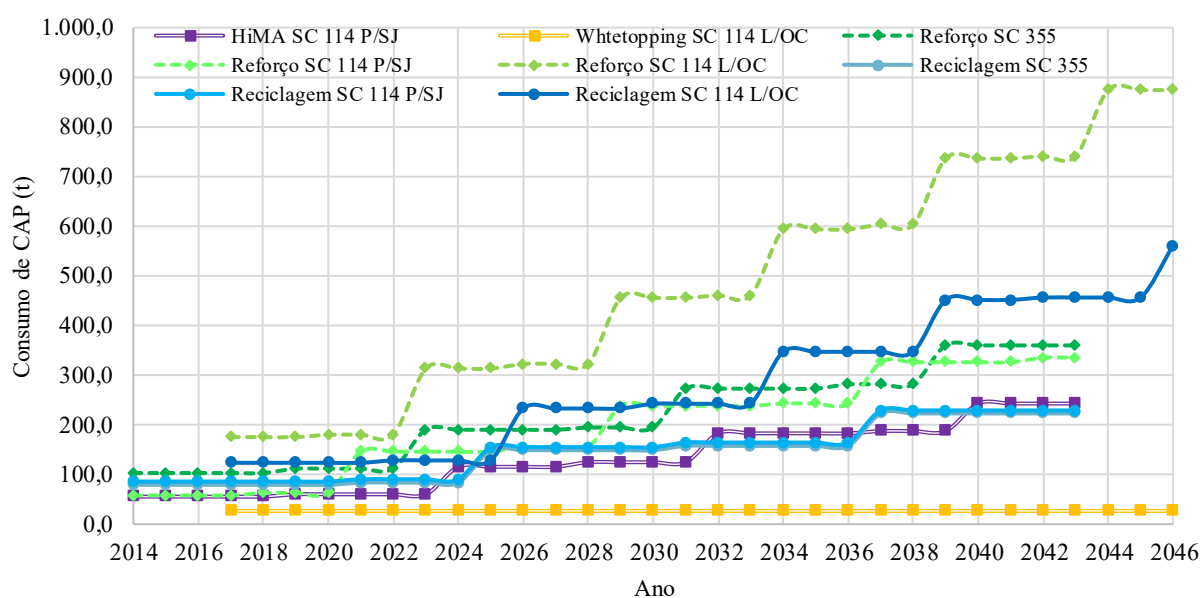
O consumo de mistura asfáltica utilizado em remendos superficiais e profundos nas SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ considerando a alternativa de reforço são equivalentes. Por outro lado, na SC114 P/SJ, quando utilizado HiMA como mistura asfáltica, o consumo reduz para 66% do total utilizado na alternativa reforço.

Para entender melhor o consumo total em relação a todas as obras e alternativas empregadas, apresenta-se o Gráfico 21 com o consumo de CAP ao longo dos 30 anos de análise.

Como já previsto anteriormente, a SC114 L/OC apresenta maior consumo de CAP para as alternativas de reforço e de reciclagem, uma vez que possuem maior espessura de revestimento asfáltico, além da necessidade de maior número de intervenções ao longo dos 30

anos, por ter um maior tráfego atuante. A alternativa de *whitetopping* demanda de CAP apenas na intervenção inicial, pois devido às condições degradadas da rodovia, houve a necessidade de se executar o preenchimento dos acostamentos e das trilhas de roda, além dos remendos profundos e superficiais, para o melhor assentamento das placas de concreto. O consumo de CAP na alternativa de reforço seria de 1,6 (313,1 toneladas) e 33 (847,5 toneladas) vezes maior que a alternativa de reciclagem e do *whitetopping*, respectivamente, identificando-se a importância deste insumo para alternativas que envolvem gastos com misturas asfálticas.

Gráfico 21: Comparativo de consumo de CAP nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos

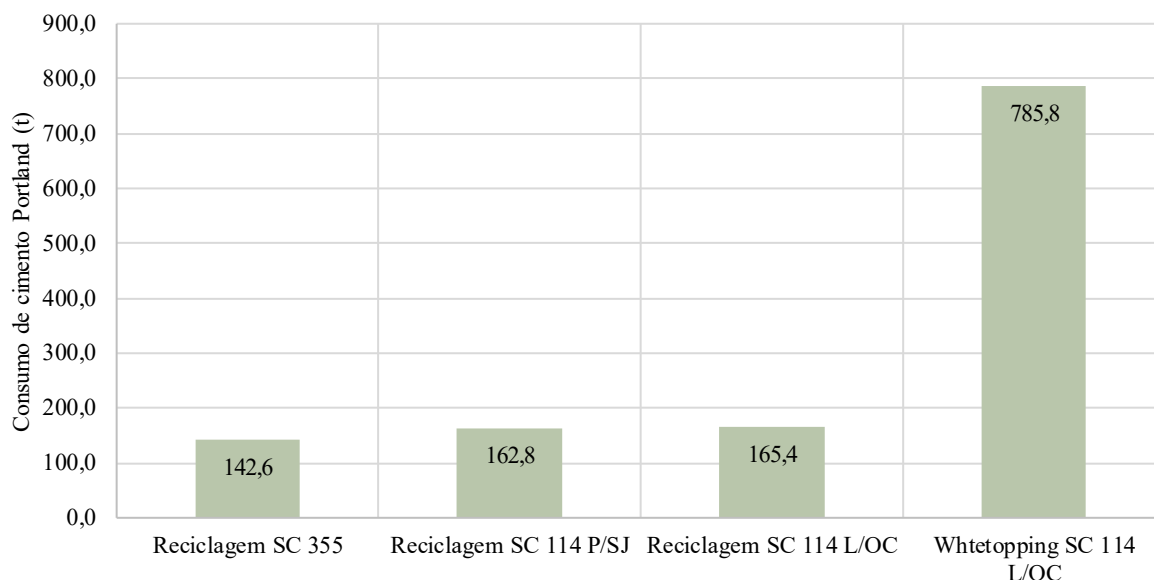


Fonte: elaborado pela autora.

Nas SC114 P/SJ e SC355 J/BR153 o consumo de CAP na alternativa de reforço é de 1,6 (106,3 e 131,1 toneladas, respectivamente) vezes maior que o consumido na alternativa reciclagem. Se comparadas essas obras com a SC114 L/OC, fica evidente o maior consumo nesta última, em torno de 2,5 vezes maior, por conta do tráfego também ser cerca de 2 vezes maior. As alternativas de reciclagem e do HiMA apresentam consumos muito parecidos quando empregados em estruturas que possuem tráfego similar.

O uso de cimento Portland é feito apenas nas restaurações do tipo reciclagem profunda com adição de cimento Portland e no Whitetopping, para isso elaborou-se o Gráfico 22 com os quantitativos necessários para a execução das rodovias. A alternativa de reciclagem consome 142,6 (SC355 J/BR153), 162,8 (SC114 P/SJ) e 165,4 (SC114 L/OC) toneladas de cimento Portland enquanto que a alternativa de whitetopping necessita de 785,8 toneladas do material, o que equivale à, aproximadamente, 6 vezes mais que as anteriores.

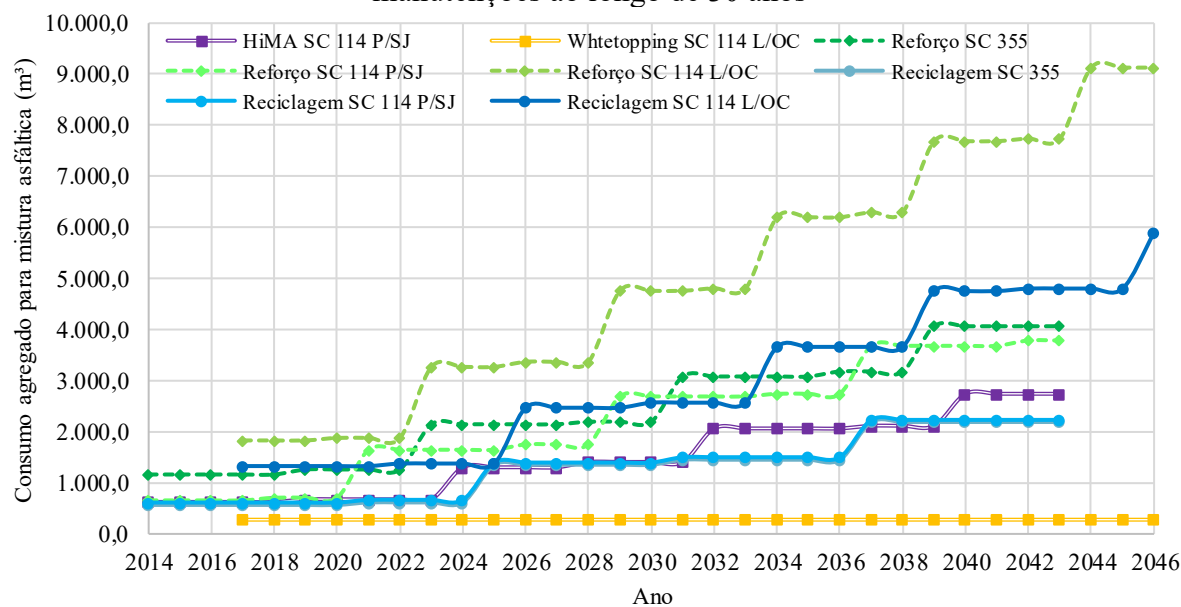
Gráfico 22: Comparativo de consumo de cimento Portland nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Em complementação à análise do consumo de mistura asfáltica, é apresentado o Gráfico 23 com o consumo de agregados para mistura asfáltica. Concomitantemente ao que ocorre com o CAP, o consumo de agregados para misturas asfálticas é maior nas alternativas de reforço, reciclagem e HiMA.

Gráfico 23: Comparativo de consumo de agregados para mistura asfáltica nas restaurações e manutenções ao longo de 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Para a execução da alternativa de reforço são necessários, em média, 1,7 vezes mais agregados que para a execução da alternativa de reciclagem, justificado pelo desempenho da estrutura e pela menor quantidade de intervenções ao longo do período de análise.

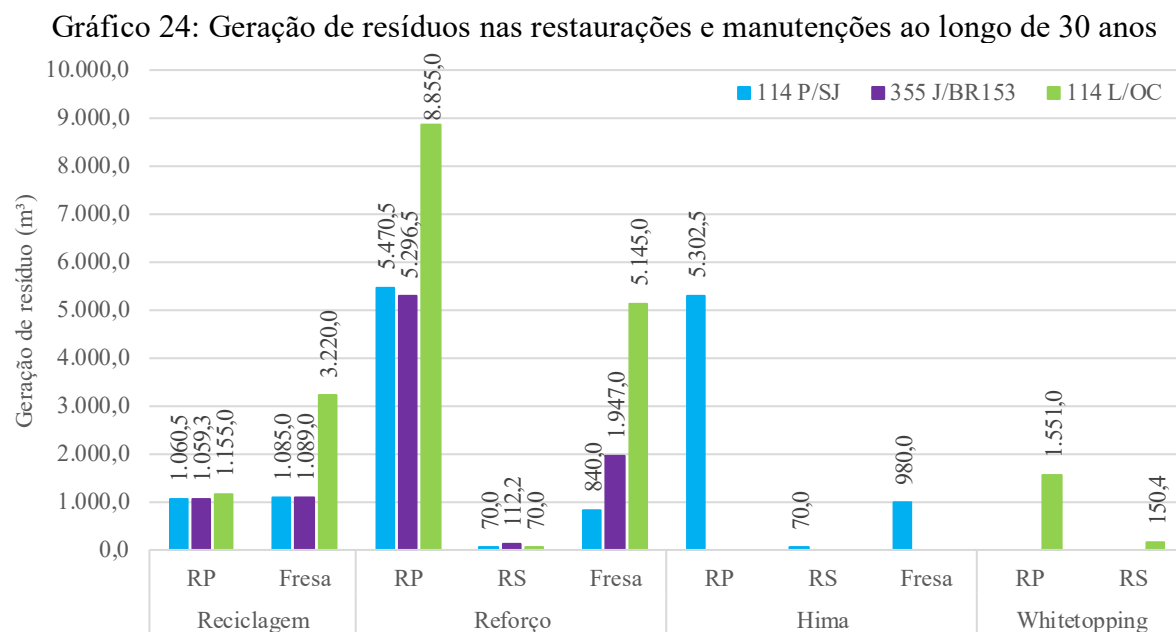
A alternativa de *Whitetopping* necessita de agregado para a camada rígida (concreto, com 22,0cm de espessura). Este quantitativo não está relacionado no Gráfico 28. Entretanto, o consumo é de 2.500 m³ ao longo dos 30 anos, resultando em valores inferiores ao utilizado na reciclagem e no reforço para a SC114 L/OC, devido às várias intervenções que se tem nestas duas alternativas neste período.

Comparando-se os consumos em todas as alternativas, fica evidente que o reforço é a alternativa que mais demanda de materiais, visto ser necessário maior número de intervenções e espessuras mais delgadas para atender a segurança, economicidade e durabilidade. As alternativas de reciclagem e *Whitetopping*, seriam as recomendadas, pois tenderiam a apresentar maior durabilidade e os menores consumos de materiais. Entretanto, é importante que se considere a análise econômica e ambiental destas alternativas, além da disponibilidade de materiais e equipamentos a definição final da melhor alternativa de restauração e manutenção.

Ao aplicar-se as alternativas de restauração ou manutenção geram-se resíduos de revestimento deteriorado (RAP) e de camadas do pavimento danificadas, as quais nem sempre são reutilizadas na própria intervenção. Caso fossem aplicadas outras alternativas, tais como reciclagem da camada asfáltica, seria possível a sua utilização, porém este não foi o foco desta tese, pois, por exemplo, não havia, até o momento da escrita desta tese, uma usina se quer instalada em Santa Catarina que possibilite a incorporação do RAP na mistura asfáltica. No Gráfico 24 é visualizado o quantitativo de resíduos gerados em remendos profundos, remendos superficiais e fresagens para cada alternativa empregada considerando os 30 anos de avaliação.

Fica evidente que as maiores quantidades são geradas nas restaurações e manutenções da SC114 L/OC, devido ao tráfego ser maior, o que requer espessuras da camada de revestimento também mais espessas.

Os resíduos oriundos das camadas de subleito, reforço, sub-base e base são de difícil reutilização e por apresentarem contaminação de outras camadas são destinadas para aterros ou bota fora. Porém, o RAP é considerado material nobre e vem sendo estudada a larga escala para reutilização em nova camada de revestimento. Mas como mencionado, esta alternativa não foi objeto de estudo neste trabalho. No caso da alternativa de reciclagem profunda, como já explicitado, o revestimento deteriorado é incorporado na nova camada de base.



Fonte: elaborado pela autora.

Além da geração expressiva de resíduos e de seu destino controlado, é imprescindível cuidados com o transporte destes materiais, visto que a quantidade de viagens e a distância transportada demanda de combustível e equipamentos para este processo.

Reutilizar os resíduos na própria via que está sendo restaurada, como no caso da reciclagem profunda com a adição de cimento abordada neste trabalho, se torna ambiental e economicamente necessário. Portanto, investimentos em pesquisas de desempenho desses materiais e de novas técnicas de aplicação devem ser cada vez mais frequentes.

7. ETAPA 4 - AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Este capítulo abordará o estudo da avaliação do ciclo de vida (LCA) das três rodovias detalhadas nos capítulos anteriores.

A NBR 14040 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009), divide a LCA em quatro etapas: (1) definição do objetivo e escopo, (2) análise de inventário, (3) avaliação de impacto e (4) interpretação.

Na área rodoviária é possível aplicar o estudo de LCA em casos hipotéticos ou reais, cada qual com a sua contribuição. Nesta tese, propõe-se o estudo de três casos reais, detalhados e identificados nos capítulos anteriores. Porém os dados ambientais foram obtidos em banco de dados internacional. Acreditasse que, em parte, o fato de se adotar valores europeus nesta análise os resultados inibiriam a sua aplicação no Brasil, tendo em conta os seguintes aspectos:

- a) os três maiores insumos quantificados seriam o CAP, o Cimento e óleo diesel;
- b) para o refino do petróleo, os processos são iguais em praticamente todos os tipos de refinarias, tendo-se praticamente um padrão internacional para o processamento desta comodite. Portanto, os dados ambientais seriam muito parecidos;
- c) para o consumo de óleo diesel, praticamente se tem o mesmo tipo de motor de combustão no mundo inteiro. O que poderia afetar as emissões e consumo seria a idade da frota.
- d) para a produção do cimento, também praticamente se tem um padrão industrial já que também ele é um produto de exportação;
- e) por outro lado, toda a produção destes insumos consumo de energia elétrica. Ao se comparar a matriz energética brasileira, ela é mais limpa que a europeia, e portanto, seria de se esperar valores inferiores para o Brasil quanto aos parâmetros ambientais relativos ao consumo de energia elétrica.

7.1. OBJETIVO E ESCOPO DO ESTUDO

Tem-se como objetivo a avaliação do desempenho ambiental de diferentes sistemas estruturais, sendo um pavimento flexível com diferentes alternativas de manutenções e restaurações, desde a extração da matéria prima, construção, manutenção e restauração, comparando as metodologias de manutenções e restaurações para um período de vida útil de 30 anos após a primeira restauração.

Este estudo está embasado nas seguintes justificativas:

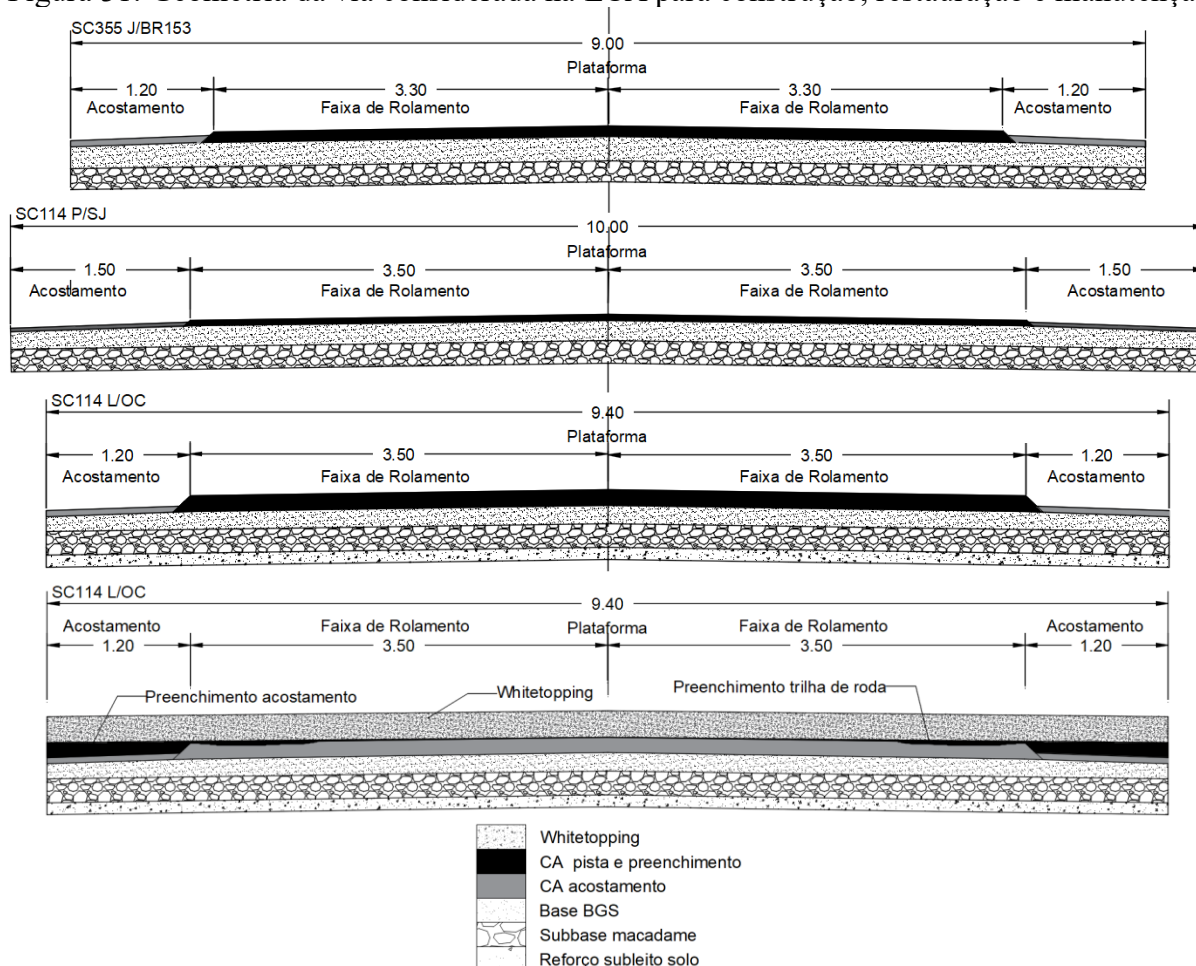
- a) os pavimentos flexíveis são os mais utilizados em obras rodoviárias no Brasil.
- b) é conhecido que os pavimentos flexíveis dimensionados e construídos atualmente apresentam durabilidade (com conforto e segurança) em torno de 10 anos, enquanto os pavimentos rígidos são dimensionados para uma vida útil de 20 à 40 anos.
- c) pavimentos flexíveis necessitam de manutenções em curtos intervalos de tempo, encarecendo o custo ao longo da vida de serviço, tanto para o usuário como para os gestores.
- d) os ligantes asfálticos vêm sofrendo reajustes de custo constantemente em função da alta do petróleo, fazendo com que o valor atribuído a construção seja cada vez maior.
- e) a avaliação ambiental dos componentes (matéria prima) do pavimento e do processo executivo da estrutura rodoviária, ainda não faz parte do processo de decisão do setor público.

O público alvo deste estudo são as empresas executoras de obras de pavimentação, projetistas, pesquisadores e acadêmicos do setor, e principalmente o poder público municipal, estadual e federal e concessionárias de rodovias.

O sistema de análise proposto tem a função de garantir segurança, economicidade e conforto aos usuários da via por um período de 30 anos. Para tanto, será considerado o processo de extração da matéria-prima, implantação das rodovias (construção), restaurações iniciais, posteriores manutenções para garantir um desempenho mínimo, e as restaurações quando necessitar de intervenção estrutural.

A unidade funcional é uma unidade de referência e é comum a todas as avaliações do ciclo de vida feitas para o sistema em estudo, de modo a permitir que os resultados obtidos nos diferentes estudos, isto é, para diferentes soluções de pavimento, possam ser comparados. A unidade funcional considerada para a quantificação dos impactos oriundos da exploração dos materiais, execução da via, restaurações até o final do ciclo de vida adotado, foi de 1 (um) quilometro linear, com pista simples e com acostamento, com as características apresentadas na Figura 31.

Figura 31: Geometria da via considerada na LCA para construção, restauração e manutenção



Dados originais das pistas experimentais.

Fonte: elaborado pela autora.

Para a modelagem da estrutura do pavimento foi considerado os dados fornecidos nos projetos executivos, faixas de rolamento entre 3,3 e 3,5 metros de largura, os acostamentos com largura entre 1,2 e 1,5 metros, totalizando larguras da pista entre 9,0 e 10,0 metros. As dimensões estimadas para as camadas estruturais na construção da via foram as obtidas por meio de sondagens em cada rodovia. O tráfego adotado foi projetado em função de cada estudo, padronizando o ano de abertura e de fim de vida.

Estabelecida a unidade funcional, calculou-se os fluxos de referência, ou seja, as quantidades necessárias dos diferentes tipos de materiais utilizados nos sistemas estruturais, de forma que eles durem um período de trinta anos. O detalhamento dos levantamentos e cálculos serão descritos nos próximos itens, com a análise dos sistemas que os compõem e estão disponíveis no Apêndice E.

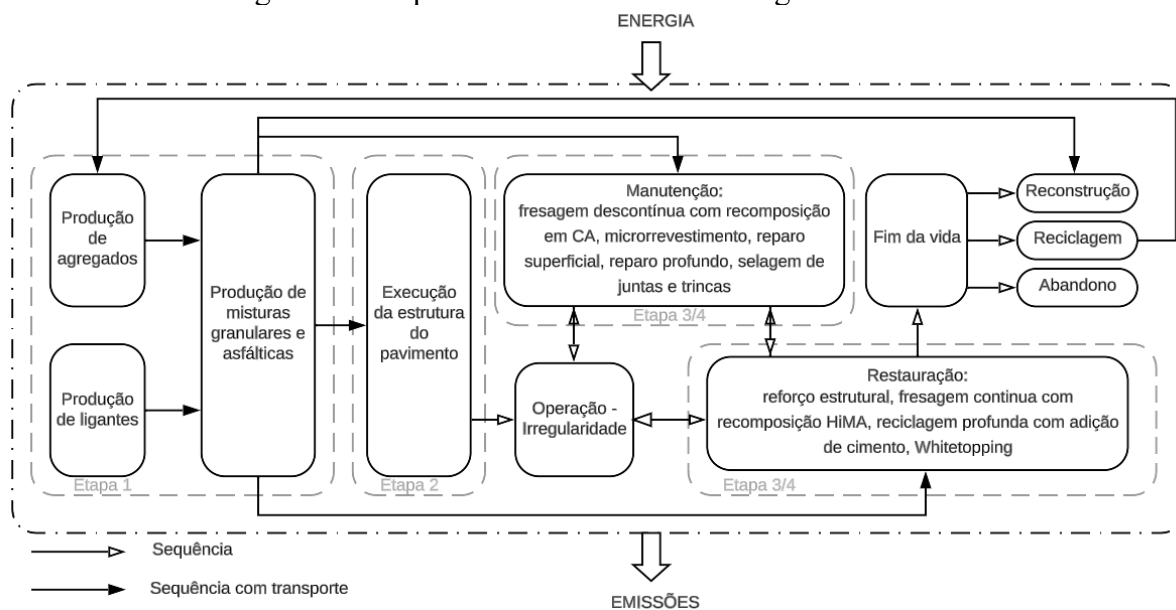
As restaurações e manutenções consideradas para o estudo foram modeladas no *software* HDM-4, como mencionado nos Capítulos 4, 5 e 6, e adotadas de acordo com a necessidade de cada estudo de caso.

Adotou-se quatro etapas no ciclo de vida de um pavimento, os quais estão apresentados abaixo e detalhados na Figura 32:

- a) Etapa 1 - Produção da matéria prima e das misturas: nesta etapa elenca-se todas as entradas (*inputs*) e todas as saídas (*outputs*) do sistema (inventário obtido a partir da simulação no *software* HDM-4), inclui-se a extração e britagem dos agregados, a produção dos aglomerantes (cimento Portland, cimento asfáltico, asfalto diluído, emulsão asfáltica), a usinagem das misturas (brita graduada, misturas asfálticas, concreto de cimento Portland). Os deslocamentos entre o local de extração, o local de produção e o local de aplicação, bem como as atividades e equipamentos necessários para que esses serviços sejam concluídos com êxito.
- b) Etapa 2 - Execução da estrutura (implementação inicial da rodovia): nesta etapa são consideradas as atividades que englobam a execução inicial da rodovia, considerando as características iniciais sem nenhuma restauração, para tanto, inclui-se a produção da matéria prima e das misturas, a execução da camada final de terraplenagem, das camadas de reforço do subleito (quando necessário), da sub-base, da base, imprimação, pintura de ligação e camada de revestimento, de acordo com o projeto executivo original. Todos os deslocamentos estão inclusos na modelagem.
- c) Etapa 3 - Execução da restauração inicial: após, aproximadamente, trinta anos da implementação das vias, estas foram restauradas. Nesta etapa foram consideradas as atividades que englobam a execução das alternativas de restauração iniciais adotadas (reciclagem profunda com adição de cimento, reforço estrutural, fresagem contínua com recomposição com SAMI e HiMA, e *Whitetopping*), considerando as características que as vias se encontravam em 2012. O transporte e a utilização de equipamentos necessários para a execução da estrutura foram contemplados.
- d) Etapa 4 - Manutenções e restaurações: ao longo dos 30 anos de análise são necessárias intervenções para manter o conforto e a segurança aos usuários. Para isso, foram consideradas todas as matérias-primas necessárias para a recomposição das camadas, os equipamentos e o transporte utilizados para sua execução. Os

períodos de intervenção foram detalhados no processo executivo e modelados no *software* HDM-4.

Figura 32: Etapas consideradas na modelagem ambiental



Fonte: elaborado pela autora.

Os sistemas de produtos trazem as informações das origens e destinos de cada material e serviço efetuado para a conclusão da obra. Para isso, foi necessário detalhar os fluxos de entrada e de saída. Uma vez que cada estudo de caso apresenta distâncias de transporte, fornecedores e equipamentos com capacidades e potências diferentes, estas foram detalhadas na fase de inventário, o qual encontra-se no Apêndice E.

Como há muitas interferências na modelagem ambiental da construção, manutenção e restauração de rodovias, foi necessário delimitar as fronteiras, ou seja, as limitações do estudo:

- materiais pétreos: definiu-se o processo a partir da detonação da rocha, posterior transporte até a pedreira, britagem, transporte até o local de aplicação ou até a usina para misturas (em kg).
- materiais betuminosos: os ligantes asfálticos (cimento asfáltico de petróleo, emulsão asfáltica de petróleo e asfalto diluído de petróleo, quantificados em kg) foram utilizados em misturas asfálticas, pintura de ligação, imprimação e tratamento superficial, considerando a exploração do petróleo, o refino do petróleo, o transporte até o local de utilização (usina ou pista).
- cimento Portland: utilizado na execução do pavimento de concreto (alternativa *Whitetopping*) e na alternativa reciclagem profunda com adição de cimento. Este

material foi modelado considerando a produção do clínquer (em kg), a produção do cimento (em kg), transporte até o local de utilização (usina ou pista).

- d) solo: nas etapas que necessitam o uso de solo (regularização, reforço e remendos profundos) considerou-se o transporte da jazida até o local de aplicação e a compactação do material (em m³).
- e) aço: para o aço foi considerado a fundição, usinagem e soldagem do material, o transporte até o local de aplicação e a execução do pavimento rígido (em kg).
- f) produção do concreto: produzido em usina fixa utilizando os agregados pétreos (como descritos acima) e o aglomerante (cimento Portland), foi considerada os consumos de energia e de combustível para a produção do concreto (em m³) e posterior transporte até a pista.
- g) produção de misturas asfálticas: as misturas asfálticas são produzidas em usinas fixas compostas por agregados pétreos e ligante asfáltico (em toneladas). Definiu-se as etapas desde a exploração do petróleo, o refino do petróleo, o transporte até o local de utilização (usina), o processo de usinagem e posterior transporte até o local de aplicação, finalizando com a execução da camada asfáltica.
- h) produção de misturas de brita graduada: as misturas de brita graduada usinadas em central são compostas por agregados pétreos (em m³), levando em consideração desde a detonação da rocha, a britagem dos agregados, o transporte até a usina, o processo de mistura dos agregados, o transporte até o local de aplicação e a execução da camada BGS (camada de base).
- i) transporte: consumo de combustível em função da distância média de transporte, do tipo de superfície da via e da capacidade do veículo (em ton*km). Para isso foi considerado a exploração do petróleo, o refino do petróleo (produção do diesel em kg) e a queima no uso (em MJ).
- j) eletricidade: em função da potência do equipamento e das horas em operação (em kWh).
- k) combustível: foi considerado a exploração do petróleo, o refino do petróleo (produção do diesel em kg), não foi levado em consideração o transporte entre locais (produção em kg e a queima em MJ).
- l) equipamentos: foram adotados equipamentos novos no início da execução da via, considerado consumo e produtividade de acordo com as orientações do DNIT e contidas no Apêndice D.

- m) execução: todas as etapas executivas seguiram os procedimentos utilizados no Brasil, de acordo com as normas, legislações e projetos executivos, a quantificação foi baseada nas composições do SICRO e do SICRO2, conforme já mencionado. Contemplando as etapas de extração dos materiais, transportes e aplicação.
- n) operação: este estudo não contempla a etapa de operação da rodovia, ou seja, o uso por parte dos veículos de carga e de passeio, apenas as etapas construtivas.
- o) manutenção: foram adotadas as manutenções descritas nos capítulos anteriores (fresagem descontínua com recomposição – FD+RC, fresagem descontínua com recomposição e microrrevestimento – FD+RC+M, selagem de trincas, substituição de juntas) e detalhadas no Apêndice E, onde constam cada um dos fluxos do processo.
- p) restauração: da mesma forma que nas manutenções, as alternativas de restaurações adotadas foram descritas anteriormente. As alternativas empregadas foram: reforço estrutural, reciclagem profunda com adição de cimento, *Whitetopping*, fresagem contínua com recomposição em HiMA e fresagem contínua com recomposição (em diferentes espessuras dependendo da necessidade de cada obra).
- q) fim da vida: o final do período de análise não representa o final da vida útil da estrutura do pavimento, pois todos apresentam sobrevida no período de análise (30 anos). Portanto, não há destinação final a estrutura, mas sim a continuidade de seu uso com as manutenções e restaurações necessárias.

Para o estudo ambiental, os dados de entrada requeridos para o inventário do ciclo de vida (LCI) foram obtidos de forma secundária no banco de dados *Ecoinvent* versão3, nos quantitativos dos projetos executivos e no SICRO (DNIT) e inseridos no *software* OpenLCA 1.10.3 para análise e tratamento. Para os cálculos, utilizou-se o método CML 2001, com agregação por média ponderada e exclusão de valores zero.

7.2. INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA

A etapa do inventário do ciclo de vida é composta pela descrição de todos os processos, alocação dos recursos e emissões, fonte dos dados. Os fluxos e quantitativos para cada caso e obra foram descritos no Capítulo 6 e encontram-se detalhados no Apêndice E. Para tanto foram adotadas metodologias executivas para a modelagem.

Considerando que as três rodovias estudadas possuem a mesma técnica construtiva de implantação, adotou-se os serviços de terraplenagem e regularização do subleito de acordo com as normas DNIT ES 138 (DNIT, 2010), DNIT ES 137 (DNIT, 2010), DNIT ES 108 (DNIT, 2009) e DNIT ES 106 (DNIT, 2009), para a camada de sub-base em macadame utilizou-se a DNIT ES 139 (DNIT, 2010), para a base em BGS a DNIT ES 141 (DNIT, 2010), a imprimação foi modelada com base na DNIT ES 144 (DNIT, 2014), a pintura de ligação com emulsão asfáltica de acordo com a DNER ES 395 (DNIT, 1999) e a DNIT ES 145 (DNIT, 2012), a mistura asfáltica empregada foi com concreto asfáltico convencional (DNIT ES 031; DNIT, 2006).

Em se tratando das restaurações iniciais, foram adotadas quatro alternativas diferentes, o reforço estrutural em concreto asfáltico, aplicado nas três rodovias, de acordo com o especificado na DNIT ES 031 (DNIT, 2006). A alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento Portland também foi empregada em todas as rodovias, seguindo as prescrições normativas contidas em DNIT ES 167 (DNIT, 2013), DNIT ES 146 (DNIT, 2012), DNER ES 391 (DNIT, 1999), DNER ES 391 (DNIT, 1999), DNER ES 385 (DNIT, 1999) e DNER ES 395 (DNIT, 1999).

Para elencar as atividades envolvidas na restauração com execução de camada de concreto *Whitetopping*, adotou-se as normas DNIT ES 068 (DNIT, 2004) e DNIT ES 092 (DNIT, 2006) enquanto para a restauração em fresagem contínua com recomposição da camada asfáltica, utilizou-se a DNIT ES 159 (DNIT, 2011) e a DNIT ES 112 (DNIT, 2009).

Como intervenções de manutenções adotou-se fresagem descontínua com recomposição em CA, microrrevestimento, selagem de trincas (em pavimento rígido de acordo com DNIT ES 083 (DNIT, 2006) e DNIT ES 067 (DNIT, 2004)), substituição de juntas e placas (em pavimento rígido conforme orienta DNIT ES 081 (DNIT, 2006)), remendos superficiais e remendos profundos.

7.3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS

A avaliação dos impactos ambientais foi efetuada através das categorias de impactos: aquecimento global/mudanças climáticas, potencial de acidificação, potencial de eutrofização, ecotoxicidade aquática de água doce, ecotoxicidade de sedimentos de água doce, toxicidade humana, ecotoxicidade aquática marinha, ecotoxicidade de sedimentos marinhos, oxidação fotoquímica (*smog* de verão), ecotoxicidade terrestre todas contempladas pelo método de

avaliação de impacto CML 2001. A Tabela 11 detalha a unidade de medida de cada categoria e a abreviatura utilizada ao longo da apresentação dos resultados obtidos.

Tabela 11: Categorias de impacto consideradas na LCIA

| Categoria de impacto | Abreviatura | Unidade |
|--|-------------|---------------------------|
| Potencial de acidificação | AC | kg SO ₂ eq |
| Aquecimento Global/Mudanças climáticas | GWP | kg CO ₂ eq |
| Potencial de eutrofização | EP | kg PO ₄ eq |
| Ecotoxicidade aquática de água doce | FAETP | kg 1,4-DCB _{eq} |
| Ecotoxicidade de sedimentos de água doce | FSETP | kg 1,4-DCB _{eq} |
| Toxicidade humana | HTP | kg 1,4-DCB _{eq} |
| Ecotoxicidade aquática marinha | MAETP | kg 1,4-DCB _{eq} |
| Ecotoxicidade de sedimentos marinhos | MSETP | kg 1,4-DCB _{eq} |
| Oxidação fotoquímica (smog de verão) | POCP | kg ethylene _{eq} |
| Ecotoxicidade terrestre | TAEP | kg 1,4-DCB _{eq} |

Fonte: elaborado pela autora.

7.4. FASE DE INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

Na fase de interpretação dos resultados obtidos na modelagem, a apresentação será dividida em etapas: 1) construção, 2) restaurações (SC355 J/BR153, SC114 P/SJ e SC114 L/OC), 3) restaurações iniciais, 4) manutenções (SC355 J/BR153, SC114 P/SJ e SC114 L/OC), 5) 30 anos (SC355 J/BR153, SC114 P/SJ e SC114 L/OC).

7.4.1. Construção

Para a etapa de construção apresentou-se os impactos totais em dois formatos. Nos quadros, detalha-se em kg a contribuição de cada etapa construtiva para a determinada categoria de impacto. Nos gráficos, apresenta-se em porcentagem a contribuição de cada camada para a determinada categoria de impacto. A avaliação será apresentada por obra e ao final realizada a comparação entre elas. A plataforma de implantação está de acordo com a Figura 31 e as espessuras executadas na implantação das rodovias, conforme projeto executivo e como consta no Quadro 20.

Quadro 20: Espessuras das camadas estruturais na construção das rodovias

| Rodovia | Revestimento (cm) | Base (cm) | Sub-base (cm) | Reforço (cm) |
|---------------|-------------------|-----------|---------------|--------------|
| SC355 J/BR153 | 9 | 20 | 18 | - |
| SC114 P/SJ | 5 | 17 | 19 | - |
| SC114 L/OC | 5 | 15 | 20 | 10 |

Obs.: Apesar do volume de tráfego aferido durante a elaboração do projeto de restauração apresentar valores superiores na SC114 L/OC, esta foi implantada na década de 80 com espessura de revestimento de 5 cm. A empresa Klabin, principal geradora e atrativo de tráfego da região, teve sua expansão na década de 2000, o que pode justificar o crescimento no volume.

Fonte: projetos executivos.

7.4.1.1. Implantação da SC355 J/BR153

A SC355 J/BR153 foi construída em seis etapas, sendo regularização do subleito com solo local, sub-base em macadame seco, base em BGS, imprimação com aplicação de asfalto diluído de petróleo (ainda utilizado na década de 80), pintura de ligação em emulsão asfáltica de petróleo executada em duas etapas (entre a imprimação e a primeira camada de revestimento e entre a primeira e a segunda camada de revestimento) e revestimento asfáltico em CA. O Quadro 21 apresenta os impactos gerados em cada camada do pavimento e o total necessário para a construção, enquanto o Gráfico 25 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

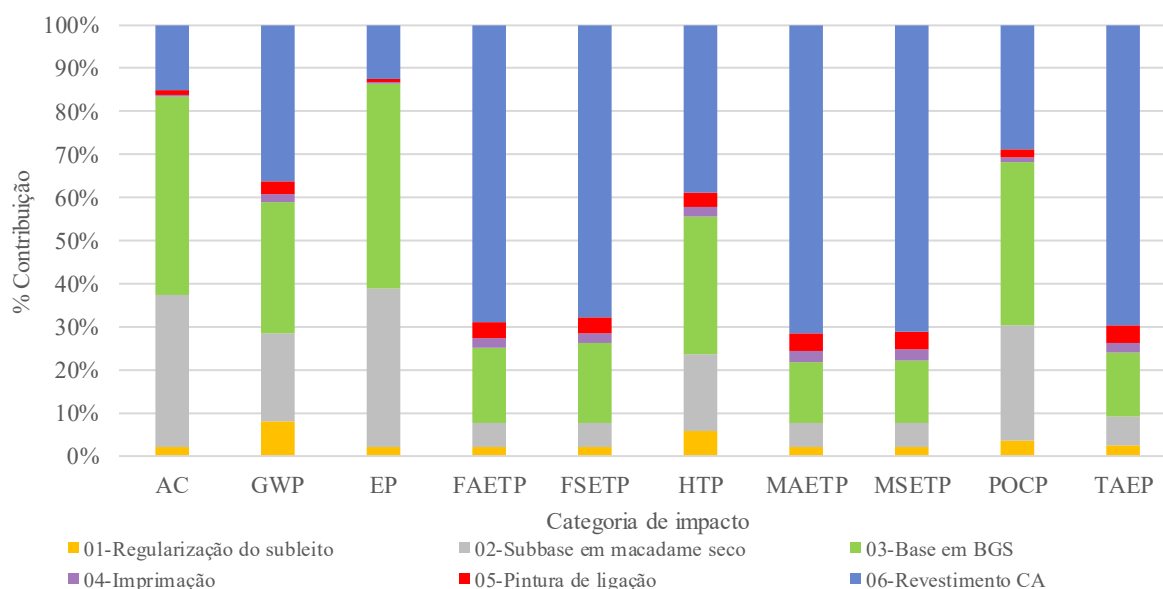
Quadro 21: Total impacto para construção da SC355 J/BR153

| Indicador | Regularização do subleito | Sub-base | Base | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|---------------------------|----------|---------|------------|--------------------|---------|---------|
| AC | 4,33E+1 | 7,61E+2 | 9,99E+2 | 1,18E+1 | 1,67E+1 | 3,28E+2 | 2,16E+3 |
| GWP | 7,99E+3 | 2,09E+4 | 3,09E+4 | 1,91E+3 | 2,88E+3 | 3,68E+4 | 1,01E+5 |
| EP | 7,36E+0 | 1,40E+2 | 1,81E+2 | 1,69E+0 | 2,29E+0 | 4,72E+1 | 3,80E+2 |
| FAETP | 3,59E+0 | 9,36E+0 | 2,89E+1 | 3,85E+0 | 6,24E+0 | 1,16E+2 | 1,68E+2 |
| FSETP | 7,91E+0 | 2,07E+1 | 6,72E+1 | 8,73E+0 | 1,41E+1 | 2,48E+2 | 3,67E+2 |
| HTP | 1,72E+3 | 5,45E+3 | 9,74E+3 | 6,79E+2 | 9,41E+2 | 1,18E+4 | 3,03E+4 |
| MAETP | 3,67E+2 | 9,55E+2 | 2,39E+3 | 4,34E+2 | 7,06E+2 | 1,22E+4 | 1,71E+4 |
| MSETP | 4,08E+2 | 1,06E+3 | 2,66E+3 | 4,76E+2 | 7,72E+2 | 1,33E+4 | 1,87E+4 |
| POCP | 7,55E-1 | 5,89E+0 | 8,27E+0 | 2,57E-1 | 3,92E-1 | 6,32E+0 | 2,19E+1 |
| TAEP | 5,87E-1 | 1,52E+0 | 3,41E+0 | 5,66E-1 | 9,21E-1 | 1,61E+1 | 2,31E+1 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 25: Total impacto para construção da SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Analisando-se o Gráfico 25, fica evidente que o revestimento em CA está entre as etapas construtivas que mais impactam neste método construtivo, seguido da execução da base e da sub-base. As camadas que menos impactam são regularização do subleito (por considerar apenas o transporte do material e combustível necessário para a execução da camada), a imprimação e a pintura de ligação.

Para a construção da SC355 J/BR153, as principais etapas construtivas que contribuem com os impactos são:

- AC (potencial de acidificação): devido à produção de agregado, processo que mais impacta nesta categoria é a execução da camada de base, que contribui com 46%, a sub-base, com 35%, e o revestimento com 15%. Para as demais camadas e pinturas a contribuição se torna insignificante.
- GWP (mudanças climáticas): a quantidade de agregados que precisam ser produzidos e transportados, além do consumo de diesel necessário para a execução das camadas, contribuem para a geração de impacto, sendo 36% oriundos da execução da camada de revestimento, 30% da camada de base e 21% da sub-base.
- EP (potencial de eutrofização): da mesma forma que na acidificação, as camadas que necessitam de granulares, são as que mais contribuem na geração dos impactos de eutrofização, sendo que a camada de base gera 48%, a sub-base 37% e o revestimento 12%.
- FAETP (ecotoxicidade aquática de água doce), FSETP (ecotoxicidade de sedimentos de água doce), MAETP (ecotoxicidade aquática marinha), MSETP (ecotoxicidade de sedimentos marinhos), TAEP (ecotoxicidade terrestre): as categorias de ecotoxicidade são impactadas pelas mesmas etapas construtivas, sendo que o revestimento contribui com, aproximadamente, 70% e a base, em torno de 15%.
- HTP (toxicidade humana): impactada principalmente pelo uso de diesel como combustível dos maquinários na execução das camadas. Desta forma, as camadas mais espessas, com maior tempo de execução ou de maior uso de equipamentos, definem como os principais contribuintes desta categoria, resultando em 39% para camada de revestimento, 32% para camada de base e 18% para sub-base.
- POCP (oxidação fotoquímica): as camadas de base (38%), revestimento (29%) e sub-base (27%) são as que impactam de forma expressiva na geração de oxidação

fotoquímica, devido à produção de agregados e de CAP, aliado ao transporte desses materiais e ao consumo de diesel para a execução da obra.

7.4.1.2. Implantação da SC114 P/SJ

Para a construção da SC114 P/SJ foram utilizadas seis camadas na estrutura do pavimento, sendo regularização do subleito com solo local, sub-base em macadame seco, base em BGS, imprimação com ADP, pintura de ligação em EAP e revestimento asfáltico em CA. Salienta-se que a execução da camada de revestimento foi separada entre acostamento e faixa de rolamento, devido as espessuras serem de 3,0 e 5,0 cm, respectivamente.

O Quadro 22 apresenta os impactos gerados em cada camada do pavimento e o total necessário para a construção, enquanto o Gráfico 26 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 22: Total impacto para construção da SC114 P/SJ

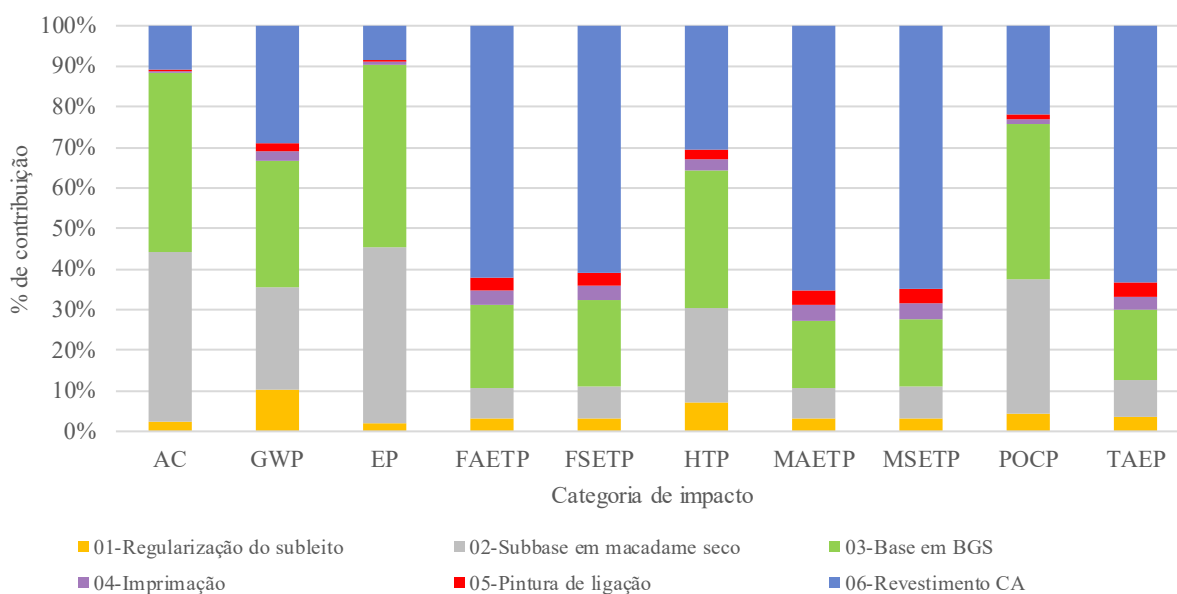
| Indicador | Regularização do subleito | Sub-base | Base | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|---------------------------|----------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,81E+01 | 8,83E+02 | 9,34E+02 | 1,29E+01 | 1,09E+01 | 2,26E+02 | 2,11E+03 |
| GWP | 8,88E+03 | 2,18E+04 | 2,66E+04 | 2,06E+03 | 1,85E+03 | 2,47E+04 | 8,59E+04 |
| EP | 8,18E+00 | 1,62E+02 | 1,70E+02 | 1,84E+00 | 1,48E+00 | 3,23E+01 | 3,76E+02 |
| FAETP | 3,98E+00 | 9,88E+00 | 2,63E+01 | 4,25E+00 | 4,13E+00 | 7,97E+01 | 1,28E+02 |
| FSETP | 8,79E+00 | 2,20E+01 | 6,14E+01 | 9,64E+00 | 9,35E+00 | 1,72E+02 | 2,83E+02 |
| HTP | 1,91E+03 | 6,26E+03 | 9,08E+03 | 7,52E+02 | 6,24E+02 | 8,21E+03 | 2,68E+04 |
| MAETP | 4,08E+02 | 1,00E+03 | 2,15E+03 | 4,79E+02 | 4,68E+02 | 8,51E+03 | 1,30E+04 |
| MSETP | 4,53E+02 | 1,12E+03 | 2,40E+03 | 5,25E+02 | 5,12E+02 | 9,27E+03 | 1,43E+04 |
| POCP | 8,38E-01 | 6,67E+00 | 7,59E+00 | 2,80E-01 | 2,55E-01 | 4,34E+00 | 2,00E+01 |
| TAEP | 6,52E-01 | 1,57E+00 | 3,03E+00 | 6,23E-01 | 6,09E-01 | 1,11E+01 | 1,76E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Analisando-se o Gráfico 26, fica evidente também para esta rodovia que o revestimento em CA está entre as etapas construtivas que mais impactam neste método construtivo, seguido da execução da base e da sub-base. De mesma forma, as camadas que menos impactam são regularização do subleito (por considerar apenas o transporte do material e combustível necessário para a execução da camada), a imprimação e a pintura de ligação.

Gráfico 26: Total impacto para construção da SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

Para a construção da SC114 P/SJ, as principais etapas construtivas que contribuem com os impactos são:

- AC (potencial de acidificação): devido à produção de agregado, o processo que mais impacta nesta categoria de impacto ambiental são as camadas de base, que contribui com 44%, sub-base, com 42%, e revestimento com 11% (inferior a SC355, visto esta apresentar espessura de camada inferior que aquela). Para as demais camadas e pinturas, a contribuição se torna insignificante.
- GWP (mudanças climáticas): a quantidade de agregados que precisam ser produzidos e transportados, além do consumo de diesel necessário para a execução das camadas, contribuem para a geração deste impacto, sendo 31% oriundos da camada de base, 29% da camada de revestimento e 25% da sub-base. A execução das demais camadas apresentam baixa contribuição.
- EP (potencial de eutrofização): da mesma forma que na acidificação, devido à produção dos agregados, as camadas granulares são as que mais influenciam na geração dos impactos de eutrofização: a camada de base com 45% e a sub-base com 43%.
- FAETP (ecotoxicidade aquática de água doce), FSETP (ecotoxicidade de sedimentos de água doce), MAETP (ecotoxicidade aquática marinha), MSETP (ecotoxicidade de sedimentos marinhos), TAEP (ecotoxicidade terrestre): as

categorias de ecotoxicidade são impactadas pelas mesmas etapas construtivas, revestimento contribui com, aproximadamente 63%, e a base em torno de 19%.

- HTP (toxicidade humana): impactada principalmente pelo uso de diesel como combustível dos maquinários de transporte e execução das camadas. As camadas mais espessas, com maior tempo de execução ou de maior uso de equipamentos são as principais contribuintes desta categoria, resultando em 34% para camada de base, 31% para camada de revestimento e 23% para sub-base.
- POCP (oxidação fotoquímica): as camadas de base (38%), sub-base (33%) e revestimento (22%) são as que impactam de forma expressiva na geração de oxidação fotoquímica, devido à produção de agregados e do CAP, aliado ao transporte desses materiais e ao consumo de diesel para a execução da obra.

7.4.1.3. Implantação da SC114 L/OC

Para a construção da SC114 L/OC foram executadas sete camadas na estrutura do pavimento, sendo regularização do subleito com solo local, reforço do subleito com solo local, sub-base em macadame seco, base em BGS, imprimação com aplicação de ADP, pintura de ligação em EAP e revestimento asfáltico em CA. Salienta-se que a execução da camada de revestimento foi separada entre acostamento e faixa de rolamento, devido as espessuras serem de 3,0 e 5,0 cm respectivamente. Para esta obra, incorporou-se a camada de reforço do subleito seguindo o que consta no projeto executivo utilizado como referência. Destaca-se que apesar do tráfego ser considerado alto, a execução inicial desta obra não apresentou diferença na espessura do revestimento em relação à SC114 P/SJ, a qual possui tráfego médio. Contudo, nas etapas de restauração e manutenções, esta diferença foi considerada expressiva.

O Quadro 23 exhibe os impactos gerados em cada camada do pavimento e o total necessário para a construção, enquanto o Gráfico 27 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria. Vale salientar que o quantitativo está contemplado a extração da matéria-prima, transporte e execução.

Analisando-se o Gráfico 27, fica evidente, novamente, que o revestimento em CA está entre as etapas construtivas que mais impactam neste método construtivo, seguido da execução da base e da sub-base. As camadas que menos impactam são a regularização do subleito e de reforço estrutural (por considerar apenas o transporte do material e combustível necessário para a execução da camada), a imprimação e a pintura de ligação.

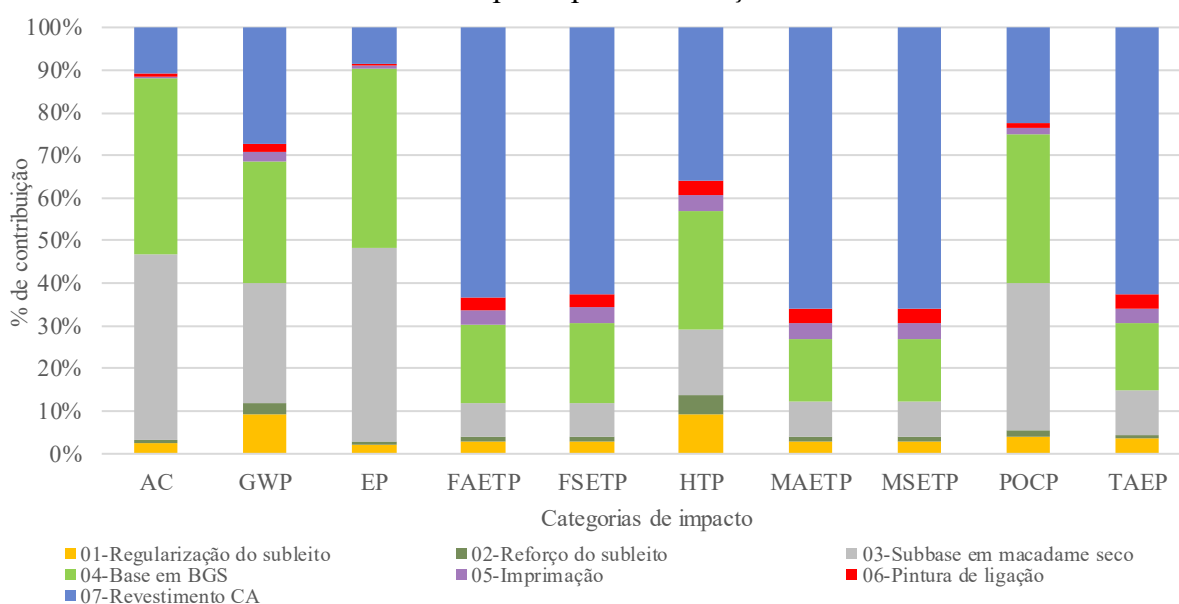
Quadro 23: Total impacto para construção da SC114 L/OC

| Indicador | Regularização do subleito | Reforço do subleito | Sub-base | Base | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|---------------------------|---------------------|----------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,25E+01 | 1,56E+01 | 7,96E+02 | 7,54E+02 | 1,15E+01 | 1,01E+01 | 2,00E+02 | 1,83E+03 |
| GWP | 8,06E+03 | 2,22E+03 | 2,42E+04 | 2,42E+04 | 1,87E+03 | 1,72E+03 | 2,34E+04 | 8,57E+04 |
| EP | 7,20E+00 | 2,71E+00 | 1,46E+02 | 1,37E+02 | 1,62E+00 | 1,37E+00 | 2,79E+01 | 3,23E+02 |
| FAETP | 3,58E+00 | 1,11E+00 | 9,67E+00 | 2,18E+01 | 3,96E+00 | 3,88E+00 | 7,58E+01 | 1,20E+02 |
| FSETP | 7,86E+00 | 2,55E+00 | 2,03E+01 | 4,98E+01 | 8,97E+00 | 8,77E+00 | 1,63E+02 | 2,61E+02 |
| HTP | 1,62E+03 | 8,12E+02 | 2,75E+03 | 4,92E+03 | 6,69E+02 | 5,80E+02 | 6,40E+03 | 1,78E+04 |
| MAETP | 3,68E+02 | 1,08E+02 | 1,04E+03 | 1,82E+03 | 4,47E+02 | 4,39E+02 | 8,12E+03 | 1,23E+04 |
| MSETP | 4,07E+02 | 1,26E+02 | 1,09E+03 | 1,98E+03 | 4,90E+02 | 4,80E+02 | 8,82E+03 | 1,34E+04 |
| POCP | 7,55E-01 | 2,28E-01 | 6,34E+00 | 6,33E+00 | 2,55E-01 | 2,38E-01 | 4,06E+00 | 1,82E+01 |
| TAEP | 5,93E-01 | 1,61E-01 | 1,78E+00 | 2,69E+00 | 5,81E-01 | 5,71E-01 | 1,07E+01 | 1,70E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 27: Total impacto para construção da SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Para a construção da SC114 L/OC, as principais etapas construtivas que contribuem com os impactos são:

- AC (potencial de acidificação): devido à produção de agregado, processo que mais impacta nesta categoria são as camadas de sub-base contribui com 44%, base com 41% e revestimento com 11%.
- GWP (mudanças climáticas): a quantidade de agregados que precisam ser produzidos e transportados, além do consumo de diesel necessário para a execução das camadas, contribuem para a geração de impacto, sendo estas bem equilibradas

entre as camadas com 28% oriundos da camada de base, 28% da camada de sub-base e 27% do revestimento.

- EP (potencial de eutrofização): da mesma forma que na acidificação, as camadas que necessitam de granulares são as que mais influenciam na geração dos impactos de eutrofização, com a camada de base gerando 45% e a sub-base com 42%.
- FAETP (ecotoxicidade aquática de água doce), FSETP (ecotoxicidade de sedimentos de água doce), MAETP (ecotoxicidade aquática marinha), MSETP (ecotoxicidade de sedimentos marinhos), TAEP (ecotoxicidade terrestre): as categorias de ecotoxicidade são impactadas pelas mesmas etapas construtivas, sendo que o revestimento contribui com, aproximadamente, 64% e a base, em torno de 17%.
- HTP (toxicidade humana): impactada principalmente pelo uso de diesel como combustível dos maquinários na execução das camadas e a produção do CAP. Assim, as camadas mais espessas, com maior tempo de execução ou de maior uso de equipamentos são os principais contribuintes desta categoria, resultando em 36% para camada de revestimento, 28% para camada de base, e 15% para sub-base.
- POCP (oxidação fotoquímica): as camadas de base (35%), sub-base (35%) e revestimento (22%) são as que impactam de forma expressiva na geração de oxidação fotoquímica, devido à produção de agregados e de CAP, aliado ao transporte desses materiais e ao consumo de diesel para a execução da obra.

7.4.1.4.Comparação na geração de impactos na construção

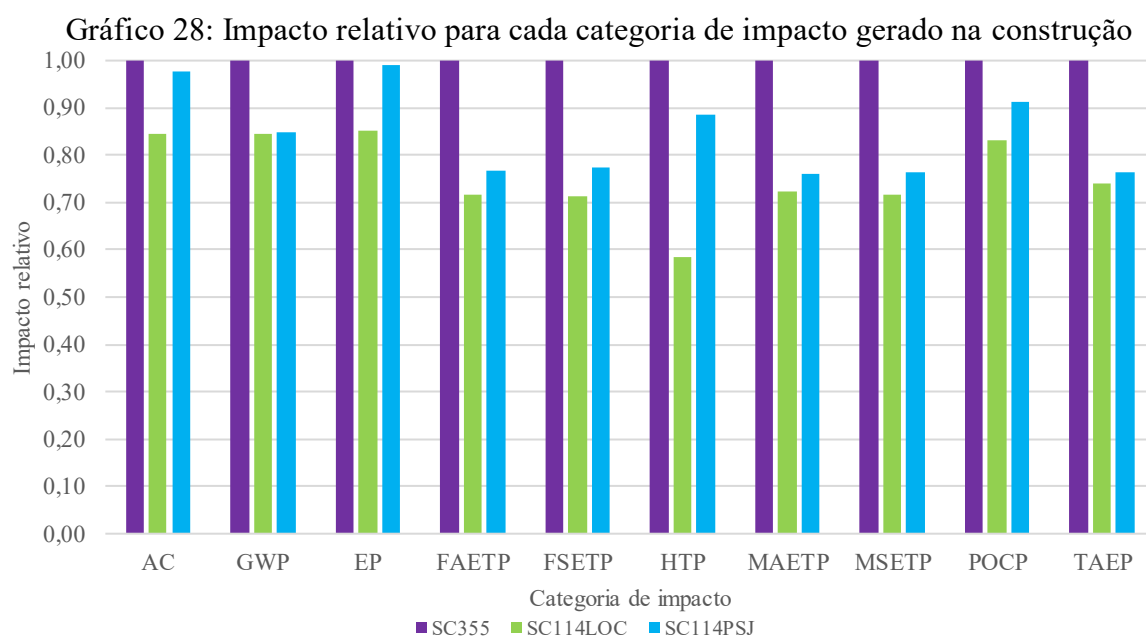
O Quadro 24 mostra o total de impacto gerado na construção das rodovias estudadas, para cada categoria de impacto avaliada. Destaca-se que apesar da unidade funcional adotada ser igual para as três rodovias (um quilômetro de rodovia pronta), as espessuras das camadas e as larguras geométricas das vias e o tráfego são diferentes. Desta forma, não se deve apenas avaliar em si os valores gerados, mas sim levar em consideração as demais informações mencionadas. O Gráfico 28 exhibe os impactos relativos para cada categoria de impacto, comparando os estudos de caso propostos.

Quadro 24: Impacto total para cada categoria de impacto considerada, no processo de construção das rodovias estudadas

| Indicador | Unidade | SC355 | SC114LOC | SC114PSJ |
|-----------|------------------------|----------|----------|----------|
| AC | kg SO ₂ -Eq | 2,16E+03 | 1,83E+03 | 2,11E+03 |
| GWP | kg CO ₂ -Eq | 1,01E+05 | 8,57E+04 | 8,59E+04 |
| EP | kg PO ₄ -Eq | 3,80E+02 | 3,23E+02 | 3,76E+02 |
| FAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,67E+02 | 1,20E+02 | 1,28E+02 |
| FSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 3,67E+02 | 2,61E+02 | 2,83E+02 |
| HTP | kg 1,4-DCB-Eq | 3,03E+04 | 1,78E+04 | 2,68E+04 |
| MAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,71E+04 | 1,23E+04 | 1,30E+04 |
| MSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,87E+04 | 1,34E+04 | 1,43E+04 |
| POCP | kg ethylene-Eq | 2,19E+01 | 1,82E+01 | 2,00E+01 |
| TAEP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,31E+01 | 1,70E+01 | 1,76E+01 |

AC (Potencial de acidificação); GWP (Mudanças climáticas); EP (Potencial de eutrofização); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce); HTP (Toxicidade humana); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão)); TAEP (Ecotoxicidade terrestre).

Fonte: elaborado pela autora.



Em relação ao potencial de acidificação (AC), observa-se que a produção de agregados é responsável pela maior contribuição ao impacto, e isso se deve à execução da sub-base em macadame, a base em BGS e o revestimento com CA. Olsson, Kärman, Gustafsoon (2006) identificaram que o processo de britagem dos agregados e a distância de transporte dos materiais para a construção rodoviária geram aumento do consumo de energia e a queima de combustíveis fósseis ocasionando o excesso de CO₂ na atmosfera. Comparando a SC355 J/BR153 com as demais, a SC114 P/SJ resultou em 2% menos de impacto e a SC114 L/OC, em 15% a menor, ressaltando-se que a espessura das camadas granulares das duas primeiras serem iguais e da última obra, ser aproximadamente 3,0 cm inferior.

A categoria de impacto mudanças climáticas ou aquecimento global (GWP) possui uma influência elevada na execução das camadas de revestimento, base e sub-base, devido à quantidade de material utilizado, do consumo de diesel no transporte dos materiais e para a execução das camadas e da geração na produção do CAP necessários para a execução da obra e as intervenções de manutenção e restauração. Segundo Wenzel; Hauschild; Alting (1997) e Savietto (2017), a principal fonte desses gases é a combustão de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), muito utilizados nas etapas construtivas mencionadas acima. Fica evidente a contribuição da camada de revestimento ao se comparar esta categoria de impacto nas obras. Os dois segmentos na rodovia SC114 apresentaram 15% menos impacto que a SC355 J/BR153, sendo o revestimento da SC355 é 4,0 cm maior que da SC114.

Da mesma forma que ocorre na acidificação, a eutrofização decorre, principalmente, da fase de processamento (trituração e triagem) dos agregados e das emissões indiretas. Como se pode identificar nos resultados obtidos, onde as etapas de execução de base e sub-base foram as que mais impactaram nesta categoria, corroborando com os achados de Bressi et al. (2018).

A quantificação das categorias de impacto ecotoxicidade aquática de água doce ou marinha, ecotoxicidade de sedimentos de água doce ou marinhos e ecotoxicidade terrestre possuem maior influência pela produção do CAP utilizado na camada de revestimento (em maior proporção), além da imprimação e pintura de ligação (em menor proporção) na execução de obras rodoviárias, visto ser uma categoria que mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para os ecossistemas. A SC114 L/OC resultou em 28% menos impacto que a SC355 J/BR153 por apresentar menor espessura de revestimento e conseqüentemente menor necessidade de CAP, e a SC114 P/SJ apresentou 23% menos impacto para a ecotoxicidade.

Por outro lado, a toxicidade humana mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para a saúde humana e segurança alimentar. Para a construção da rodovia identificou-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários é insumo o que mais influência na quantificação deste impacto ambiental. A SC114 L/OC e a SC114 P/SJ resultaram em 41% e 12%, respectivamente, menos impacto que a SC355 J/BR153.

A produção de agregados e do CAP, aliado ao transporte dos materiais e a execução da obra (consumo de diesel) contribuem com parcela mais significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. A mistura de poluentes é formada por reações entre compostos orgânicos voláteis e óxidos de nitrogênio, quando na presença de luz solar. Segundo Rodrigues (2015) é responsável por problemas respiratórios na população que vive nas imediações da geração. Obteve-se 17% e 9% menos impacto, na categoria oxidantes

fotoquímicos, para a SC114 L/OC e SC114 P/SJ, respectivamente, em relação a SC355 J/BR153.

Os impactos relativos exibem a comparação entre as rodovias estudadas. Pode-se sintetizar que a SC355 J/BR153 resultou em impactos maiores em relação as outras duas obras, fato devido a espessura do revestimento ser quase o dobro e as camadas granulares apresentarem espessuras muito próximas. Evidencia-se a importância do revestimento e das camadas granulares nos impactos ambientais para a construção das rodovias.

7.4.2. Restaurações SC355 J/BR153

Para a rodovia SC355 J/BR153 foram simuladas quatro alternativas de restaurações diferentes, sendo elas: reforço estrutural (RE), reciclagem profunda com adição de cimento (RC), fresagem contínua com recomposição de 7,5 cm em CA (FC+RC75) e fresagem contínua com recomposição de 9,0 cm em CA (FC+RC90). Nos quadros detalha-se em kg a contribuição de cada etapa construtiva para a determinada categoria de impacto. Nos gráficos apresenta-se em porcentagem a contribuição de cada camada para a determinada categoria de impacto. A avaliação será apresentada por alternativa de intervenção e ao final realizada a comparação entre elas.

7.4.2.1. Reforço estrutural SC355 J/BR153

A alternativa de reforço estrutural (camada de revestimento novo) para a restauração da rodovia foi simulada considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo, 20% de intervenções na camada de revestimento, chamada de remendo superficial, aplicação de pintura de ligação em toda a extensão da rodovia e execução do reforço estrutural com 10,0 cm de espessura nas faixas de rolamento e 5,0 cm nos acostamentos. O Quadro 25 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução do reforço estrutural, enquanto o Gráfico 29 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria. Vale salientar que nos resultados está contemplado a extração da matéria-prima, transporte e execução.

A pintura de ligação foi a etapa construtiva com menor impacto, representando, em média, 3% de contribuição em todas as categorias de impacto. O remendo superficial resultou entre 6% e 10% de impacto, visto ser aplicado em 20% da camada de revestimento e contemplar a fresagem da camada, a pintura de ligação e a recomposição da camada.

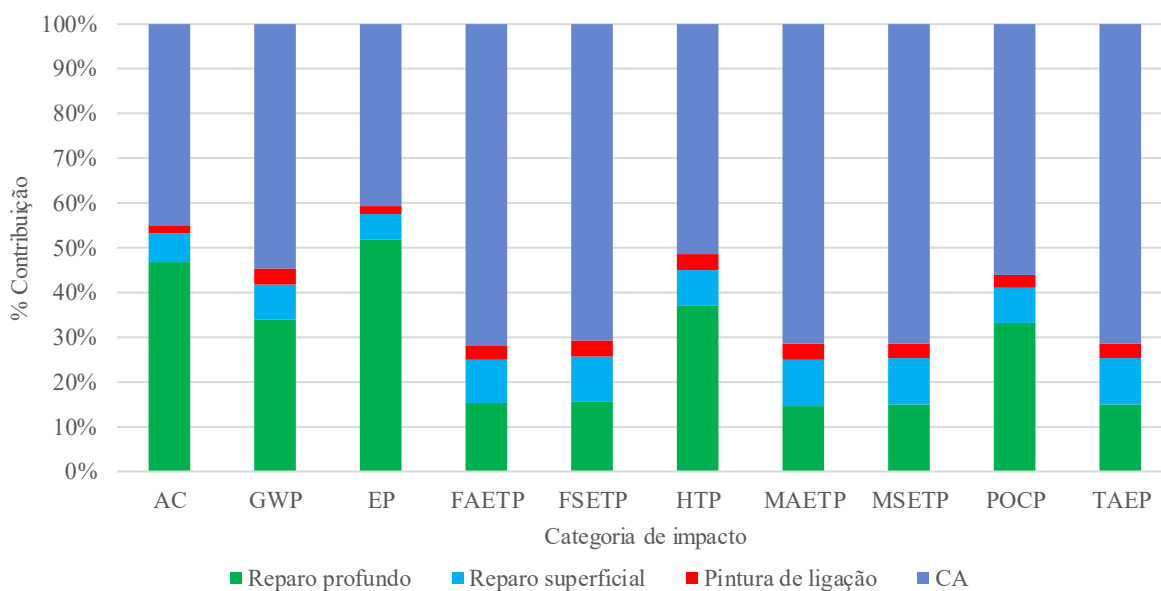
Quadro 25: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço Estrutural” na SC355 J/BR153

| Indicador | Remendo profundo | Remendo superficial | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,23E+02 | 5,89E+01 | 1,74E+01 | 4,07E+02 | 9,06E+02 |
| GWP | 2,83E+04 | 6,44E+03 | 2,99E+03 | 4,55E+04 | 8,32E+04 |
| EP | 7,43E+01 | 8,48E+00 | 2,37E+00 | 5,85E+01 | 1,44E+02 |
| FAETP | 3,07E+01 | 1,95E+01 | 6,49E+00 | 1,43E+02 | 2,00E+02 |
| FSETP | 6,83E+01 | 4,38E+01 | 1,47E+01 | 3,07E+02 | 4,34E+02 |
| HTP | 1,05E+04 | 2,27E+03 | 9,77E+02 | 1,46E+04 | 2,84E+04 |
| MAETP | 3,07E+03 | 2,21E+03 | 7,35E+02 | 1,51E+04 | 2,12E+04 |
| MSETP | 3,43E+03 | 2,41E+03 | 8,03E+02 | 1,65E+04 | 2,31E+04 |
| POCP | 4,62E+00 | 1,13E+00 | 4,07E-01 | 7,83E+00 | 1,40E+01 |
| TAEP | 4,21E+00 | 2,85E+00 | 9,58E-01 | 1,99E+01 | 2,79E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 29: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço Estrutural” na SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

O reforço estrutural (CA) foi a etapa que mais contribuiu para todas as categorias de impacto, entre 41% e 72%, seguida da etapa de remendo profundo, a qual contempla o corte da estrutura do pavimento e a recomposição de todas as camadas, resultando em valores de contribuição entre 15% e 52%.

A produção de agregado seguido do uso de diesel em equipamentos para execução das intervenções, a produção dos ligantes asfálticos e o uso de diesel no transporte dos materiais foram os sistemas que mais impactaram na acidificação, resultante da execução do remendo profundo (47%) e da camada de revestimento (45%).

A produção de ligantes asfálticos e o consumo de diesel em equipamentos e em veículos de transporte foram os principais sistemas contribuintes para a categoria de impacto mudanças climáticas, resultantes da atividade de remendo profundo (34%) e do revestimento (55%).

A execução do remendo profundo e da camada de reforço produzem 52% e 41%, respectivamente, na categoria de impacto eutrofização, resultado da elevada produção de agregados e de ligantes asfálticos, aliado ao consumo de diesel nos equipamentos para execução da intervenção e no transporte dos materiais.

A produção dos ligantes asfálticos é considerada uma das principais causadoras de impactos de ecotoxicidade, seja ela aquática, de sedimentos ou terrestre. Por isso, a camada de revestimento em CA representa, aproximadamente, 70% deste impacto, influenciada pelo remendo profundo (15%) e do remendo superficial (10%).

O consumo de diesel em equipamentos para a execução das intervenções juntamente com a produção do CAP, aliado à produção de agregado e ao transporte dos materiais, contribuem para a oxidação fotoquímica, contribuem de forma significativa na categoria de impacto toxicidade humana. O remendo profundo é responsável por, aproximadamente, 35% e a camada de CA, por 54% do total de impacto gerado para esta categoria.

7.4.2.2. Reciclagem SC355 J/BR153

A alternativa de restauração do tipo reciclagem profunda com adição de cimento foi simulada considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores (remendo profundo). Pelo fato de o processo de reciclagem abranger a trituração da camada de revestimento e parte da camada de base, não foi considerado intervenção na camada de revestimento, a espessura de corte foi de 18,0 cm e adição de 15% de agregado virgem e 3% de cimento Portland (LUVIZÃO, 2014). A sequência do processo executivo se dá com a execução de tratamento superficial simples com emulsão polimérica, seguida de limpeza, pintura de ligação emulsão asfáltica polimérica. A camada SAMI foi executada nos acostamentos e nas faixas de rolamento (3,0 cm de espessura), seguida de nova camada de pintura de ligação e finalizada com camada de revestimento em CA-B (asfalto-borracha), apenas nas faixas de rolamento.

O Quadro 26 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da reciclagem profunda com adição de cimento, enquanto o Gráfico 30 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 26: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC355 J/BR153

| Indicador | Remendo profundo | Reciclagem | TSS | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,25E+02 | 2,62E+02 | 4,32E+01 | 1,18E+01 | 1,74E+01 | 3,13E+02 | 1,07E+03 |
| GWP | 2,86E+04 | 1,78E+04 | 3,69E+03 | 1,91E+03 | 2,99E+03 | 3,50E+04 | 9,00E+04 |
| EP | 7,45E+01 | 4,74E+01 | 7,39E+00 | 1,69E+00 | 2,37E+00 | 4,50E+01 | 1,78E+02 |
| FAETP | 2,68E+01 | 1,17E+01 | 4,92E+00 | 3,59E+00 | 6,13E+00 | 1,09E+02 | 1,62E+02 |
| FSETP | 6,37E+01 | 1,88E+01 | 9,99E+00 | 8,30E+00 | 1,41E+01 | 2,35E+02 | 3,50E+02 |
| HTP | 1,02E+04 | 8,25E+03 | 1,14E+03 | 6,64E+02 | 9,55E+02 | 1,12E+04 | 3,24E+04 |
| MAETP | 2,97E+03 | 6,29E+02 | 4,76E+02 | 4,23E+02 | 7,19E+02 | 1,16E+04 | 1,68E+04 |
| MSETP | 3,41E+03 | 8,57E+02 | 5,36E+02 | 4,67E+02 | 7,91E+02 | 1,27E+04 | 1,87E+04 |
| POCP | 4,72E+00 | 2,59E+00 | 5,49E-01 | 2,57E-01 | 4,07E-01 | 6,02E+00 | 1,45E+01 |
| TAEP | 3,37E+00 | 6,77E-01 | 6,02E-01 | 5,23E-01 | 8,99E-01 | 1,52E+01 | 2,12E+01 |

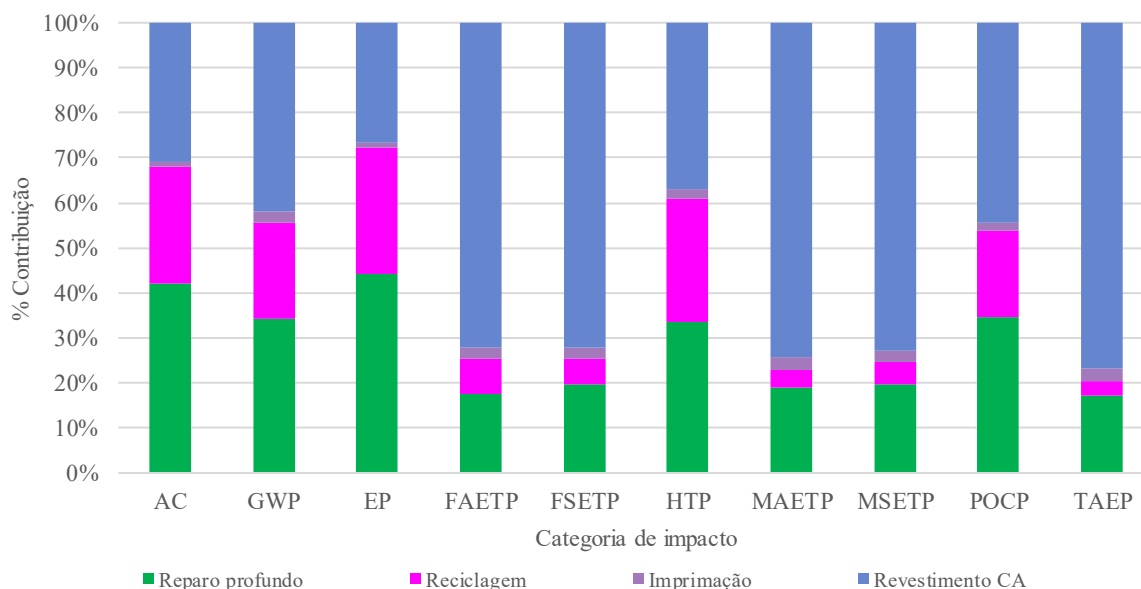
AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

A execução de camada reciclada contribui de forma significativa na geração de impactos nas categorias de acidificação (24%), mudanças climáticas (20%), eutrofização (27%), toxicidade humana (25%), oxidação fotoquímica (18%) e as demais com pequena contribuição, mostrando o elevado impacto no meio ambiente.

Diferentemente da alternativa de restauração reforço estrutural, a reciclagem profunda sofre maior interferência do consumo de diesel por parte dos maquinários e equipamentos necessários para a execução das camadas, maior parte atribuído ao processo de reciclagem, juntamente com o remendo profundo e o revestimento.

Gráfico 30: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Na categoria acidificação, o remendo profundo contribui com 40% dos impactos gerados, enquanto o revestimento em CA, com 29% e a reciclagem, com 24%, devido, principalmente à produção do agregado e o consumo de diesel nos equipamentos.

O revestimento asfáltico (39%), o remendo profundo (32%) e a reciclagem (20%) são as etapas executivas com maior impacto nas mudanças climáticas, resultante do uso de diesel em equipamentos e maquinários, da produção de betume e do transporte necessário para a movimentação dos materiais.

A eutrofização é impactada, principalmente, pelo remendo profundo (42%), pela reciclagem (27%) e pelo revestimento (25%), resultante da produção de agregado necessária em todas as camadas listadas e da demanda de diesel para o funcionamento dos equipamentos e maquinários.

A produção dos ligantes asfálticos contribuem de forma significativa na categoria de impacto ecotoxicidade com, aproximadamente, 68% de impacto gerado pelo revestimento e 17% pelo remendo profundo, mostrando mais uma vez a elevada influência que o revestimento possui na geração dos impactos ambientais.

Em relação a toxicidade humana, a execução da camada que mais interfere é o revestimento (35%), seguida da execução do remendo profundo (31%) e da reciclagem (25%), devido à demanda de diesel para os equipamentos e maquinários na execução das camadas, além da contribuição do processo de produção de ligantes asfálticos. Aliado à produção dos agregados e utilização de transporte para a movimentação dos agregados, ligantes e resíduos gera-se o impacto de oxidação fotoquímica, com 41% oriundo do revestimento, 32% do remendo profundo e 18% da reciclagem.

7.4.2.3.FC+RC75 SC355 J/BR153

A restauração do tipo fresagem contínua com recomposição foi adotada em todas as obras, sendo que a espessura de corte e de recomposição é diferenciada em função da estrutura existente, do volume de tráfego e da necessidade da obra em estudo. Nesta obra não foi necessário a execução de remendo profundo, pois esta alternativa foi aplicada sobre a camada reciclada com cimento, não sendo, portanto, necessário a intervenção nas camadas inferiores.

O Quadro 27 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC75, enquanto o Gráfico 31 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada

(processo) para o impacto total de cada categoria. Vale salientar que está contemplado nos cálculos a extração da matéria-prima, transporte e execução.

Quadro 27: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC75” na SC355 J/BR153

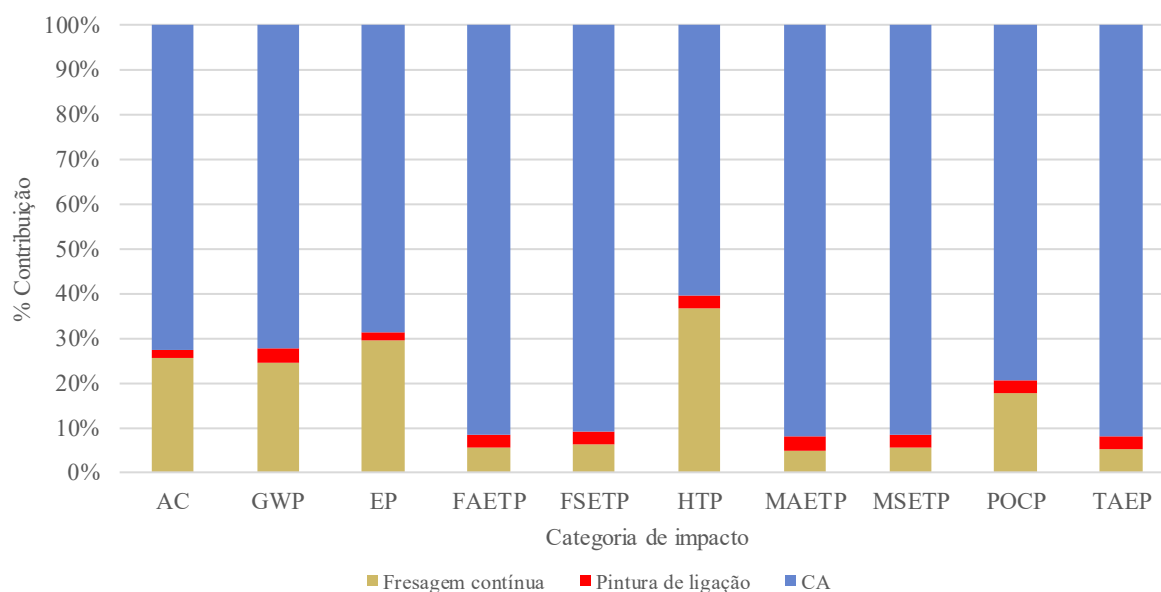
| Indicador | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 9,04E+01 | 7,35E+00 | 2,58E+02 | 3,56E+02 |
| GWP | 9,83E+03 | 1,27E+03 | 2,89E+04 | 4,00E+04 |
| EP | 1,60E+01 | 1,00E+00 | 3,71E+01 | 5,41E+01 |
| FAETP | 5,57E+00 | 2,74E+00 | 9,08E+01 | 9,91E+01 |
| FSETP | 1,34E+01 | 6,20E+00 | 1,95E+02 | 2,14E+02 |
| HTP | 5,61E+03 | 4,13E+02 | 9,28E+03 | 1,53E+04 |
| MAETP | 5,19E+02 | 3,11E+02 | 9,61E+03 | 1,04E+04 |
| MSETP | 6,38E+02 | 3,40E+02 | 1,05E+04 | 1,14E+04 |
| POCP | 1,12E+00 | 1,72E-01 | 4,97E+00 | 6,26E+00 |
| TAEP | 6,96E-01 | 4,05E-01 | 1,26E+01 | 1,37E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Para todas as categorias de impacto analisadas, a execução do revestimento representa mais 60% do impacto gerado. Em relação a ecotoxicidade, ela passa de 90% dos impactos, mostrando a importância na avaliação correta e no dimensionamento desta camada.

Gráfico 31: Contribuição de cada etapa para execução da restauração FC+RC75 na SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Quando analisada por categoria de impacto, identifica-se que o consumo de diesel necessário para o funcionamento dos equipamentos seguido da produção de agregado e de ligantes asfálticos são as variáveis que impactam na acidificação e nas mudanças climáticas.

A produção de ligantes asfálticos é o principal processo na geração de ecotoxicidade, tendo parcela de contribuição na toxicidade humana e na oxidação fotoquímica. Contudo, as duas últimas categorias de impacto mencionadas são também suscetíveis ao consumo de diesel em equipamentos e maquinários para execução das camadas de restauração.

7.4.2.4.FC-RC90 SC355 J/BR153

Diferentemente da restauração descrita anteriormente, nesta foi considerado a execução de remendo profundo, pois esta técnica foi aplicada sobre a camada de reforço estrutural, sendo necessário a intervenção nas camadas inferiores, em 20% da área restaurada. O processo consiste na execução dos remendos profundos necessários, com posterior fresagem (corte) da camada de revestimento, mantendo espessura suficiente para não desestabilizar a camada inferior, efetuada a limpeza da superfície, executada camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico novo. O Quadro 28 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC90, enquanto o Gráfico 32 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 28: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC90” na SC355 J/BR153

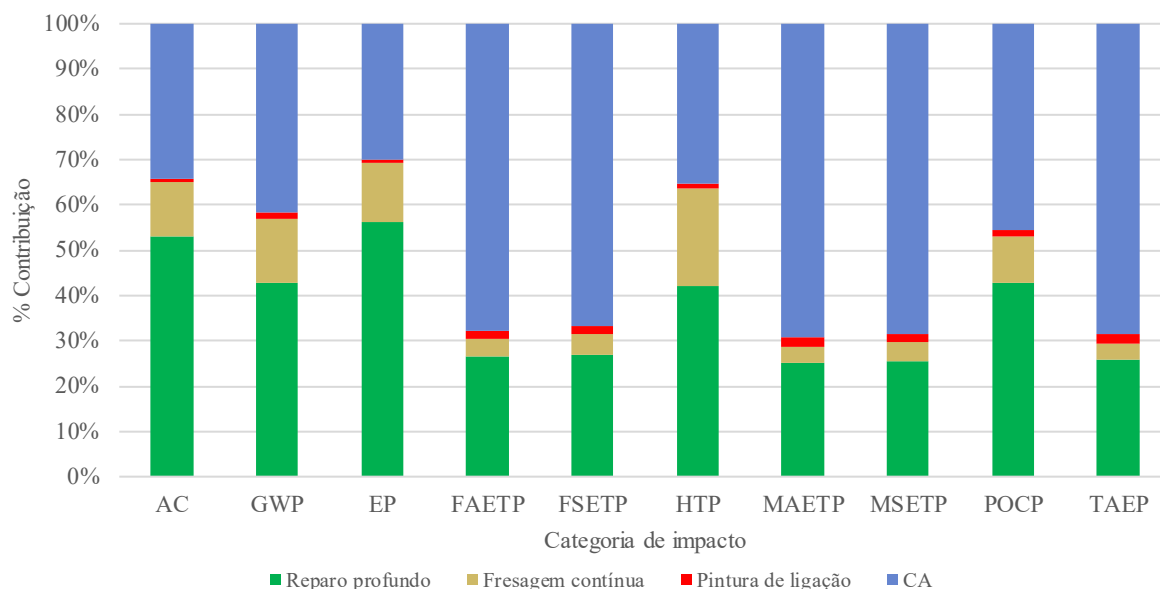
| Indicador | Remendo profundo | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,81E+02 | 1,09E+02 | 7,35E+00 | 3,10E+02 | 9,07E+02 |
| GWP | 3,56E+04 | 1,18E+04 | 1,27E+03 | 3,47E+04 | 8,33E+04 |
| EP | 8,37E+01 | 1,92E+01 | 1,00E+00 | 4,45E+01 | 1,48E+02 |
| FAETP | 4,25E+01 | 6,68E+00 | 2,74E+00 | 1,09E+02 | 1,61E+02 |
| FSETP | 9,49E+01 | 1,61E+01 | 6,20E+00 | 2,34E+02 | 3,51E+02 |
| HTP | 1,33E+04 | 6,73E+03 | 4,13E+02 | 1,11E+04 | 3,16E+04 |
| MAETP | 4,17E+03 | 6,23E+02 | 3,11E+02 | 1,15E+04 | 1,66E+04 |
| MSETP | 4,64E+03 | 7,65E+02 | 3,40E+02 | 1,26E+04 | 1,83E+04 |
| POCP | 5,60E+00 | 1,34E+00 | 1,72E-01 | 5,96E+00 | 1,31E+01 |
| TAEP | 5,66E+00 | 8,36E-01 | 4,05E-01 | 1,51E+01 | 2,20E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

O remendo profundo (53%), o revestimento (34%) e a fresagem contínua (12%) são as etapas construtivas que contribuem na categoria de impacto acidificação devido, principalmente, pela produção e agregado e o consumo de diesel por parte dos equipamentos

Gráfico 32: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC90” na SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Os maquinários consomem quantidade elevada de combustíveis tanto para a execução quanto para o transporte dos materiais, além da produção dos ligantes asfálticos contribuíram de forma significativa as mudanças climáticas. Fica evidente o uso nas etapas de remendo profundo (43%), revestimento (42%) e fresagem contínua (14%).

Ecotoxicidade produção de betume utilizada principalmente na camada de revestimento com contribuição de 68% e parcela na etapa de remendo profundo (26%).

A execução de remendos profundos impacta significativamente em todos os tipos de materiais, pois modifica todas as camadas do pavimento, contribuindo com 56% dos impactos gerados de eutrofização com a contribuição gerada pela produção de agregados e o consumo de combustíveis por maquinários na execução das camadas. Aliado a produção dos ligantes e o transporte de materiais proporcionam os impactos de oxidação fotoquímica, onde o remendo profundo (43%) e o CA (46%) possuem maior contribuição.

As máquinas e equipamentos utilizados na execução das camadas de revestimento asfáltico (35%) e remendo profundo (42%) consomem quantidade elevada de combustíveis, gerando emissões e conseqüentemente impactos voltados a categoria de toxicidade humana, interferindo na qualidade de vida das pessoas que vivem ao entorno da obra.

7.4.2.5. Comparação entre alternativas restauração da SC355 J/BR153

O Quadro 29 mostra o total de impacto gerado pela execução das diferentes técnicas de restaurações adotadas para a SC355 J/BR153. O Gráfico 33 exhibe os impactos relativos para cada categoria de impacto, comparando as alternativas de restauração.

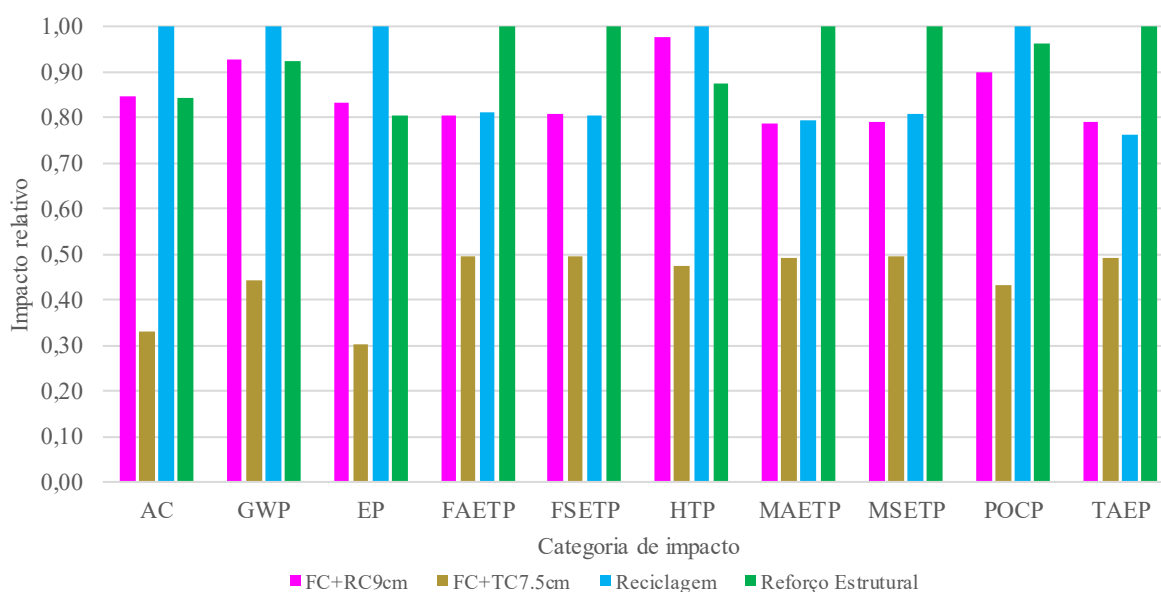
Quadro 29: Total de impacto gerado para a execução das alternativas de restauração aplicadas na SC355 J/BR153

| Indicador | Unidade | FC+RC90 | FC+TC75 | Reciclagem | Reforço Estrutural |
|-----------|------------------------|----------|----------|------------|--------------------|
| AC | kg SO ₂ -Eq | 9,07E+02 | 3,56E+02 | 1,07E+03 | 9,06E+02 |
| GWP | kg CO ₂ -Eq | 8,33E+04 | 4,00E+04 | 9,00E+04 | 8,32E+04 |
| EP | kg PO ₄ -Eq | 1,48E+02 | 5,41E+01 | 1,78E+02 | 1,44E+02 |
| FAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,61E+02 | 9,91E+01 | 1,62E+02 | 2,00E+02 |
| FSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 3,51E+02 | 2,14E+02 | 3,50E+02 | 4,34E+02 |
| HTP | kg 1,4-DCB-Eq | 3,16E+04 | 1,53E+04 | 3,24E+04 | 2,84E+04 |
| MAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,66E+04 | 1,04E+04 | 1,68E+04 | 2,12E+04 |
| MSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,83E+04 | 1,14E+04 | 1,87E+04 | 2,31E+04 |
| POCP | kg ethylene-Eq | 1,31E+01 | 6,26E+00 | 1,45E+01 | 1,40E+01 |
| TAEP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,20E+01 | 1,37E+01 | 2,12E+01 | 2,79E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 33: Impacto total relativo por alternativa de restauração para cada categoria de impacto SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

A reciclagem profunda com adição de cimento apresentou-se como a alternativa que mais impacta em cinco das dez categorias de impacto analisadas, o reforço estrutural se

sobressai nas outras cinco, especificamente quando analisado a ecotoxicidade, devido à produção de ligantes asfálticos. A fresagem contínua com recomposição 7,5cm é a alternativa com menor impacto observado.

Comparando as 4 alternativas de restauração simuladas, obteve-se que a FC+RC90 gera 15% menos impacto de acidificação que a alternativa de reciclagem, enquanto que a do reforço produz 16% menos e a FC+RC75, 67% menos, lembrando-se que a alternativa reciclagem tem 8,0 cm de camada de revestimento enquanto a alternativa do reforço tem 10,0 cm. Porém, a alternativa reciclagem, a camada reciclada tem incorporação de novo agregado (15%) e cimento (3,0%), além de horas de equipamentos para a execução da mesma. Observa-se que a produção de agregados é responsável pela maior contribuição ao impacto, seguido do consumo de diesel pelos equipamentos e maquinários, além da produção de ligante asfáltico e do transporte dos materiais.

Ao analisar a categoria de impacto “mudança climática”, foi aferido que a alternativa reforço e a FC+RC90 ficaram apenas 8% inferior que a alternativa reciclagem, enquanto a FC+RC75 reduz pela metade o impacto gerado.

A produção de agregado, principalmente na fase de trituração e triagem, seguido da utilização de combustível para os equipamentos e maquinários resultam em maiores impactos de eutrofização, fato pelo qual a alternativa de reciclagem apresenta maior geração, enquanto a FC+RC90 gera 17% menos, o reforço 19% e a FC+RC75 70%.

Ao se analisar as categorias de impacto voltadas a ecotoxicidade fica evidente a contribuição significativa da produção do CAP, utilizado em maior proporção na alternativa de reforço estrutural (camada asfáltica com 10,0 cm de espessura), a qual foi adotada como base para a comparação. Com espessura de 9,0 e 8,0 cm, respectivamente, a FC+RC90 e a alternativa de reciclagem resultaram em 20% menos emissão de poluentes, enquanto que a FC+RC75 reduz pela metade a geração de impacto nesta categoria. Visto ser uma categoria que mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para os ecossistemas e que a camada de revestimento asfáltico é a etapa de maior custo da obra, deve-se atentar muito para a adoção de espessuras elevadas na sua execução. Por outro lado, a toxicidade humana mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para a saúde humana e segurança alimentar e para a construção da rodovia, identificou-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários e a produção de betume são os sistemas o que mais influenciam na quantificação deste impacto ambiental. A alternativa FC+RC90 apresenta valores muito próximos à alternativa de reciclagem, enquanto com a execução da alternativa reforço é possível reduzir em 12% os impactos e na alternativa FC+RC75, em 53%.

A produção CAP aliado ao consumo de diesel, a produção de agregados e o transporte contribuem com parcela significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. Segundo Rodrigues (2015), a combustão do diesel é responsável por problemas respiratórios na população que vive nas imediações da geração. A reciclagem foi a alternativa com maior geração deste impacto, seguida da alternativa reforço, com 4% menos, da FC+RC90, com 10% menos, e da FC+RC75 com 57% a menos.

Os impactos relativos exibem a comparação entre as técnicas modeladas, porém é necessário destacar que nas alternativas de reciclagem, reforço e FC+RC90 está contemplado 20% de remendo profundo, enquanto na FC+RC75, esta etapa não foi incluída devido ela ser executada, ao longo do ciclo de vida, apenas após uma intervenção tipo reciclagem profunda.

Portanto, pode-se sintetizar que, de forma geral, a alternativa reciclagem apresentou maior contribuição para as categorias de impacto aferidas, seguida alternativa do reforço estrutural. Porém deve-se analisar o conjunto de intervenções ao longo do ciclo de vida, além dos custos despendidos para a execução das restaurações e manutenções.

7.4.3. Restaurações SC114 PSJ

Para a rodovia SC114 P/SJ foram simuladas cinco tipos de alternativa restaurações sendo elas: reforço estrutural (RE), reciclagem profunda com adição de cimento (RC), fresagem contínua de 4,0 cm e recomposição de 2,0 cm em SAMI mais 4,0 cm em mistura asfáltica com HiMA (HiMA), fresagem contínua com recomposição de 7,0 cm em CA (FC+RC70) e fresagem contínua com recomposição de 9,0 cm em CA (FC+RC90). Nos quadros a seguir detalha-se em kg a contribuição de cada etapa construtiva para a determinada categoria de impacto. Nos gráficos apresenta-se, em porcentagem, a contribuição de cada camada para a determinada categoria de impacto. A avaliação é apresentada por alternativa de intervenção e ao final realizada a comparação entre elas.

7.4.3.1. Reforço estrutural SC114 P/SJ

O reforço estrutural foi simulado considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo, 20% de intervenções na camada de revestimento, chamada de remendo superficial, aplicação de pintura de ligação em toda a extensão da rodovia e execução do reforço estrutural com 5,0 cm de espessura nas faixas de rolamento e 3,0 cm nos acostamentos. O Quadro 30 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução do

reforço estrutural, enquanto o Gráfico 34 mostra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

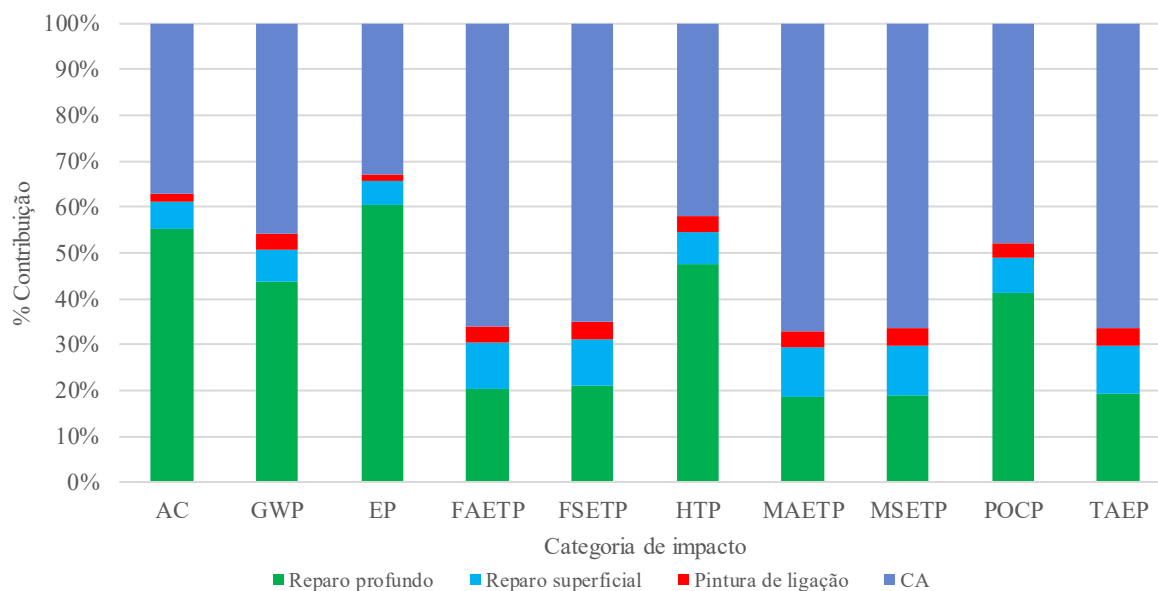
Quadro 30: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço estrutural” na SC114 P/SJ

| Indicador | Remendo profundo | Remendo superficial | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 3,38E+02 | 3,62E+01 | 1,09E+01 | 2,26E+02 | 6,10E+02 |
| GWP | 2,35E+04 | 3,88E+03 | 1,85E+03 | 2,47E+04 | 5,40E+04 |
| EP | 5,93E+01 | 5,21E+00 | 1,48E+00 | 3,23E+01 | 9,84E+01 |
| FAETP | 2,46E+01 | 1,21E+01 | 4,13E+00 | 7,97E+01 | 1,20E+02 |
| FSETP | 5,55E+01 | 2,71E+01 | 9,34E+00 | 1,72E+02 | 2,64E+02 |
| HTP | 9,25E+03 | 1,40E+03 | 6,23E+02 | 8,21E+03 | 1,95E+04 |
| MAETP | 2,36E+03 | 1,36E+03 | 4,68E+02 | 8,51E+03 | 1,27E+04 |
| MSETP | 2,65E+03 | 1,49E+03 | 5,11E+02 | 9,27E+03 | 1,39E+04 |
| POCP | 3,74E+00 | 6,93E-01 | 2,55E-01 | 4,34E+00 | 9,02E+00 |
| TAEP | 3,23E+00 | 1,76E+00 | 6,09E-01 | 1,11E+01 | 1,67E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 34: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço estrutural” na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

A pintura de ligação foi a etapa construtiva com menor impacto, representando, em média, 3% de contribuição em todas as categorias de impacto. O remendo superficial resultou entre 5% e 11% de impacto, visto ser aplicado em 20% da camada de revestimento e contemplar a fresagem, a pintura de ligação e a recomposição da camada.

O reforço estrutural, foi a etapa que mais contribui para as categorias de impacto, entre 33% e 67%, seguida da etapa de remendo profundo, a qual contempla o corte da estrutura do pavimento e a recomposição de todas as camadas, resultando em valores de contribuição entre 19% e 60%.

A produção de agregado seguido do uso de diesel em equipamentos para execução das intervenções, a produção dos ligantes asfálticos e o uso de diesel no transporte dos materiais foram os sistemas que mais impactaram na acidificação, resultante da execução do remendo profundo (55%) e da camada de revestimento (37%).

A execução (demanda de diesel para o funcionamento dos equipamentos e maquinários) e a produção de ligantes asfálticos foram os principais sistemas contribuintes para a categoria de impacto mudanças climáticas, resultantes da atividade de remendo profundo (44%) e do revestimento (46%).

A execução do remendo profundo e da camada de revestimento em CA produzem 60% e 33%, respectivamente, de impacto quando considerado a categoria de impacto eutrofização, resultado da elevada produção de agregados e ao consumo de diesel nos equipamentos para execução da intervenção.

A produção dos ligantes asfálticos é considerada uma das principais causadoras de impactos de ecotoxicidade, seja ela aquática, de sedimentos ou terrestre, por isso, a camada de CA representa aproximadamente 66% deste impacto, influenciada pelo remendo profundo (20%) e do remendo superficial (10%).

O remendo profundo responsável por aproximadamente 47% e a camada de CA por 42% do total de impacto gerado na categoria toxicidade humana. O consumo de diesel em equipamentos para a execução das intervenções juntamente com a produção de betume, contribuem de forma significativa na categoria. Aliado a produção de agregado e ao transporte dos materiais, contribuem para a oxidação fotoquímica, onde o remendo profundo contribui com 41% e o CA com 48% dos impactos gerados.

Ao fazer um paralelo com a SC355 J/BR153 fica evidente a redução dos impactos ocasionados pela camada de reforço estrutural, isso deve-se, principalmente a espessura da camada de revestimento, apresentando a metade da espessura da primeira obra.

7.4.3.2. Reciclagem SC114 P/SJ

A restauração do tipo reciclagem profunda com adição de cimento foi simulada considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo.

Pelo fato de o processo de reciclagem abranger a trituração da camada de revestimento e parte da camada de base, não foi considerada intervenção na camada de revestimento, a espessura de corte foi de 18,5 cm e adição de 15% de agregado virgem e 3% de cimento Portland. Após execução de tratamento superficial simples com emulsão polimérica, seguida de limpeza, execução de imprimação com asfalto diluído, pintura de ligação emulsão asfáltica polimérica. A camada SAMI foi executada nos acostamentos e nas faixas de rolamento (3 cm de espessura), seguida de nova camada de pintura de ligação e finalizada com camada de revestimento em CA-B apenas nas faixas de rolamento.

O Quadro 31 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da reciclagem profunda com adição de cimento, enquanto o Gráfico 35 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 31: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC114 P/SJ

| Indicador | Remendo profundo | Reciclagem | TSS | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,01E+02 | 2,95E+02 | 4,48E+01 | 1,29E+01 | 1,85E+01 | 3,33E+02 | 1,11E+03 |
| GWP | 2,54E+04 | 1,94E+04 | 3,23E+03 | 2,06E+03 | 3,14E+03 | 3,65E+04 | 8,98E+04 |
| EP | 7,10E+01 | 5,34E+01 | 7,68E+00 | 1,84E+00 | 2,52E+00 | 4,78E+01 | 1,84E+02 |
| FAETP | 1,98E+01 | 1,16E+01 | 5,25E+00 | 3,98E+00 | 6,67E+00 | 1,17E+02 | 1,64E+02 |
| FSETP | 4,84E+01 | 2,01E+01 | 1,07E+01 | 9,20E+00 | 1,53E+01 | 2,53E+02 | 3,57E+02 |
| HTP | 9,42E+03 | 9,39E+03 | 1,24E+03 | 7,36E+02 | 1,04E+03 | 1,21E+04 | 3,39E+04 |
| MAETP | 2,21E+03 | 7,03E+02 | 5,03E+02 | 4,67E+02 | 7,80E+02 | 1,25E+04 | 1,72E+04 |
| MSETP | 2,58E+03 | 9,60E+02 | 5,66E+02 | 5,17E+02 | 8,58E+02 | 1,37E+04 | 1,92E+04 |
| POCP | 4,25E+00 | 2,88E+00 | 5,35E-01 | 2,79E-01 | 4,34E-01 | 6,41E+00 | 1,48E+01 |
| TAEP | 2,40E+00 | 6,97E-01 | 6,40E-01 | 5,79E-01 | 9,77E-01 | 1,63E+01 | 2,16E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

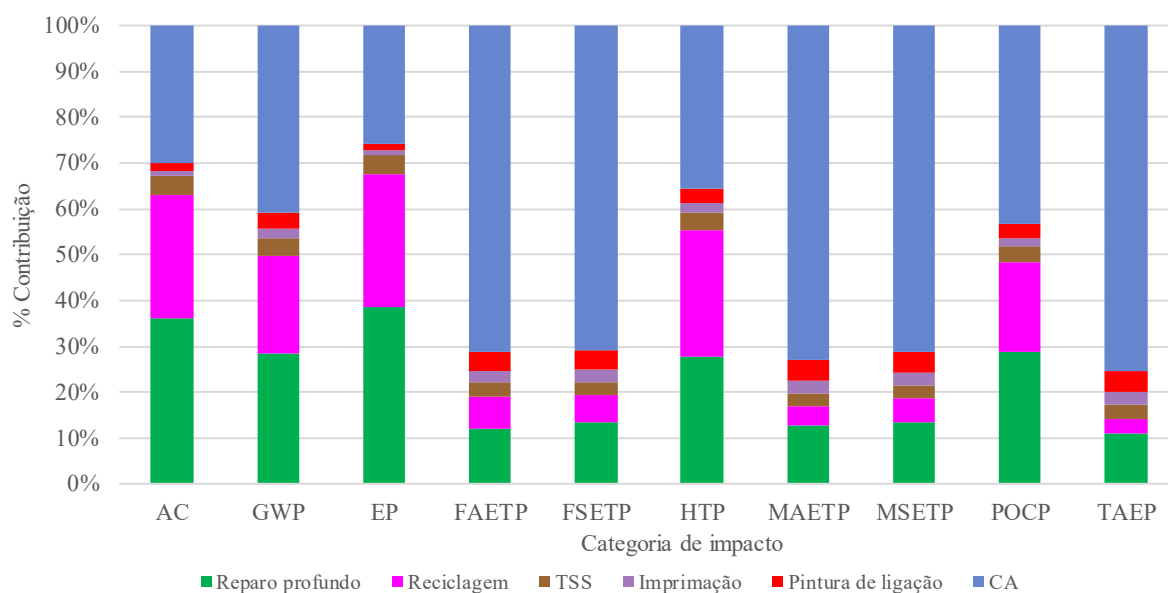
Fonte: elaborado pela autora.

A execução de camada reciclada contribui de forma significativa na geração de impactos nas categorias de acidificação (27%), mudanças climáticas (22%), eutrofização (29%), toxicidade humana (28%), oxidação fotoquímica (19%) e as demais com pequena contribuição, mostrando o elevado impacto no meio ambiente.

Diferentemente do método de restauração reforço estrutural, a reciclagem profunda sofre maior interferência do consumo de diesel por parte dos maquinários e equipamentos necessários para a execução das camadas, maior parte atribuído ao processo de reciclagem, juntamente com o remendo profundo e o revestimento.

Na categoria acidificação o remendo profundo contribui com 36% dos impactos gerados, enquanto o revestimento em CA com 30% e a reciclagem com 27%, devido, principalmente a produção do agregado e o consumo de diesel nos equipamentos.

Gráfico 35: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

O revestimento asfáltico (41%), o remendo profundo (28%) e a reciclagem (22%) são as etapas executivas com maior impacto nas mudanças climáticas, resultante do uso de diesel em equipamentos e maquinários, da produção de ligantes asfálticos e do transporte necessário para a movimentação dos materiais.

A eutrofização é impactada principalmente pelo remendo profundo (39%), pela reciclagem (29%) e pelo revestimento (26%), resultante da produção de agregado necessária em todas as camadas listadas e da demanda de diesel para o funcionamento dos equipamentos e maquinários.

A produção dos ligantes asfálticos contribuem de forma significativa nas categorias de impacto ecotoxicidade, com aproximadamente 72% de impacto gerado pelo revestimento e 13% pelo remendo profundo. Mais uma vez mostrando a elevada influência que o revestimento possui na geração dos impactos ambientais.

Quando se fala em toxicidade humana as camadas que mais interferem são revestimento (36%), remendo profundo e reciclagem (28%), devido a demanda de diesel para os equipamentos e maquinários na execução das camadas, além da contribuição do processo de produção de ligantes asfálticos. Aliado a produção dos agregados e utilização de transporte para

a movimentação dos agregados, ligantes e resíduos gera-se o impacto de oxidação fotoquímica, com 43% oriundo do revestimento, 29% do remendo profundo e 19% da reciclagem.

7.4.3.3.HiMA SC114 P/SJ

A restauração do tipo fresagem contínua de 4 cm e recomposição de 2 cm em SAMI mais 4 cm em mistura asfáltica com HiMA foi utilizada apenas nesta obra. O processo consiste na fresagem (corte) da camada de revestimento, efetuada a limpeza da superfície, executada camada de pintura de ligação com aplicação da camada SAMI, nova camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico HiMA. Definiu-se 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo. O Quadro 32 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da HiMA, enquanto o Gráfico 36 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria. Vale salientar que está contemplado desde a extração da matéria-prima, transporte e execução.

Quadro 32: Total de impacto para aplicação da restauração “HiMA” na SC114 P/SJ

| Indicador | Remendo profundo | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA - HiMA | Total |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------|-----------|----------|
| AC | 4,50E+02 | 5,03E+01 | 1,52E+01 | 2,15E+02 | 7,31E+02 |
| GWP | 3,14E+04 | 5,47E+03 | 2,59E+03 | 2,36E+04 | 6,30E+04 |
| EP | 7,91E+01 | 8,90E+00 | 2,07E+00 | 3,09E+01 | 1,21E+02 |
| FAETP | 3,27E+01 | 3,10E+00 | 5,78E+00 | 7,61E+01 | 1,18E+02 |
| FSETP | 7,40E+01 | 7,46E+00 | 1,31E+01 | 1,64E+02 | 2,59E+02 |
| HTP | 1,23E+04 | 3,12E+03 | 8,72E+02 | 7,84E+03 | 2,42E+04 |
| MAETP | 3,15E+03 | 2,89E+02 | 6,55E+02 | 8,12E+03 | 1,22E+04 |
| MSETP | 3,54E+03 | 3,55E+02 | 7,16E+02 | 8,85E+03 | 1,35E+04 |
| POCP | 4,98E+00 | 6,22E-01 | 3,57E-01 | 4,14E+00 | 1,01E+01 |
| TAEP | 4,30E+00 | 3,88E-01 | 8,52E-01 | 1,06E+01 | 1,62E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

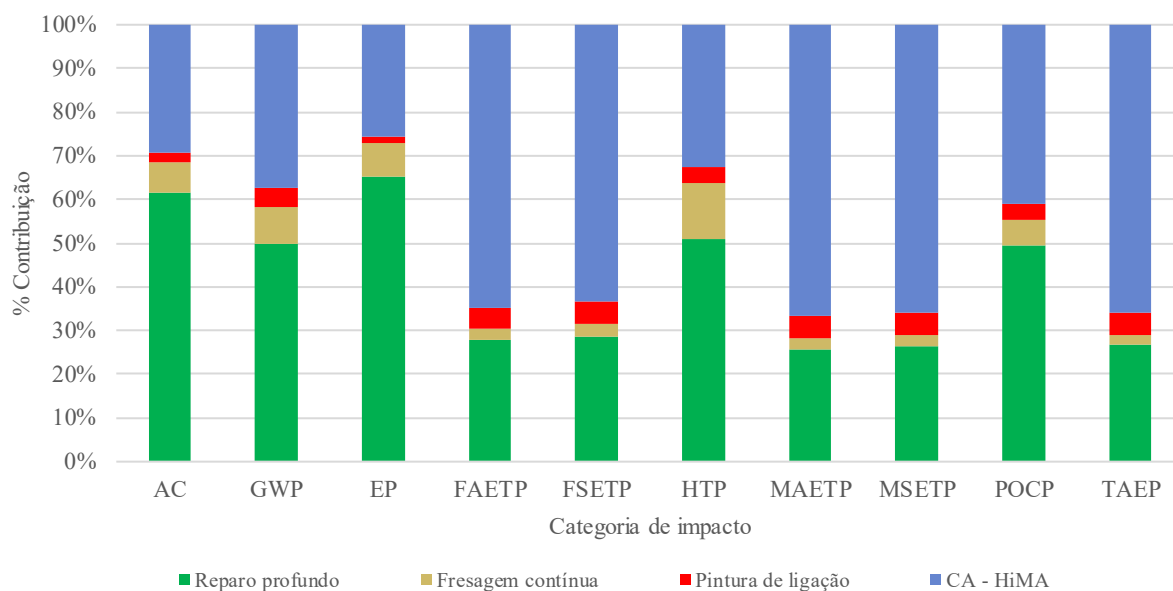
Fonte: elaborado pela autora.

O remendo profundo (62%) e o revestimento (29%) são as etapas construtivas que contribuem na categoria de impacto acidificação devido, principalmente, pela produção de agregado e o consumo de diesel por parte dos equipamentos

Os maquinários consomem quantidade elevada de combustíveis tanto para a execução quanto para o transporte dos materiais, além da produção dos ligantes asfálticos contribuíram de forma significativa as mudanças climáticas. Fica evidente o uso nas etapas de remendo profundo (50%) e revestimento (39%).

A produção de betume utilizada principalmente na camada de revestimento com contribuição de 65% e parcela na etapa de remendo profundo (27%) é o sistema que mais impacta na ecotoxicidade.

Gráfico 36: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “HiMA” na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

A execução de remendos profundos impacta significativamente em todos os tipos de materiais, pois modifica todas as camadas do pavimento, contribuindo com 65% dos impactos gerados de eutrofização com a contribuição gerada pela produção de agregados e o consumo de combustíveis por maquinários na execução das camadas. Aliado a produção dos ligantes e o transporte de materiais proporcionam os impactos de oxidação fotoquímica, onde o remendo profundo (49%) e o HiMA (41%) possuem maior contribuição.

As máquinas e equipamentos utilizados na execução das camadas de revestimento asfáltico com contribuição da produção de ligantes asfálticos geram emissões e consequentemente impactos voltados a categoria de toxicidade humana, interferindo na qualidade de vida das pessoas que vivem ao entorno da obra. O remendo profundo contribui com 51% enquanto a camada de HiMA 32%.

7.4.3.4.FC+RC70 SC114 P/SJ

O processo consiste na fresagem (corte) da camada de revestimento, mantendo espessura suficiente para não desestabilizar a camada inferior, efetuada a limpeza da superfície,

executada camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico novo. Nesta obra não foi considerado remendo profundo, pois esta técnica foi aplicada sobre a camada reciclada com cimento, portanto não sendo necessário a intervenção nas camadas inferiores.

O Quadro 33 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC70, enquanto o Gráfico 37 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

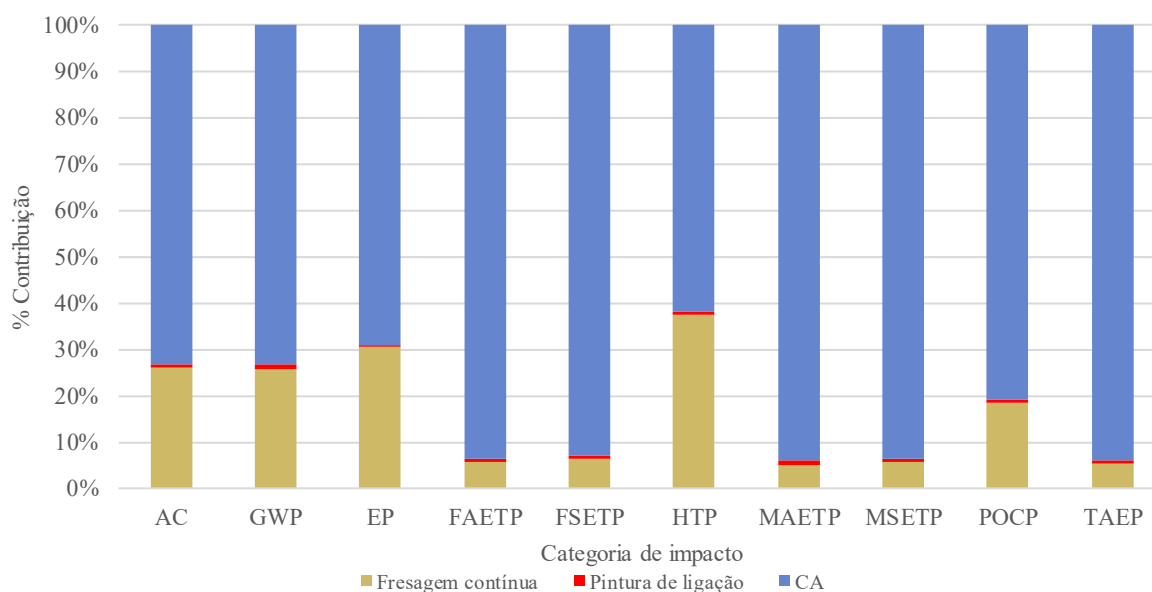
Quadro 33: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC70” na SC114 P/SJ

| Indicador | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 8,95E+01 | 1,84E+00 | 2,51E+02 | 3,43E+02 |
| GWP | 9,73E+03 | 3,12E+02 | 2,75E+04 | 3,76E+04 |
| EP | 1,59E+01 | 2,50E-01 | 3,60E+01 | 5,21E+01 |
| FAETP | 5,51E+00 | 6,97E-01 | 8,88E+01 | 9,50E+01 |
| FSETP | 1,33E+01 | 1,58E+00 | 1,92E+02 | 2,06E+02 |
| HTP | 5,55E+03 | 1,05E+02 | 9,14E+03 | 1,48E+04 |
| MAETP | 5,14E+02 | 7,89E+01 | 9,47E+03 | 1,01E+04 |
| MSETP | 6,31E+02 | 8,63E+01 | 1,03E+04 | 1,10E+04 |
| POCP | 1,11E+00 | 4,31E-02 | 4,83E+00 | 5,98E+00 |
| TAEP | 6,89E-01 | 1,03E-01 | 1,24E+01 | 1,32E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 37: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC70” na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

Para todas as categorias de impacto analisadas, o revestimento representa mais 60% do impacto gerado. Em relação a ecotoxicidade passa de 90% dos impactos, mostrando a

importância na avaliação correta e no dimensionamento desta camada. Enquanto a pintura de ligação representa em torno de 1% de todo o impacto.

Quando analisada por categoria de impacto, identifica-se que o consumo de diesel necessário para o funcionamento dos equipamentos seguido da produção de agregado e de ligantes asfálticos são os que impactam na acidificação e nas mudanças climáticas.

A produção de ligantes asfálticos é o principal processo na geração de ecotoxicidade, tendo parcela de contribuição na toxicidade humana e na oxidação fotoquímica. Contudo, as duas últimas categorias de impacto mencionadas são suscetíveis ao consumo de diesel em equipamentos e maquinários para execução das camadas de restauração.

7.4.3.5.FC-RC90 SC114 P/SJ

Diferentemente da restauração descrita anteriormente, nesta foi considerado remendo profundo, pois esta técnica foi aplicada sobre a camada de reforço estrutural, sendo necessário a intervenção nas camadas inferiores, em 20% da área restaurada. O processo consiste na execução dos remendos profundos necessários, com posterior fresagem (corte) da camada de revestimento, mantendo espessura suficiente para não desestabilizar a camada inferior, efetuada a limpeza da superfície, executada camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico novo. O Quadro 34 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC90, enquanto o Gráfico 38 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

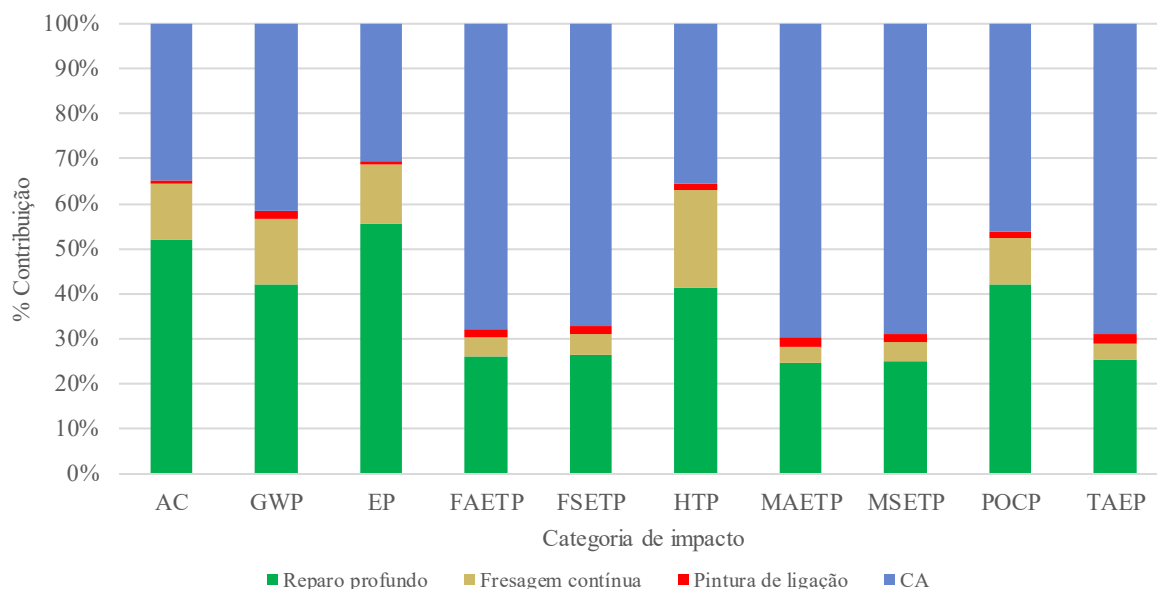
Quadro 34: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC90” na SC114 P/SJ

| Indicador | Remendo profundo | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,87E+02 | 1,15E+02 | 7,62E+00 | 3,23E+02 | 9,33E+02 |
| GWP | 3,57E+04 | 1,25E+04 | 1,29E+03 | 3,54E+04 | 8,49E+04 |
| EP | 8,46E+01 | 2,04E+01 | 1,04E+00 | 4,63E+01 | 1,52E+02 |
| FAETP | 4,37E+01 | 7,09E+00 | 2,89E+00 | 1,14E+02 | 1,68E+02 |
| FSETP | 9,77E+01 | 1,71E+01 | 6,54E+00 | 2,46E+02 | 3,68E+02 |
| HTP | 1,37E+04 | 7,14E+03 | 4,36E+02 | 1,18E+04 | 3,31E+04 |
| MAETP | 4,30E+03 | 6,60E+02 | 3,28E+02 | 1,22E+04 | 1,75E+04 |
| MSETP | 4,79E+03 | 8,11E+02 | 3,58E+02 | 1,33E+04 | 1,92E+04 |
| POCP | 5,66E+00 | 1,42E+00 | 1,79E-01 | 6,21E+00 | 1,35E+01 |
| TAEP | 5,82E+00 | 8,86E-01 | 4,26E-01 | 1,59E+01 | 2,31E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 38: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC90” na SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

O remendo profundo (52%), o revestimento (35%) e a fresagem contínua (12%) são as etapas construtivas que contribuem na categoria de impacto acidificação devido, principalmente, pela produção e agregado e o consumo de diesel por parte dos equipamentos, com contribuição da produção de ligante asfáltico e transporte.

Fica evidente o uso de maquinários que consomem quantidade elevada de combustíveis tanto para a execução quanto para o transporte dos materiais, além da produção dos ligantes asfálticos contribuíram de forma significativa as mudanças climáticas. Destacando-se as etapas de remendo profundo (42%), revestimento (42%) e fresagem contínua (15%).

A produção de agregados necessário para a execução de remendo profundo (56%) e revestimento em CA (30%) juntamente com o consumo de diesel por parte dos maquinários são as etapas construtivas que geram impactos de eutrofização. Por outro lado, a produção de betume gera impacto elevado no ecossistema (ecotoxicidade), com contribuição de 69% da camada em CA e 25% do remendo profundo.

A toxicidade humana provoca alterações significativas na vida do ser humano que vive ao entorno do gerador. Nesta técnica de restauração o remendo profundo contribui com 42%, enquanto o CA com 36% e a fresagem com 22%, isso deve-se ao consumo de diesel para o funcionamento dos maquinários e a produção dos ligantes asfálticos para as camadas asfálticas. Ao incluir a produção de agregados e o uso de diesel para o transporte de materiais, ocorre a oxidação fotoquímica, com contribuição de 46% da camada em CA, 42% do processo de

remendo profundo e 11% da fresagem. Reduzir a distância de transporte e aumentar a capacidade de transporte dos veículos possibilita a redução desses impactos.

7.4.3.6. Comparação entre as restaurações SC114 P/SJ

O Quadro 35 demonstra o total de impacto gerado pela execução das diferentes técnicas de restaurações adotadas para a SC114 P/SJ. O

Gráfico 39 exhibe os impactos relativos para cada categoria de impacto, comparando as técnicas de restaurações.

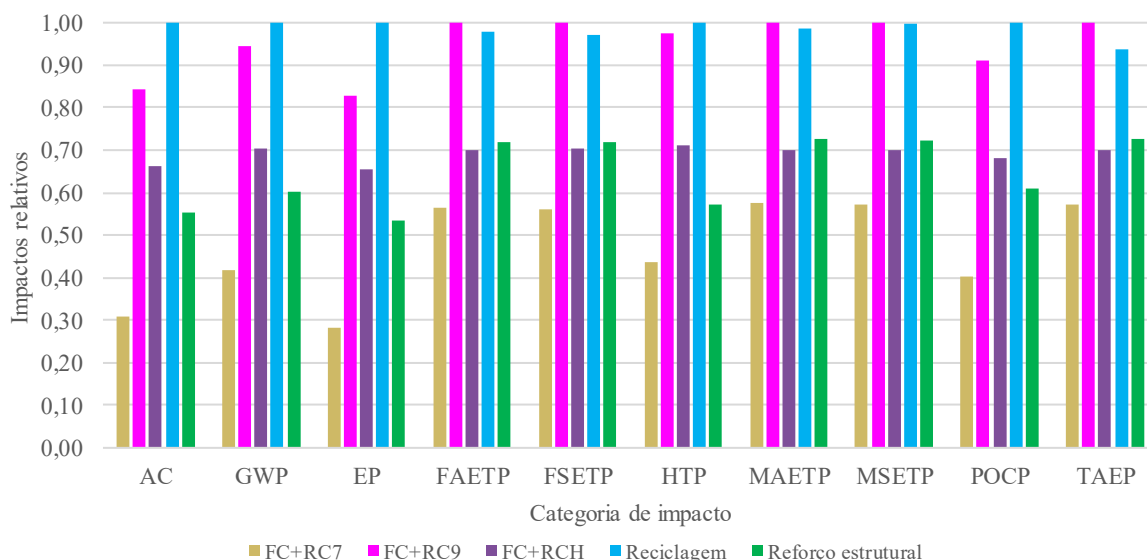
Quadro 35: Total de impacto gerado para a execução das alternativas de restauração aplicadas na SC114 P/SJ

| Indicador | Unidade | FC+RC7 | FC+RC9 | FC+RCH | Reciclagem | Reforço estrutural |
|-----------|------------------------|----------|----------|----------|------------|--------------------|
| AC | kg SO ₂ -Eq | 3,43E+02 | 9,33E+02 | 7,31E+02 | 1,11E+03 | 6,10E+02 |
| GWP | kg CO ₂ -Eq | 3,76E+04 | 8,49E+04 | 6,30E+04 | 8,98E+04 | 5,40E+04 |
| EP | kg PO ₄ -Eq | 5,21E+01 | 1,52E+02 | 1,21E+02 | 1,84E+02 | 9,84E+01 |
| FAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 9,50E+01 | 1,68E+02 | 1,18E+02 | 1,64E+02 | 1,20E+02 |
| FSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,06E+02 | 3,68E+02 | 2,59E+02 | 3,57E+02 | 2,64E+02 |
| HTP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,48E+04 | 3,31E+04 | 2,42E+04 | 3,39E+04 | 1,95E+04 |
| MAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,01E+04 | 1,75E+04 | 1,22E+04 | 1,72E+04 | 1,27E+04 |
| MSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,10E+04 | 1,92E+04 | 1,35E+04 | 1,92E+04 | 1,39E+04 |
| POCP | kg ethylene-Eq | 5,98E+00 | 1,35E+01 | 1,01E+01 | 1,48E+01 | 9,02E+00 |
| TAEP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,32E+01 | 2,31E+01 | 1,62E+01 | 2,16E+01 | 1,67E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO₂Eq); GWP (Mudanças climáticas em kg CO₂Eq); EP (Potencial de eutrofização em kg PO₄Eq); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 39: Impacto total relativo por alternativa de restauração para cada categoria de impacto SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

A reciclagem profunda com adição de cimento apresentou-se como a alternativa que mais impacta em seis das dez categorias de impacto analisadas, sendo que a FC+RC90 se sobressai em cinco categorias, especificamente quando analisado a ecotoxicidade, devido a produção de ligantes asfálticos e a espessura da camada de revestimento. Essas duas alternativas resultaram em impactos muito próximos, sendo necessária a avaliação do desempenho e do custo de implantação. As alternativas de reforço estrutural e HiMA culminaram em impactos parecidos como será detalhado abaixo, a técnica FC+RC70 apresenta menor contribuição para as categorias de impacto analisadas.

Comparando as 5 técnicas de restauração adotadas, obteve-se que a FC+RC90 gera 16% menos impacto de acidificação que a reciclagem, enquanto a HiMA apresenta 34% de redução, o reforço produz 45% menos e a FC+RC70, 69%. Considerando que a reciclagem possui 8 cm de camada de revestimento enquanto a FC+RC90 possui 9 cm e a camada de HiMA 6 cm, porém a reciclagem possui uma camada reciclada com a incorporação de novo agregado e cimento, além do uso de horas de equipamentos para a execução da mesma, observa-se que a produção de agregados é responsável pela maior contribuição ao impacto, seguido do consumo de diesel pelos equipamentos e maquinários, além da produção de ligante asfáltico e do transporte dos materiais.

Ao analisar a categoria de impacto mudança climática, foi aferido que a FC+RC90 ficaram apenas 5% inferior que a alternativa reciclagem, enquanto a HiMA reduz em torno de 30% o impacto, o reforço estrutural resultou em 40% inferior e a FC+RC70 em 58% menos impacto, sendo possível identificar que o remendo profundo tem elevada interferência. Segundo Wenzel; Hauschild; Alting (1997) e Savietto (2017) a principal fonte desses gases é a combustão de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), muito utilizados nas técnicas descritas. A quantidade de material utilizado, o transporte e a execução das camadas, o que consome elevada quantidade de diesel e a produção do ligante asfáltico contribuem significativamente para a geração deste impacto. Fato que foi identificado por Olsson, Kärman, Gustafsoon (2006), onde essas atividades geram aumento do consumo de energia e a queima de combustíveis fósseis ocasionando o excesso de CO₂ na atmosfera.

A produção de agregado, principalmente a fase de trituração e triagem, seguido da utilização de combustível para os equipamentos e maquinários resultam em maiores impactos de eutrofização, fato pelo qual a reciclagem apresenta maior geração, enquanto a FC+RC90 gera 17%, a HiMA com 34%, o reforço 47% e a FC+RC75 72% menos impacto que a reciclagem. Bressi et al (2018) identificou que as etapas de execução de base e sub-base foram as que mais impactaram nesta categoria, justamente por utilizar mais agregado e necessitar

maior número de viagens para transporte dos materiais, isso fica evidente na execução da camada reciclada e nas espessuras das camadas de revestimento asfáltico.

Ao se analisar as categorias de impacto voltadas a ecotoxicidade fica evidente a interferência significativa da produção do ligante asfáltico, o qual é utilizado nas camadas de revestimento asfáltico, pintura de ligação, imprimação, remendos superficiais e remendos profundos. Identifica-se maior proporção de uso nas técnicas de FC+RC90 e reciclagem (camada asfáltica com 9 cm e 8 cm de espessura, respectivamente). O reforço estrutural e a alternativa HiMA resultaram em média 29% de redução nos impactos, se comparado com FC+RC90 e reciclagem. E a FC+RC70 apresentou redução de 43% na geração dos impactos quanto a ecotoxicidade. Visto ser uma categoria que mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para os ecossistemas e que a camada de revestimento asfáltico é a etapa de maior custo da obra, deve-se atentar muito a adoção de espessura e do material utilizado na sua execução.

A toxicidade humana mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para a saúde humana e segurança alimentar, e para a construção da rodovia identificou-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários e a produção de betume são os sistemas o que mais influenciam na quantificação deste impacto ambiental. A reciclagem e a FC+RC90 apresentam valores muito próximos, enquanto com a execução da HiMA houve redução de 29%, para o reforço foi possível reduzir em 43% dos impactos e a FC+RC70 em 56%.

A produção de betume aliado ao consumo de diesel por parte dos maquinários, a produção de agregados e o transporte contribuem com parcela significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. Segundo Rodrigues (2015) é responsável por problemas respiratórios na população que vive nas imediações da geração. A reciclagem foi a alternativa com maior geração de impacto, seguida da FC+RC90 com 9% menos impacto, da HiMA 32% inferior, do reforço com 39% menos, e a FC+RC70 com 60% inferior.

Os impactos relativos exibem a comparação entre as técnicas modeladas, porém é necessário destacar que nas técnicas de reciclagem, reforço, HiMA e FC+RC90 está contemplado 20% de remendo profundo, enquanto na FC+RC70 não foi incluída devido ser executada, ao longo do ciclo de vida, apenas após uma intervenção tipo reciclagem profunda.

Portanto, pode-se resumir que de forma geral a reciclagem e a FC+RC90 apresentaram as maiores contribuições para as categorias de impacto aferidas, seguida do reforço estrutural e da HiMA, porém deve-se analisar o conjunto de intervenções ao longo do ciclo de vida, além dos custos despendidos para a execução das restaurações e manutenções.

7.4.4. Restaurações SC114 L/OC

Para a rodovia SC114 L/OC foram simuladas seis tipos de restaurações diferentes, sendo elas: reforço estrutural (RE), reciclagem profunda com adição de cimento (RC), fresagem contínua com recomposição de 11 cm em CA (FC+RC110), fresagem contínua com recomposição de 14 cm em CA (FC+RC140), *Whitetopping* e substituição de juntas. Nos quadros detalha-se em kg a contribuição de cada etapa construtiva para a determinada categoria de impacto. Nos gráficos apresenta-se em porcentagem a contribuição de cada camada para a determinada categoria de impacto. A avaliação será apresentada por alternativa de intervenção e ao final realizada a comparação entre elas.

7.4.4.1. Reforço estrutural SC114 L/OC

O reforço estrutural foi simulado considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo, 20% de intervenções na camada de revestimento, chamada de remendo superficial, aplicação de pintura de ligação em toda a extensão da rodovia e execução do reforço estrutural com 15 cm de espessura nas faixas de rolamento e 10 cm nos acostamentos. O Quadro 36 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução do reforço estrutural, enquanto o Gráfico 40 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

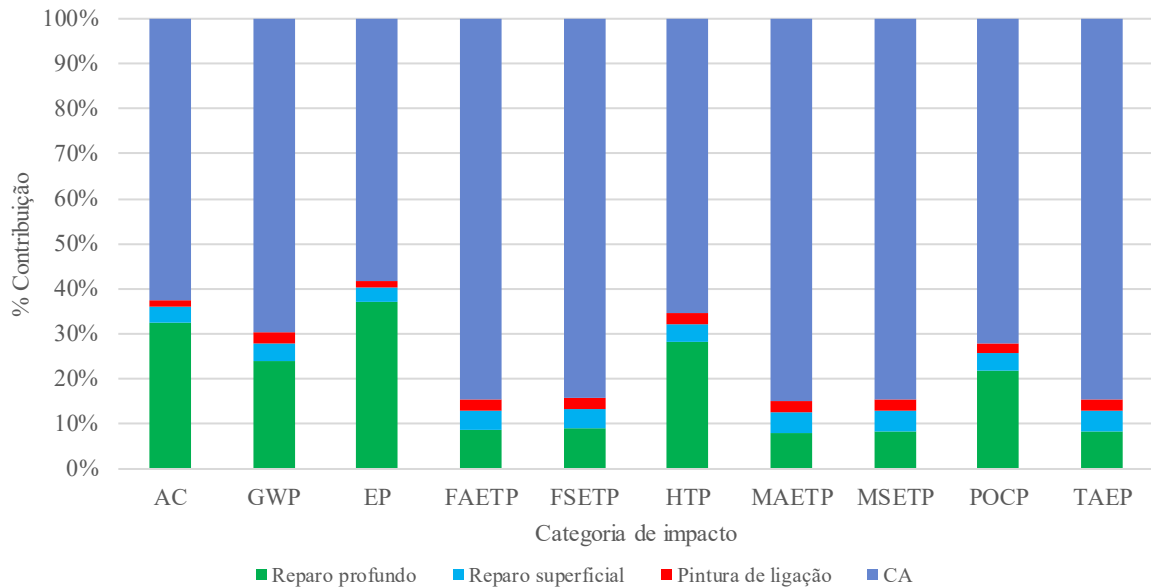
Quadro 36: Total de impacto para aplicação da restauração “Reforço estrutural” na SC114 L/OC

| Indicador | Remendo profundo | Remendo superficial | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|---------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 3,59E+02 | 3,76E+01 | 1,78E+01 | 6,86E+02 | 1,10E+03 |
| GWP | 2,74E+04 | 4,26E+03 | 3,02E+03 | 7,94E+04 | 1,14E+05 |
| EP | 6,32E+01 | 5,43E+00 | 2,43E+00 | 9,88E+01 | 1,70E+02 |
| FAETP | 2,40E+01 | 1,22E+01 | 6,77E+00 | 2,36E+02 | 2,79E+02 |
| FSETP | 5,40E+01 | 2,74E+01 | 1,53E+01 | 5,10E+02 | 6,07E+02 |
| HTP | 1,06E+04 | 1,42E+03 | 1,02E+03 | 2,44E+04 | 3,74E+04 |
| MAETP | 2,39E+03 | 1,38E+03 | 7,67E+02 | 2,52E+04 | 2,98E+04 |
| MSETP | 2,70E+03 | 1,50E+03 | 8,38E+02 | 2,75E+04 | 3,25E+04 |
| POCP | 4,04E+00 | 7,25E-01 | 4,18E-01 | 1,33E+01 | 1,85E+01 |
| TAEP | 3,32E+00 | 1,79E+00 | 9,98E-01 | 3,31E+01 | 3,92E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 40: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reforço estrutural” na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

A pintura de ligação foi a etapa construtiva com menor impacto, representando em média 3% de contribuição em todas as categorias de impacto. O remendo superficial resultou em aproximadamente 4% de impacto, visto ser aplicado em 20% da camada de revestimento e contemplar a fresagem, a pintura de ligação e a recomposição da camada.

O reforço estrutural, ou seja, a camada de CA nova, foi a etapa que mais contribuiu para as categorias de impacto, entre 58% e 85%. Seguida da etapa de remendo profundo, a qual contempla o corte da estrutura do pavimento e a recomposição de todas as camadas, resultando em valores de contribuição entre 8% e 37%. A elevada contribuição da camada de reforço, está atrelado à espessura do revestimento, devido ao fluxo de veículos de carga que incidem sobre a estrutura, foi necessário o uso de espessa camada para suportar as cargas.

A produção de agregado seguido do uso de diesel em equipamentos para execução das intervenções, a produção dos ligantes asfálticos e o uso de diesel no transporte dos materiais foram os sistemas que mais impactaram na acidificação, resultante da execução da camada de revestimento (62%) e do remendo profundo (33%).

Quando analisada categoria de impacto mudanças climáticas, fica evidente a interferência da camada de reforço na geração de impacto, contribuindo com 70% enquanto o remendo profundo gera 24% do total, isso deve-se a espessura da camada asfáltica, onde identificou-se que a produção de ligante asfáltico, execução (demanda de diesel para o funcionamento dos equipamentos e maquinários) e o transporte foram os principais sistemas contribuintes para a categoria.

A execução da camada de revestimento em CA e do remendo profundo produzem 58% e 37%, respectivamente, de impacto quando considerado a categoria de impacto eutrofização, resultado da elevada produção de agregados e ao consumo de diesel nos equipamentos para execução da intervenção.

A produção dos ligantes asfálticos é considerada a principal causadora de impactos de ecotoxicidade, seja ela aquática, de sedimentos ou terrestre, por isso, a camada de CA representa aproximadamente 84% deste impacto.

O consumo de diesel em equipamentos para a execução das intervenções juntamente com a produção de betume, contribuem de forma significativa na categoria de impacto toxicidade humana. Resultante da camada de revestimento em CA com contribuição de 65% do impacto e da etapa de remendo profundo com 28%. Incorporado a produção de agregado e ao transporte dos materiais, contribuem para a oxidação fotoquímica, onde o remendo profundo contribui com 22% e o CA com 72% dos impactos gerados.

Ao fazer um paralelo com as duas rodovias estudadas anteriormente (SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ) fica evidente o aumento da contribuição que a camada de reforço tem em todas as categorias de impacto, isso deve-se à espessura da camada e a necessidade de maior quantidade de ligantes, agregados e consumo de diesel.

7.4.4.2. Reciclagem SC114 L/OC

A restauração do tipo reciclagem profunda com adição de cimento foi simulada considerando 15% de intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo. Pelo fato de o processo de reciclagem abranger a trituração da camada de revestimento e parte da camada de base, não foi considerado intervenção na camada de revestimento, a espessura de corte foi de 20 cm e adição de 15% de agregado virgem e 3% de cimento Portland. Após execução de tratamento superficial simples com emulsão polimérica, seguida de limpeza, execução de imprimação com asfalto diluído, pintura de ligação emulsão asfáltica polimérica. A camada SAMI foi executada nos acostamentos e nas faixas de rolamento (4 cm de espessura), seguida de nova camada de pintura de ligação e finalizada com camada de revestimento em CA-B apenas nas faixas de rolamento (8 cm de espessura).

O Quadro 37 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da reciclagem profunda com adição de cimento, enquanto o Gráfico 41 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

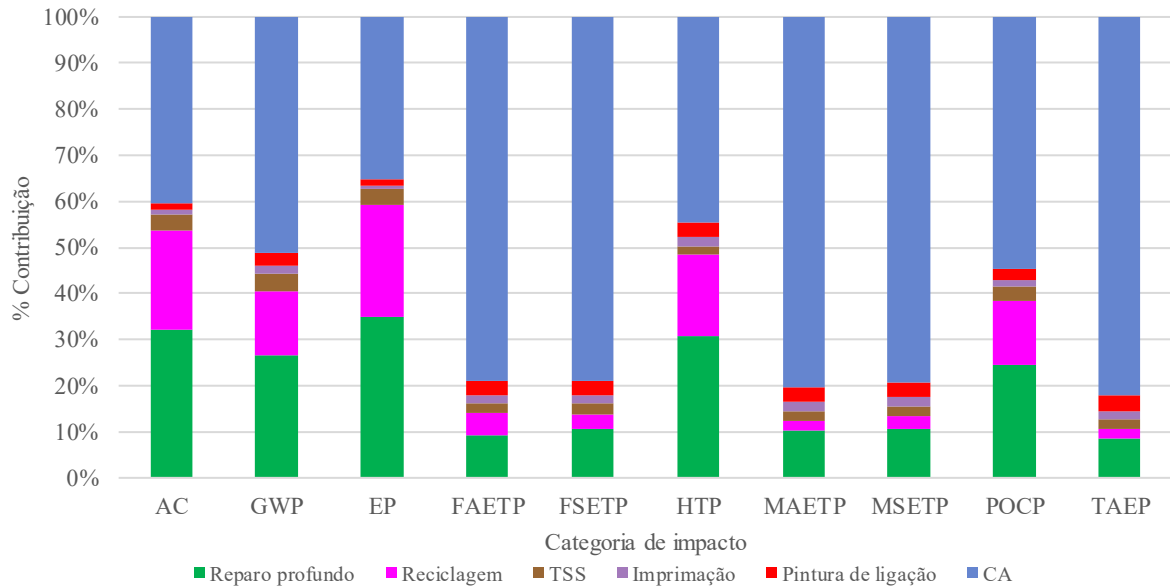
Quadro 37: Total de impacto para aplicação da restauração “Reciclagem” na SC114 L/OC

| Indicador | Remendo profundo | Reciclagem | TSS | Imprimação | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|------------|----------|------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 3,59E+02 | 2,43E+02 | 3,71E+01 | 1,15E+01 | 1,78E+01 | 4,51E+02 | 1,12E+03 |
| GWP | 2,75E+04 | 1,45E+04 | 3,71E+03 | 1,86E+03 | 3,02E+03 | 5,28E+04 | 1,03E+05 |
| EP | 6,30E+01 | 4,40E+01 | 6,22E+00 | 1,62E+00 | 2,43E+00 | 6,35E+01 | 1,81E+02 |
| FAETP | 1,99E+01 | 9,76E+00 | 4,82E+00 | 3,73E+00 | 6,43E+00 | 1,68E+02 | 2,12E+02 |
| FSETP | 4,91E+01 | 1,47E+01 | 9,75E+00 | 8,58E+00 | 1,48E+01 | 3,62E+02 | 4,58E+02 |
| HTP | 1,01E+04 | 5,83E+03 | 6,63E+02 | 6,54E+02 | 1,00E+03 | 1,47E+04 | 3,29E+04 |
| MAETP | 2,27E+03 | 4,87E+02 | 4,84E+02 | 4,37E+02 | 7,52E+02 | 1,80E+04 | 2,24E+04 |
| MSETP | 2,66E+03 | 6,54E+02 | 5,36E+02 | 4,82E+02 | 8,27E+02 | 1,96E+04 | 2,48E+04 |
| POCP | 4,11E+00 | 2,29E+00 | 5,21E-01 | 2,55E-01 | 4,18E-01 | 9,10E+00 | 1,67E+01 |
| TAEP | 2,43E+00 | 5,75E-01 | 6,25E-01 | 5,43E-01 | 9,42E-01 | 2,36E+01 | 2,87E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 41: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “Reciclagem” na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Diferentemente das duas primeiras obras, nesta a etapa de reciclagem apresenta menor contribuição às categorias de impacto, onde a maior contribuição está ligada à camada de revestimento.

A execução de camada reciclada contribui de forma significativa na geração de impactos nas categorias de acidificação (22%), mudanças climáticas (14%), eutrofização (24%), toxicidade humana (18%), oxidação fotoquímica (14%) e as demais com pequena contribuição. Enquanto a camada de revestimento contribui nas categorias de acidificação (40%), mudanças climáticas (51%), eutrofização (35%), toxicidade humana (45%), oxidação

fotoquímica (54%) e as de ecotoxicidade (80%), mostrando o elevado impacto que o revestimento provoca ao meio ambiente, devido ao elevado consumo de ligante asfáltico e de agregados.

A estrutura da SC114 L/OC possui a camada de reforço do subleito a mais que as outras obras, fato que aumenta o consumo de combustíveis para a execução das camadas e o transporte dos materiais no processo de remendo profundo. A contribuição do remendo profundo está dividida nas categorias de acidificação (32%), mudanças climáticas (27%), eutrofização (35%), toxicidade humana (31%), oxidação fotoquímica (25%) e as de ecotoxicidade (10%),

Diferentemente do método de restauração reforço estrutural, a reciclagem profunda sofre maior interferência do consumo de diesel por parte dos maquinários e equipamentos necessários para a execução das camadas, maior parte atribuído ao processo de reciclagem, juntamente com o remendo profundo e o revestimento.

7.4.4.3.FC+RC110 SC114 L/OC

O processo consiste na fresagem (corte) da camada de revestimento, mantendo espessura suficiente para não desestabilizar a camada inferior, efetuada a limpeza da superfície, executada camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico novo. Nesta obra não foi considerado remendo profundo, pois esta técnica foi aplicada sobre a camada reciclada com cimento, portanto não sendo necessário a intervenção nas camadas inferiores.

O Quadro 38 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC70, enquanto o Gráfico 42 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Para todas as categorias de impacto analisadas, o revestimento representa mais 60% do impacto gerado. Em relação a ecotoxicidade passa de 90% dos impactos, mostrando a importância na avaliação correta e no dimensionamento desta camada. Enquanto a pintura de ligação representa em torno de 4% de todo o impacto.

Quando analisada por categoria de impacto, identifica-se que o consumo de diesel necessário para o funcionamento dos equipamentos seguido da produção de agregado e de ligantes asfálticos são os que impactam na acidificação e nas mudanças climáticas, revestimento contribui com 72%.

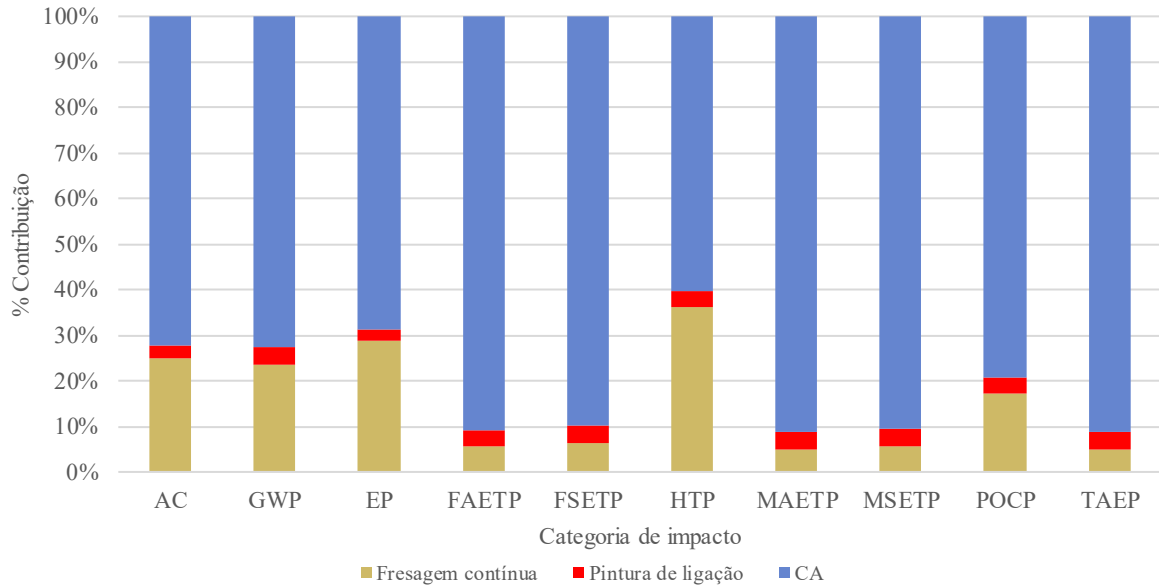
Quadro 38: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC110” na SC114 L/OC

| Indicador | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 1,41E+02 | 1,52E+01 | 4,09E+02 | 5,65E+02 |
| GWP | 1,53E+04 | 2,58E+03 | 4,74E+04 | 6,52E+04 |
| EP | 2,49E+01 | 2,07E+00 | 5,90E+01 | 8,60E+01 |
| FAETP | 8,66E+00 | 5,78E+00 | 1,41E+02 | 1,55E+02 |
| FSETP | 2,09E+01 | 1,31E+01 | 3,04E+02 | 3,38E+02 |
| HTP | 8,73E+03 | 8,73E+02 | 1,46E+04 | 2,42E+04 |
| MAETP | 8,07E+02 | 6,55E+02 | 1,51E+04 | 1,65E+04 |
| MSETP | 9,92E+02 | 7,16E+02 | 1,64E+04 | 1,81E+04 |
| POCP | 1,74E+00 | 3,57E-01 | 7,94E+00 | 1,00E+01 |
| TAEP | 1,08E+00 | 8,52E-01 | 1,98E+01 | 2,17E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 42: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC110” na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

A produção de ligantes asfálticos é o principal processo na geração de ecotoxicidade (revestimento contribui com 91% da geração de impacto), tendo parcela de contribuição na toxicidade humana (60% pelo revestimento) e na oxidação fotoquímica (79% devido ao revestimento). Contudo, as duas últimas categorias de impacto mencionadas são suscetíveis ao consumo de diesel em equipamentos e maquinários para execução das camadas de restauração e a produção de agregado.

7.4.4.4.FC+RC140 SC114 L/OC

Diferentemente da restauração descrita anteriormente, nesta foi considerado remendo profundo, pois esta técnica foi aplicada sobre a camada de reforço estrutural, sendo necessário a intervenção nas camadas inferiores, em 20% da área restaurada. O processo consiste na execução dos remendos profundos necessários, com posterior fresagem (corte) da camada de revestimento, mantendo espessura suficiente para não desestabilizar a camada inferior, efetuada a limpeza da superfície, executada camada de pintura de ligação e finalizada com revestimento asfáltico novo. O Quadro 39 apresenta os impactos gerados em cada etapa para execução da FC+RC140, enquanto o Gráfico 43 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 39: Total de impacto para aplicação da restauração “FC+RC140” na SC114 L/OC

| Indicador | Remendo profundo | Fresagem contínua | Pintura de ligação | CA | Total |
|-----------|------------------|-------------------|--------------------|----------|----------|
| AC | 4,23E+02 | 1,79E+02 | 1,52E+01 | 5,21E+02 | 1,14E+03 |
| GWP | 3,01E+04 | 1,95E+04 | 2,58E+03 | 6,03E+04 | 1,12E+05 |
| EP | 7,59E+01 | 3,17E+01 | 2,07E+00 | 7,51E+01 | 1,85E+02 |
| FAETP | 1,79E+01 | 1,10E+01 | 5,78E+00 | 1,79E+02 | 2,14E+02 |
| FSETP | 4,14E+01 | 2,65E+01 | 1,31E+01 | 3,87E+02 | 4,68E+02 |
| HTP | 1,19E+04 | 1,11E+04 | 8,73E+02 | 1,85E+04 | 4,24E+04 |
| MAETP | 1,71E+03 | 1,03E+03 | 6,55E+02 | 1,92E+04 | 2,26E+04 |
| MSETP | 1,98E+03 | 1,26E+03 | 7,16E+02 | 2,09E+04 | 2,48E+04 |
| POCP | 4,43E+00 | 2,21E+00 | 3,57E-01 | 1,01E+01 | 1,71E+01 |
| TAEP | 2,45E+00 | 1,38E+00 | 8,52E-01 | 2,52E+01 | 2,99E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

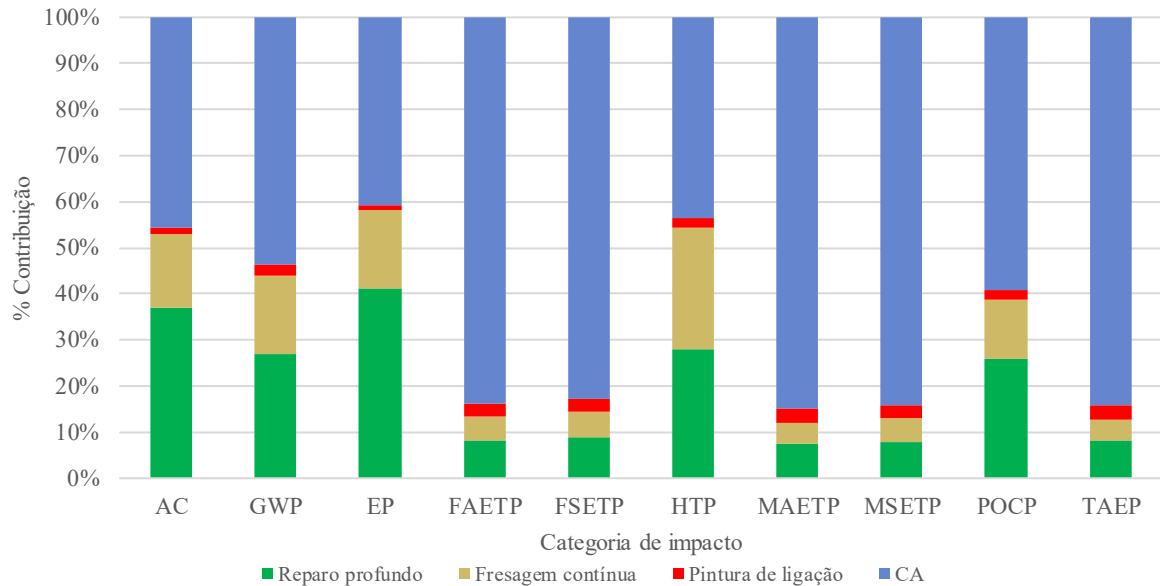
O revestimento (46%), o remendo profundo (37%) e a fresagem contínua (16%) são as etapas construtivas que contribuem na categoria de impacto acidificação devido, principalmente, pelo consumo de diesel por parte dos equipamentos e produção de agregado, com contribuição da produção de ligante asfáltico e transporte.

O uso de maquinários que consomem quantidade elevada de combustíveis tanto para a execução quanto para o transporte dos materiais, além da produção dos ligantes asfálticos contribuíram de forma significativa as mudanças climáticas. Destacando-se as etapas de revestimento (54%), remendo profundo (27%) e fresagem contínua (17%).

A produção de agregados necessária para a execução de remendo profundo (41%) e revestimento em CA (41%) juntamente com o consumo de diesel por parte dos maquinários são as etapas construtivas que geram impactos de eutrofização. Por outro lado, a produção de

betume gera impacto elevado no ecossistema (ecotoxicidade), com contribuição de 84% da camada em CA.

Gráfico 43: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “FC+RC140” na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

A toxicidade humana provoca alterações significativas na vida do ser humano que vive ao entorno do gerador. Nesta técnica de restauração a camada de CA com 44%, enquanto o remendo profundo contribui com 28% e a fresagem com 26%, isso deve-se ao consumo de diesel para o funcionamento dos maquinários e a produção dos ligantes asfálticos para as camadas asfálticas. Ao incluir a produção de agregados e o uso de diesel para o transporte de materiais, ocorre a oxidação fotoquímica, com contribuição de 59% da camada em CA, 26% do processo de remendo profundo e 13% da fresagem. Reduzir a distância de transporte e aumentar a capacidade de transporte dos veículos possibilita a redução desses impactos.

7.4.4.5. *Whitetopping* SC 114 L/OC

Para a restauração do tipo *Whitetopping* adotou-se a execução de 15% da área com intervenções nas camadas inferiores, chamado de remendo profundo, além de 20% da área com intervenções na camada de revestimento, por meio de remendos superficiais. Foi necessário o preenchimento das trilhas de roda e o nivelamento dos acostamentos, com posterior execução da camada de pavimento de concreto (22cm de espessura) sem armação estrutural, apenas barras de transferência e de ligação. O Quadro 40 apresenta os impactos gerados em cada etapa

para execução do *Whitetopping*, enquanto o Gráfico 44 demonstra a porcentagem de contribuição de cada camada (processo) para o impacto total de cada categoria.

Quadro 40: Total de impacto para aplicação da restauração “*Whitetopping*” na SC114 L/OC

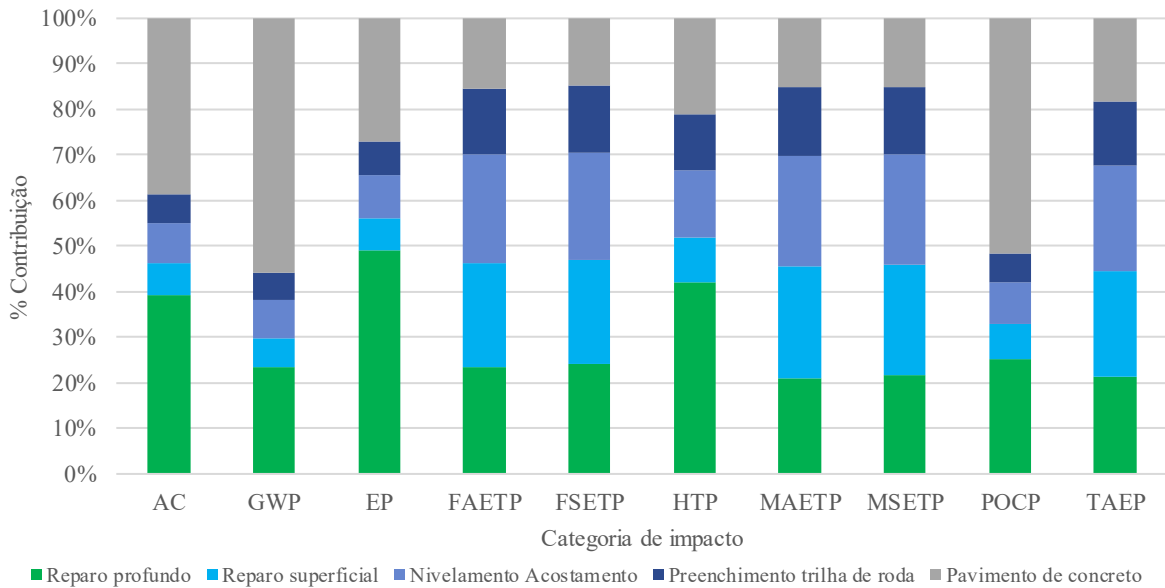
| Indicador | Remendo profundo | Remendo superficial | Preenchimento trilha de roda | Nivelamento Acostamento | Pavimento de concreto | Total |
|-----------|------------------|---------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------|
| AC | 4,46E+02 | 7,98E+01 | 7,42E+01 | 9,91E+01 | 4,38E+02 | 1,14E+03 |
| GWP | 3,27E+04 | 9,03E+03 | 8,49E+03 | 1,14E+04 | 7,79E+04 | 1,40E+05 |
| EP | 7,88E+01 | 1,15E+01 | 1,17E+01 | 1,50E+01 | 4,37E+01 | 1,61E+02 |
| FAETP | 2,72E+01 | 2,61E+01 | 1,69E+01 | 2,77E+01 | 1,77E+01 | 1,16E+02 |
| FSETP | 6,24E+01 | 5,87E+01 | 3,74E+01 | 6,04E+01 | 3,81E+01 | 2,57E+02 |
| HTP | 1,25E+04 | 2,99E+03 | 3,76E+03 | 4,36E+03 | 6,27E+03 | 2,99E+04 |
| MAETP | 2,55E+03 | 2,96E+03 | 1,80E+03 | 2,95E+03 | 1,84E+03 | 1,21E+04 |
| MSETP | 2,89E+03 | 3,23E+03 | 1,99E+03 | 3,24E+03 | 1,99E+03 | 1,33E+04 |
| POCP | 4,91E+00 | 1,55E+00 | 1,23E+00 | 1,77E+00 | 1,01E+01 | 1,96E+01 |
| TAEP | 3,56E+00 | 3,83E+00 | 2,35E+00 | 3,87E+00 | 3,04E+00 | 1,67E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Ao analisar as contribuições de cada etapa construtiva da alternativa *Whitetopping*, identifica-se a distribuição de influência entre o remendo profundo, o nivelamento do acostamento, o preenchimento das trilhas de roda e a camada de concreto de cimento Portland.

Gráfico 44: Contribuição de cada etapa para execução da restauração “*Whitetopping*” na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação a acidificação há equivalência na contribuição do remendo profundo e do pavimento de concreto com 39%. O consumo de combustíveis para o funcionamento dos equipamentos para a execução das camadas, a produção de agregados e o transporte são os sistemas que mais interferem na categoria de impacto.

O número de viagens necessárias para o transporte do concreto entre a usina e o canteiro de obras, combinado com o consumo de combustíveis pelos equipamentos são os responsáveis pelos 56% de contribuição da execução da camada de pavimento em concreto e dos 23% de contribuição do remendo profundo em relação a categoria de impacto mudanças climáticas. Utilizar usina móvel ou estudar a logística de transporte do concreto, pode reduzir o impacto gerado por esta técnica de restauração.

A eutrofização recebeu contribuição de 49% do remendo profundo e 27% do pavimento de concreto, devido ao consumo de combustíveis nos maquinários, a produção de agregados para as camadas e o transporte das misturas e das matérias primas.

Diferentemente das técnicas aplicadas anteriormente onde o principal contribuinte para a ecotoxicidade era a produção de betume, quando analisamos a alternativa *Whitetopping* identificamos que a produção do diesel se torna significativa no processo, visto ser influenciada por todas as etapas construtivas. O nivelamento do acostamento contribui com 24%, o remendo superficial com 23%, o remendo profundo com 22%, enquanto o pavimento de concreto com 16% e o preenchimento das trilhas de roda com 15%.

Todas as etapas construtivas da alternativa *Whitetopping* demandam de equipamentos que consomem combustíveis, o que gera impacto de toxicidade humana, principalmente influenciada pela execução da etapa de remendo profundo com 42% de impacto.

A oxidação fotoquímica recebe maior contribuição da camada de concreto de cimento Portland (52%) e da etapa de remendo profundo (25%), mostrando que a produção de combustível, o consumo de diesel por equipamentos e pelo transporte, além da produção de ligante asfáltico e agregados são os sistemas que influencia na categoria de impacto.

Fica evidente que a alternativa *Whitetopping* é a que mais gera impacto, porém não podemos atribuir o fato apenas a camada de concreto de cimento Portland, mas há uma combinação de ações que precisam serem feitas para preparar a superfície para receber a nova camada estrutural, estas com elevada contribuição.

7.4.4.6.Substituição de juntas

A substituição de juntas é necessária para a restauração do pavimento em concreto ao longo de sua vida útil, para tanto foi considerado que a intervenção será aplicada em proporções de 10% de sua extensão em cada intervenção. O processo consiste na demolição da junta, recomposição da armadura do concreto e do polímero. O Quadro 41 apresenta o total de impacto gerado pela aplicação da restauração substituição de juntas na SC114 L/OC.

Quadro 41: Total de impacto para aplicação da restauração Substituição de juntas na SC114 L/OC

| Indicador | Unidade | Substituição de junta |
|-----------|------------------------|-----------------------|
| AC | kg SO ₂ -Eq | 1,73E+01 |
| GWP | kg CO ₂ -Eq | 2,43E+03 |
| EP | kg PO ₄ -Eq | 3,01E+00 |
| FAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,22E+00 |
| FSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,81E+00 |
| HTP | kg 1,4-DCB-Eq | 9,13E+02 |
| MAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,19E+02 |
| MSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,39E+02 |
| POCP | kg ethylene-Eq | 2,51E-01 |
| TAEP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,75E-01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Os processos que mais impactaram nesta técnica de restauração foram o consumo de combustível para o funcionamento dos equipamentos, influenciando nas categorias de acidificação, mudanças climáticas, eutrofização, toxicidade humana e oxidação fotoquímica. Enquanto a produção de diesel foi o principal contribuinte para as categorias de impacto ecotoxicidade.

7.4.4.7.Comparação entre restaurações SC114 L/OC

O Quadro 42 demonstra o total de impacto gerado pela execução das diferentes técnicas de restaurações adotadas para a SC114 L/OC. O Gráfico 45 exhibe os impactos relativos para cada categoria de impacto, comparando as técnicas de restaurações.

Ao comparar as seis técnicas de restauração aplicadas na SC114 L/OC pode-se identificar que a FC+RC140, *Whitetopping* e o reforço estrutural foram os que mais geraram impactos ambientais, considerando as categorias de impacto estudadas. A FC+RC140 atingiu a

maior contribuição nas categorias acidificação, eutrofização e toxicidade humana. O *Whitetopping* apresentou maior contribuição na categoria acidificação (juntamente com a FC+RC140), mudanças climáticas e oxidação fotoquímica. Enquanto a alternativa reforço estrutural teve maior contribuição em todas as categorias que envolvem a ecotoxicidade além de atingir valores bem significantes nas demais categorias. A alternativa de reciclagem, apesar de não apresentar a maior contribuição nas categorias, gera quantidade significativa nas categorias acidificação, eutrofização, oxidação fotoquímica e também nas demais.

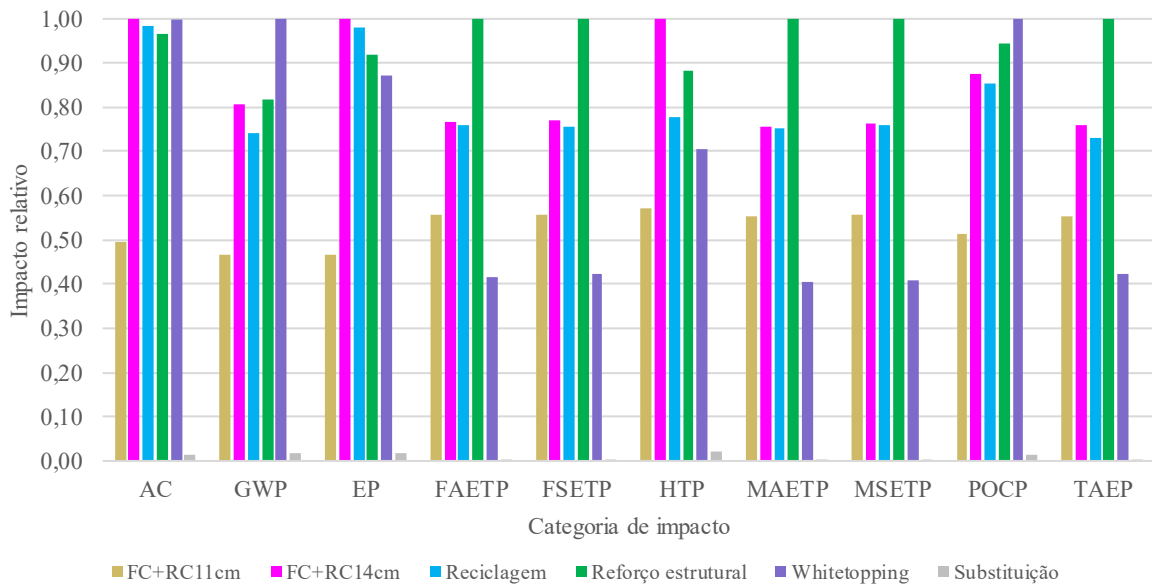
Quadro 42: Total de impacto gerado para a execução das técnicas de restauração aplicadas na SC114 L/OC

| Indicator | Unidade | FC+RC11cm | FC+RC14cm | Reciclagem | Reforço estrutural | <i>Whitetopping</i> | Substituição |
|-----------|------------------------|-----------|-----------|------------|--------------------|---------------------|--------------|
| AC | kg SO ₂ -Eq | 5,65E+02 | 1,14E+03 | 1,12E+03 | 1,10E+03 | 1,14E+03 | 1,73E+01 |
| GWP | kg CO ₂ -Eq | 6,52E+04 | 1,12E+05 | 1,03E+05 | 1,14E+05 | 1,40E+05 | 2,43E+03 |
| EP | kg PO ₄ -Eq | 8,60E+01 | 1,85E+02 | 1,81E+02 | 1,70E+02 | 1,61E+02 | 3,01E+00 |
| FAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,55E+02 | 2,14E+02 | 2,12E+02 | 2,79E+02 | 1,16E+02 | 1,22E+00 |
| FSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 3,38E+02 | 4,68E+02 | 4,58E+02 | 6,07E+02 | 2,57E+02 | 2,81E+00 |
| HTP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,42E+04 | 4,24E+04 | 3,29E+04 | 3,74E+04 | 2,99E+04 | 9,13E+02 |
| MAETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,65E+04 | 2,26E+04 | 2,24E+04 | 2,98E+04 | 1,21E+04 | 1,19E+02 |
| MSETP | kg 1,4-DCB-Eq | 1,81E+04 | 2,48E+04 | 2,48E+04 | 3,25E+04 | 1,33E+04 | 1,39E+02 |
| POCP | kg ethylene-Eq | 1,00E+01 | 1,71E+01 | 1,67E+01 | 1,85E+01 | 1,96E+01 | 2,51E-01 |
| TAEP | kg 1,4-DCB-Eq | 2,17E+01 | 2,99E+01 | 2,87E+01 | 3,92E+01 | 1,67E+01 | 1,75E-01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO₂Eq); GWP (Mudanças climáticas em kg CO₂Eq); EP (Potencial de eutrofização em kg PO₄Eq); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 45: Impacto total relativo por técnica de restauração para cada categoria de impacto SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Um dos principais contribuintes da acidificação é a queima de combustíveis fósseis em motores de combustão, utilizados na produção de agregados, na execução das etapas da obra, na produção de ligantes asfálticos e principalmente no transporte. As técnicas FC+RC140 e *Whitetopping* são as que mais contribuem para esta categoria, a reciclagem profunda e o reforço estrutural apresentam redução de 3% na geração de impacto, enquanto a FC+RC110 reduz pela metade os impactos e a substituição de juntas consegue reduzir em 98%, porém ela é aplicada apenas no pavimento rígido e em porcentagens pequenas.

Ao analisar a categoria de impacto mudança climática, foi aferido que a alternativa *Whitetopping* apresenta o maior impacto, ao aplicar o reforço estrutural ou a FC+RC140 há redução na ordem de 19% na geração de impacto, enquanto a reciclagem profunda reduz em torno de 26% o impacto, a FC+RC110 resultou em 53% inferior, sendo possível identificar que o remendo profundo tem elevada interferência. A quantidade de material utilizado, o transporte e a execução das camadas, o que consome elevada quantidade de diesel e a produção do ligante asfáltico contribuem significativamente para a geração deste impacto. Segundo Wenzel; Hauschild; Alting (1997) e Savietto (2017) a principal fonte desses gases é a combustão de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural), muito utilizados nas técnicas descritas.

A produção de agregado, principalmente a fase de trituração e triagem, seguido da utilização de combustível para os equipamentos e transporte, resultam em maiores impactos de eutrofização, fato pelo qual a reciclagem e a FC+RC140 apresentam maior geração, enquanto a reforço estrutural gera 8%, o *Whitetopping* com 13% e a FC+RC110 53% menos impacto que a FC+RC140. Bressi et al (2018) identificou que as etapas de execução de base e sub-base foram as que mais impactaram nesta categoria, justamente por utilizar mais agregado e necessitar maior número de viagens para transporte dos materiais, isso fica evidente na execução da camada reciclada e nas espessuras das camadas de revestimento asfáltico espessos.

Ao se analisar as categorias de impacto voltadas a ecotoxicidade fica evidente a interferência significativa da produção do ligante asfáltico, o qual é utilizado nas camadas de revestimento asfáltico, pintura de ligação, imprimação, remendos superficiais e remendos profundos. Identifica-se maior proporção de uso nas alternativas reforço estrutural (camada asfáltica com 15 cm de espessura, além das intervenções em remendo profundo e superficiais). A FC+RC140 e a reciclagem resultaram em média 25% de redução nos impactos, se comparado com o reforço. Enquanto a FC+RC110 apresentou redução de 44% na geração dos impactos quanto a ecotoxicidade o *Whitetopping* reduziu 58%. Visto ser uma categoria que mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para os ecossistemas e que a camada de revestimento

asfáltico é a etapa de maior custo da obra, deve-se atentar muito a adoção de espessura e do material utilizado na sua execução.

A toxicidade humana mensura os efeitos nocivos de substâncias químicas para a saúde humana e segurança alimentar, e para a construção da rodovia identificou-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários e a produção de betume são os sistemas o que mais influenciam na quantificação deste impacto ambiental. A FC+RC140 apresenta os maiores impactos, enquanto com a execução de reforço estrutural houve redução de 12%, para a reciclagem 22%, para o *Whitetopping* foi possível reduzir em 29% dos impactos e a FC+RC110 em 43%.

A produção de ligantes asfálticos aliados ao consumo de diesel por parte dos maquinários, a produção de agregados e o transporte contribuem com parcela significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. Segundo Rodrigues (2015) é responsável por problemas respiratórios na população que vive nas imediações da geração. O *Whitetopping* foi a alternativa com maior geração de impacto, seguida do reforço estrutural com 5% menos impacto, da reciclagem e FC+RC140 com 14% inferior e da FC+RC110 com 49% menos impacto que o *Whitetopping*.

Os impactos relativos exibem a comparação entre as técnicas modeladas, porém é necessário destacar que nas técnicas de reciclagem, reforço, *Whitetopping* e FC+RC140 está contemplado 20% de remendo profundo, enquanto na FC+RC110 e na substituição de juntas não foi incluída devido ser executada, ao longo do ciclo de vida, apenas após uma intervenção tipo reciclagem profunda e *Whitetopping*, respectivamente.

Kucukvar, Tatari (2012) obtiveram resultados em que a mistura asfáltica (HMA) gerou maiores emissões de CO₂ do que o mistura em concreto (CRCP). Por outro lado, o aumento de CO₂, material particulado e CH₄ foi devido ao aumento das emissões de cinzas volantes, liberado principalmente durante a fase de produção de cimento. Para as emissões de NO_x, SO₂ e CH₄, estas eram maiores para HMA em comparação com CRCP.

Por outro lado, Hakkinen e Makela (1996) realizaram um estudo baseado em estruturas de pavimento na Finlândia e descobriram que o pavimento de concreto produziu 40% mais emissões de CO₂ em relação ao pavimento de asfalto. Horvath e Hendrickson (1998) realizaram um estudo utilizando o modelo EIO-LCA (*Economic Input Output Life Cycle Assessment*) e concluíram que o pavimento de asfalto consome 40% mais energia do que o pavimento de concreto.

Weiland e Muench (2010) analisaram três diferentes alternativas de reabilitação de pavimentos e descobriram que o consumo de energia é mais alto na opção asfáltico, enquanto

o impacto do aquecimento global é mais alto na opção Concreto de cimento Portland. Existem muitos fatores que podem afetar os resultados da LCA, como limites do sistema, a qualidade e a fonte dos dados de inventário, projetos de pavimentos inconsistentes e locais geográficos (WANG et al, 2016).

Em todas as técnicas analisadas que contemplam remendo profundo na sua execução, apresentaram contribuição significativa na geração de impactos, portanto a implantação de um programa de gerencia de pavimentos, com planejamento das manutenções e restaurações ao longo do período de vida útil, possibilitam a preservação das camadas inferiores e a redução da necessidade de intervenções nessas camadas, reduzindo assim os impactos gerados pelas obras.

7.4.5. Restaurações iniciais

De acordo com o planejamento detalhado no capítulo 4, foram adotadas algumas técnicas de restauração para o início da avaliação do ciclo de vida (30 anos), sendo eles:

- SC355 J/BR153: reforço estrutural e reciclagem profunda com adição de cimento.
- SC114 P/SJ: reforço estrutural, reciclagem profunda com adição de cimento e fresagem contínua com recomposição em HiMA.
- SC114 L/OC: reforço estrutural, reciclagem profunda com adição de cimento e *Whitetopping*.

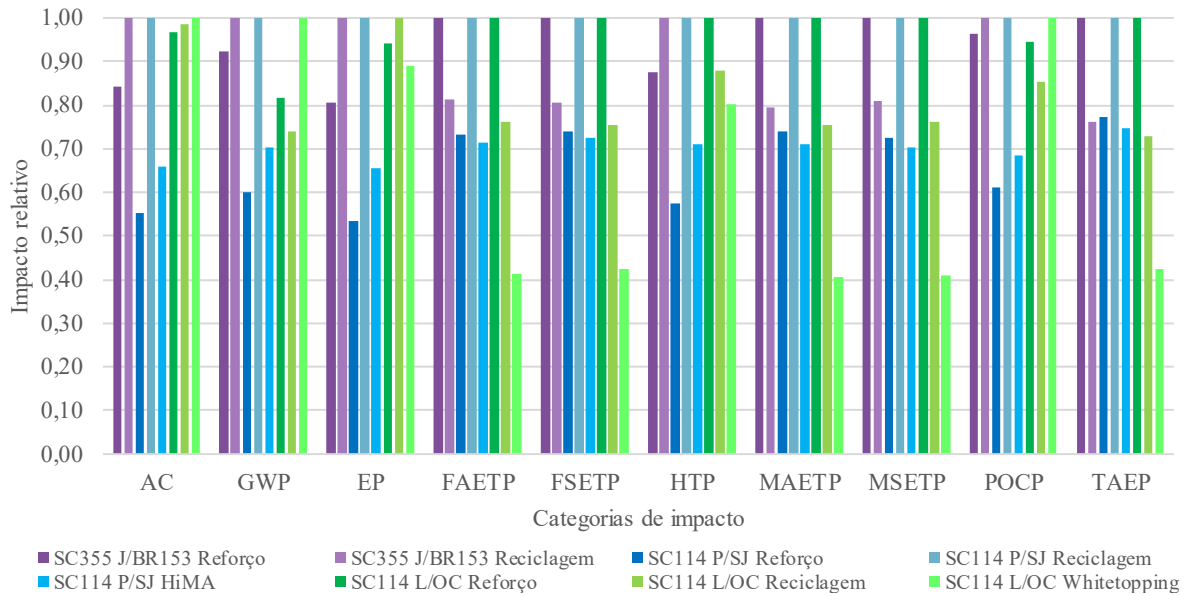
O Quadro 43 apresenta a LCA das restaurações adotadas como iniciais para as três rodovias estudadas, enquanto o Gráfico 46 apresenta a comparação entre as alternativas com valores relativos separados por categoria de impacto.

Quadro 43: LCA Restaurações iniciais para todas as rodovias

| Indicador | SC355 J/BR153 | | SC114 P/SJ | | | SC114 L/OC | | |
|-----------|---------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|---------------------|
| | Reforço | Reciclagem | Reforço | Reciclagem | HiMA | Reforço | Reciclagem | <i>Whitetopping</i> |
| AC | 9,06E+02 | 1,07E+03 | 6,10E+02 | 1,11E+03 | 7,31E+02 | 1,10E+03 | 1,12E+03 | 1,14E+03 |
| GWP | 8,32E+04 | 9,00E+04 | 5,40E+04 | 8,98E+04 | 6,30E+04 | 1,14E+05 | 1,03E+05 | 1,40E+05 |
| EP | 1,44E+02 | 1,78E+02 | 9,84E+01 | 1,84E+02 | 1,21E+02 | 1,70E+02 | 1,81E+02 | 1,61E+02 |
| FAETP | 2,00E+02 | 1,62E+02 | 1,20E+02 | 1,64E+02 | 1,18E+02 | 2,79E+02 | 2,12E+02 | 1,16E+02 |
| FSETP | 4,34E+02 | 3,50E+02 | 2,64E+02 | 3,57E+02 | 2,59E+02 | 6,07E+02 | 4,58E+02 | 2,57E+02 |
| HTP | 2,84E+04 | 3,24E+04 | 1,95E+04 | 3,39E+04 | 2,42E+04 | 3,74E+04 | 3,29E+04 | 2,99E+04 |
| MAETP | 2,12E+04 | 1,68E+04 | 1,27E+04 | 1,72E+04 | 1,22E+04 | 2,98E+04 | 2,24E+04 | 1,21E+04 |
| MSETP | 2,31E+04 | 1,87E+04 | 1,39E+04 | 1,92E+04 | 1,35E+04 | 3,25E+04 | 2,48E+04 | 1,33E+04 |
| POCP | 1,40E+01 | 1,45E+01 | 9,02E+00 | 1,48E+01 | 1,01E+01 | 1,85E+01 | 1,67E+01 | 1,96E+01 |
| TAEP | 2,79E+01 | 2,12E+01 | 1,67E+01 | 2,16E+01 | 1,62E+01 | 3,92E+01 | 2,87E+01 | 1,67E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}). Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 46: LCA Restaurações iniciais para todas as rodovias, com impactos relativos



Fonte: elaborado pela autora.

Acidificação

- SC355 J/BR153: a alternativa reforço estrutural apresentou 16% menos impacto que a alternativa de reciclagem profunda com adição de cimento.

- SC114 P/SJ: ao aplicar a alternativa reforço estrutural houve a redução de 45% em relação a reciclagem profunda com adição de cimento, enquanto a execução de camada em HiMA proporcionou decréscimo de 34% na geração de impactos de acidificação.

- SC114 L/OC: a alternativa *Whitetopping* apresentou maior geração de impacto de acidificação, porém as outras duas propostas não geraram redução significativa nos impactos, com 3% para o reforço estrutural e 1% para a reciclagem, portanto, as 3 alternativas são equivalentes neste ponto de vista.

Um dos principais contribuintes da acidificação é a queima de combustíveis fósseis em motores de combustão, utilizados na produção de agregados, na execução das etapas da obra, na produção de ligantes asfálticos e principalmente no transporte. Ao comparar a alternativa reciclagem com as demais, identifica-se maior movimentação de veículos par ao transporte de materiais e uso de equipamentos diferenciados, como pode ser observado na alternativa *Whitetopping*, portanto essas técnicas se sobressaíram na geração de impactos na categoria acidificação.

Mudanças climáticas

- SC355 J/BR153: a aplicação do reforço estrutural em comparação a reciclagem profunda com adição de cimento proporcionou redução de 8% nos impactos voltados a mudanças climáticas.

- SC114 P/SJ: a alternativa reciclagem apresentou o maior impacto dentre as analisadas, o reforço estrutural e a HiMA possibilitam redução de 40% e 30%, respectivamente.

- SC114 L/OC: diferentemente da acidificação, para a categoria mudanças climáticas, ao aplicar o reforço estrutural e a reciclagem em substituição ao *Whitetopping*, ocorre redução significativa nos impactos, sendo 18% e 26%, respectivamente.

A quantidade de material utilizado, o transporte e a execução das camadas, o que consome elevada quantidade de diesel e a produção do ligante asfáltico contribuem significativamente para a geração deste impacto.

Eutrofização

A produção de agregado, principalmente a fase de trituração e triagem, seguido da utilização de combustível para os equipamentos e transporte, resultam em maiores impactos de eutrofização. Identificado em estudos de Bressi et al (2018) onde as camadas granulares foram as que mais impactaram na categoria de eutrofização, justificando o encontrado neste estudo, onde a alternativa reciclagem apresentou as maiores contribuições de impactos.

- SC355 J/BR153: com a aplicação do reforço estrutural ocorreu a redução de 19% dos impactos.

- SC114 P/SJ: por interferir em menor quantidade em camadas granulares o reforço estrutural e a HiMA apresentaram redução de 47% e 34%, respectivamente em relação a reciclagem profunda.

- SC114 L/OC: mesmo o reforço estrutural apresentar espessura espessa, obteve-se redução de 6% e para o *Whitetopping* redução de 11% em relação a reciclagem profunda.

Ecotoxicidade

- SC355 J/BR153: a reciclagem apresenta redução de 20% de impacto em relação ao reforço estrutural.

- SC114 P/SJ: o reforço gerou 26% e HiMA 28% menos impactos ambientais na categoria ecotoxicidade em relação a reciclagem profunda.

- SC114 L/OC: o estudo de caso com maior espessura de revestimento na alternativa reforço estrutural, o que proporcionou os maiores impactos de ecotoxicidade, ao incorporar a Reciclagem e o *Whitetopping*, possibilita redução de 24% e 59% em relação ao reforço.

Ao se analisar as categorias de impacto voltadas a ecotoxicidade fica evidente a interferência significativa da produção do ligante asfáltico, o qual é utilizado nas camadas de revestimento asfáltico, pintura de ligação, imprimação, remendos superficiais e remendos profundos. Identifica-se maior proporção de uso nas alternativas reforço estrutural, contudo na SC114 P/SJ a espessura da camada de reforço é inferior a camada de revestimento após a reciclagem, justificando esta apresentar maiores impactos.

Toxicidade humana

Em obras rodoviárias identifica-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários e a produção de betume são os sistemas que mais influenciam na quantificação deste impacto ambiental.

- SC355 J/BR153: a aplicação do reforço reduziu em 12% os impactos gerados.

- SC114 P/SJ: devido a aplicação de espessura de revestimento inferior às outras obras, o reforço possibilitou redução de 43% e HiMA de 29% em relação a reciclagem profunda.

- SC114 L/OC: a reciclagem profunda apresentou redução de 12% e *Whitetopping* de 20% em relação ao reforço estrutural.

Oxidação fotoquímica

- SC355 J/BR153: as duas técnicas apresentaram impactos muito próximos, o reforço apenas 4% inferior.

- SC114 P/SJ: a utilização do reforço reduziu em 39% e o HiMA em 32% os impactos de oxidação fotoquímica em relação a reciclagem.

- SC114 L/OC: o reforço e o *Whitetopping* geram quantidades próximas de impactos, enquanto ao aplicar a reciclagem há redução de 15%.

A produção de ligantes asfálticos aliados ao consumo de diesel por parte dos maquinários, a produção de agregados e o transporte contribuem com parcela significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. Segundo Rodrigues (2015) é responsável por problemas respiratórios na população que vive nas imediações da geração.

Fica visível a elevada interferência que a produção de ligantes betuminosos e misturas asfálticas detém dentro do processo de construção de uma rodovia, sendo primordial a utilização de técnicas que reduzam as emissões ao meio ambiente e a adoção de materiais alternativos ou

reciclados. Porém avaliar a melhor alternativa apenas pela técnica inicial de restauração, não é recomendável, pois cada uma apresenta comportamentos diferenciados em com durabilidades que são dependentes do tráfego e na política de gerenciamento da via, portanto é primordial o estudo por um determinado período de ciclo de vida, além dos custos necessários.

7.4.6. Manutenções

As manutenções adotadas ao longo do ciclo de análise foram fresagem descontínua com recomposição (FD+RC) e fresagem descontínua com recomposição e execução de microrrevestimento em toda a extensão (FD+RC+M) para as estruturas flexíveis ou semirrígidas. Para o pavimento rígido adotou-se selagem de trincas. O Quadro 44 apresenta os resultados obtidos para as três obras estudadas e o Gráfico 47 a comparação entre elas.

A aplicação das técnicas de manutenção nas três rodovias se mostraram equivalentes, o que diferencia em cada uma é a área de aplicação, em função da largura da plataforma considerada, porém os impactos tiveram a mesma proporção e origem.

Em todas as categorias de impacto identifica-se que a metodologia FD+RC+M geram mais impacto que a FD+RC, isso deve-se a utilização de agregados e ligante para a execução do microrrevestimento.

Em relação a acidificação e a eutrofização, a incorporação do microrrevestimento acrescenta em 76% a geração destes impactos, isso deve-se principalmente pelo uso de equipamentos que consomem combustíveis e pela produção de agregados para a camada.

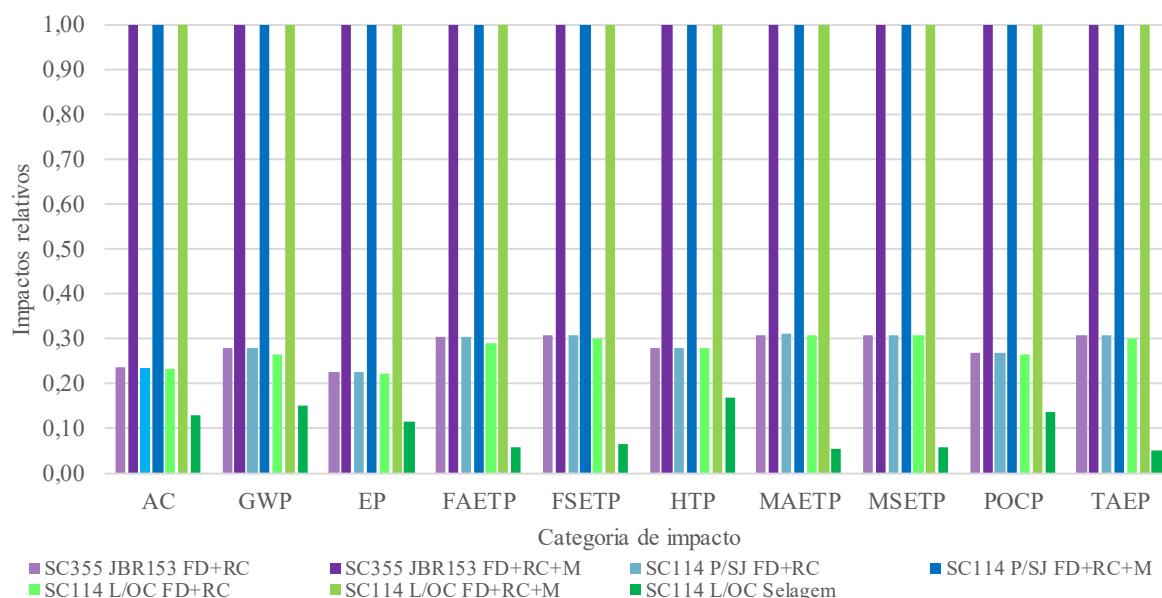
Quadro 44: Total de impacto para aplicação das manutenções adotadas nos três estudos de caso

| Indicador | SC355 JBR153 | | SC114 P/SJ | | SC114 L/OC | | |
|-----------|--------------|----------|------------|----------|------------|----------|----------|
| | FD+RC | FD+RC+M | FD+RC | FD+RC+M | FD+RC | FD+RC+M | Selagem |
| AC | 2,80E+01 | 1,19E+02 | 2,94E+01 | 1,24E+02 | 3,01E+01 | 1,30E+02 | 1,69E+01 |
| GWP | 3,14E+03 | 1,12E+04 | 3,24E+03 | 1,16E+04 | 3,42E+03 | 1,28E+04 | 1,93E+03 |
| EP | 4,36E+00 | 1,92E+01 | 4,57E+00 | 2,02E+01 | 4,68E+00 | 2,11E+01 | 2,46E+00 |
| FAETP | 6,94E+00 | 2,27E+01 | 7,28E+00 | 2,38E+01 | 7,35E+00 | 2,52E+01 | 1,51E+00 |
| FSETP | 1,51E+01 | 4,92E+01 | 1,59E+01 | 5,18E+01 | 1,60E+01 | 5,34E+01 | 3,58E+00 |
| HTP | 1,30E+03 | 4,65E+03 | 1,37E+03 | 4,92E+03 | 1,38E+03 | 4,96E+03 | 8,37E+02 |
| MAETP | 7,28E+02 | 2,35E+03 | 7,71E+02 | 2,48E+03 | 7,78E+02 | 2,52E+03 | 1,37E+02 |
| MSETP | 8,03E+02 | 2,60E+03 | 8,48E+02 | 2,74E+03 | 8,57E+02 | 2,79E+03 | 1,59E+02 |
| POCP | 4,72E-01 | 1,75E+00 | 4,94E-01 | 1,82E+00 | 5,10E-01 | 1,93E+00 | 2,65E-01 |
| TAEP | 9,58E-01 | 3,11E+00 | 1,01E+00 | 3,27E+00 | 1,02E+00 | 3,38E+00 | 1,78E-01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 47: Total de impacto para aplicação das manutenções – impactos relativos



Fonte: elaborado pela autora.

O uso de ligante asfáltico na camada de microrrevestimento gera aproximadamente 69% mais impacto na categoria ecotoxicidade do que se não o aplicasse.

Quando analisado do ponto de vista das mudanças climática, toxicidade humana e oxidação fotoquímica, este acréscimo fica em torno de 72%, devido a combinação do uso de equipamentos, a produção de ligantes asfálticos e o transporte dos materiais. Mesmo sendo técnicas de baixo custo apresentam impactos consideráveis ao longo do ciclo de vida dos pavimentos, por isso, essencial a avaliação a longo prazo com a combinação de diferentes técnicas de restauração e manutenção.

7.4.7. Ciclo completo SC355 J/BR153

Conforme detalhado no capítulo 5, para a SC355 J/BR153 foram adotadas duas abordagens diferentes para o estudo do ciclo de vida ao longo de 30 anos:

- Alternativa reforço: reforço estrutural em CA com 10 cm de espessura (2014), FD+RC+M (2019), FC+RC90 (2023), FD+RC (2028), FC+RC90 (2031), FD+RC+M (2036) e FC+RC90 (2039).
- Alternativa reciclagem: reciclagem profunda com adição de cimento (2014), FD+RC (2021), FC+RC75 (2025), FD+RC+M (2031), FC+RC75 (2037).

O Quadro 45 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise. O Gráfico 48 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

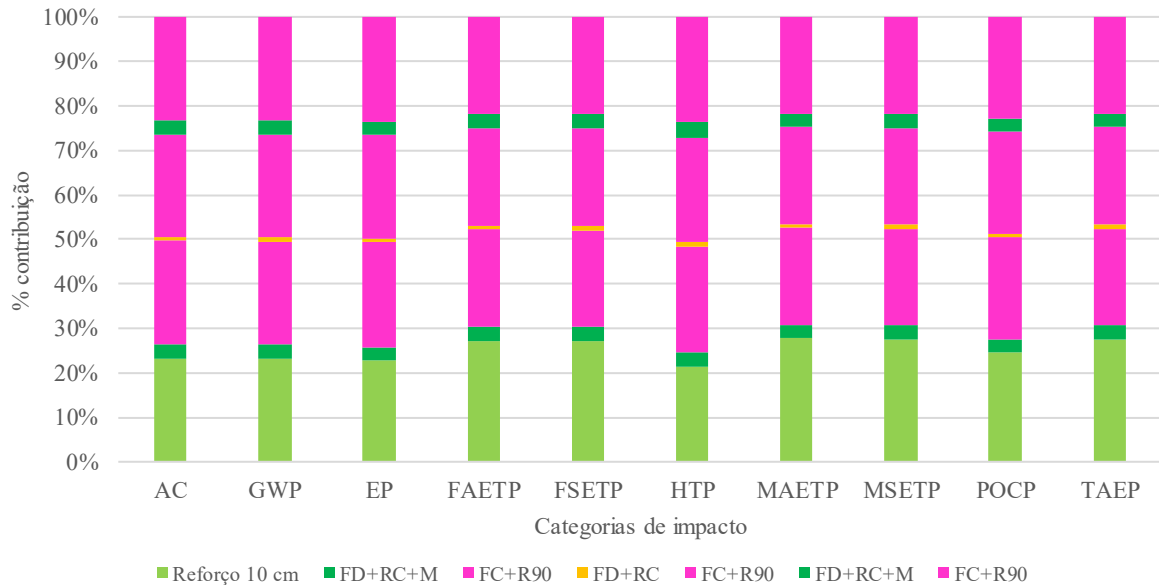
Quadro 45: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC355 J/BR153

| Indicador | Reforço 10 cm | FD+RC+M | FC+R90 | FD+RC | FC+R90 | FD+RC+M | FC+R90 | Total |
|-----------|---------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2014 | 2019 | 2023 | 2028 | 2031 | 2036 | 2039 | |
| AC | 9,06E+2 | 1,19E+2 | 9,07E+2 | 2,81E+1 | 9,07E+2 | 1,19E+2 | 9,07E+2 | 3,89E+3 |
| GWP | 8,32E+4 | 1,12E+4 | 8,33E+4 | 3,13E+3 | 8,33E+4 | 1,12E+4 | 8,33E+4 | 3,59E+5 |
| EP | 1,44E+2 | 1,93E+1 | 1,48E+2 | 4,37E+0 | 1,48E+2 | 1,93E+1 | 1,48E+2 | 6,32E+2 |
| FAETP | 2,00E+2 | 2,27E+1 | 1,61E+2 | 6,94E+0 | 1,61E+2 | 2,27E+1 | 1,61E+2 | 7,34E+2 |
| FSETP | 4,34E+2 | 4,91E+1 | 3,51E+2 | 1,51E+1 | 3,51E+2 | 4,91E+1 | 3,51E+2 | 1,60E+3 |
| HTP | 2,84E+4 | 4,64E+3 | 3,16E+4 | 1,29E+3 | 3,16E+4 | 4,64E+3 | 3,16E+4 | 1,34E+5 |
| MAETP | 2,12E+4 | 2,35E+3 | 1,66E+4 | 7,29E+2 | 1,66E+4 | 2,35E+3 | 1,66E+4 | 7,65E+4 |
| MSETP | 2,31E+4 | 2,60E+3 | 1,83E+4 | 8,02E+2 | 1,83E+4 | 2,60E+3 | 1,83E+4 | 8,40E+4 |
| POCP | 1,40E+1 | 1,75E+0 | 1,31E+1 | 4,72E-1 | 1,31E+1 | 1,75E+0 | 1,31E+1 | 5,72E+1 |
| TAEP | 2,79E+1 | 3,11E+0 | 2,20E+1 | 9,58E-1 | 2,20E+1 | 3,11E+0 | 2,20E+1 | 1,01E+2 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 48: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

As categorias de impacto acidificação, mudanças climáticas e eutrofização apresentaram as mesmas porcentagens de contribuição em cada etapa, sendo que o reforço inicial com 10 cm, a FC+RC90 foram as que mais contribuíram com 23% cada, seguido da FD+RC+M com 3% de impacto em relação ao reforço e a FD+RC com 1%.

A contribuição da FD+RC+M e a FD+RC resultaram nas mesmas contribuições em todas as categorias de impacto analisadas, justamente por apresentar a mesma técnica e porcentagem ao longo de todas as aplicações.

Para a categoria ecotoxicidade fica evidente a influência da espessura do revestimento asfáltico na contribuição dos impactos, onde o reforço estrutural com 10 cm equivale a 28% dos impactos, enquanto a FC+RC90 à 22%, apesar de ser apenas 1 cm de diferença, a quantidade de material produzido em um quilômetro de extensão se torna significativa.

Em relação a toxicidade humana a maior contribuição é identificada quando da execução da FC+RC90 com 24% seguida do reforço estrutural (10 cm) com 21%. O aumento da contribuição para a etapa de fresagem está atribuído ao consumo de diesel pelos equipamentos e pelos veículos para transporte dos resíduos e das matérias primas, o que sobressai em comparação ao reforço estrutural.

Para a oxidação fotoquímica, onde a produção de ligante é o maior contribuinte, constata-se que o reforço contribui com 25% enquanto a FC+RC90 com 23%, valores próximos considerando a espessura das camadas com diferença de 1 cm.

A intervenção inicial, tipo restauração, representa entre 21% e 28% dos impactos, dependendo da categoria avaliada. Os impactos ao ecossistema, como ecotoxicidade são os maiores devido a espessura da camada asfáltica aplicada, enquanto a toxicidade humana é a menor nos anos iniciais visto as fresagens gerarem mais impacto que o próprio reforço estrutural.

A ecotoxicidade marinha aquática e de sedimentos resultaram em impactos na ordem de $8E+04$ kg 1,4-DCB_{Eq}, enquanto a ecotoxicidade de água doce aquática e de sedimentos, gerou em torno de $1E+03$ kg 1,4-DCB_{Eq}.

O Quadro 46 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise, quando considerada a técnica inicial reciclagem profunda com adição de cimento. O Gráfico 49 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

As categorias de impacto acidificação e eutrofização apresentaram as mesmas porcentagens de contribuição em cada etapa, a reciclagem contribui com 57%, a FC+RC75 com 18% cada, seguido da FD+RC+M com 6% de impacto em relação ao reforço e a FD+RC com 1%. Devido a quantidade de agregados necessários e o consumo de diesel na execução e transporte.

A contribuição da FD+RC+M e a FD+RC resultaram nas mesmas contribuições em todas as categorias de impacto analisadas, justamente por apresentar a mesma técnica e porcentagem ao longo de todas as aplicações.

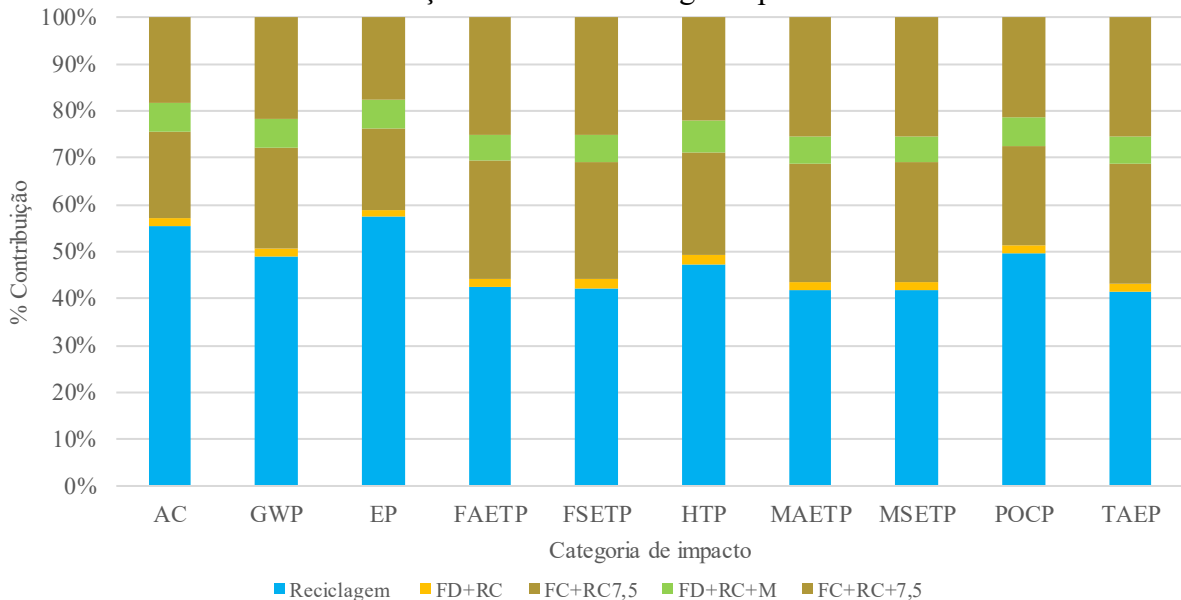
Quadro 46: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC355 J/BR153

| Indicador | Reciclagem | FD+RC | FC+RC7,5 | FD+RC+M | FC+RC+7,5 | Total |
|-----------|------------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| | 2014 | 2021 | 2025 | 2031 | 2037 | |
| AC | 1,07E+03 | 2,81E+01 | 3,56E+02 | 1,19E+02 | 3,56E+02 | 1,93E+03 |
| GWP | 9,00E+04 | 3,13E+03 | 4,00E+04 | 1,12E+04 | 4,00E+04 | 1,84E+05 |
| EP | 1,78E+02 | 4,37E+00 | 5,41E+01 | 1,93E+01 | 5,41E+01 | 3,10E+02 |
| FAETP | 1,62E+02 | 6,58E+00 | 9,54E+01 | 2,12E+01 | 9,54E+01 | 3,81E+02 |
| FSETP | 3,50E+02 | 1,45E+01 | 2,08E+02 | 4,66E+01 | 2,08E+02 | 8,27E+02 |
| HTP | 3,24E+04 | 1,27E+03 | 1,51E+04 | 4,55E+03 | 1,51E+04 | 6,84E+04 |
| MAETP | 1,68E+04 | 7,13E+02 | 1,03E+04 | 2,29E+03 | 1,03E+04 | 4,04E+04 |
| MSETP | 1,87E+04 | 7,90E+02 | 1,13E+04 | 2,55E+03 | 1,13E+04 | 4,47E+04 |
| POCP | 1,45E+01 | 4,72E-01 | 6,26E+00 | 1,75E+00 | 6,26E+00 | 2,93E+01 |
| TAEP | 2,12E+01 | 8,98E-01 | 1,31E+01 | 2,86E+00 | 1,31E+01 | 5,12E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 49: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação a categoria mudanças climáticas a reciclagem contribui com 49% enquanto a FC+RC75 com 22%. Para a categoria ecotoxicidade fica evidente a influência da espessura do revestimento asfáltico na contribuição dos impactos, além do uso de ligante no tratamento superficial na etapa de reciclagem profunda com adição de cimento, equivale a 42% dos impactos, enquanto a FC+RC75 à 25%.

Em relação a toxicidade humana e a oxidação fotoquímica, a maior contribuição é identificada quando da execução da reciclagem profunda com 48% seguida da FC+RC75 com 22%. O maior consumo na execução da reciclagem está atribuído ao consumo de diesel pelos

equipamentos e pelos veículos para transporte das matérias primas e a produção de ligante asfáltico, o que sobressai em comparação a fresagem contínua.

A intervenção inicial, tipo restauração, representa entre 41% e 57% dos impactos, dependendo da categoria avaliada. A reciclagem tem maior interferência na acidificação, eutrofização e oxidação fotoquímica com mais de 50% da contribuição ao longo do período de análise, diante disso, muito importante o planejamento da movimentação dos materiais e a execução, devido ao consumo de combustíveis e a produção dos agregados e ligantes. A distância de transporte utilizada é um dos principais fatores da elevada incidência de impactos.

Por outro lado, ao longo do período de avaliação, as intervenções necessárias geram menores impactos, além de apresentar menor número de intervenções, o que reduz os incômodos aos usuários e moradores ao entorno, além das mobilizações e desmobilizações da equipe, etapa que não foi considerada neste estudo.

O Quadro 47 apresenta comparação entre as duas abordagens adotadas para esta rodovia, com os valores de impactos gerado em relação a “restauração inicial” e “todas as intervenções”. O Gráfico 50 detalha a contribuição de cada técnica construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

Quadro 47: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC355 J/BR153

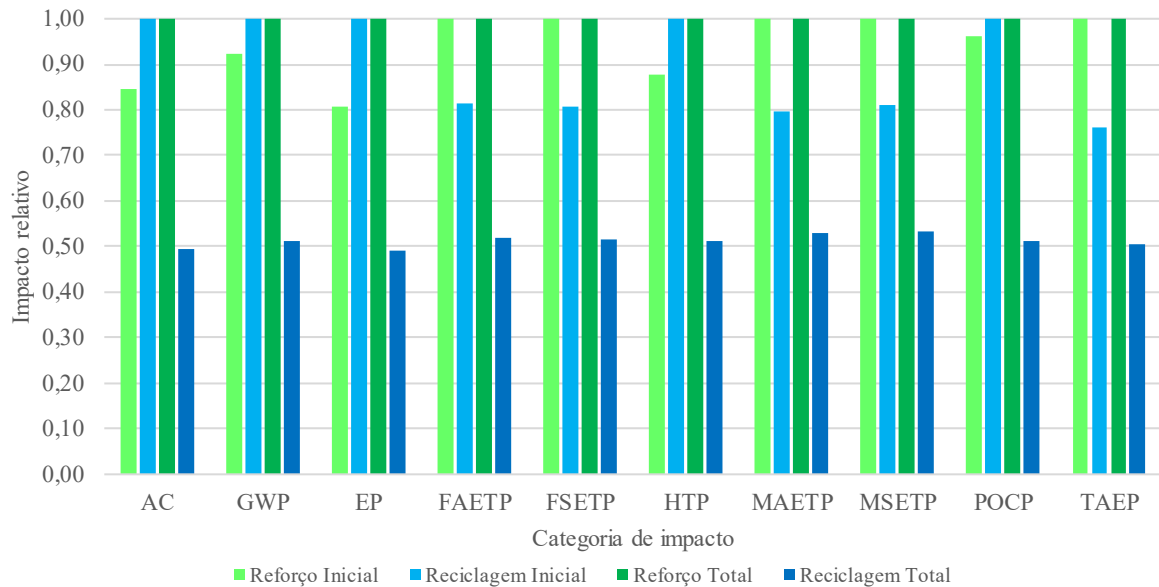
| Indicador | Reforço | | Reciclagem | |
|-----------|----------|----------|------------|----------|
| | Inicial | Total | Inicial | Total |
| AC | 9,06E+02 | 3,89E+03 | 1,07E+03 | 1,93E+03 |
| GWP | 8,32E+04 | 3,59E+05 | 9,00E+04 | 1,84E+05 |
| EP | 1,44E+02 | 6,32E+02 | 1,78E+02 | 3,10E+02 |
| FAETP | 2,00E+02 | 7,34E+02 | 1,62E+02 | 3,81E+02 |
| FSETP | 4,34E+02 | 1,60E+03 | 3,50E+02 | 8,27E+02 |
| HTP | 2,84E+04 | 1,34E+05 | 3,24E+04 | 6,84E+04 |
| MAETP | 2,12E+04 | 7,65E+04 | 1,68E+04 | 4,04E+04 |
| MSETP | 2,31E+04 | 8,40E+04 | 1,87E+04 | 4,47E+04 |
| POCP | 1,40E+01 | 5,72E+01 | 1,45E+01 | 2,93E+01 |
| TAEP | 2,79E+01 | 1,01E+02 | 2,12E+01 | 5,12E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Comparando os impactos gerados entre a abordagem inicial reforço estrutural e reciclagem profunda, fica evidente que em primeiro momento, na primeira intervenção tipo restauração, a reciclagem profunda apresenta maior impacto nas categorias que não são geridas pela produção de ligante asfáltico. Enquanto o reforço estrutural se torna mais prejudicial quando as categorias de impacto são dependentes da produção de ligante asfáltico.

Gráfico 50: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Contudo ao planejar as intervenções ao longo de 30 anos, o comportamento de geração de impactos ambientais muda. A abordagem reciclagem se torna aproximadamente 50% menos impactante que o reforço estrutural, fato que se deve a quantidade de intervenções necessárias ao longo do período, o comportamento das camadas adotadas, a espessura de revestimento utilizada para as recomposições. Com isso, a abordagem reforço, possui maior consumo de agregados, de ligantes asfálticos, de diesel para o transporte e a execução das camadas.

Para a SC355 J/BR153 fica evidente que a abordagem “reciclagem profunda” se mostra ambientalmente mais satisfatória em relação a abordagem “reforço estrutural” ao considerar o período de estudo de 30 anos.

7.4.8. Ciclo completo SC114 P/SJ

Conforme detalhado no capítulo 5, para a SC114P/SJ foram adotadas três abordagens diferentes para o estudo do ciclo de vida ao longo de 30 anos:

- a) Alternativa reforço: reforço estrutural em CA com 5 cm de espessura (2014), FD+RC (2018), FC+RC90 (2021), FD+RC+M (2026), FC+RC90 (2029), FD+RC (2034), FC+RC90 (2037) e FD+RC+M (2042).
- b) Alternativa reciclagem: reciclagem profunda com adição de cimento (2014), FD+RC (2021), FC+RC70 (2025), FD+RC+M (2031), FC+RC70 (2037).

- c) Alternativa HiMA: fresagem contínua de 4 cm de espessura com recomposição em duas camadas (2 cm de SAMI mais 4 cm de mistura asfáltica com HiMA) (2014), FD+RC (2019), FC+RCH (2024), FD+RC+M (2028), reforço estrutural 5 cm (2032), FD+RC (2037) e FC+RCH (2040).

O Quadro 48 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise quando analisado a abordagem “reforço”. O Gráfico 51 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

Quadro 48: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 P/SJ

| Indicador | Reforço | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | FC+RC | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | Total |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2014 | 2018 | 2021 | 2026 | 2029 | 2034 | 2037 | 2042 | |
| AC | 6,10E+2 | 2,94E+1 | 9,33E+2 | 1,24E+2 | 9,33E+2 | 2,94E+1 | 9,33E+2 | 1,24E+2 | 3,72E+3 |
| GWP | 5,40E+4 | 3,24E+3 | 8,49E+4 | 1,16E+4 | 8,49E+4 | 3,24E+3 | 8,49E+4 | 1,16E+4 | 3,38E+5 |
| EP | 9,84E+1 | 4,58E+0 | 1,52E+2 | 2,02E+1 | 1,52E+2 | 4,58E+0 | 1,52E+2 | 2,02E+1 | 6,05E+2 |
| FAETP | 1,20E+2 | 7,28E+0 | 1,68E+2 | 2,38E+1 | 1,68E+2 | 7,28E+0 | 1,68E+2 | 2,38E+1 | 6,86E+2 |
| FSETP | 2,64E+2 | 1,59E+1 | 3,68E+2 | 5,17E+1 | 3,68E+2 | 1,59E+1 | 3,68E+2 | 5,17E+1 | 1,50E+3 |
| HTP | 1,95E+4 | 1,37E+3 | 3,31E+4 | 4,91E+3 | 3,31E+4 | 1,37E+3 | 3,31E+4 | 4,91E+3 | 1,31E+5 |
| MAETP | 1,27E+4 | 7,70E+2 | 1,75E+4 | 2,48E+3 | 1,75E+4 | 7,70E+2 | 1,75E+4 | 2,48E+3 | 7,16E+4 |
| MSETP | 1,39E+4 | 8,48E+2 | 1,92E+4 | 2,74E+3 | 1,92E+4 | 8,48E+2 | 1,92E+4 | 2,74E+3 | 7,88E+4 |
| POCP | 9,02E+0 | 4,94E-1 | 1,35E+1 | 1,83E+0 | 1,35E+1 | 4,94E-1 | 1,35E+1 | 1,83E+0 | 5,41E+1 |
| TAEP | 1,67E+1 | 1,01E+0 | 2,31E+1 | 3,27E+0 | 2,31E+1 | 1,01E+0 | 2,31E+1 | 3,27E+0 | 9,45E+1 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

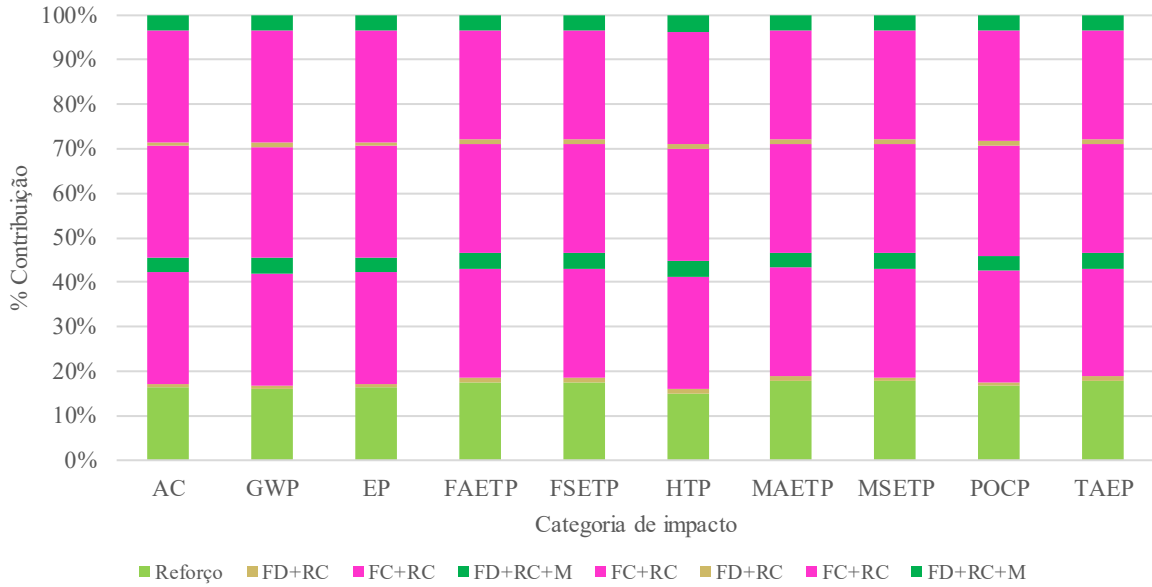
A proporção de contribuição entre as categorias de impacto foi muito parecida, em média o reforço contribui com aproximadamente 17%, a FC+RC90 gera 25% dos impactos em cada categoria, enquanto a FD+RC+M e a FD+RC apresentam baixa interferência, 3% e 1%, respectivamente.

A maior contribuição nas FC+RC90 são oriundas da quantidade de mistura asfáltica aplicada nesta técnica, onde utilizou-se 9 cm de espessura, enquanto a alternativa inicial “reforço” foi executada com 5 cm. A produção de agregado, a produção de ligante asfáltico, aliado ao consumo de combustível na execução das camadas e no transporte dos materiais elevam a contribuição na geração dos impactos.

A intervenção inicial, tipo restauração, representa apenas 17% dos impactos para as categorias avaliadas. Há acréscimos significativos, na ordem de 25% nos anos de 2021, 2029 e 2037, quando da aplicação de restaurações do tipo FC+RC90. Nestes momentos há utilização

considerável de agregados, ligantes, consumo de combustíveis para a execução além dos resíduos gerados pela fresagem da camada deteriorada.

Gráfico 51: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

O Quadro 49 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise, quando considerada a técnica inicial reciclagem profunda com adição de cimento. O Gráfico 52 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

Quadro 49: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 P/SJ

| Indicador | Reciclagem | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | FC+RC | Total |
|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 2014 | 2021 | 2025 | 2031 | 2037 | |
| AC | 1,11E+03 | 2,94E+01 | 3,43E+02 | 1,24E+02 | 3,43E+02 | 1,95E+03 |
| GWP | 8,98E+04 | 3,24E+03 | 3,76E+04 | 1,16E+04 | 3,76E+04 | 1,80E+05 |
| EP | 1,84E+02 | 4,58E+00 | 5,21E+01 | 2,02E+01 | 5,21E+01 | 3,13E+02 |
| FAETP | 1,64E+02 | 6,91E+00 | 9,17E+01 | 2,22E+01 | 9,17E+01 | 3,77E+02 |
| FSETP | 3,57E+02 | 1,53E+01 | 2,01E+02 | 4,92E+01 | 2,01E+02 | 8,23E+02 |
| HTP | 3,39E+04 | 1,35E+03 | 1,46E+04 | 4,82E+03 | 1,46E+04 | 6,93E+04 |
| MAETP | 1,72E+04 | 7,54E+02 | 9,92E+03 | 2,42E+03 | 9,92E+03 | 4,02E+04 |
| MSETP | 1,92E+04 | 8,36E+02 | 1,09E+04 | 2,69E+03 | 1,09E+04 | 4,46E+04 |
| POCP | 1,48E+01 | 4,94E-01 | 5,98E+00 | 1,83E+00 | 5,98E+00 | 2,91E+01 |
| TAEP | 2,16E+01 | 9,48E-01 | 1,27E+01 | 3,02E+00 | 1,27E+01 | 5,09E+01 |

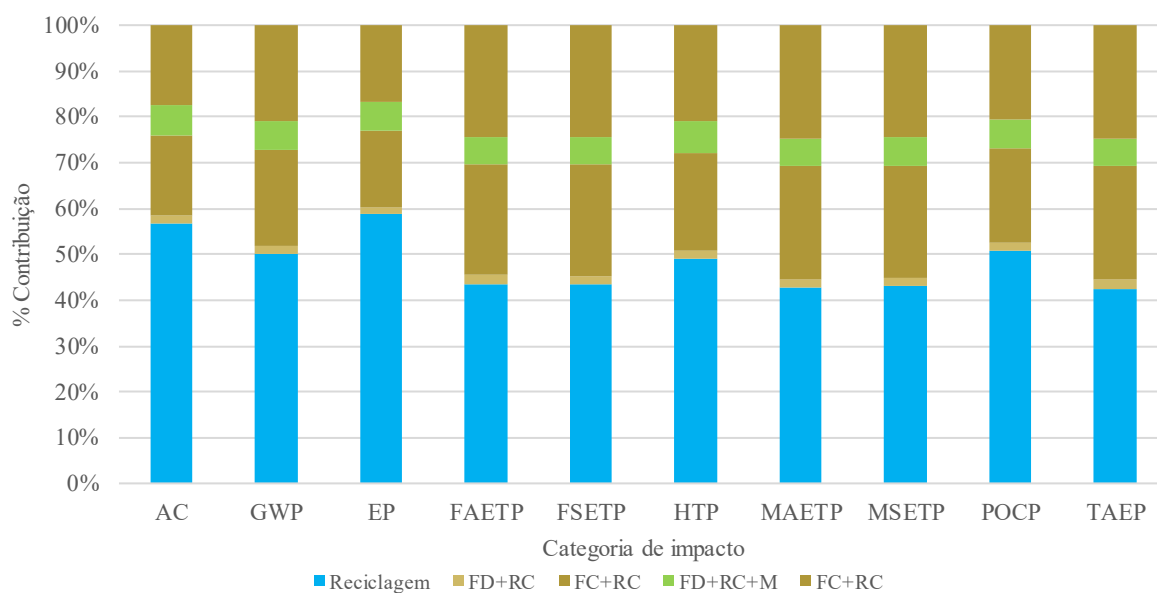
AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

A etapa de reciclagem profunda gerou impacto de 57% na categoria acidificação, enquanto a FC+RC70 contribui com 18%, a FD+RC+M com 6% e a FD+RC com apenas 2% do total ao longo do período de análise. Deixando claro que o consumo de combustível utilizado pelos equipamentos para a execução da reciclagem, juntamente com a produção dos agregados e ligantes para compor as camadas e o transporte, impactam de forma expressiva na execução da via.

Em relação a ecotoxicidade ocorre a maior interferência das camadas asfálticas, mesmo assim a reciclagem contribui com 43% enquanto a FC+RC90 com 25% cada. Para a categoria mudanças climáticas a reciclagem contribui com 50% enquanto a FC+RC90 com 21%. Devido a quantidade de agregados necessários e o consumo de diesel na execução e no transporte a reciclagem contribui com 59% dos impactos na eutrofização.

Gráfico 52: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação a toxicidade humana e a oxidação fotoquímica, a maior contribuição é identificada quando da execução da reciclagem profunda com 50% seguida da FC+RC90 com 21%. O maior consumo na execução da reciclagem está atribuído ao consumo de diesel pelos equipamentos e pelos veículos para transporte das matérias primas e a produção de ligante asfáltico, o que sobressai em comparação a fresagem contínua.

A intervenção inicial, tipo restauração, representa entre 42% e 59% dos impactos para as categorias avaliadas.

A reciclagem tem maior interferência na eutrofização, acidificação, oxidação fotoquímica e mudanças climática, com mais de 50% da contribuição ao longo do período de análise, diante disso, muito importante o planejamento da movimentação dos materiais e a execução, devido ao consumo de combustíveis e a produção dos agregados e ligantes. A distância de transporte utilizada é um dos principais fatores da elevada incidência de impactos.

Por outro lado, ao longo do período de avaliação, as intervenções necessárias geram menores impactos, além de apresentar menor número de intervenções em relação ao reforço, o que reduz os incômodos aos usuários e moradores ao entorno, além das mobilizações e desmobilizações da equipe, etapa que não foi considerada neste estudo. Se mostrando mais eficiente ambientalmente que a primeira abordagem.

O Quadro 50 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise, quando considerada a técnica inicial fresagem continua com recomposição HiMA. O Gráfico 53 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

Quadro 50: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “HiMA” para a SC114 P/SJ

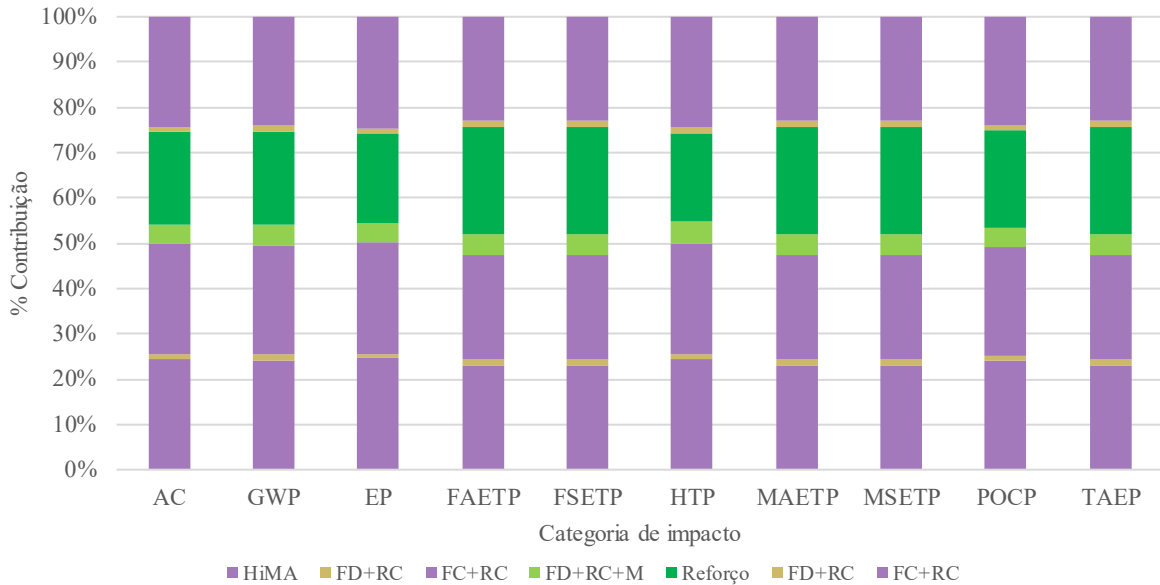
| Indicador | HiMA | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | Reforço | FD+RC | FC+RC | Total |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 2014 | 2019 | 2024 | 2028 | 2032 | 2037 | 2040 | |
| AC | 7,31E+02 | 2,94E+01 | 7,31E+02 | 1,24E+02 | 6,10E+02 | 2,94E+01 | 7,31E+02 | 2,99E+03 |
| GWP | 6,30E+04 | 3,24E+03 | 6,30E+04 | 1,16E+04 | 5,40E+04 | 3,24E+03 | 6,30E+04 | 2,61E+05 |
| EP | 1,21E+02 | 4,58E+00 | 1,21E+02 | 2,02E+01 | 9,84E+01 | 4,58E+00 | 1,21E+02 | 4,91E+02 |
| FAETP | 1,18E+02 | 7,28E+00 | 1,18E+02 | 2,38E+01 | 1,20E+02 | 7,28E+00 | 1,18E+02 | 5,12E+02 |
| FSETP | 2,59E+02 | 1,59E+01 | 2,59E+02 | 5,17E+01 | 2,64E+02 | 1,59E+01 | 2,59E+02 | 1,12E+03 |
| HTP | 2,42E+04 | 1,37E+03 | 2,42E+04 | 4,91E+03 | 1,95E+04 | 1,37E+03 | 2,42E+04 | 9,96E+04 |
| MAETP | 1,22E+04 | 7,70E+02 | 1,22E+04 | 2,48E+03 | 1,27E+04 | 7,70E+02 | 1,22E+04 | 5,33E+04 |
| MSETP | 1,35E+04 | 8,48E+02 | 1,35E+04 | 2,74E+03 | 1,39E+04 | 8,48E+02 | 1,35E+04 | 5,87E+04 |
| POCP | 1,01E+01 | 4,94E-01 | 1,01E+01 | 1,83E+00 | 9,02E+00 | 4,94E-01 | 1,01E+01 | 4,21E+01 |
| TAEP | 1,62E+01 | 1,01E+00 | 1,62E+01 | 3,27E+00 | 1,67E+01 | 1,01E+00 | 1,62E+01 | 7,05E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Garantindo que ao longo do período de estudo as fresagens com recomposições fossem executadas com o mesmo material da intervenção inicial, identifica-se que esta etapa contribui com aproximadamente 24%, em cada aplicação, dos impactos gerados. Isso mostra a importância no dimensionamento de sua espessura e na manutenção da rodovia para que não seja necessário intervenções de maior monta intermediária a essas.

Gráfico 53: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “HiMA” para a SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

A FD+RC e a FD+RC+M contribuem com 1% e 5%, respectivamente, valor considerados pequenos no montante das demais intervenções, porém não podem deixar de serem considerados.

Quando analisada a ecotoxicidade ocorre a maior interferência das camadas asfálticas, mesmo assim a FC+RCH contribui com 23% cada e o reforço estrutural (5 cm de espessura) com 24%.

A intervenção inicial, tipo restauração, representa apenas 24% dos impactos para as categorias avaliadas. Pode-se identificar que nos anos de 2024, 2032 e 2040 ocorre aumento nos impactos, na mesma proporção que na intervenção inicial, isso se dá pela execução do mesmo procedimento inicial de restauração.

Adotar uma técnica pelo seu custo inicial e pelo seu impacto na implantação, não é recomendado visto a longo prazo estes parâmetros se tornarem equivocados. Portanto avaliar impacto ambiental, custo, disponibilidade de materiais e equipamentos, além de planejar as intervenções, garantem uma obra técnica, econômica e ambientalmente adequada.

O Quadro 51 apresenta comparação entre as três abordagens adotadas para esta rodovia, com os valores de impactos gerado em relação a “restauração inicial” e “todas as intervenções”. O Gráfico 54 detalha a contribuição de cada técnica construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

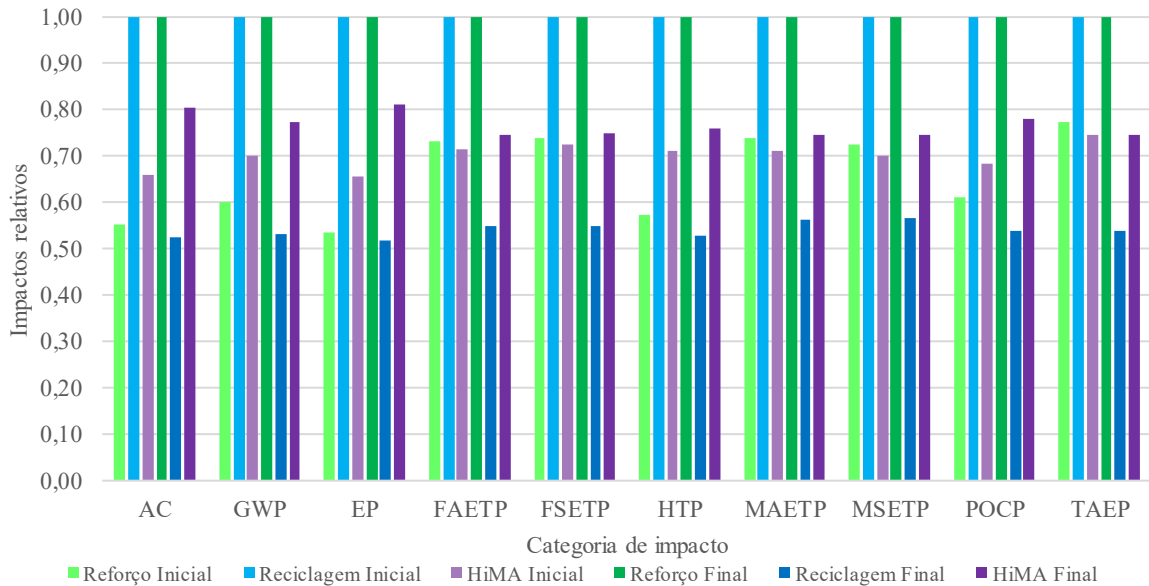
Quadro 51: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 P/SJ

| Indicador | Reforço | | Reciclagem | | HiMA | |
|-----------|----------|----------|------------|----------|----------|----------|
| | Inicial | Total | Inicial | Total | Inicial | Total |
| AC | 6,10E+02 | 3,72E+03 | 1,11E+03 | 1,95E+03 | 7,31E+02 | 2,99E+03 |
| GWP | 5,40E+04 | 3,38E+05 | 8,98E+04 | 1,80E+05 | 6,30E+04 | 2,61E+05 |
| EP | 9,84E+01 | 6,05E+02 | 1,84E+02 | 3,13E+02 | 1,21E+02 | 4,91E+02 |
| FAETP | 1,20E+02 | 6,86E+02 | 1,64E+02 | 3,77E+02 | 1,18E+02 | 5,12E+02 |
| FSETP | 2,64E+02 | 1,50E+03 | 3,57E+02 | 8,23E+02 | 2,59E+02 | 1,12E+03 |
| HTP | 1,95E+04 | 1,31E+05 | 3,39E+04 | 6,93E+04 | 2,42E+04 | 9,96E+04 |
| MAETP | 1,27E+04 | 7,16E+04 | 1,72E+04 | 4,02E+04 | 1,22E+04 | 5,33E+04 |
| MSETP | 1,39E+04 | 7,88E+04 | 1,92E+04 | 4,46E+04 | 1,35E+04 | 5,87E+04 |
| POCP | 9,02E+00 | 5,41E+01 | 1,48E+01 | 2,91E+01 | 1,01E+01 | 4,21E+01 |
| TAEP | 1,67E+01 | 9,45E+01 | 2,16E+01 | 5,09E+01 | 1,62E+01 | 7,05E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 54: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 P/SJ



Comparando os impactos gerados entre a abordagem inicial reforço estrutural, reciclagem profunda e HiMA, fica evidente que em primeiro momento, na primeira intervenção tipo restauração, a reciclagem profunda apresenta maior impacto em todas as categorias.

Contudo ao planejar as intervenções ao longo de 30 anos, o comportamento de geração de impactos ambientais muda. A abordagem reciclagem se torna aproximadamente 45% menos impactante que o reforço estrutural e 30% menor que a HiMA, fato que se deve a quantidade de intervenções necessárias ao longo do período (reforço com 8 intervenções, HiMA com 7 intervenções e reciclagem com 5 intervenções), o comportamento das camadas adotadas, a

espessura de revestimento utilizada para as recomposições. Com isso, a abordagem reforço, possui maior consumo de agregados, de ligantes asfálticos, de diesel para o transporte e a execução das camadas. A abordagem HiMA se torna 20% menos impactante ambientalmente que o reforço.

Para a SC114 P/SJ fica evidente que a abordagem “reciclagem profunda” se mostra ambientalmente mais satisfatória em relação a abordagem “reforço estrutural” e “HiMA” ao considerar o período de estudo de 30 anos.

7.4.9. Ciclo completo SC114 L/OC

Conforme detalhado no capítulo 5, para a SC114 L/OC foram adotadas três abordagens diferentes para o estudo do ciclo de vida ao longo de 30 anos:

- a) Alternativa reforço: reforço estrutural em CA com 15 cm de espessura (2017), FD+RC (2020), FC+RC140 (2023), FD+RC+M (2026), FC+RC140 (2029), FD+RC (2032), FC+RC140 (2034), FD+RC+M (2037), FC+RC140 (2039), FD+RC (2042) e FC+RC140 (2044).
- b) Alternativa reciclagem: reciclagem profunda com adição de cimento (2017), FD+RC (2022), FC+RC110 (2026), FD+RC+M (2030), FC+RC110 (2034), FC+RC110 (2039), FD+RC (2042) e FC+RC110 (2046).
- a) Alternativa *Whitetopping*: preenchimento de acostamentos e trilhas de roda além da execução da camada de concreto (*Whitetopping*) (2017), selagem de trincas e juntas (2024), substituição de juntas (2027), selagem de trincas e juntas (2029), selagem de trincas e juntas (2034), substituição de juntas (2037), selagem de trincas e juntas (2039) e selagem de trincas e juntas (2044).

O Quadro 52 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise quando analisado a abordagem “reforço”. O Gráfico 55 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

A proporção de contribuição entre as categorias de impacto foi muito parecida, em média o reforço contribui entre 14% e 20%, a FC+RC140 gera 15,5% dos impactos em cada categoria, enquanto a FD+RC+M e a FD+RC apresentam baixa interferência, 1,8% e 0,5%, respectivamente.

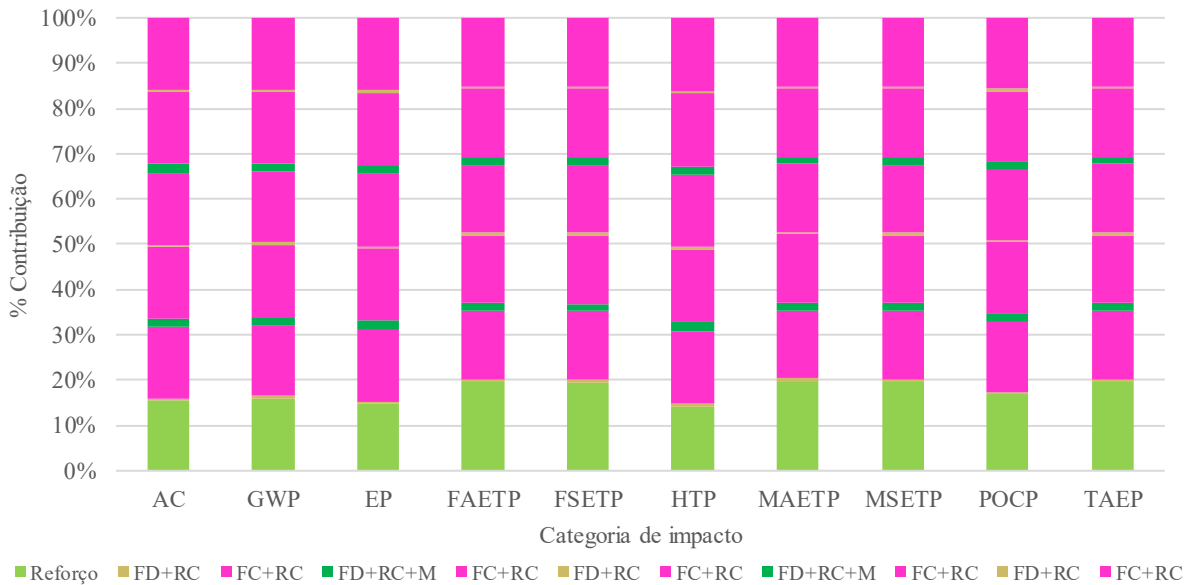
Quadro 52: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 L/OC

| Indicador | Reforço | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | FC+RC | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | FC+RC | FD+RC | FC+RC | Total |
|-----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 2017 | 2020 | 2023 | 2026 | 2029 | 2032 | 2034 | 2037 | 2039 | 2042 | 2044 | |
| AC | 1,10E+3 | 3,01E+1 | 1,14E+3 | 1,30E+2 | 1,14E+3 | 3,01E+1 | 1,14E+3 | 1,30E+2 | 1,14E+3 | 3,01E+1 | 1,14E+3 | 7,14E+3 |
| GWP | 1,14E+5 | 3,42E+3 | 1,12E+5 | 1,28E+4 | 1,12E+5 | 3,42E+3 | 1,12E+5 | 1,28E+4 | 1,12E+5 | 3,42E+3 | 1,12E+5 | 7,12E+5 |
| EP | 1,70E+2 | 4,69E+0 | 1,85E+2 | 2,11E+1 | 1,85E+2 | 4,69E+0 | 1,85E+2 | 2,11E+1 | 1,85E+2 | 4,69E+0 | 1,85E+2 | 1,15E+3 |
| FAETP | 2,79E+2 | 7,35E+0 | 2,14E+2 | 2,53E+1 | 2,14E+2 | 7,35E+0 | 2,14E+2 | 2,53E+1 | 2,14E+2 | 7,35E+0 | 2,14E+2 | 1,42E+3 |
| FSETP | 6,07E+2 | 1,61E+1 | 4,68E+2 | 5,33E+1 | 4,68E+2 | 1,61E+1 | 4,68E+2 | 5,33E+1 | 4,68E+2 | 1,61E+1 | 4,68E+2 | 3,10E+3 |
| HTP | 3,74E+4 | 1,38E+3 | 4,24E+4 | 4,96E+3 | 4,24E+4 | 1,38E+3 | 4,24E+4 | 4,96E+3 | 4,24E+4 | 1,38E+3 | 4,24E+4 | 2,63E+5 |
| MAETP | 2,98E+4 | 7,78E+2 | 2,26E+4 | 2,52E+3 | 2,26E+4 | 7,78E+2 | 2,26E+4 | 2,52E+3 | 2,26E+4 | 7,78E+2 | 2,26E+4 | 1,50E+5 |
| MSETP | 3,25E+4 | 8,56E+2 | 2,48E+4 | 2,78E+3 | 2,48E+4 | 8,56E+2 | 2,48E+4 | 2,78E+3 | 2,48E+4 | 8,56E+2 | 2,48E+4 | 1,65E+5 |
| POCP | 1,85E+1 | 5,10E-1 | 1,71E+1 | 1,93E+0 | 1,71E+1 | 5,10E-1 | 1,71E+1 | 1,93E+0 | 1,71E+1 | 5,10E-1 | 1,71E+1 | 1,09E+2 |
| TAEP | 3,92E+1 | 1,02E+0 | 2,99E+1 | 3,38E+0 | 2,99E+1 | 1,02E+0 | 2,99E+1 | 3,38E+0 | 2,99E+1 | 1,02E+0 | 2,99E+1 | 1,98E+2 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 55: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reforço” para a SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

O equilíbrio entre as restaurações deve-se, principalmente, a espessura do revestimento, enquanto no reforço apresenta 15cm na fresagem contínua é de 14cm. Quanto a proximidade entre as categorias de impacto, justifica-se ao equilíbrio entre a quantidade de agregados necessários para a execução das camadas e a estrutura de revestimento, além dos

consumos de combustíveis para a operação dos equipamentos e o transporte dos materiais. Esta rodovia apresenta uma camada de reforço do subleito, que não foi utilizada nas anteriores.

Por apresentar fluxo de cargas superior às outras rodovias estudadas, demanda de estrutura mais espessa e intervenções em menor espaço de tempo, de forma a suportar os esforços e garantir qualidade de rolamento e segurança aos usuários. Portanto a geração dos impactos ambientais apresentou-se bem distribuída ao longo dos 30 anos, sendo necessárias 11 intervenções do tipo restauração e manutenção, o que pode representar não ser uma técnica adequada para o tráfego local.

O Quadro 53 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise, quando considerada a técnica inicial reciclagem profunda com adição de cimento. O Gráfico 56 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

Quadro 53: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 L/OC

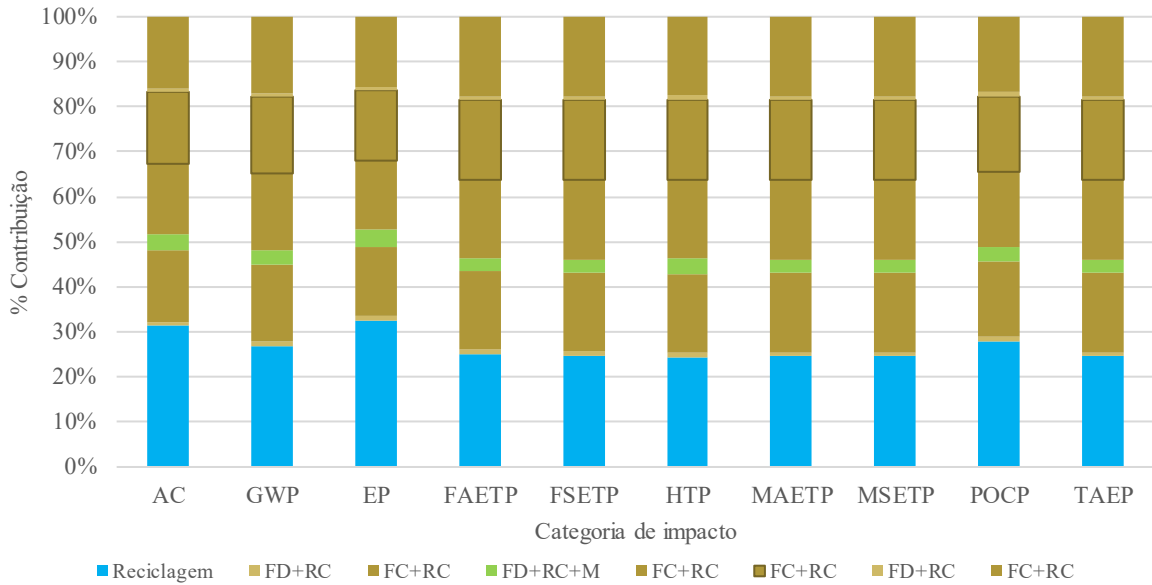
| Indicador | Reciclagem | FD+RC | FC+RC | FD+RC+M | FC+RC | FC+RC | FD+RC | FC+RC | Total |
|-----------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 2017 | 2022 | 2026 | 2030 | 2034 | 2039 | 2042 | 2046 | |
| AC | 1,12E+03 | 3,01E+01 | 5,65E+02 | 1,30E+02 | 5,65E+02 | 5,65E+02 | 3,01E+01 | 5,65E+02 | 3,57E+03 |
| GWP | 1,03E+05 | 3,42E+03 | 6,52E+04 | 1,28E+04 | 6,52E+04 | 6,52E+04 | 3,42E+03 | 6,52E+04 | 3,84E+05 |
| EP | 1,81E+02 | 4,69E+00 | 8,60E+01 | 2,11E+01 | 8,60E+01 | 8,60E+01 | 4,69E+00 | 8,60E+01 | 5,55E+02 |
| FAETP | 2,12E+02 | 6,93E+00 | 1,49E+02 | 2,35E+01 | 1,49E+02 | 1,49E+02 | 6,93E+00 | 1,49E+02 | 8,45E+02 |
| FSETP | 4,58E+02 | 1,54E+01 | 3,27E+02 | 5,03E+01 | 3,27E+02 | 3,27E+02 | 1,54E+01 | 3,27E+02 | 1,85E+03 |
| HTP | 3,29E+04 | 1,35E+03 | 2,38E+04 | 4,85E+03 | 2,38E+04 | 2,38E+04 | 1,35E+03 | 2,38E+04 | 1,36E+05 |
| MAETP | 2,24E+04 | 7,60E+02 | 1,62E+04 | 2,45E+03 | 1,62E+04 | 1,62E+04 | 7,60E+02 | 1,62E+04 | 9,14E+04 |
| MSETP | 2,48E+04 | 8,43E+02 | 1,79E+04 | 2,73E+03 | 1,79E+04 | 1,79E+04 | 8,43E+02 | 1,79E+04 | 1,01E+05 |
| POCP | 1,67E+01 | 5,10E-01 | 1,00E+01 | 1,93E+00 | 1,00E+01 | 1,00E+01 | 5,10E-01 | 1,00E+01 | 5,98E+01 |
| TAEP | 2,87E+01 | 9,53E-01 | 2,07E+01 | 3,09E+00 | 2,07E+01 | 2,07E+01 | 9,53E-01 | 2,07E+01 | 1,16E+02 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

A etapa de reciclagem profunda gerou impacto de 32% na categoria acidificação, enquanto a FC+RC110 contribui com 16%, a FD+RC+M com 4% e a FD+RC com apenas 1% do total ao longo do período de análise. Deixando claro que o consumo de combustível utilizado pelos equipamentos para a execução da reciclagem, juntamente com a produção dos agregados e ligantes para compor as camadas e o transporte, impactam de forma expressiva na execução da via. Contudo, deve-se atentar a espessura de revestimento utilizada nas restaurações com fresagem contínua, as quais contribuem principalmente na quantidade de ligante e de agregados necessários para a construção.

Gráfico 56: Contribuição de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “Reciclagem” para a SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Em relação a ecotoxicidade ocorre a maior interferência das camadas asfálticas, mesmo assim a reciclagem contribui com 25% enquanto a FC+RC110 com 18% cada. Para a categoria mudanças climáticas a reciclagem contribui com 27% enquanto a FC+RC110 com 17%. Devido a quantidade de agregados necessários e o consumo de diesel na execução e no transporte a reciclagem contribui com 33% dos impactos na eutrofização.

Em relação a toxicidade humana, a maior contribuição é identificada quando da execução da reciclagem profunda com 24% seguida da FC+RC110 com 18%. O maior consumo na execução da reciclagem está atribuído ao consumo de diesel pelos equipamentos e pelos veículos para transporte das matérias primas e a produção de ligante asfáltico, o que sobressai em comparação a fresagem contínua. Identificado que na oxidação fotoquímica há o mesmo comportamento, com contribuição da reciclagem em 28%.

Como mencionado anteriormente, para a SC114 L/OC com volume de tráfego considerado alto, há a distribuição ao longo dos anos das intervenções necessárias, mesmo assim a intervenção inicial, reciclagem, representa em média 25% dos impactos para as categorias avaliadas. Considerando que ao longo dos 30 anos obteve-se a necessidade de 8 intervenções, pode-se dizer que é um percentual considerável para o início da obra. Por outro lado, ao longo do período de avaliação, as intervenções necessárias geram menores impactos, além de apresentar menor número de intervenções em relação ao reforço, o que reduz os incômodos aos usuários e moradores ao entorno, além das mobilizações e desmobilizações da

equipe, etapa que não foi considerada neste estudo. Se mostrando mais eficiente ambientalmente que a primeira abordagem.

O Quadro 54 apresenta o total de impactos gerado por cada intervenção aplicada nesta rodovia e o total ao final dos 30 anos de análise, quando considerada a alternativa inicial *Whitetopping*. O Gráfico 57 detalha a contribuição de cada etapa construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

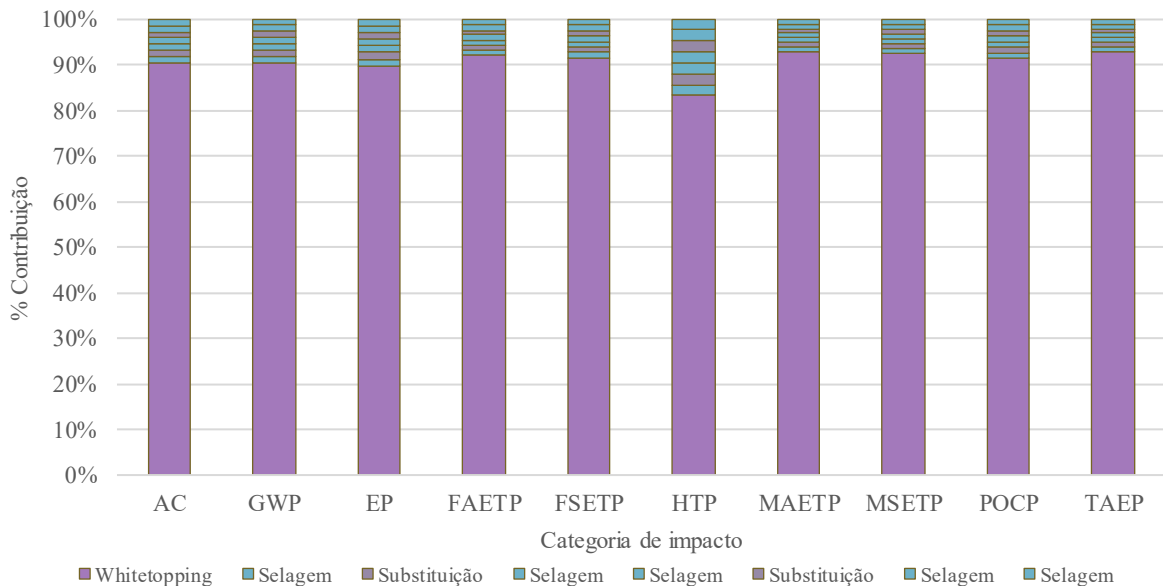
Quadro 54: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “*Whitetopping*” para a SC114 L/OC

| Indicador | Whitetop. | Selagem | Substituição | Selagem | Selagem | Substituição | Selagem | Selagem | Total |
|-----------|-----------|----------|--------------|----------|----------|--------------|----------|----------|----------|
| | 2017 | 2024 | 2027 | 2029 | 2034 | 2037 | 2039 | 2044 | |
| AC | 1,14E+03 | 1,69E+01 | 1,73E+01 | 1,69E+01 | 1,69E+01 | 1,73E+01 | 1,69E+01 | 1,69E+01 | 1,26E+03 |
| GWP | 1,40E+05 | 1,93E+03 | 2,43E+03 | 1,93E+03 | 1,93E+03 | 2,43E+03 | 1,93E+03 | 1,93E+03 | 1,54E+05 |
| EP | 1,61E+02 | 2,46E+00 | 3,01E+00 | 2,46E+00 | 2,46E+00 | 3,01E+00 | 2,46E+00 | 2,46E+00 | 1,79E+02 |
| FAETP | 1,16E+02 | 1,51E+00 | 1,22E+00 | 1,51E+00 | 1,51E+00 | 1,22E+00 | 1,51E+00 | 1,51E+00 | 1,26E+02 |
| FSETP | 2,57E+02 | 3,58E+00 | 2,81E+00 | 3,58E+00 | 3,58E+00 | 2,81E+00 | 3,58E+00 | 3,58E+00 | 2,80E+02 |
| HTP | 2,99E+04 | 8,37E+02 | 9,13E+02 | 8,37E+02 | 8,37E+02 | 9,13E+02 | 8,37E+02 | 8,37E+02 | 3,59E+04 |
| MAETP | 1,21E+04 | 1,37E+02 | 1,19E+02 | 1,37E+02 | 1,37E+02 | 1,19E+02 | 1,37E+02 | 1,37E+02 | 1,30E+04 |
| MSETP | 1,33E+04 | 1,59E+02 | 1,39E+02 | 1,59E+02 | 1,59E+02 | 1,39E+02 | 1,59E+02 | 1,59E+02 | 1,44E+04 |
| POCP | 1,96E+01 | 2,65E-01 | 2,51E-01 | 2,65E-01 | 2,65E-01 | 2,51E-01 | 2,65E-01 | 2,65E-01 | 2,14E+01 |
| TAEP | 1,67E+01 | 1,78E-01 | 1,75E-01 | 1,78E-01 | 1,78E-01 | 1,75E-01 | 1,78E-01 | 1,78E-01 | 1,79E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 57: Total impactos de cada intervenção aplicada ao longo dos 30 anos da LCA para a alternativa de restauração inicial “*Whitetopping*” para a SC114 L/OC



A alternativa *Whitotopping* apresenta elevado impacto ambiental na sua aplicação, pois além da execução de uma camada em concreto de cimento Portland de 22 cm, necessita de remendos profundos e da regularização do acostamento e das trilhas de roda com a aplicação de mistura asfáltica. Diante das simulações, obteve-se que ao longo dos 30 anos, o *Whitotopping* gerou acima de 90% dos impactos totais. Porém deve-se atentar às fronteiras do estudo, dependendo do que é considerado esses impactos podem apresentar alterações.

Apenas a categoria de impacto toxicidade humana apresentou contribuição de 83% da alternativa *Whitotopping*, tendo aumento de contribuição da selagem de trincas que passou de 1,3% para 2,3% e a substituição de juntas que passou de 1,3% para 2,5%, mostrando a interferência do consumo de diesel e dos ligantes para a execução dessas intervenções.

Adotar uma técnica pelo seu custo inicial e pelo seu impacto na implantação, não é recomendado, analisado a longo prazo estes parâmetros se tornarem equivocados o que pode ser identificado neste tipo de situação. Portanto avaliar impacto ambiental, custo, disponibilidade de materiais e equipamentos, além de planejar as intervenções, garantem uma obra técnica, econômica e ambientalmente adequada.

O Quadro 55 apresenta comparação entre as três abordagens adotadas para esta rodovia, com os valores de impactos gerado em relação a “restauração inicial” e “todas as intervenções”. O Gráfico 58 detalha a contribuição de cada técnica construtiva adotada em relação as categorias de impacto analisadas.

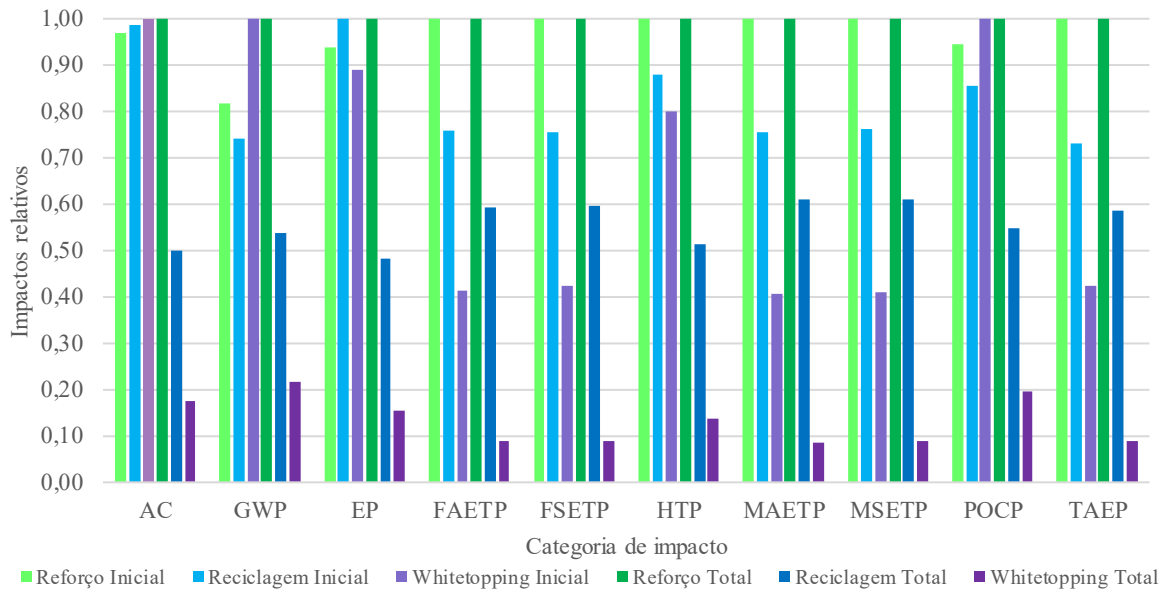
Quadro 55: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 L/OC

| Indicador | Reforço | | Reciclagem | | <i>Whitotopping</i> | |
|-----------|----------|----------|------------|----------|---------------------|----------|
| | Inicial | Total | Inicial | Total | Inicial | Total |
| AC | 1,10E+03 | 7,14E+03 | 1,12E+03 | 3,57E+03 | 1,14E+03 | 1,26E+03 |
| GWP | 1,14E+05 | 7,12E+05 | 1,03E+05 | 3,84E+05 | 1,40E+05 | 1,54E+05 |
| EP | 1,70E+02 | 1,15E+03 | 1,81E+02 | 5,55E+02 | 1,61E+02 | 1,79E+02 |
| FAETP | 2,79E+02 | 1,42E+03 | 2,12E+02 | 8,45E+02 | 1,16E+02 | 1,26E+02 |
| FSETP | 6,07E+02 | 3,10E+03 | 4,58E+02 | 1,85E+03 | 2,57E+02 | 2,80E+02 |
| HTP | 3,74E+04 | 2,63E+05 | 3,29E+04 | 1,36E+05 | 2,99E+04 | 3,59E+04 |
| MAETP | 2,98E+04 | 1,50E+05 | 2,24E+04 | 9,14E+04 | 1,21E+04 | 1,30E+04 |
| MSETP | 3,25E+04 | 1,65E+05 | 2,48E+04 | 1,01E+05 | 1,33E+04 | 1,44E+04 |
| POCP | 1,85E+01 | 1,09E+02 | 1,67E+01 | 5,98E+01 | 1,96E+01 | 2,14E+01 |
| TAEP | 3,92E+01 | 1,98E+02 | 2,87E+01 | 1,16E+02 | 1,67E+01 | 1,79E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 58: Impactos “Restauração inicial” versus “Todas as intervenções – Total” para a SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Comparando os impactos gerados entre a abordagem inicial reforço estrutural, reciclagem profunda e *Whitetopping*, fica evidente que em primeiro momento, na primeira intervenção tipo restauração, a reciclagem profunda apresenta maior impacto quando analisada a categoria eutrofização. Ao verificar as categorias acidificação, mudanças climáticas e oxidação fotoquímica, a alternativa *Whitetopping* se sobressai. Porém quando avaliada a ecotoxicidade e a toxicidade humana, o reforço é a técnica que mais impacta inicialmente.

Contudo ao planejar as intervenções ao longo de 30 anos, o comportamento de geração de impactos ambientais muda. O reforço se torna a abordagem com maiores impactos em todas as categorias, a reciclagem apresenta redução significativa, em torno de 40% e o *Whitetopping* mais de 80%. Contudo cada categoria apresentou variações diferentes.

Para as categorias de ecotoxicidade a reciclagem apresenta redução em torno de 40% e o *Whitetopping* de 90% em relação ao reforço, justificável pela menor aplicação de revestimento asfáltico nas técnicas de restaurações e manutenções utilizadas ao longo do tempo.

Para as demais categorias a redução foi de 50% quando aplicada a reciclagem e de 80% com o *Whitetopping*, comprovando o desempenho das estruturas semirrígidas e rígidas tanto de forma estrutural quanto ambiental.

Para a SC114 L/OC fica evidente que a abordagem “*Whitetopping*” se mostra ambientalmente mais satisfatória em relação a abordagem “reforço estrutural”, sendo uma segunda opção a abordagem “Reciclagem profunda” ao considerar o período de estudo de 30 anos. Contudo necessário avaliar os custos necessários, materiais e equipamentos disponíveis.

7.5. COMPARAÇÃO ENTRE AS ALTERNATIVAS DE RESTAURAÇÕES – 30 ANOS

O Quadro 56 mostra os impactos totais obtidos por cada abordagem adotada nas três rodovias estudadas nesta tese. O Gráfico 59 apresenta comparação entre as abordagens e as obras para cada categoria de impacto, considerando os impactos relativos.

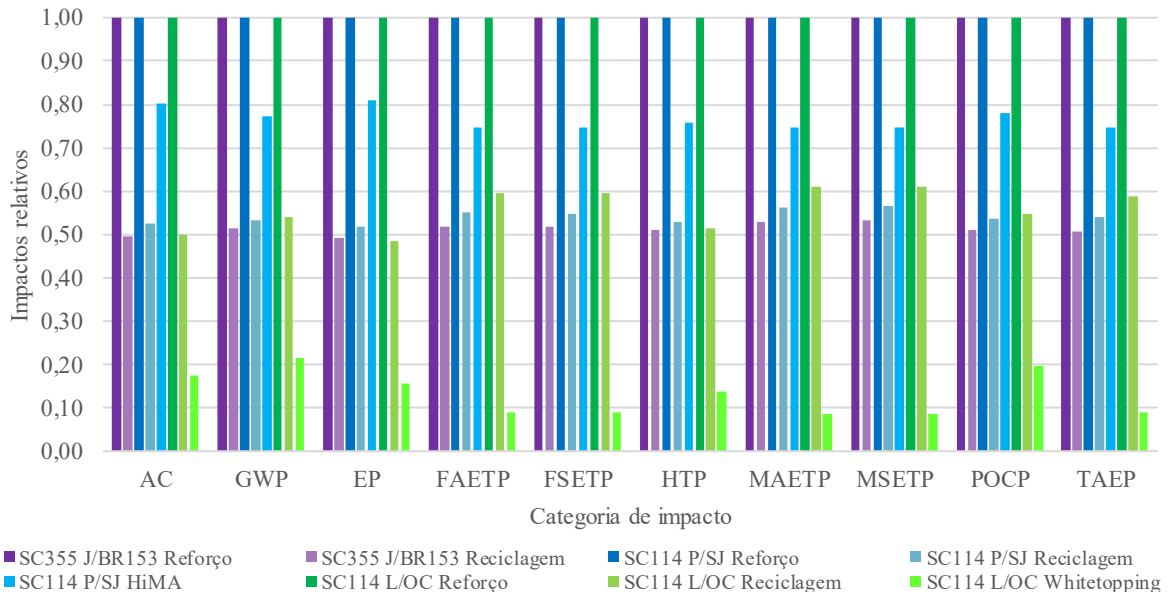
Quadro 56: Impactos totais ao longo do ciclo de vida estudado

| Indicador | SC355 J/BR153 | | SC114 P/SJ | | | SC114 L/OC | | |
|-----------|---------------|------------|------------|------------|----------|------------|------------|--------------|
| | Reforço | Reciclagem | Reforço | Reciclagem | HiMA | Reforço | Reciclagem | Whitetopping |
| AC | 3,89E+03 | 1,93E+03 | 3,72E+03 | 1,95E+03 | 2,99E+03 | 7,14E+03 | 3,57E+03 | 1,26E+03 |
| GWP | 3,59E+05 | 1,84E+05 | 3,38E+05 | 1,80E+05 | 2,61E+05 | 7,12E+05 | 3,84E+05 | 1,54E+05 |
| EP | 6,32E+02 | 3,10E+02 | 6,05E+02 | 3,13E+02 | 4,91E+02 | 1,15E+03 | 5,55E+02 | 1,79E+02 |
| FAETP | 7,34E+02 | 3,81E+02 | 6,86E+02 | 3,77E+02 | 5,12E+02 | 1,42E+03 | 8,45E+02 | 1,26E+02 |
| FSETP | 1,60E+03 | 8,27E+02 | 1,50E+03 | 8,23E+02 | 1,12E+03 | 3,10E+03 | 1,85E+03 | 2,80E+02 |
| HTP | 1,34E+05 | 6,84E+04 | 1,31E+05 | 6,93E+04 | 9,96E+04 | 2,63E+05 | 1,36E+05 | 3,59E+04 |
| MAETP | 7,65E+04 | 4,04E+04 | 7,16E+04 | 4,02E+04 | 5,33E+04 | 1,50E+05 | 9,14E+04 | 1,30E+04 |
| MSETP | 8,40E+04 | 4,47E+04 | 7,88E+04 | 4,46E+04 | 5,87E+04 | 1,65E+05 | 1,01E+05 | 1,44E+04 |
| POCP | 5,72E+01 | 2,93E+01 | 5,41E+01 | 2,91E+01 | 4,21E+01 | 1,09E+02 | 5,98E+01 | 2,14E+01 |
| TAEP | 1,01E+02 | 5,12E+01 | 9,45E+01 | 5,09E+01 | 7,05E+01 | 1,98E+02 | 1,16E+02 | 1,79E+01 |

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 59: Impactos totais relativos para as abordagens de cada estudo de caso



Ao avaliar os impactos totais gerados por cada abordagem ao longo dos 30 anos do período de análise, obteve-se que o reforço apresentou os maiores impactos. Para a SC355 J/BR153 a reciclagem resultou em aproximadamente 48% menos impacto que o reforço. Para

a SC114 P/SJ, com a reciclagem foi possível reduzir em 45% e com a HiMA em 25% os impactos totais. Por fim para a SC114 L/OC, a reciclagem possibilitou a emissão de 40% e a *Whitetopping* 90% menos impacto que o reforço.

Fica evidente que a utilização de estruturas rígidas como o *Whitetopping* ou semirrígidas como a reciclagem profunda com adição de cimento Portland, geram menos impactos ambientais quando comparados com a utilização de estruturas flexíveis que consomem elevada quantidade de ligante asfáltico, e necessitam de intervenções em intervalos de tempo menores. Salienta-se que não foram consideradas as etapas de operação, interferência no fluxo de veículos, gastos dos usuários, dentre outros fatores que podem contribuir com as emissões.

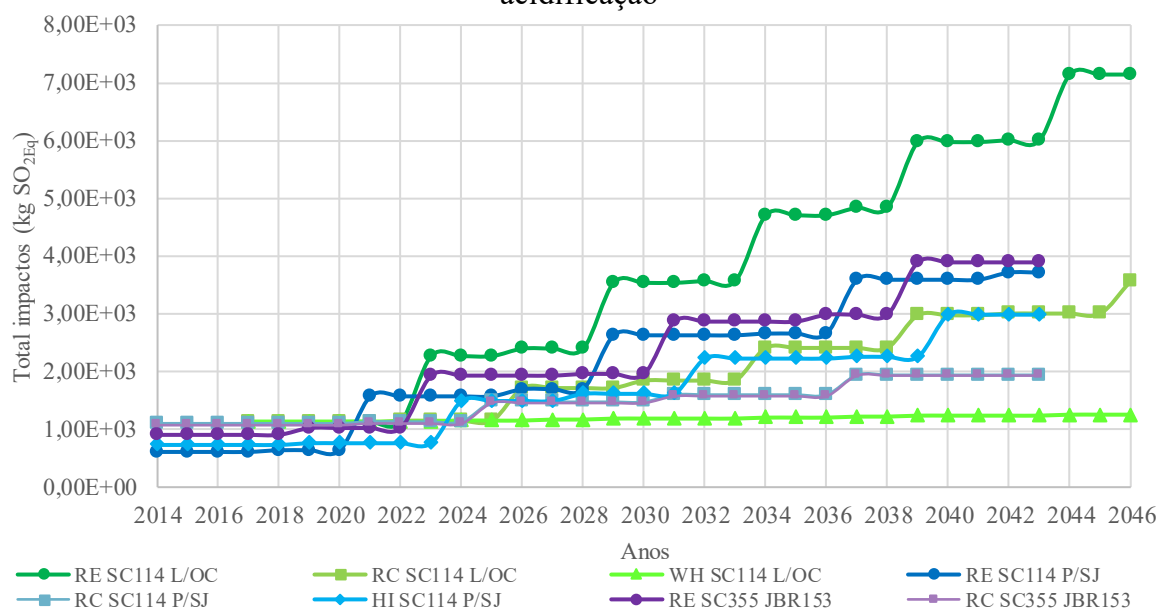
Segundo a ACPA (2007) o concreto é uma solução de pavimento econômica e que consome quantidade mínima de materiais, energia e recursos para a construção, manutenção e reabilitação ao longo da sua vida útil, o que aumenta a sua sustentabilidade e reduz o consumo de combustíveis por parte dos veículos. Weiland e Muench (2010) e Wang et al (2016) o consumo de energia é mais alto quando aplicado misturas asfálticas, enquanto o impacto do aquecimento global é mais alto quando do uso de Concreto de cimento Portland, contudo muitos fatores podem afetar os resultados da LCA, como limites do sistema, a qualidade e a fonte dos dados de inventário, projetos de pavimentos inconsistentes e locais geográficos.

Yu, Lu (2014) obtiveram que o uso de pavimentos de concreto de cimento Portland reduz em 9,2% as emissões de CO₂eq, enquanto o uso de misturas asfálticas provoca o aumento de 19,1% nessas emissões. Desta forma é evidente que não apenas na construção, mas ao longo do uso, o pavimento de concreto é vantajoso ambientalmente.

A acidificação é o aumento do teor de acidez do solo, água e ar, os principais contribuintes são as atividades antrópicas, como por exemplo a combustão de combustíveis fósseis em atividades industriais e em veículos, o Gráfico 60 apresenta os impactos totais obtidos em cada abordagem ao longo do ciclo de vida das obras estudadas.

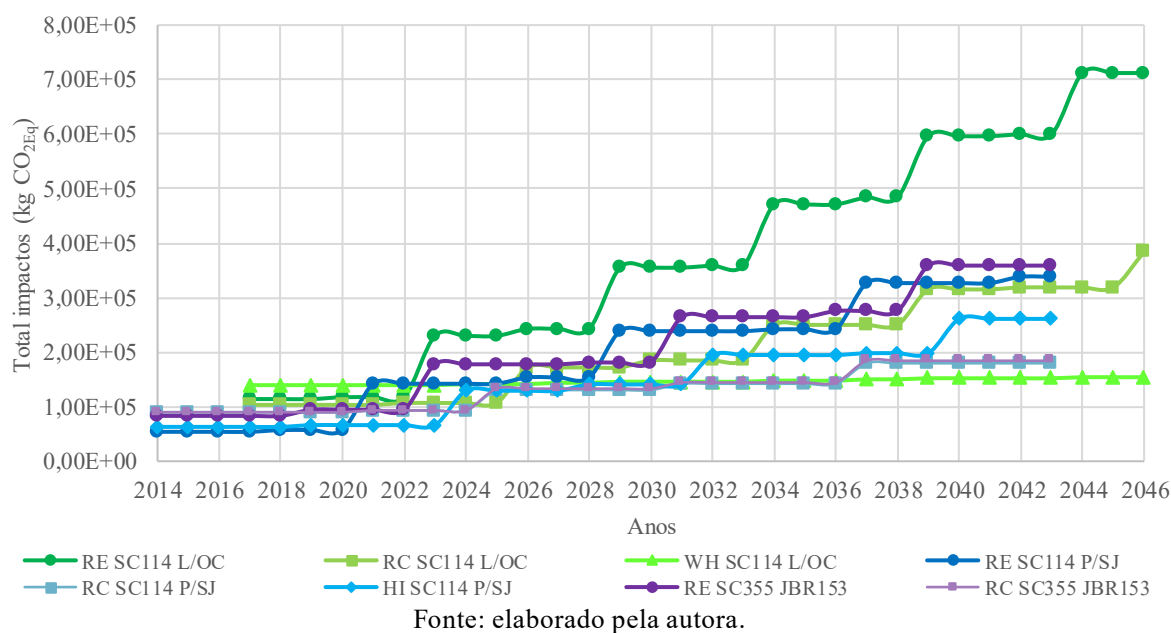
Com a elevada quantidade de agregados utilizada nas restaurações com aplicação de reforço estrutural, há consumo significativo de combustíveis tanto para a extração dos agregados, para o transporte entre o local de extração e a aplicação, além da execução das camadas. Outro processo de elevado impacto é a produção de ligantes asfálticos, ficando evidente a contribuição que a camada de revestimento apresenta na geração dos impactos e, portanto, a abordagem reforço estrutural é a mais impactante.

Gráfico 60: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto acidificação



A categoria de impacto mudanças climáticas representa o aumento da temperatura média do planeta devido a emissões antrópicas de gases de efeito estufa. O Gráfico 61 apresenta os impactos totais obtidos em cada abordagem ao longo do ciclo de vida das obras estudadas.

Gráfico 61: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto mudanças climáticas

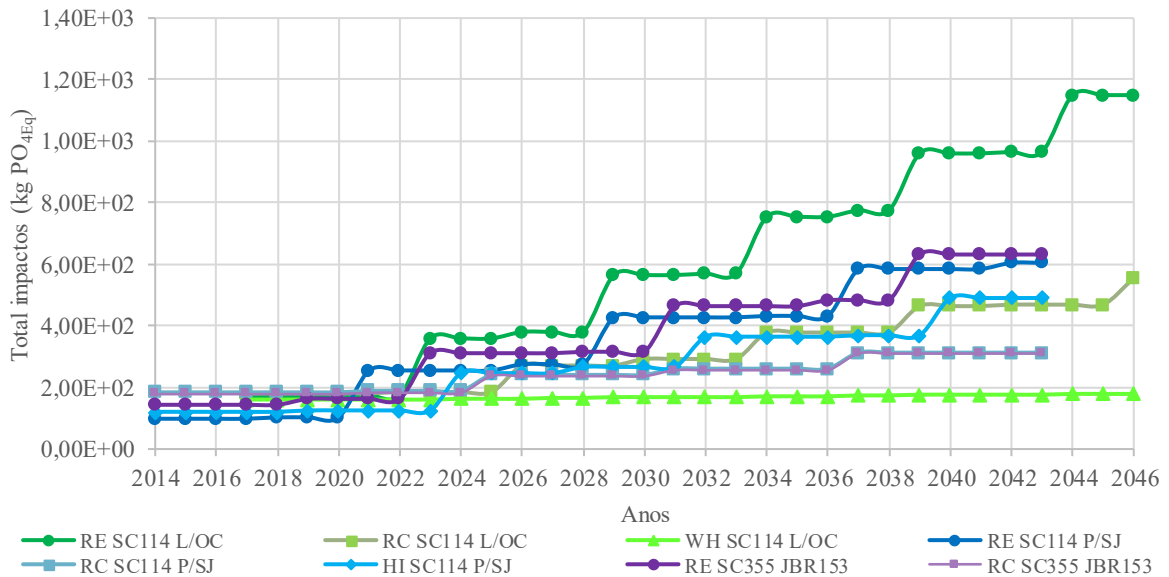


A categoria de impacto mudanças climáticas, tendo como principais fontes a combustão de combustíveis fósseis como petróleo, carvão mineral e gás natural, recebe maiores contribuições da abordagem reforço ao longo dos 30 anos de análise. Justificado pelas etapas de execução das camadas do pavimento, onde os equipamentos consomem grande quantidade de diesel para seu funcionamento, pela produção de ligantes asfálticos necessária para a execução das camadas de revestimento asfáltico, pintura de ligação, imprimação e tratamento superficial, além do uso dos combustíveis para o transporte dos materiais. Quanto maior for o número de intervenções e maior for a espessura da camada de revestimento asfáltico, maior é o impacto gerado na categoria mudanças climáticas.

Kucukvar e Tatari (2012) obtiveram resultados onde misturas asfálticas geraram maiores emissões de CO₂ do que pavimentos de concreto, incluindo as emissões de NO_x, SO₂ e CH₄. Contudo ao analisar apenas a implantação da estrutura, sem levar em consideração longos períodos, Souza da Silva et al (2014) constatou que o revestimento asfáltico foi 44% menos impactante que o pavimento de concreto, justificado pela fabricação do cimento. Neste estudo foi constatado uma diferença inicial de 19% entre as duas abordagens, sendo vantajoso o asfáltico, porém ao final dos 30 anos o cenário se inverteu, passando à 22% com vantagem ao pavimento de concreto.

A eutrofização é o fenômeno da proliferação e crescimento excessivo das plantas aquáticas que causam interferências no corpo d’água. O Gráfico 62 apresenta os impactos totais obtidos em cada abordagem ao longo do ciclo de vida das obras estudadas.

Gráfico 62: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto eutrofização



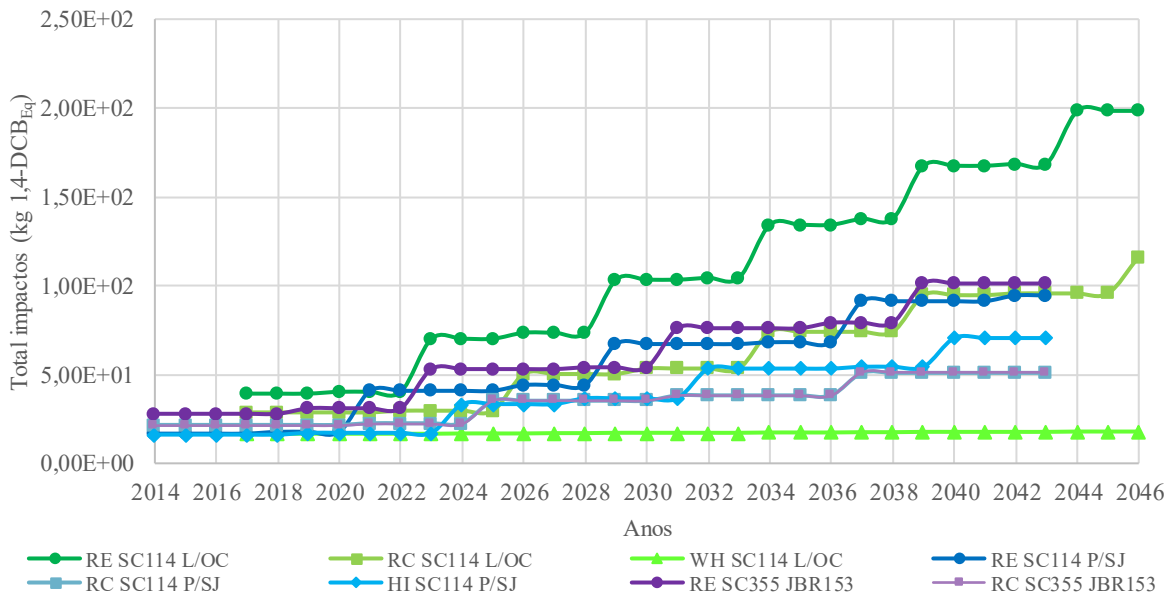
Fonte: elaborado pela autora.

Na implantação da restauração identifica-se que a abordagem reciclagem produz maior quantidade de impacto de eutrofização, visto consumir mais agregados que as outras abordagens, além do maior consumo de diesel por parte dos maquinários, onde as máquinas ficam mais tempo em funcionamento devido as camadas que são executadas. Contudo ao considerar o ciclo de 30 anos, a abordagem reforço estrutural se sobressai, com maior número de intervenções, maior consumo de agregados e uso de equipamentos para execução em comparação com as outras abordagens.

A toxicidade tem relação aos efeitos nocivos de substâncias químicas para a saúde humana, enquanto a ecotoxicidade mensura os efeitos para os ecossistemas. Os Gráfico 63 à 67 apresentam os impactos totais obtidos em cada abordagem ao longo do ciclo de vida das obras estudadas nas categorias ecotoxicidade, enquanto o Gráfico 68 refere-se à toxicidade humana.

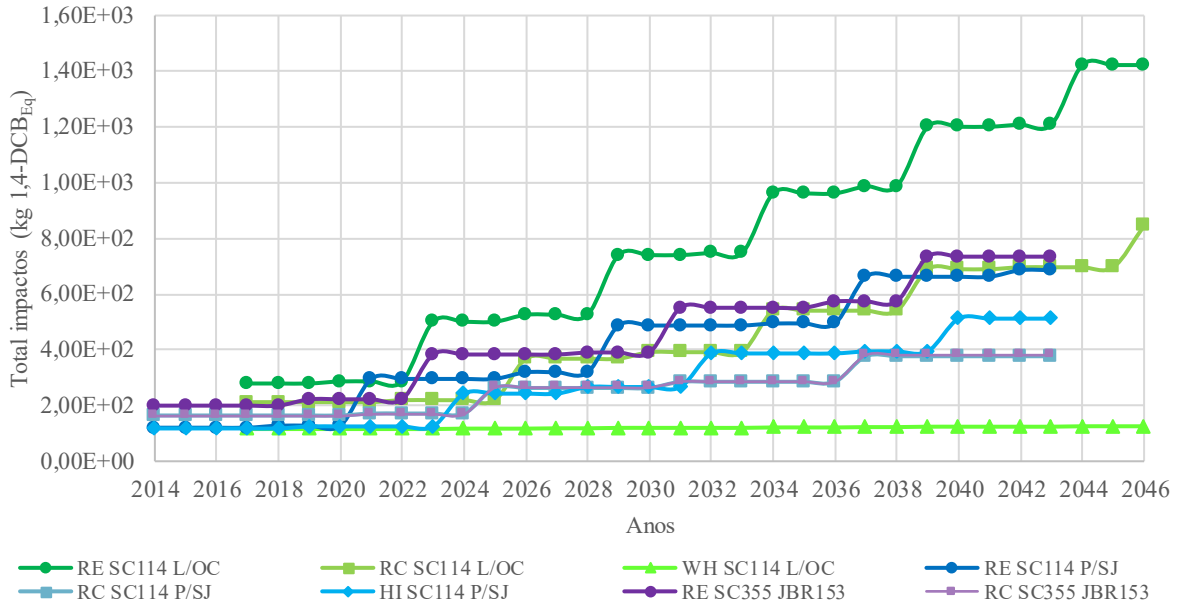
Todas as categorias listadas apresentam o mesmo comportamento, a abordagem reforço a mais impactante do ponto de vista da ecotoxicidade, devido ao elevado consumo de ligantes asfálticos. As categorias de ecotoxicidade de água doce resultaram em impactos inferiores as categorias de ecotoxicidade marinha, devido a exploração do petróleo para a produção dos combustíveis e dos ligantes asfálticos.

Gráfico 63: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade terrestre



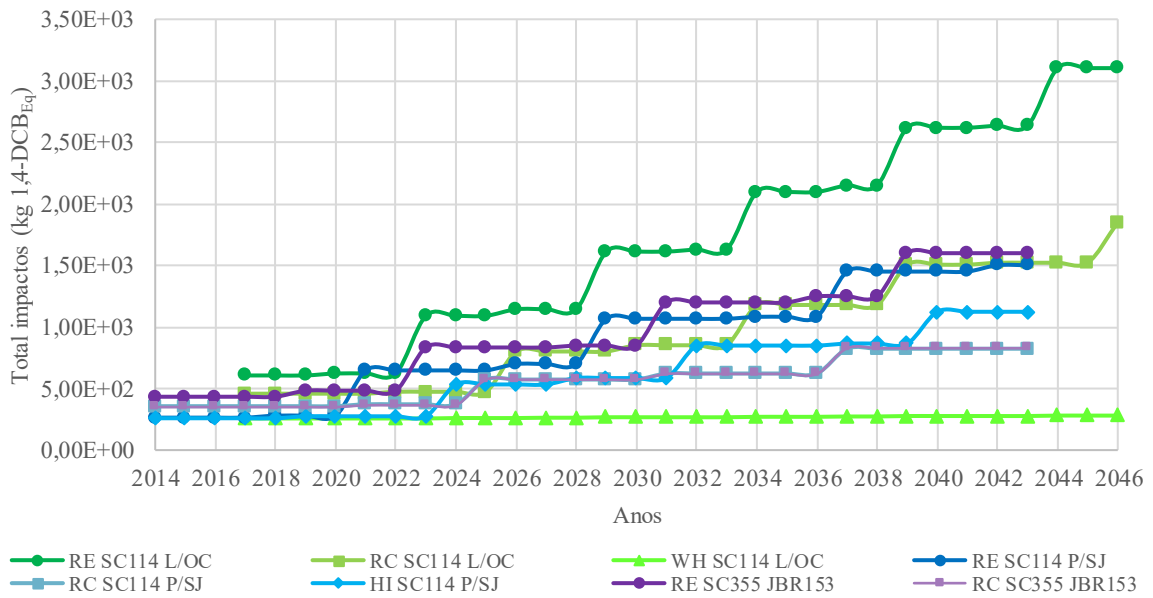
Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 64: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade aquática de água doce



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 65: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade de sedimentos de água doce



Fonte: elaborado pela autora.

Gráfico 66: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade aquática marinha

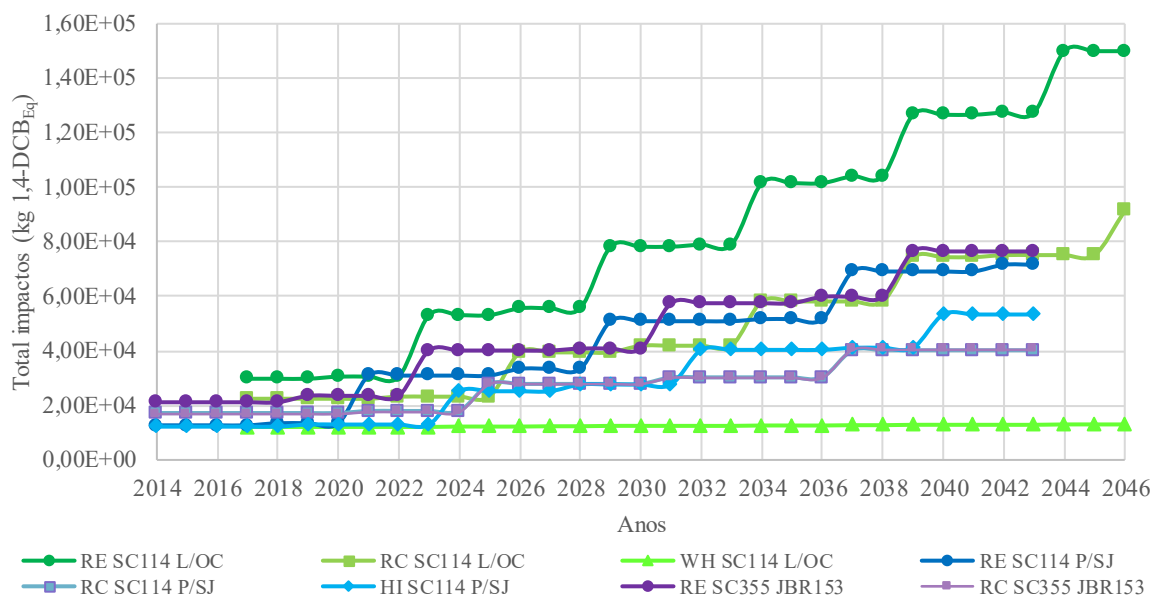


Gráfico 67: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto ecotoxicidade de sedimentos marinha

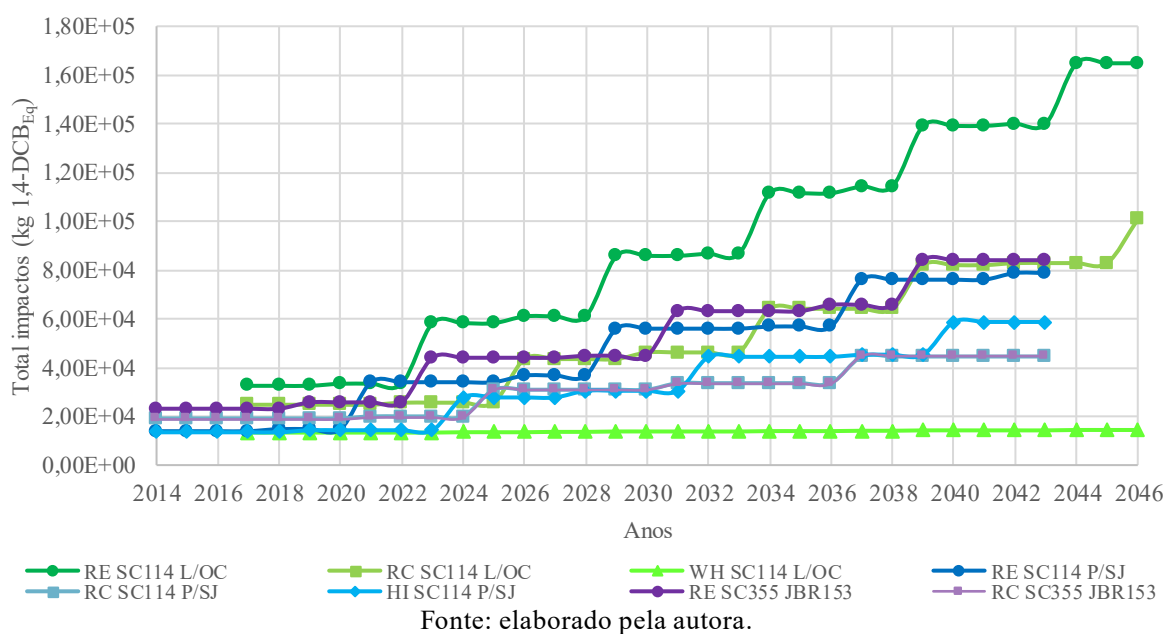
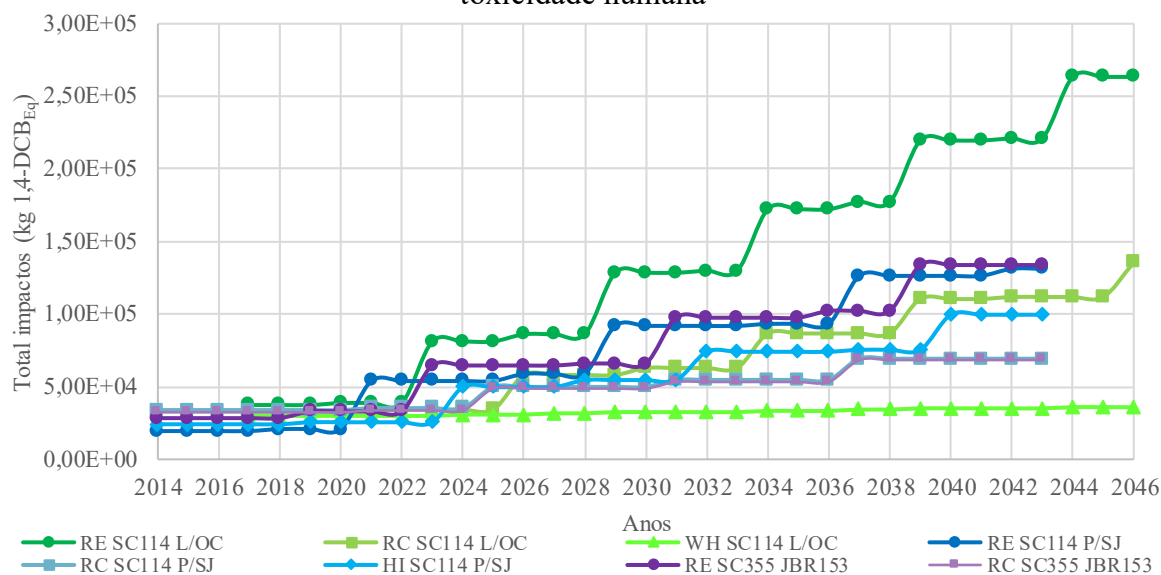


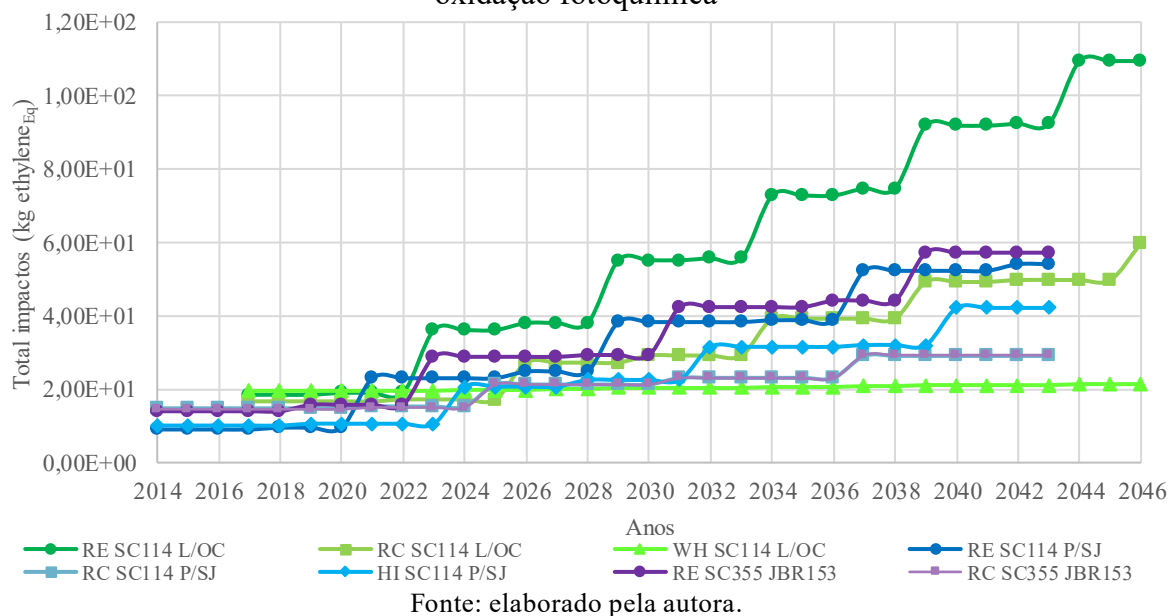
Gráfico 68: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto toxicidade humana



A toxicidade humana apresentou maior impacto que as ecotoxicidades, pois além de ser influenciada pela produção dos ligantes asfálticos, recebe contribuição da combustão dos combustíveis, principalmente no uso dos equipamentos para a execução da obra.

Os óxidos fotoquímicos são poluentes secundário decorrentes da queima de combustíveis e contribui para o aparecimento do “Smog” (fumaça ou neblina). O Gráfico 69 apresenta os impactos totais obtidos em cada abordagem ao longo do ciclo de vida das obras estudadas na categoria oxidação fotoquímica.

Gráfico 69: Impactos totais para as abordagens de cada estudo de caso – Categoria de impacto oxidação fotoquímica



Altamente relacionado ao setor de transportes, com a contribuição da produção de ligante asfáltico, produção de agregado e o consumo de diesel, a categoria oxidação fotoquímica apresenta maior geração de impacto quando da adoção da abordagem reforço estrutural, seguido da HiMA, da reciclagem e por fim do *Whitetopping*, mostrando que os pavimentos rígidos ou semirrígidos são mais sustentáveis a longo prazo.

8. ETAPA 5 - AVALIAÇÃO DO CUSTO DO CICLO DE VIDA

A avaliação do custo do ciclo de vida foi elaborada com base nos quantitativos de consumo detalhados no Capítulo 6. Dividiu-se a avaliação em etapas: 1) construção, implantação da rodovia de acordo com o projeto executivo; 2) restaurações iniciais (reforço estrutural, reciclagem profunda, HiMA, *Whitetopping*), alocadas em cada rodovia; 3) restaurações e manutenções ao longo dos 30 anos de análise a partir da restauração inicial; 4) total para os 30 anos de estudo com comparação entre as obras.

Conforme aferidos os consumos, os custos foram obtidos no relatório analítico da composição de custos do Sistema de Custos Rodoviários (SICRO), do DNIT. Para essa pesquisa, utilizou-se as composições de custos para o estado de Santa Catarina, com o mês de janeiro de 2014 (SICRO2 para as três rodovias) e janeiro de 2017 (SICRO apenas para a SC114 L/OC como forma comparativa, uma vez que a rodovia foi construída em momento posterior à 2014) como referência. Os custos de aquisição e transporte dos líquidos asfálticos foram determinados conforme recomenda a Portaria nº 1977 de 25 de outubro de 2017 publicada pelo DNIT.

Como os ligantes asfálticos são adquiridos de refinaria de asfalto localizadas em Araucária-PR (SC355 J/BR153 e SC114 L/OC) e em Canoas-RS (SC114 P/SJ), adotaram-se os preços para os estados do Paraná e do Rio Grande do Sul. Adotando-se custo de ICMS de 12% referente a circulação interestadual de mercadorias.

Os quantitativos de cada etapa estão detalhados no capítulo 6. As distâncias de transporte utilizadas nas movimentações de materiais, misturas e equipamentos estão detalhadas no Apêndice E para cada rodovia estudada.

Os custos foram separados em equipe, materiais e ferramentas:

- Equipe: engloba os equipamentos necessários para desenvolver uma determinada atividade, considerando a produtividade, além da mão de obra utilizada para cumprir com a mesma quantidade de produção da atividade analisada.

- Materiais: compreende os materiais e os serviços auxiliares necessário para a produção da atividade, englobando o transporte dos insumos e equipamentos.

- Ferramentas: considera a utilização de ferramentas para o desenvolvimento da atividade, representa pequena parcela do custo, mas está incorporada ao custo final do serviço.

8.1. SC355 J/BR153

O Quadro 57 detalha os custos para cada intervenção, separado por equipamento/mão de obra, material/serviços auxiliares e ferramentas, complementando com o total.

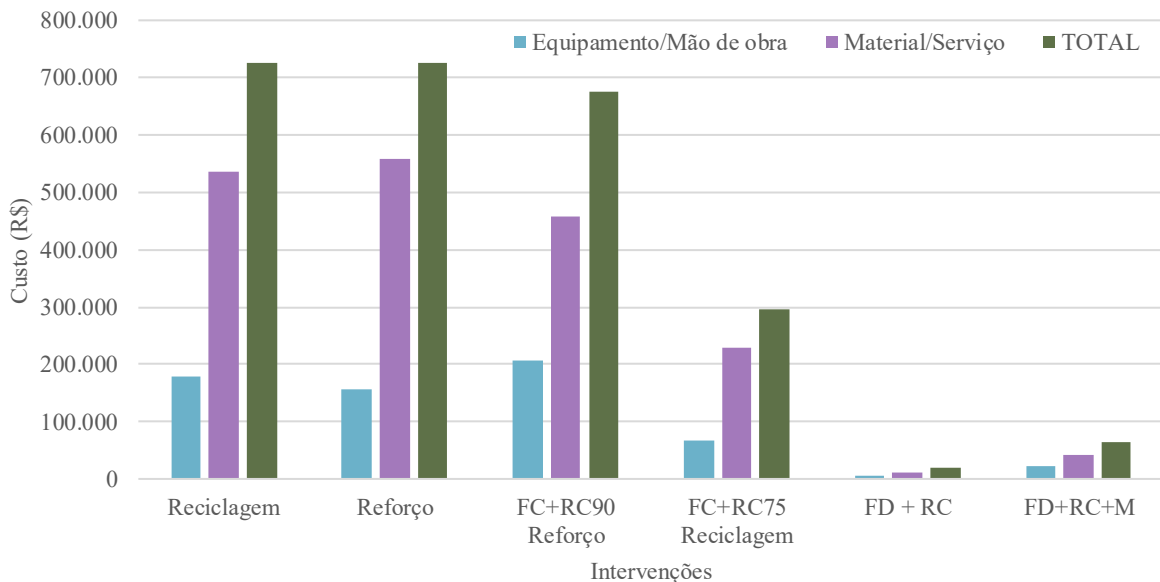
Quadro 57: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC355 J/BR153

| Intervenção | Equipamento/Mão de obra | Material/Serviço | Ferramentas | TOTAL |
|--------------------|-------------------------|------------------|---------------|----------------|
| Construção | R\$ 199.475,96 | R\$ 499.292,37 | R\$ 658,40 | R\$ 699.426,73 |
| Reciclagem | R\$ 179.992,19 | R\$ 537.119,76 | R\$ 9.804,42 | R\$ 726.916,37 |
| Reforço | R\$ 155.867,93 | R\$ 558.043,11 | R\$ 10.675,40 | R\$ 724.586,44 |
| FC+RC90 Reforço | R\$ 205.788,65 | R\$ 457.153,76 | R\$ 13.184,02 | R\$ 676.126,43 |
| FC+RC75 Reciclagem | R\$ 66.493,05 | R\$ 228.686,85 | R\$ 937,16 | R\$ 296.117,07 |
| FD + RC | R\$ 5.927,21 | R\$ 12.532,19 | R\$ 80,77 | R\$ 18.540,17 |
| FD+RC+M | R\$ 21.931,89 | R\$ 40.503,23 | R\$ 369,91 | R\$ 62.805,03 |

Fonte: elaborado pela autora.

O Gráfico 70 apresenta comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC355 J/BR153, separadas por equipamento/mão de obra, material/serviços auxiliares e ferramentas.

Gráfico 70: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

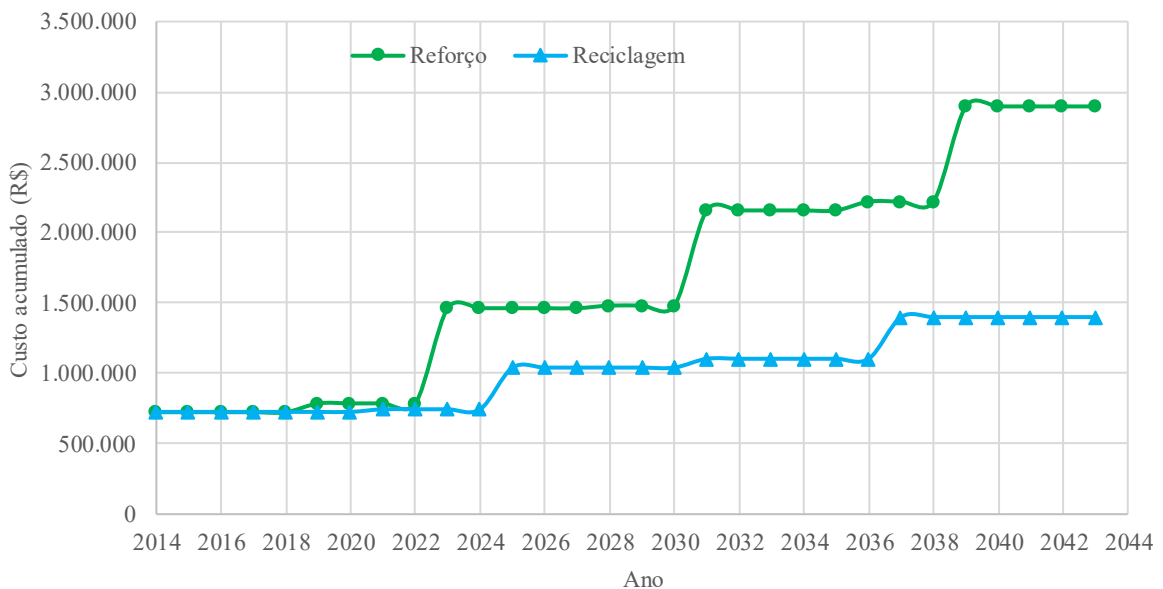
Os custos para as restaurações se sobressaem em relação às manutenções, onde a FD+RC representa apenas 2,6% do custo gasto quando da aplicação de restauração reciclagem, enquanto a FD+RC+M chega à 8,6%, este aumento de 6% está atrelado a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a extensão do trecho estudado.

Em relação as alternativas de restauração, a reciclagem demanda de maior montante para sua implantação (R\$ 726.916,37), porém valor muito próximo à aplicação de reforço estrutural (R\$ 724.586,44). É possível uma redução de 7% no custo com a implantação de FC+RC90 e 59% quando aplicada a FC+RC75, contudo, as três primeiras técnicas descritas consideram remendos profundos durante a sua aplicação, enquanto a última não, pois aplica-se após a execução da reciclagem.

Ao avaliar o custo de equipe e de insumos, fica evidente a elevada contribuição dos materiais no custo total da obra, sendo 74% atribuído aos materiais, serviços auxiliares e transporte, enquanto a equipe (equipamentos e materiais) custam em torno de 25%. As ferramentas representaram 0,5% do custo nas manutenções e 1,5% nas restaurações.

O Gráfico 71 apresenta a evolução dos custos (valores acumulados) ao longo dos 30 anos de análise, considerando as restaurações e manutenções.

Gráfico 71: Comparação de custos ao longo dos 30 anos - SC355 J/BR153



Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente as duas abordagens apresentam custos equivalentes com 0,3% de diferença entre eles, contudo após a primeira intervenção tipo manutenção na abordagem reforço, ocorre o aumento do custo para o reforço em 7,7%. Após nove anos da primeira restauração foi necessária aplicação de fresagem contínua com recomposição na alternativa reforço (para o modelo de desempenho usado), elevando assim o custo acumulado para o dobro da reciclagem, o que reduziu dois anos após, quando foi necessário restaurar a abordagem

reciclagem por meio de fresagem contínua e recomposição, apresentando diferença de custo de 29%.

Como a abordagem reforço demanda de três restaurações por meio de FC+RC90, enquanto a abordagem reciclagem demanda de 2 restaurações do tipo FC+RC75, a diferença de custo aumentou ao longo do tempo. O que resultou ao final dos 30 anos, custo total de R\$ 2.897.115,98 para o reforço e R\$ 1.400.495,71 para reciclagem, diferença de 52%, considerando todas as manutenções e restaurações elencadas.

Os principais elementos que contribuem para esta diferença estão ligados à:

- a) Quantidade de intervenções (7 para reforço e 5 para reciclagem).
- b) Número de viagens necessárias para o transporte dos materiais, misturas e resíduos, quanto mais intervenções, maior serão as movimentações.
- c) A diferença nas técnicas de fresagem contínua, onde uma considera remendo profundo e outra não.
- d) O desempenho das estruturas, uma flexível e outra semirrígida.
- e) A espessura das camadas de recomposição, uma vez que o custo do ligante é elevado

8.2. SC114 P/SJ

O Quadro 58 detalha os custos para cada intervenção, separado por equipamento/mão de obra, material/serviços auxiliares e ferramentas, complementando com o total.

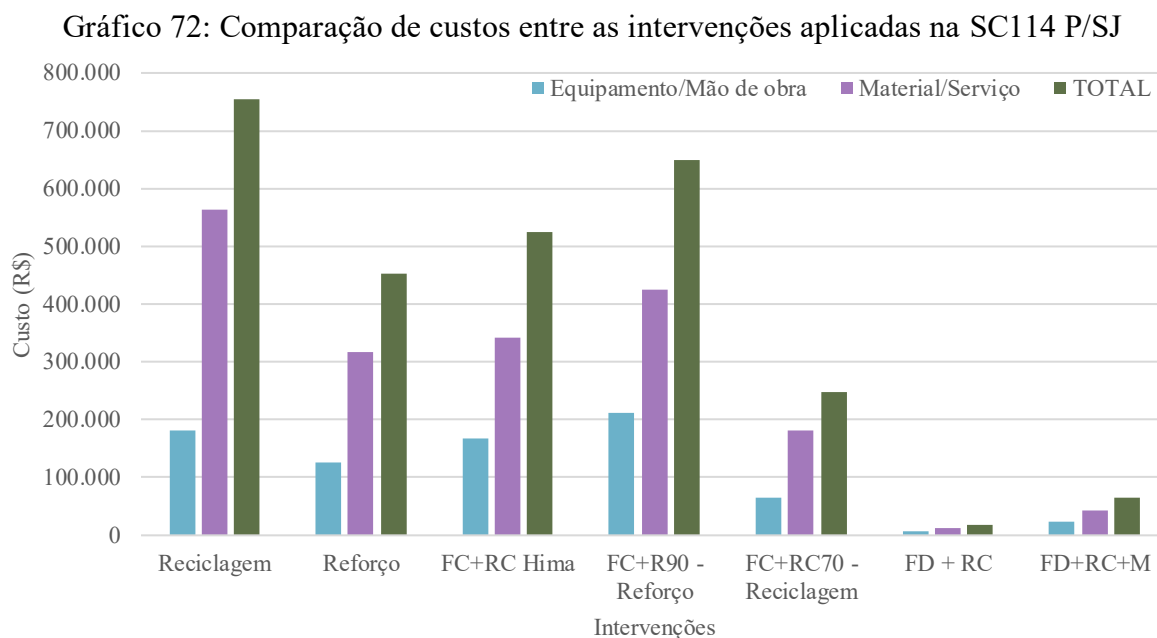
Quadro 58: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 P/SJ

| Etapas | Equipamento/Mão de obra | Material/Serviço | Ferramentas | TOTAL |
|----------------------|-------------------------|------------------|---------------|----------------|
| Construção | R\$ 175.749,32 | R\$ 437.259,48 | R\$ 585,74 | R\$ 613.594,53 |
| Reciclagem | R\$ 180.176,37 | R\$ 563.667,20 | R\$ 9.898,93 | R\$ 753.742,50 |
| Reforço | R\$ 125.700,62 | R\$ 316.327,43 | R\$ 10.042,18 | R\$ 452.070,23 |
| FC+RC HiMA | R\$ 168.980,47 | R\$ 341.739,25 | R\$ 12.753,74 | R\$ 523.473,46 |
| FC+R90 - Reforço | R\$ 210.534,45 | R\$ 424.408,93 | R\$ 13.743,86 | R\$ 648.687,25 |
| FC+RC70 - Reciclagem | R\$ 63.881,15 | R\$ 182.268,82 | R\$ 929,78 | R\$ 247.079,75 |
| FD + RC | R\$ 6.143,62 | R\$ 13.230,35 | R\$ 85,66 | R\$ 19.459,63 |
| FD+RC+M | R\$ 22.292,92 | R\$ 42.747,58 | R\$ 392,33 | R\$ 65.432,82 |

Fonte: elaborado pela autora.

O Gráfico 72 apresenta comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 P/SJ, separadas por equipamento/mão de obra, material/serviços auxiliares e ferramentas.

Os custos para as restaurações se sobressaem em relação às manutenções, onde a FD+RC representa apenas 2,6% do custo gasto quando da aplicação de restauração reciclagem, enquanto a FD+RC+M chega à 8,7%, este aumento de 6% está atrelado a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a extensão do trecho estudado.



Fonte: elaborado pela autora.

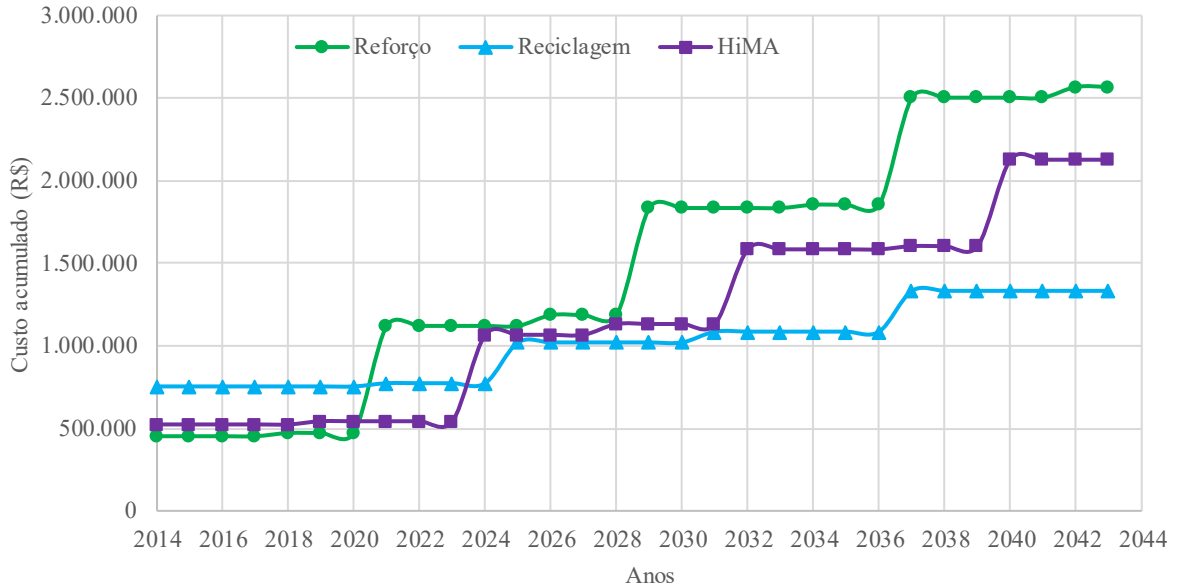
Em relação as alternativas de restauração, a reciclagem demanda de maior montante para sua implantação (R\$ 753.742,50), a alternativa FC+RCH apresenta-se na sequência com R\$ 523.473,46 (30% inferior) e o reforço estrutural com R\$ 452.070,23 (40% menor que a reciclagem). É possível uma redução de 14% no custo com a implantação de FC+RC90 (R\$ 648.687,25) e 67% quando aplicada a FC+RC70 (R\$ 247.079,75), contudo, as quatro primeiras técnicas descritas consideram remendos profundos durante a sua aplicação, enquanto a última não, pois aplica-se após a execução da reciclagem.

A redução de custo na alternativa reforço e FC+RCH está atrelado, principalmente, a diferença nas espessuras das camadas de revestimento, consumindo menor quantidade de ligantes, agregados e redução no número de viagens.

Ao avaliar o custo de equipe e de insumos, fica evidente a elevada contribuição dos materiais no custo total da obra, sendo 69% atribuído aos materiais, serviços auxiliares e transporte, enquanto a equipe (equipamentos e materiais) custam em torno de 30%. As ferramentas representaram 0,5% do custo nas manutenções e 1,7% nas restaurações.

O Gráfico 73 apresenta a evolução dos custos (valores acumulados) ao longo dos 30 anos de análise, considerando as restaurações e manutenções elencadas acima.

Gráfico 73: Comparação de custos ao longo dos 30 anos – SC114 P/SJ



Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente a abordagem reciclagem apresentou maiores custos para a sua execução, representando 66,7% a mais do custo do reforço e 44% a mais que HiMA. Influenciado pela espessura do revestimento e da intervenção nas camadas de revestimento e base com a aplicação da reciclagem, além dos remendos profundos.

Analisando o desempenho da estrutura construída, foi necessário nova intervenção do tipo restauração após 7 anos da execução do reforço, o que gerou um incremento de custo, tornando a abordagem reforço mais custosa que a reciclagem (31%) e HiMA (52%). Para a abordagem HiMA, foi necessário nova intervenção no décimo ano após o início do ciclo, tornando os gastos acumulados equivalentes ao reforço (4%) e superiores a reciclagem (27%).

Contudo ao longo dos 30 anos foram necessárias novas intervenções tipo restaurações e manutenções. Como a abordagem reforço demanda de três restaurações por meio de FC+RC90, enquanto a abordagem reciclagem demanda de 2 restaurações do tipo FC+RC70 e a HiMA de 3 restaurações (uma com 5 cm de reforço e duas com 6 cm), a diferença de custo aumentou ao longo do tempo. O que resultou ao final dos 30 anos, custo total de R\$ 2.567.916,88 para o reforço e R\$ 2.126.842,69 para a abordagem HiMA e R\$ 1.332.794,45 para reciclagem, diferença de 17% e 48%, respectivamente em relação ao reforço, considerando todas as manutenções e restaurações elencadas.

Os principais elementos que contribuem para esta diferença estão ligados à:

- a) Quantidade de intervenções (8 para reforço, 7 para HiMA e 5 para reciclagem).
- b) Número de viagens necessárias para o transporte dos materiais, misturas e resíduos, quanto mais intervenções, maior serão as movimentações.
- c) A diferença nas técnicas de fresagem contínua, onde duas consideram remendo profundo e outra não.
- d) O desempenho das estruturas, duas flexível e uma semirrígida.
- e) A espessura das camadas de recomposição, uma vez que o custo do ligante é elevado.

8.3. SC114 L/OC

Como esta rodovia foi construída em 2017, foram avaliados os custos como se tivesse sido executada em 2014 (Quadro 59) considerando o banco de dados SICRO2, como as obras anteriores e para 2017 (Quadro 60) com base no SICRO. Os resultados obtidos com informações de 2014 foram corrigidas para 2017 de forma comparativa, considerando a inflação que ocorreu entre os anos.

Quadro 59: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 L/OC – SICRO2

| Etapas | Equipamento/ material | Material/ Serviço auxiliar | Ferramentas | Total SICRO2 2014 | Corrigido SICRO2 2017 |
|-------------------------------------|--------------------------|-------------------------------|---------------|----------------------|--------------------------|
| Construção | R\$ 235.652,18 | R\$ 418.518,22 | R\$ 589,50 | R\$ 654.759,90 | R\$ 801.909,10 |
| Reciclagem | R\$ 222.585,37 | R\$ 736.056,66 | R\$ 10.814,86 | R\$ 969.456,89 | R\$ 1.187.330,36 |
| Reforço | R\$ 205.865,65 | R\$ 865.967,53 | R\$ 11.483,15 | R\$ 1.083.316,33 | R\$ 1.326.778,30 |
| <i>Whitetopping</i> | R\$ 260.875,10 | R\$ 1.136.128,53 | R\$ 15.037,90 | R\$ 1.412.041,53 | R\$ 1.729.380,43 |
| FC+RC14 - Reforço | R\$ 278.072,93 | R\$ 569.797,19 | R\$ 15.014,87 | R\$ 862.884,99 | R\$ 1.056.807,74 |
| FC+RC11 - Reciclagem | R\$ 110.820,32 | R\$ 367.470,26 | R\$ 1.474,45 | R\$ 479.765,03 | R\$ 587.586,30 |
| FD + RC | R\$ 6.600,65 | R\$ 16.015,03 | R\$ 85,66 | R\$ 22.701,35 | R\$ 27.803,19 |
| FD+RC+M | R\$ 25.391,08 | R\$ 67.921,39 | R\$ 392,33 | R\$ 93.704,80 | R\$ 114.763,80 |
| Selagem de trincas e juntas | R\$ 7.025,57 | R\$ 14.198,94 | R\$ 113,38 | R\$ 21.337,89 | R\$ 26.133,32 |
| Substituição de juntas de dilatação | 211,06 | 566494,40 | 0,00 | 566705,46 | R\$ 694.065,51 |

Fonte: elaborado pela autora.

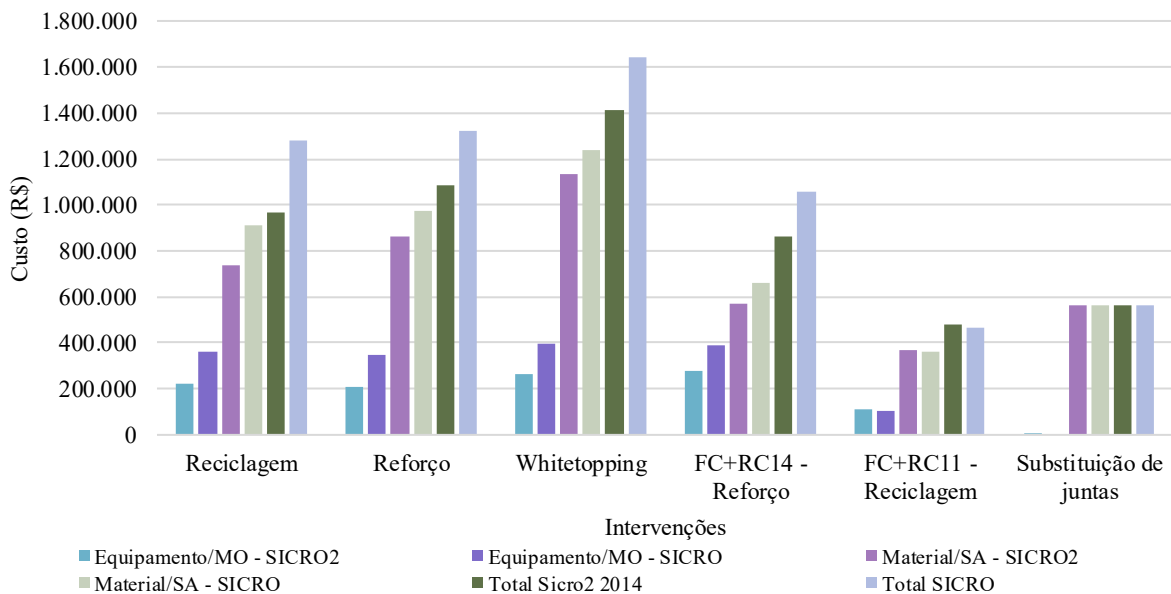
Quadro 60: Custos para construção, restaurações e manutenções na SC114 L/OC - SICRO

| Etapas | Equipamento/ Mão de obra | Material/ Serviço auxiliar | Ferramentas | Total SICRO 2017 |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------|---------------------|
| Construção | R\$ 287.303,44 | R\$ 499.929,84 | R\$ 32,53 | R\$ 787.265,81 |
| Reciclagem | R\$ 364.772,23 | R\$ 914.011,36 | R\$ 4.114,24 | R\$ 1.282.897,84 |
| Reforço | R\$ 348.841,37 | R\$ 971.041,33 | R\$ 4.652,87 | R\$ 1.324.535,57 |
| <i>Whitetopping</i> | R\$ 399.657,06 | R\$ 1.236.156,36 | R\$ 6.688,90 | R\$ 1.642.502,31 |
| FC+RC14 - Reforço | R\$ 387.592,39 | R\$ 661.645,22 | R\$ 5.473,70 | R\$ 1.054.711,31 |
| FC+RC11 - Reciclagem | R\$ 104.818,06 | R\$ 364.426,87 | R\$ 0,79 | R\$ 469.245,72 |
| FD + RC | R\$ 5.349,81 | R\$ 16.523,28 | R\$ 0,04 | R\$ 21.873,13 |
| FD+RC+M | R\$ 25.252,54 | R\$ 49.529,17 | R\$ 0,14 | R\$ 74.781,85 |
| Selagem de trincas e juntas | R\$ 4.285,42 | R\$ 15.107,66 | R\$ 0,00 | R\$ 19.393,08 |
| Substituição de juntas de dilatação | 0,00 | R\$ 566.494,40 | 0,00 | R\$ 566.494,40 |

Fonte: elaborado pela autora.

O Gráfico 74 apresenta comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 L/OC, separadas por equipamento/mão de obra, material/serviços auxiliares e ferramentas.

Gráfico 74: Comparação de custos entre as intervenções aplicadas na SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

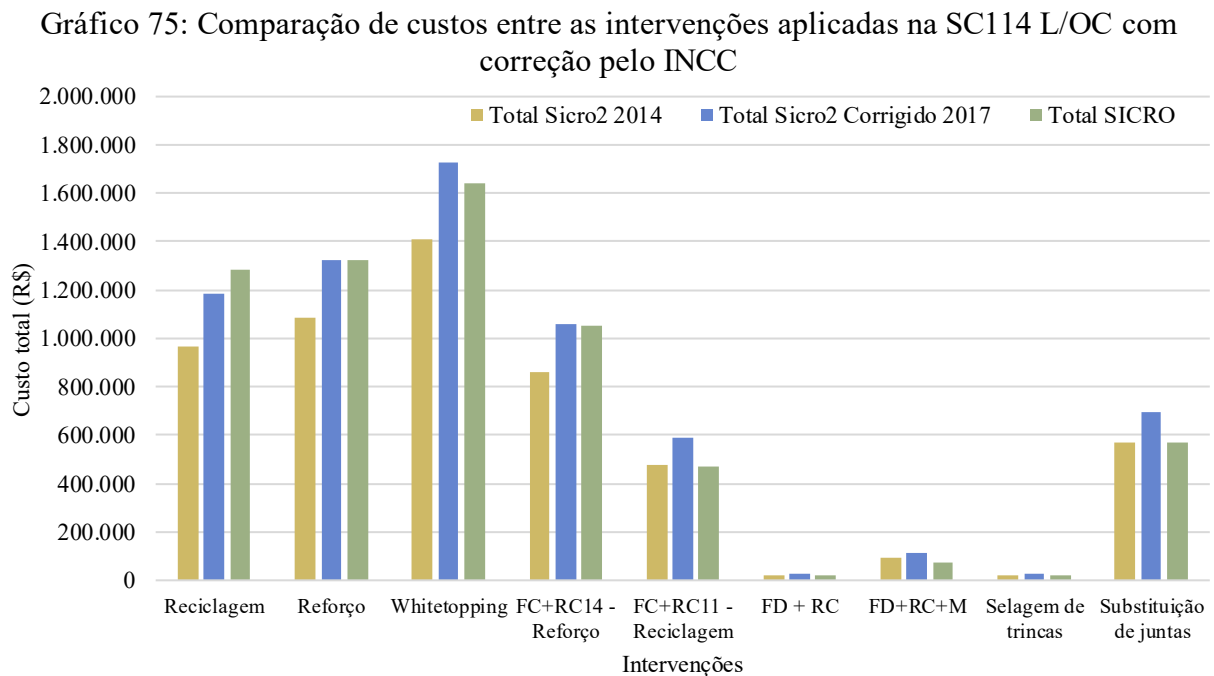
Os custos para as restaurações se sobressaem em relação às manutenções, onde a FD+RC representa apenas 1,3% (SICRO) e 1,6% (SICRO2) do custo gasto quando comparado com a restauração *Whitetopping*, enquanto a FD+RC+M chega à 4,6% (SICRO) e 6,6% (SICRO2) e a selagem de trincas 1,2% (SICRO) e 1,5% (SICRO2). As diferenças encontradas são justificadas pela diferença na composição das composições unitárias entre cada um.

Em relação as técnicas de restauração, o *Whitetopping* demanda de maior montante para sua implantação (SICRO: R\$ 1.642.502,31 e SICRO2: R\$ 1.412.041,53), o reforço

estrutural apresenta redução no custo com R\$ 1.324.535,57 (SICRO, 19%) e R\$ 1.083.316,33 (SICRO2, 22%), a reciclagem custa R\$ 1.282.89,84 (SICRO, 22%) e R\$ 969.456,89 (SICRO2, 31%), a técnica FC+RC140 apresenta-se na sequência com R\$ 1.054.711,31 (SICRO, 35%) e R\$ 862.884,99 (SICRO2, 39%). Com a implantação de substituição de juntas R\$ 566.494,40 (SICRO, 65% de redução) e R\$ 566.705,46 (SICRO2, 60% de redução) e quando aplicada a FC+RC110 R\$ 469.245,72 (SICRO, 71%) e R\$ 479.765,03 (SICRO2, 66%), contudo, as técnicas de substituição de juntas e FC+R110 não contemplam remendos profundos durante a sua aplicação, diferentemente das demais técnicas.

Ao avaliar o custo de equipe e de insumos, fica evidente a elevada contribuição dos materiais no custo total da obra, sendo em média 74% atribuído aos materiais, serviços auxiliares e transporte, enquanto a equipe (equipamentos e materiais) custam em torno de 25%. As ferramentas representaram 0,5% no custo das restaurações.

Considerando os custos obtidos no SICRO2 em 2014, optou-se por efetuar a correção com base no INCC até a data de 2017, com ajuste em torno de 22% nos valores. O Gráfico 75 demonstra o comparativo dos custos entre SICRO (2017) e SICRO2 (2014 e 2017).



Fonte: elaborado pela autora.

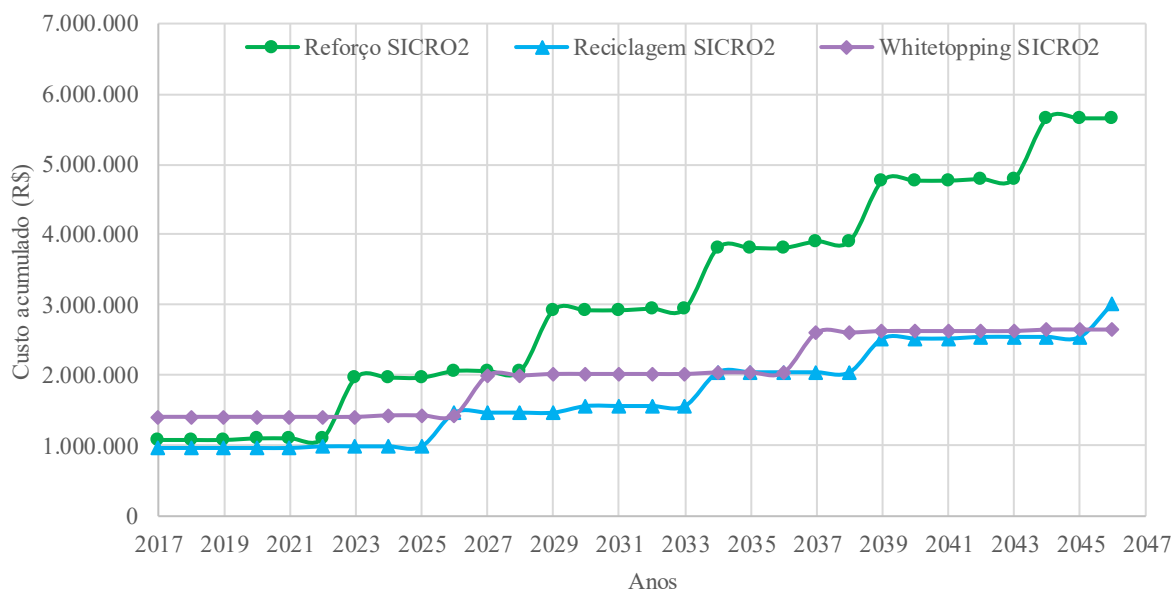
Ao comparar os valores obtidos no SICRO em 2017 com os valores corridos do SICRO2 para 2017, identifica-se que para as restaurações reforço estrutural e FC+RC140 os valores foram iguais dentro de uma margem de R\$ 2.100,00 por quilômetro. A alternativa reciclagem apresenta custo superior ao ser modelada pelo SICRO em relação ao SICRO2

corrigido, em torno de 8%. Por outro lado, no *Whitetopping* o custo é 5% inferior, aproximadamente 87 mil reais por quilômetro executado. A FC+RC110, substituição de juntas, selagem de trincas e FD+RC foram consideradas mais custosas, em torno de 20%, quando calculadas com o SICRO2 corrigido em relação ao SICRO.

Diante dos resultados mostra-se importante analisar a composição de cada serviço desenvolvido, pois podem não representar o que realmente é aplicado na obra, possibilitando fazer os ajustes necessários na estrutura de orçamento. Essas diferenças podem ser pequenas quando analisadas cada intervenção de forma isolada, porém ao longo de um período de análise de 30 anos, o impacto pode ser elevado.

O Gráfico 76 apresenta a evolução dos custos (valores acumulados) ao longo dos 30 anos de análise, considerando as restaurações e manutenções elencadas acima com base no SICRO2 (2014).

Gráfico 76: Comparação de custos ao longo dos 30 anos – SC114 L/OC



Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente a abordagem *Whitetopping* apresentou maiores custos para a sua execução 46% a mais que a reciclagem e 30% a mais que o reforço. Influenciado principalmente pelas manutenções necessárias antes da execução da camada de concreto, da própria espessura da camada de concreto, além do transporte para todos esses materiais.

Analisando o desempenho da estrutura restaurada com reforço estrutural, foi necessário nova intervenção do tipo restauração após 5 anos da execução do reforço, o que

gerou um incremento de custo, tornando a abordagem reforço mais custosa que a reciclagem (98%) e *Whitetopping* (28%).

Contudo ao longo dos 30 anos foram necessárias novas intervenções tipo restaurações e manutenções. Como a abordagem reforço demanda de cinco restaurações por meio de fresagem contínua com recomposição de 14cm, enquanto a abordagem reciclagem demanda de 4 restaurações do tipo fresagem contínua com recomposição de 11cm e o *Whitetopping* de 2 restaurações (substituição de juntas), a diferença de custo aumentou ao longo do tempo. O que resultou ao final dos 30 anos, custo total de R\$ 5.653.254,93 para o reforço, enquanto R\$ 3.027.624,51 para a abordagem reciclagem e R\$ 2.652.141,88 para *Whitetopping*, representando 54% e 47%, respectivamente do custo despendido com a abordagem reforço, considerando todas as manutenções e restaurações elencadas.

O Quadro 61 apresenta os valores totais das três abordagens, comparando o custo obtido com os dados do SICRO2 de 2014, comparando com este valor reajustado pelo INCC para 2017 e os custos obtido pelo SICRO de 2017. Os valores ajustados ficam próximos aos custos obtidos pelo SICRO de 2017, contudo sempre necessário identificar a composição dos serviços antes de apenas reajustar os valores orçados.

Quadro 61: Custos totais com reajustes SC114 L/OC – SICRO2 e SICRO

| Método | Reforço | Reciclagem | <i>Whitetopping</i> |
|------------------|------------------|------------------|---------------------|
| SICRO2 2014 | R\$ 5.653.254,93 | R\$ 3.027.624,51 | R\$ 2.652.141,88 |
| SICRO2 INCC 2017 | R\$ 6.923.754,20 | R\$ 3.708.045,75 | R\$ 3.248.178,03 |
| SICRO 2017 | R\$ 6.813.275,22 | R\$ 3.278.408,83 | R\$ 2.872.456,52 |

Fonte: elaborado pela autora.

O reforço apresentou diferença de 2% (aproximadamente R\$ 110.500,00) no custo total, enquanto a reciclagem e o *Whitetopping* foram de 13% (aproximadamente R\$430.000,00 e R\$ 376.000,00, respectivamente). Para a comparação entre as obras, será considerado o valor obtido no SICRO2 de 2014, mesma fonte de dado dos outros estudos.

Os principais elementos que contribuem para esta diferença estão ligados à:

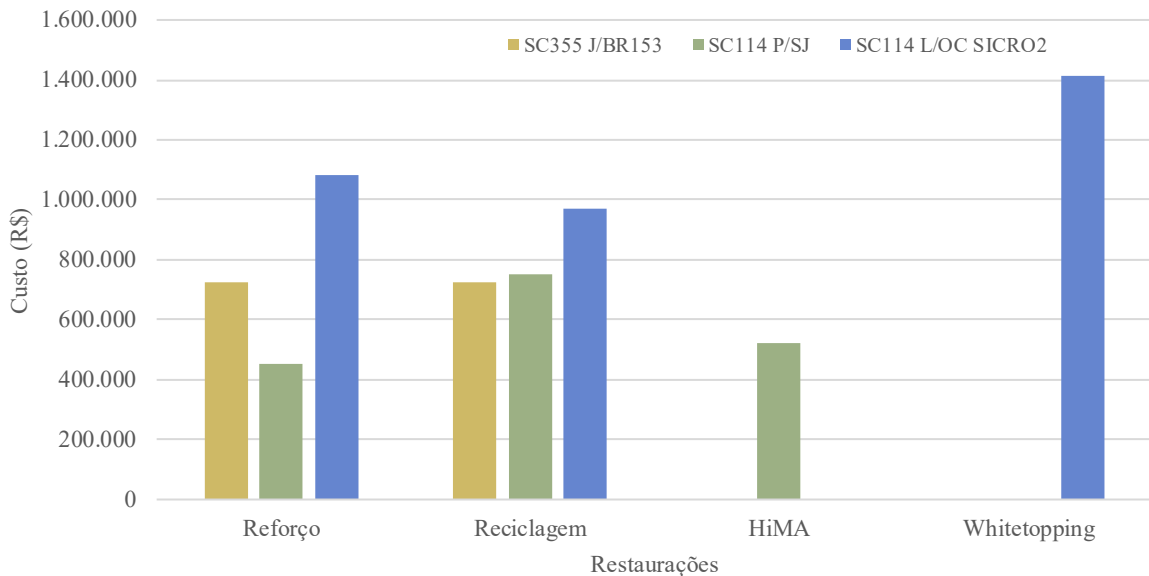
- a) Quantidade de intervenções (11 para reforço, 8 para reciclagem e 8 para *Whitetopping*).
- b) Número de viagens necessárias para o transporte dos materiais, misturas e resíduos, quanto mais intervenções, maior serão as movimentações.
- c) A diferença nas técnicas de fresagem contínua, onde uma considera remendo profundo e outra não.

- d) O desempenho das estruturas, uma flexível, uma semirrígida e outra rígida, alterando a durabilidade de cada uma.
- e) A espessura das camadas de recomposição (principalmente na abordagem reforço), uma vez que o custo do ligante é elevado.

8.4. COMPARATIVO DE CUSTO ENTRE AS RODOVIAS

O Gráfico 77 exhibe comparação de custos entre as técnicas de restauração iniciais adotadas nos três estudos de caso.

Gráfico 77: Comparação de custos entre as alternativas iniciais adotadas e entre as obras



Fonte: elaborado pela autora.

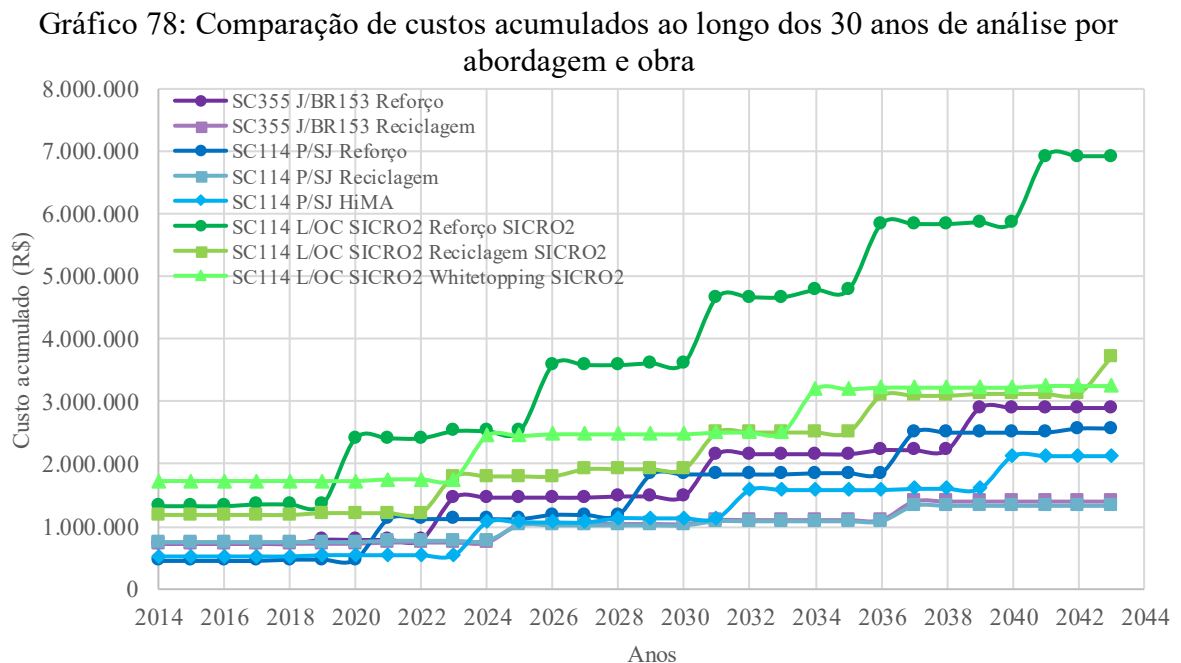
Considerando a aplicação do reforço é nítida a diferença de custo entre as obras, uma vez que cada uma apresenta diferentes espessuras SC114 L/OC (15cm), SC355 J/BR153 (10cm) e SC114 P/SJ (5cm), além da espessura há variação na largura da plataforma e nas espessuras das camadas estruturais, o que interfere nos quantitativos e custos dos remendos profundos e superficiais. Avaliando o custo por metro quadrado de obra, identifica-se que a SC114 P/SJ se torna a mais econômica (R\$ 45,21), enquanto a SC355 J/BR153 com valores intermediários (R\$ 80,51) e a SC114 L/OC maior custo (R\$ 115,25), ficando evidente a interferência significativa da camada de revestimento asfáltico.

A reciclagem demanda de maior custo na SC114 L/OC, visto ser necessário maior espessura de corte e maior espessura de revestimento para suportar o tráfego pesado imposto

sobre a estrutura. Ao avaliar o custo por metro quadrado, identifica-se que a espessura do revestimento permanece sendo o fator preponderante de aumento no custo. Para a SC114 L/OC obteve-se R\$ 103,13 por metro quadrado (com corte de 20cm e revestimento de 12cm), enquanto a SC355 J/BR153 demanda de R\$ 80,77 por metro quadrado (com corte de 18cm e revestimento de 8cm) e a SC114 P/SJ custa R\$ 75,37 por metro quadrado (com corte de 18,5cm e revestimento de 8cm). A diferença entre as duas últimas obras, está atrelado ao DMT (distância média de transporte) da mistura asfáltica e dos agregados, para a SC114 P/SJ quase a metade da SC355 J/BR153.

As alternativas de HiMA e *Whitetopping* foram aplicadas em apenas uma obra, não sendo possível comparação. Contudo o custo por metro quadrado de cada uma foi de R\$ 52,35 para HiMA e de R\$ 150,22 para *Whitetopping*, o último influenciado pelo consumo de cimento Portland, da espessura da placa de concreto e dos ajustes necessários antes da execução da placa.

O Gráfico 78 apresenta comparativo de custo acumulados ao longo dos 30 anos de avaliação considerando todas as restaurações e manutenções adotadas.



Fonte: elaborado pela autora.

Do início das intervenções até o final do período de estudo é notável que a SC114 L/OC apresenta maiores custos para suas restaurações e manutenções, isso deve-se a incidência de tráfego considerado alto, principalmente com veículos de carga. Enquanto as SC114 /SJ e SC355 J/BR153 possuem tráfego considerado médio, tanto que as técnicas de restaurações

apresentam comportamento e custos semelhantes, contudo vale ressaltar que as condições da estrutura quando da primeira intervenção e as espessuras adotadas ao longo do período de análise, interferiram no custo total das obras. Com isso fica evidente que a maior influência é em função do tráfego imposto.

9. ETAPA 6 - ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS PARÂMETROS ABORDADOS

Este capítulo aborda a comparação entre as alternativas de restauração em relação ao desempenho, aos consumos, aos impactos e aos custos. Essas análises serão aplicadas em relação ao ano zero e ao final do período do ciclo de estudo (30 anos). A avaliação dos resultados ao longo do período foi apresentada nos capítulos anteriores.

9.1. AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ALTERNATIVAS

O congestionamento e a redução da velocidade de deslocamento geram um aumento no consumo de combustível, não só pelo tempo em que o veículo fica parado ou em velocidade reduzida adicionando tempo de operação do motor, como também pelo aumento de partidas e paradas do veículo, que faz com que este seja ainda mais ineficiente (MAIA, 2015).

As manutenções nas rodovias são serviços executados ao longo do período de operação, sendo necessárias para o bom desempenho da estrutura e a garantia da segurança e do conforto aos usuários, além de prolongar a vida útil do pavimento.

As rodovias estudadas necessitaram de determinada quantidade de intervenções do tipo manutenção e restauração ao longo do período de avaliação. O Quadro 62 exibe a quantidade de restaurações e manutenções necessárias para a garantia do desempenho das estruturas, ao final a ordem de classificação considerando em primeiro a abordagem que apresenta a menor quantidade de intervenções. Como critério de desempate considerou o número de restaurações, por impactarem em tempo, custo e meio ambiente em relação as manutenções.

Quadro 62: Número de intervenções necessárias ao longo dos 30 anos de estudo

| Obra | Abordagem | Nº restaurações | Nº Manutenções | Total | Classificação |
|-------------------|--------------------|-----------------|----------------|-------|---------------|
| SC355 J/BR153 | Reforço Estrutural | 4 | 3 | 7 | 2º |
| | Reciclagem | 3 | 2 | 5 | 1º |
| SC114 P/SJ | Reforço estrutural | 4 | 4 | 8 | 3º |
| | Reciclagem | 3 | 2 | 5 | 1º |
| | HiMA | 4 | 3 | 7 | 2º |
| SC114 L/OC SICRO2 | Reforço estrutural | 6 | 5 | 11 | 3º |
| | Reciclagem | 5 | 3 | 8 | 2º |
| | Whitetopping | 3 | 5 | 8 | 1º |

Fonte: elaborado pela autora.

Os pavimentos flexíveis necessitam de intervenções em períodos de tempo mais curtos enquanto os pavimentos rígidos possuem maior durabilidade. Ainda se menciona a necessidade de maiores intervenções em camadas inferiores quando utilizado a alternativa de reforço, o que não acontece na reciclagem e no *Whitetopping*.

Do exposto, é importante observar que a maior frequência nas intervenções impacta em bloqueio parcial ou total das vias, ocasionando a redução de velocidade de deslocamento, uso de rotas alternativas, riscos de acidentes e a insatisfação dos usuários durante o período de obra. A frequência das intervenções mobiliza estrutura de apoio e equipamentos para execução, isso ocasiona maiores custos.

Para as três obras identifica-se que as abordagens *Whitetopping* e reciclagem profunda obtiveram a menor quantidade de intervenções, ou seja, menores intervenções ao longo do tempo, além das manutenções serem pontuais e de menor impacto no trânsito. Contudo exigem que a faixa de rolamento em obra permaneça sem uso (fechado) por período que garanta a cura do concreto ou liberação da camada reciclada, aumentando o risco de acidentes ao longo do trecho em obra, exigindo do setor de sinalização maiores cuidados em relação a alternativa de reforço, a qual pode-se liberar o tráfego no mesmo dia. Rodovias com fluxo médio, demandaram 2 restaurações e 1 manutenção a menos que a rodovia com volume de veículos alto.

Diante dos resultados obtidos, do ponto de vista do número de intervenções, recomendaria o uso da Reciclagem profunda com adição de cimento Portland para a SC355 J/BR153 e para a SC114 P/SJ (as duas com volume de tráfego médio), e a abordagem *Whitetopping* para a SC114 L/OC (com volume elevado de carga), porém não se pode adotar um planejamento a longo prazo sem levar em consideração os custos despendidos para a execução de cada etapa e os impactos ambientais que a sua aplicação gera.

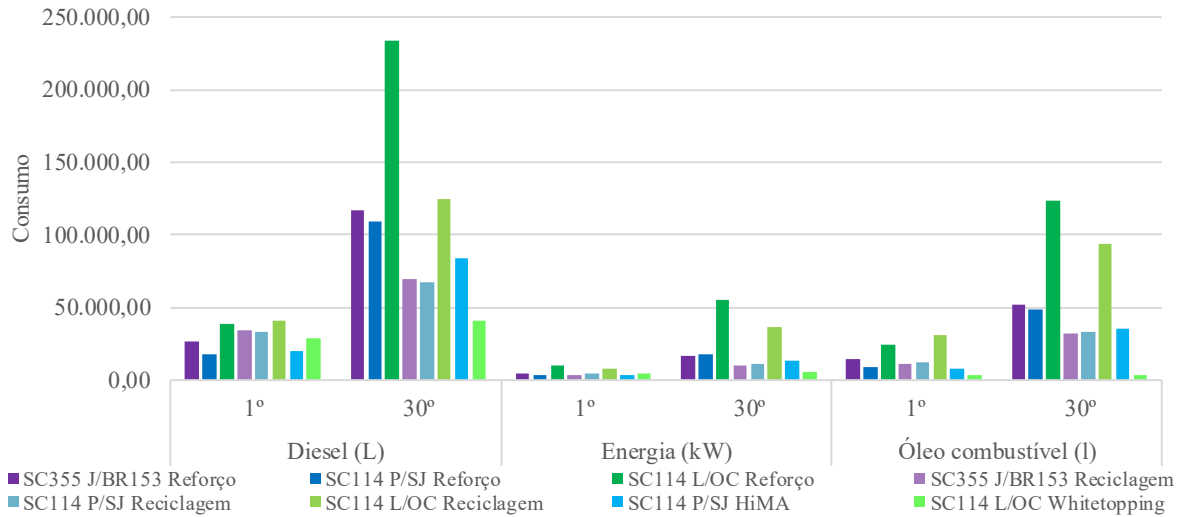
9.2. AVALIAÇÃO DOS CONSUMOS DE MATERIAIS, ENERGIA E COMBUSTÍVEIS

A quantidade de materiais necessários para a execução das abordagens adotadas, impactam diretamente nos custos despendidos e no inventário de ciclo de vida para avaliação dos impactos ambientais. O Gráfico 79 apresenta os consumos de diesel, energia e óleo combustível.

Avaliando a alternativa de restauração reforço, identifica-se que os consumos de diesel estão relacionados com o tráfego da rodovia e conseqüentemente com a espessura da camada de reforço aplicada. Entre a primeira intervenção e o final do ciclo há aumento de

aproximadamente 5 vezes o consumo de diesel. A restauração do tipo reciclagem profunda com adição de cimento apresenta o mesmo comportamento do reforço, contudo demanda de maior quantidade de insumos no ano inicial, devido necessidade de execução de camada reciclada com incorporação de novos materiais, que exigem serem transportados, misturados e compactados juntamente com o material da pista. Contudo a longo dos 30 anos, o reforço consome em torno de 70% mais diesel que a reciclagem. A alternativa HiMA apresenta comportamento e consumos intermediários. Enquanto o *Whitetopping* apresenta os menores consumos de diesel.

Gráfico 79: Consumo de diesel, energia e óleo combustível no ano inicial e em 30 anos

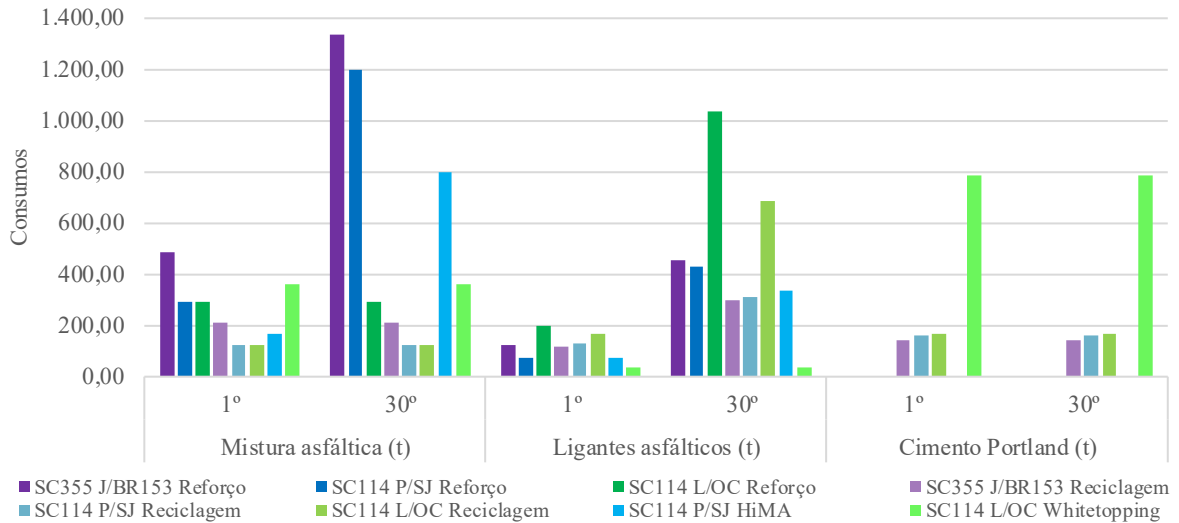


Fonte: elaborado pela autora.

O consumo de energia obtido foi de aproximadamente 55% maior na alternativa reforço que na reciclagem, considerando o ciclo completo de análise. No consumo de óleo combustível, o reforço estrutural também se sobressai. O Gráfico 80 exibe os consumos de mistura asfáltica, ligantes e aglomerantes com a execução da restauração inicial e o acumulado em 30 anos.

A mistura asfáltica, os ligantes asfálticos e os agregados, devem ser analisados de forma paralela, pois para a SC114 L/OC a quantificação foi efetuada pelo novo SICRO, o qual considera mistura asfáltica apenas o que for utilizado em remendos profundos e superficiais, para estruturas de recapeamento os insumos são separados em agregados e ligantes. O Gráfico 81 apresenta os consumos de agregados, onde fica evidente a discrepância entre as rodovias. Ao incorporar esses valores de agregados e ligantes à mistura asfáltica, verifica-se que o reforço estrutural utilizado na SC114 L/OC é superior às outras rodovias, justamente por apresentar o maior fluxo de veículos e as maiores espessuras de revestimento.

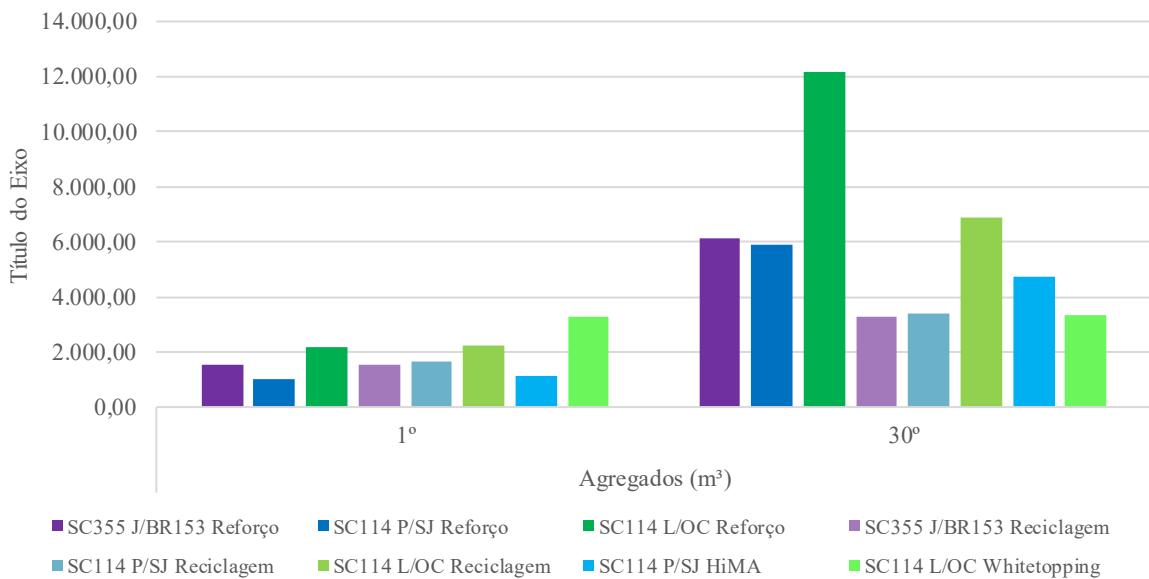
Gráfico 80: Consumo de mistura asfáltica, ligantes e aglomerante no ano inicial e em 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Apesar a abordagem *Whitetopping* ser uma estrutura rígida ela demanda de mistura asfáltica para a execução dos remendos profundos, superficiais, preenchimento dos acostamentos e das trilhas de roda, o que representa um montante considerável. Entre a alternativa reforço estrutural e reciclagem, fica evidente o maior consumo no reforço, em função da espessura da camada, do comportamento da estrutura que necessita de maior número de intervenções ao longo do tempo.

Gráfico 81: Consumo de agregados no ano inicial e em 30 anos



Fonte: elaborado pela autora.

Portanto os consumos de misturas asfálticas, ligantes e agregados sofrem influência do tráfego de veículos e das estruturas adotadas como solução ao longo do tempo.

Quanto o consumo de cimento Portland, as alternativas de reciclagem estão coerentes com a espessura de corte e a porcentagem de adição, enquanto a alternativa *Whitetopping* apresenta consumo muito superior, em função da taxa de cimento usado na mistura de concreto.

Em relação aos consumos pode-se avaliar com menores consumos iniciais o reforço para a SC355 J/BR153, HiMA para a SC114 P/SJ e Reciclagem para a SC114 L/OC, contudo ao final do ciclo de análise, a reciclagem consome menos insumos na SC355 J/BR153, o HiMA continua sendo a mais vantajosa na SC114 P/SJ e o *Whitetopping* apresenta menos consumo para a SC114 L/OC. Portanto, deve-se avaliar os custos e impactos ambientais para a escolha da melhor solução.

9.3. AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS

Diante das alterações climáticas em que constantemente vivemos, se faz necessário pensar e agir para minimizar os impactos que as ações humanas geram ao meio ambiente. Para isso, todas as obras de engenharia devem possuir estudos para identificar os impactos ambientais que geram. O estudo desenvolvido resultou nos seguintes impactos iniciais (Quadro 63).

Quadro 63: Impactos gerados pelas restaurações iniciais

| CI | AC | GWP | EP | FAETP | FSETP | HTP | MAETP | MSETP | POCP | TAEP |
|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SC355 JBR153 | | | | | | | | | | |
| RE | 9,06E+02 | 8,32E+04 | 1,44E+02 | 2,00E+02 | 4,34E+02 | 2,84E+04 | 2,12E+04 | 2,31E+04 | 1,40E+01 | 2,79E+01 |
| RC | 1,07E+03 | 9,00E+04 | 1,78E+02 | 1,62E+02 | 3,50E+02 | 3,24E+04 | 1,68E+04 | 1,87E+04 | 1,45E+01 | 2,12E+01 |
| SC114 PSJ | | | | | | | | | | |
| RE | 6,10E+02 | 5,40E+04 | 9,84E+01 | 1,20E+02 | 2,64E+02 | 1,95E+04 | 1,27E+04 | 1,39E+04 | 9,02E+00 | 1,67E+01 |
| RC | 1,11E+03 | 8,98E+04 | 1,84E+02 | 1,64E+02 | 3,57E+02 | 3,39E+04 | 1,72E+04 | 1,92E+04 | 1,48E+01 | 2,16E+01 |
| HM | 7,31E+02 | 6,30E+04 | 1,21E+02 | 1,18E+02 | 2,59E+02 | 2,42E+04 | 1,22E+04 | 1,35E+04 | 1,01E+01 | 1,62E+01 |
| SC114 LOC | | | | | | | | | | |
| RE | 1,10E+03 | 1,14E+05 | 1,70E+02 | 2,79E+02 | 6,07E+02 | 3,74E+04 | 2,98E+04 | 3,25E+04 | 1,85E+01 | 3,92E+01 |
| RC | 1,12E+03 | 1,03E+05 | 1,81E+02 | 2,12E+02 | 4,58E+02 | 3,29E+04 | 2,24E+04 | 2,48E+04 | 1,67E+01 | 2,87E+01 |
| WH | 1,14E+03 | 1,40E+05 | 1,61E+02 | 1,16E+02 | 2,57E+02 | 2,99E+04 | 1,21E+04 | 1,33E+04 | 1,96E+01 | 1,67E+01 |

Maior impacto – Menor impacto

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Ao comparar a alternativa reciclagem com as demais, identifica-se maior movimentação de veículos para o transporte de materiais e uso de equipamentos diferenciados, como pode ser observado também na abordagem *Whitetopping*, portanto essas alternativas se sobressaíram na geração de impactos na categoria acidificação devido a queima de combustíveis fósseis em motores de combustão, utilizados na produção de agregados, na execução das etapas da obra, na produção de ligantes asfálticos e principalmente no transporte. Para a SC355 J/BR153 a reciclagem apresentou 18% mais impacto de acidificação que o reforço, enquanto para a SC114 P/SJ essa diferença foi de 82% (devido à baixa espessura do reforço, apenas 5 cm, enquanto o revestimento da reciclagem é de 8cm). A SC114 L/OC os valores encontrados para as 3 abordagens foram equivalentes.

O mesmo comportamento é observado nas categorias mudanças climáticas, contudo a SC114 L/OC demanda de maior quantidade de agregados e principalmente de cimento Portland, além de mistura asfáltica para preenchimento dos acostamentos e trilhas de roda, resultando em maior impacto, sendo a alternativa *Whitetopping* 23% mais impactante que o reforço e 36% mais que a reciclagem. Comparando com as demais obras, o reforço da SC114 L/OC (reforço de 15cm) apresenta 37% a mais de impacto que a SC355 J/BR153 (com reforço de 10 cm) e 111% a mais em relação a SC114 P/SJ (com reforço de 5cm), mostrando assim o elevado impacto que a espessura da camada de asfalto tem na categoria de impacto.

A produção de agregado, principalmente a fase de trituração e triagem, seguido da utilização de combustível para os equipamentos e transporte, resultam em maiores impactos de eutrofização. Identificado em estudos de Bressi et al (2018) onde as camadas granulares foram as que mais impactaram na categoria de eutrofização, justificando o encontrado neste estudo, onde a alternativa reciclagem apresentou as maiores contribuições de impactos nas três obras analisadas. A reciclagem gerou impacto de eutrofização na ordem de $1,8 \text{ E}+2 \text{ kg PO}_{4\text{Eq}}$ para as três obras, o reforço estrutural variou em função da espessura da camada de revestimento $9,8\text{E}+2 \text{ kg PO}_{4\text{Eq}}$ (espessura de 5 cm), $1,4\text{E}+2 \text{ kg PO}_{4\text{Eq}}$ (espessura de 10 cm) e $1,8\text{E}+2 \text{ kg PO}_{4\text{Eq}}$ (espessura de 15 cm).

Identifica-se maior geração de impacto na categoria ecotoxicidade quando da aplicação da alternativa reforço estrutural, com aproximadamente 30% superior, contudo na SC114 P/SJ a espessura da camada de reforço é inferior a camada de revestimento após a reciclagem, justificando esta apresentar maiores impactos (35% superior ao reforço). A produção do ligante asfáltico, o qual é utilizado nas camadas de revestimento asfáltico, pintura de ligação, imprimação, tratamento superficial, remendos superficiais e remendos profundos é o principal contribuinte desta categoria.

Em obras rodoviárias identifica-se que o uso do diesel como combustível para o funcionamento dos maquinários e a produção de betume são os sistemas que mais influenciam na quantificação do impacto ambiental toxicidade humana. Na SC355 J/BR153 e na SC114 P/SJ identifica-se que a execução da camada de reciclagem é o maior contribuinte (14% e 74%, respectivamente, superior ao reforço), porém ao trabalhar com reforço estrutural de espessura elevada (15cm na SC114 L/OC), a produção do ligante asfáltico foi mais impactante que a própria execução (14% superior em relação a reciclagem).

A produção de ligantes asfálticos aliados ao consumo de diesel por parte dos maquinários, a produção de agregados e o transporte contribuem com parcela significativa na geração de impactos da categoria oxidantes fotoquímicos. O que fica visível nas obras avaliadas, para a SC355 J/BR153 e SC114 L/OC que apresentam as espessuras de reforço e de revestimento da reciclagem muito próximas entre elas, resultaram em impactos próximos (4% e 11%), porém na SC114 P/SJ, onde há diferença significativa nesta espessura, resulta em valores 64% na alternativa reciclagem.

Fica visível a elevada interferência que a produção de ligantes betuminosos e misturas asfálticas detém dentro do processo de construção de uma rodovia, sendo primordial a utilização de técnicas que reduzam as emissões ao meio ambiente e a adoção de materiais alternativos ou reciclados. Porém avaliar a melhor alternativa apenas pela técnica inicial de restauração, não é recomendável, pois cada uma apresenta comportamentos diferenciados com durabilidades que são dependentes do tráfego e da política de gerenciamento da via, portanto é primordial o estudo por um determinado período de ciclo de vida, para isso, o Quadro 64 apresenta os impactos acumulados ao longo dos 30 anos de análise.

Quadro 64: Impactos gerados ao longo dos 30 anos de ciclo de análise

| CI | AC | GWP | EP | FAETP | FSETP | HTP | MAETP | MSETP | POCP | TAEP |
|--------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| SC355 JBR153 | | | | | | | | | | |
| RE | 3,89E+03 | 3,59E+05 | 6,32E+02 | 7,34E+02 | 1,60E+03 | 1,34E+05 | 7,65E+04 | 8,40E+04 | 5,72E+01 | 1,01E+02 |
| RC | 1,93E+03 | 1,84E+05 | 3,10E+02 | 3,81E+02 | 8,27E+02 | 6,84E+04 | 4,04E+04 | 4,47E+04 | 2,93E+01 | 5,12E+01 |
| SC114 PSJ | | | | | | | | | | |
| RE | 3,72E+03 | 3,38E+05 | 6,05E+02 | 6,86E+02 | 1,50E+03 | 1,31E+05 | 7,16E+04 | 7,88E+04 | 5,41E+01 | 9,45E+01 |
| RC | 1,95E+03 | 1,80E+05 | 3,13E+02 | 3,77E+02 | 8,23E+02 | 6,93E+04 | 4,02E+04 | 4,46E+04 | 2,91E+01 | 5,09E+01 |
| HM | 2,99E+03 | 2,61E+05 | 4,91E+02 | 5,12E+02 | 1,12E+03 | 9,96E+04 | 5,33E+04 | 5,87E+04 | 4,21E+01 | 7,05E+01 |
| SC114 LOC | | | | | | | | | | |
| RE | 7,14E+03 | 7,12E+05 | 1,15E+03 | 1,42E+03 | 3,10E+03 | 2,63E+05 | 1,50E+05 | 1,65E+05 | 1,09E+02 | 1,98E+02 |
| RC | 3,57E+03 | 3,84E+05 | 5,55E+02 | 8,45E+02 | 1,85E+03 | 1,36E+05 | 9,14E+04 | 1,01E+05 | 5,98E+01 | 1,16E+02 |
| WH | 1,26E+03 | 1,54E+05 | 1,79E+02 | 1,26E+02 | 2,80E+02 | 3,59E+04 | 1,30E+04 | 1,44E+04 | 2,14E+01 | 1,79E+01 |

Maior impacto – Menor impacto

AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

Ao avaliar os impactos totais gerados por cada abordagem ao longo dos 30 anos do período de análise, obteve-se que o reforço apresentou os maiores impactos.

Para a SC355 J/BR153 fica evidente que a abordagem “reciclagem profunda” se mostra ambientalmente mais satisfatória em relação a abordagem “reforço estrutural” ao considerar o período de estudo de 30 anos. Comparando os impactos gerados entre a abordagem inicial reforço estrutural e reciclagem profunda, em primeiro momento, a reciclagem profunda apresenta maior impacto nas categorias que não são geridas pela produção de ligante asfáltico. Enquanto o reforço estrutural se torna mais prejudicial quando as categorias de impacto são dependentes da produção de ligante asfáltico. Contudo ao planejar as intervenções ao longo de 30 anos, o comportamento de geração de impactos ambientais muda. A abordagem reciclagem se torna aproximadamente 49% menos impactante que o reforço estrutural, fato que se deve a quantidade de intervenções necessárias ao longo do período, o comportamento das camadas adotadas, a espessura de revestimento utilizada para as recomposições. Com isso, a abordagem reforço, possui maior consumo de agregados, de ligantes asfálticos, de diesel para o transporte e a execução das camadas.

Para a SC114 P/SJ fica evidente que a abordagem “reciclagem profunda” se mostra ambientalmente mais satisfatória em relação a abordagem “reforço estrutural” e “HiMA” ao considerar o período de estudo de 30 anos. A abordagem reciclagem se torna aproximadamente 46% menos impactante que o reforço estrutural e 23% menor que a HiMA, fato que se deve a quantidade de intervenções necessárias ao longo do período (reforço com 8 intervenções, HiMA com 7 intervenções e reciclagem com 5 intervenções), o comportamento das camadas adotadas, a espessura de revestimento utilizada para as recomposições.

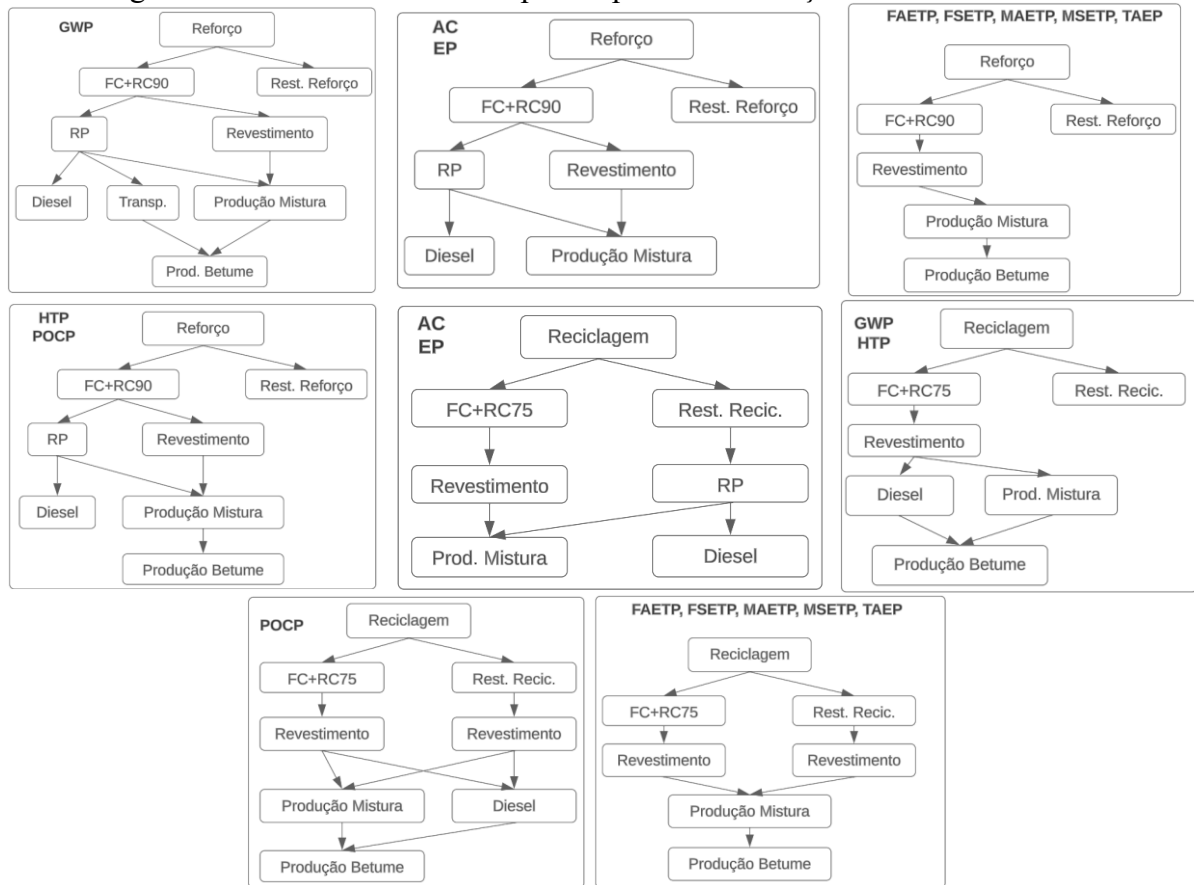
Para a SC114 L/OC a abordagem “*Whitetopping*” se mostra ambientalmente mais satisfatória (87%) em relação a abordagem “reforço estrutural”, sendo uma segunda opção a abordagem “Reciclagem profunda” ao considerar o período de estudo de 30 anos.

Fica evidente que a utilização de estruturas rígidas como o *Whitetopping* ou semirrígidas como a reciclagem profunda com adição de cimento Portland, geram menos impactos ambientais quando comparados com a utilização de estruturas flexíveis que consomem elevada quantidade de ligante asfáltico, e necessitam de intervenções em intervalos de tempo menores. Contudo deve-se avaliar os custos inseridos para essas implantações, restaurações e manutenções, além de verificar as fronteiras que foram utilizadas para este estudo.

Com o objetivo de avaliar o caminho crítico na geração de impactos ambientais ao longo dos 30 anos, definiu-se o limite de 20% de impacto e elaborou-se os fluxogramas para cada tipo de restauração inicial, para cada rodovia e para cada categoria de impacto.

A Figura 33 apresenta os fluxos críticos de geração de impactos para a SC355 JBR153, obtidos nas restaurações do tipo reforço e reciclagem profunda ao longo dos 30 anos, por categoria de impacto.

Figura 33: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC355 JBR153

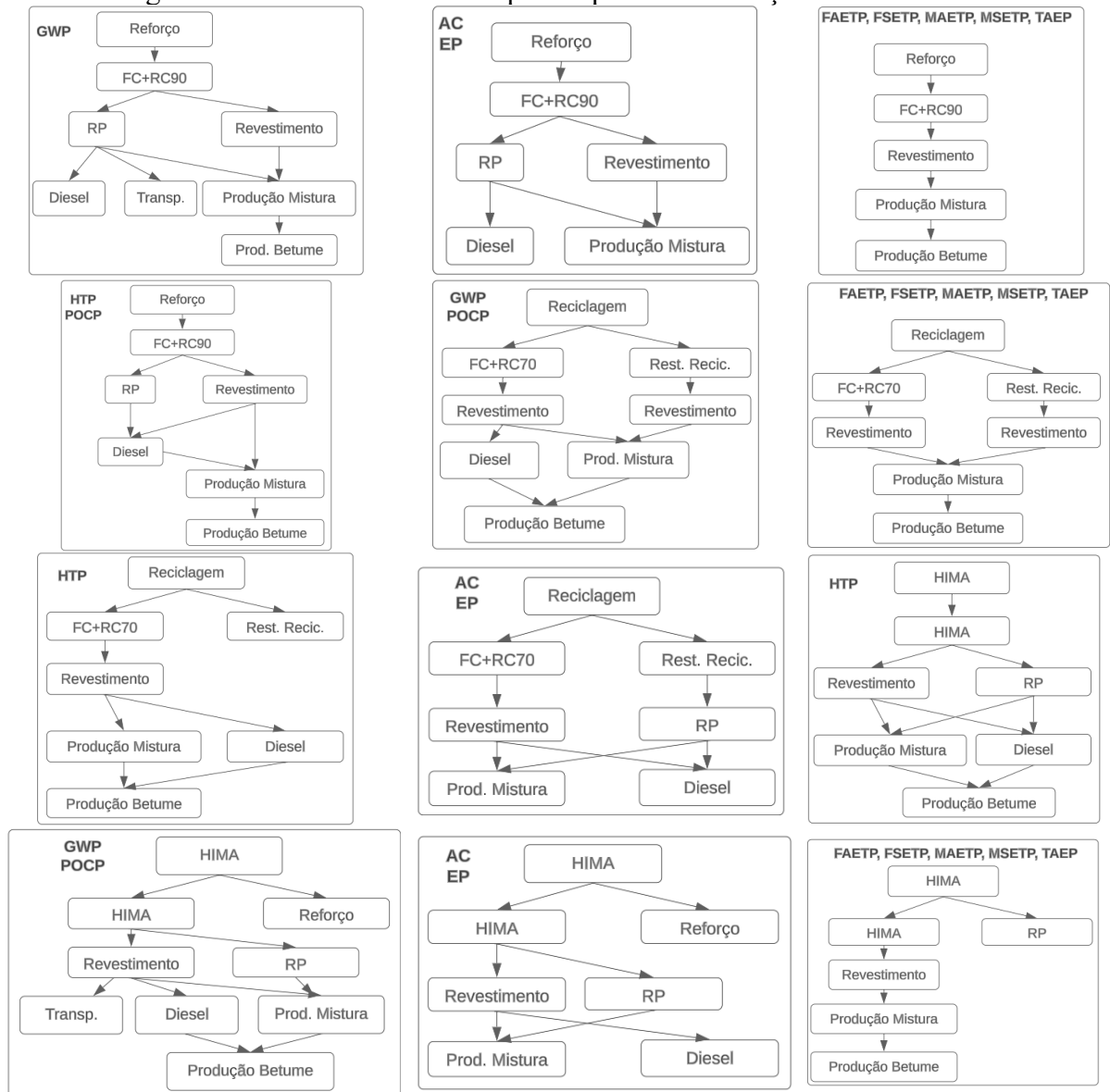


AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 34 apresenta os fluxos críticos de geração de impactos para a SC114 PSJ, obtidos nas restaurações do tipo reforço, reciclagem profunda e HiMA ao longo dos 30 anos, por categoria de impacto.

Figura 34: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC114 PSJ

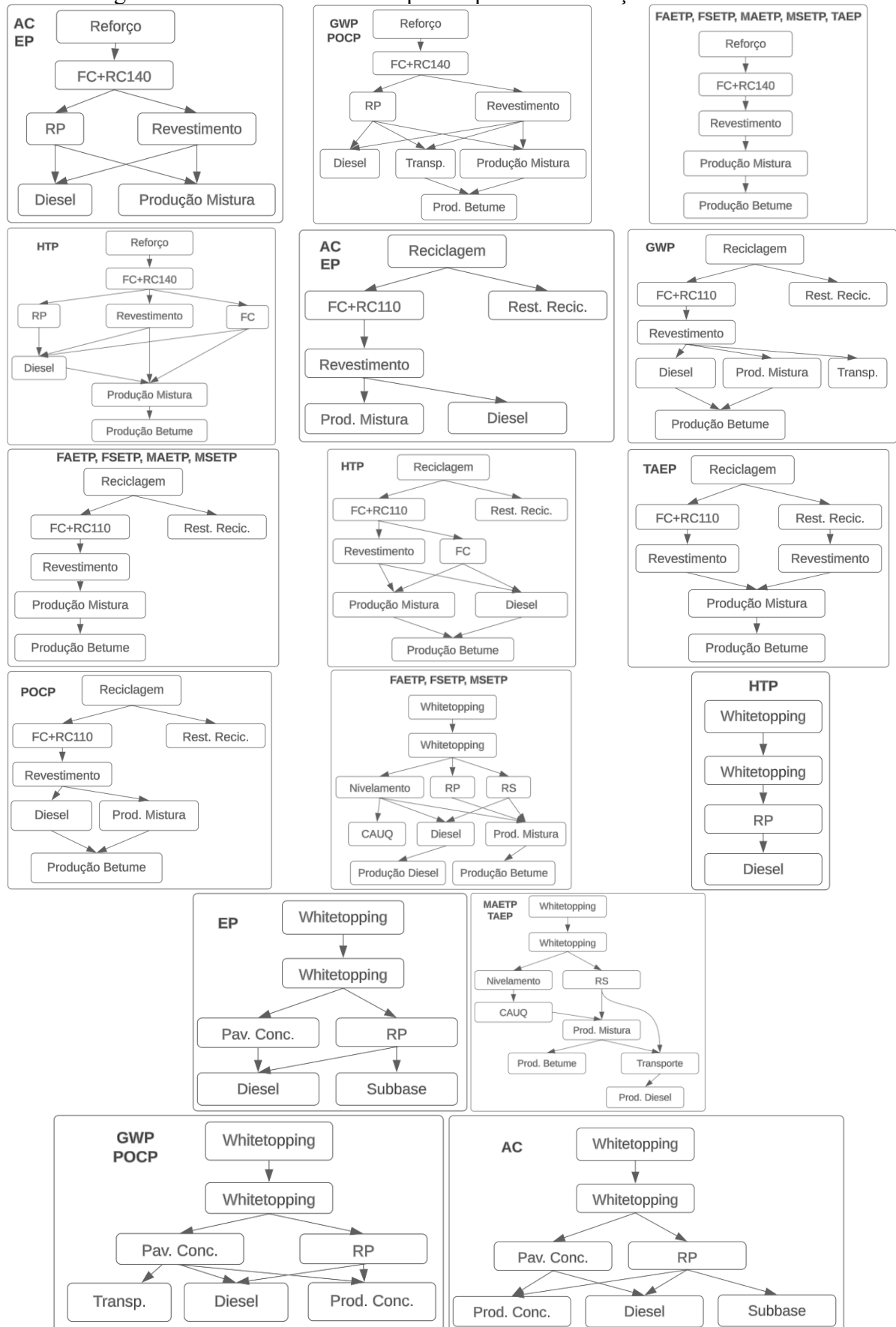


AC (Potencial de acidificação em kg SO_{2Eq}); GWP (Mudanças climáticas em kg CO_{2Eq}); EP (Potencial de eutrofização em kg PO_{4Eq}); FAETP (Ecotoxicidade aquática de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); FSETP (Ecotoxicidade de sedimentos de água doce em kg 1,4-DCB_{Eq}); HTP (Toxicidade humana em kg 1,4-DCB_{Eq}); MAETP (Ecotoxicidade aquática marinha em kg 1,4-DCB_{Eq}); MSETP (Ecotoxicidade de sedimentos marinhos em kg 1,4-DCB_{Eq}); POCP (Oxidação fotoquímica (smog de verão) em kg ethylene_{Eq}); TAEP (Ecotoxicidade terrestre em kg 1,4-DCB_{Eq}).

Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 35 apresenta os fluxos críticos de geração de impactos para a SC114 LOC, obtidos nas restaurações do tipo reforço, reciclagem profunda e whitetopping ao longo dos 30 anos, por categoria de impacto.

Figura 35: Fluxos críticos de impactos para a restauração da SC114 LOC

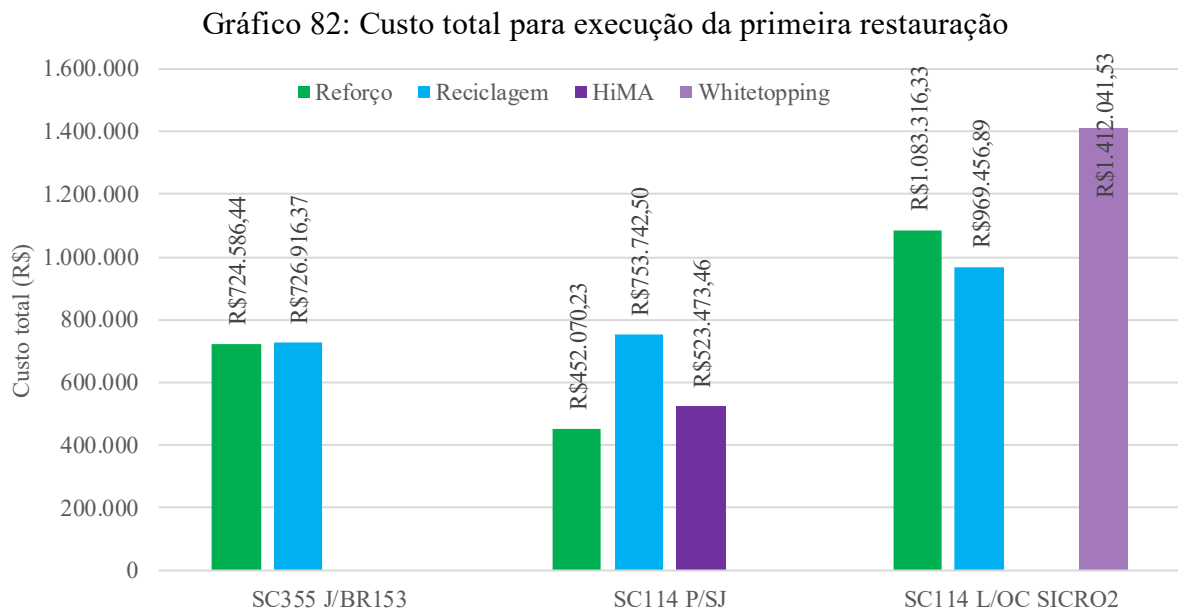


Fonte: elaborado pela autora.

9.4. AVALIAÇÃO DOS CUSTOS PARA IMPLANTAÇÃO, MANUTENÇÕES E RESTAURAÇÕES

A definição da abordagem a ser adotada em projetos de restauração de rodovias, na maioria, está baseada no custo que representará esta obra, contudo os gestores buscam o valor da intervenção inicial, sem levar em consideração as novas manutenções e restaurações que serão necessárias ao longo de um determinado período de vida.

Para os estudos de caso abordados nesta tese, exibe-se no Gráfico 82 os custos totais para execução de cada técnica de restauração inicial considerada.



Fonte: elaborado pela autora.

Avaliando os custos para a execução das restaurações iniciais fica evidente que a espessura adotada para o revestimento tem elevada influência nos valores. Para a SC355 J/BR153, onde o reforço estrutural é executado com 10 cm e a reciclagem possui revestimento com 8 cm, os custos ficaram próximos (apenas R\$ 2.329,93 por quilômetro executado), claro que se deve considerar que a alternativa reciclagem depende de valores para a execução da própria reciclagem profunda com adição de agregado virgem e de cimento.

Para a SC114 P/SJ, o reforço e a alternativa HiMA possuem espessura de revestimento de 5 e 6 cm respectivamente, o que torna a HiMA mais cara (16% superior ao reforço) é a necessidade de fresagem em toda extensão da camada de revestimento, além do ligante apresentar valor maior que o de reforço. Já a reciclagem apresenta espessura de revestimento

de 8 cm, além da própria execução da reciclagem, caracterizando o maior custo necessário para a sua conclusão (67% superior ao reforço equivalente a R\$ 301.672,27 por quilômetro e 44% superior à HiMA equivalente a R\$ 230.269,05 por quilômetro).

Diferentemente das duas primeiras rodovias que possuem tráfego considerado médio, a SC114 L/OC deve atender a fluxo de veículos classificado como alto, com elevada quantidade de veículos de carga, para tanto demandou de camada de reforço com 15 cm de espessura, na alternativa reciclagem o revestimento apresenta 12 cm (além da reciclagem profunda com 20cm de espessura) e a alternativa *Whitetopping* a execução de placa de concreto de cimento Portland com 22cm (além do preenchimento dos acostamentos e trilhas de roda com mistura asfáltica). Apresentando maior custo para a execução do pavimento rígido em comparação com os demais, sendo 30% superior ao reforço estrutural (R\$ 328.725,20 por quilômetro) e 46% superior à reciclagem (R\$ 442.584,64 por quilômetro).

Obteve-se menor custo inicial na execução do Reforço para a SC355 J/BR153 (R\$ 724.586,44) e para a SC114 P/SJ (R\$ 452.070,23), contudo para a SC114 L/OC a reciclagem (R\$ 969.456,89) foi a mais econômica. Em contrapartida os maiores custos iniciais foram obtidos na reciclagem para a SC355 J/BR153 (R\$ 726.916,37) e para a SC114 P/SJ (R\$ 753.742,50) enquanto que para a SC114 L/OC foi o *Whitetopping* (R\$ 1.412.041,53), mostrando que o fluxo de veículos tem influência nas estruturas necessárias e nos custos despendidos para a execução.

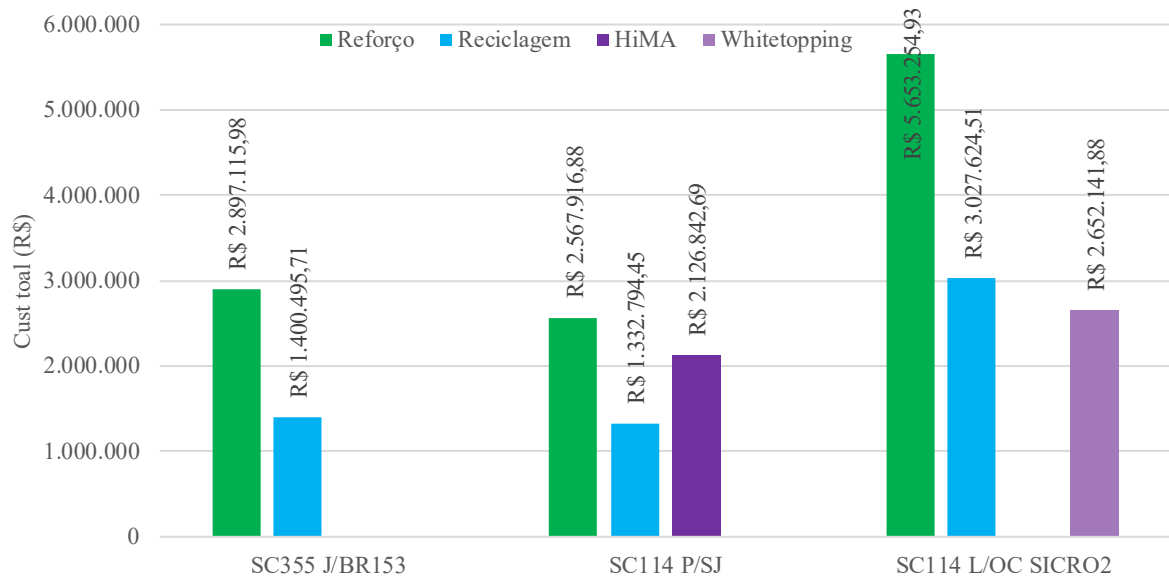
Como já mencionado, não se deve definir a melhor abordagem de gestão de uma rodovia, sem avaliar as restaurações a manutenções por determinado período. Para esta tese, adotou-se os 30 anos de análise, e o Gráfico 83 apresenta os custos totais acumulados ao longo do período.

Os custos totais acumulados ao longo do período de avaliação comportaram-se coerentemente com o número de intervenções executadas, influenciado pelo tráfego e pelos consumos de materiais. Obteve-se como abordagem mais econômica a reciclagem para as rodovias SC355 J/BR153 (52% mais econômico que o reforço estrutural) e SC114 P/SJ (48% mais econômico que o reforço estrutural e 38% em relação ao HiMA), enquanto que para a SC114 L/OC a abordagem mais em conta foi o *Whitetopping* (53% e 12% mais econômico que reforço e reciclagem, respectivamente).

Os maiores custos foram obtidos com a alternativa reforço para as três rodovias com o montante de R\$ 2.897.115,98 para a SC355 J/BR153, R\$ 2.567.916,88 para a SC114 P/SJ e R\$ 5.653.254,93 para a SC114 L/OC. Concluindo que a quantidade de intervenções ao longo

do período de avaliação, o fluxo de veículos e a restauração inicial interferem no custo total das abordagens.

Gráfico 83: Custo total acumulado ao longo do período do ciclo de análise



Fonte: elaborado pela autora.

Considerando o custo como parâmetro para tomada de decisão, recomenda-se a adoção da reciclagem profunda com adição de cimento como abordagem inicial em rodovias com tráfego médio como as SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ, e pavimento rígido como *Whitetopping* em rodovias com tráfego alto (principalmente de veículos de carga) como a SC114 L/OC. Porém, atentar para disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra, pois muitas tecnologias surgem diariamente e outras possibilidades podem ser aplicadas.

9.5. AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DAS CARACTERÍSTICAS DO TRÁFEGO

As três rodovias estudadas apresentam tráfego médio (SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ) e alto (SC114 L/OC). Influenciando em conjunto com as condições do pavimento deteriorado e os materiais aplicados, nas estruturas de restauração adotadas. Em relação a espessura de reforço, quanto menor o tráfego de veículos menor foi a espessura necessária para a restauração. O Quadro 65 apresenta os valores e a classificação do tráfego incidente sobre as rodovias em estudo.

A SC355 J/BR153 apresenta fluxo de veículos inicial 17% superior ao da SC114 P/SJ, porém apenas 4% superior ao final da vida útil, isso representa o maior crescimento na SC114

P/SJ. Contudo, se comparada com a SC114 L/OC, a diferença é mais significativa, a SC355 J/BR153 represente apenas 44% do fluxo inicial e 41% do fluxo final.

Quadro 65: Volume de tráfego inicial e final das rodovias estudadas

| Tráfego | Inicial | Final | Classificação |
|---------------|---------|-------|---------------|
| SC355 J/BR153 | 2538 | 5721 | Médio |
| SC114 P/SJ | 2164 | 5489 | Médio |
| SC114 L/OC | 5758 | 13814 | Alto |

Fonte: elaborado pela autora.

Para atender a demanda do elevado tráfego da SC114L/OC foi necessário reforço estrutural com 15 cm, ou reciclagem profunda (20 cm de corte) e revestimento com 12 cm ou *Whitetopping* com 22 cm de espessura.

Enquanto as rodovias com tráfego médio, necessitaram de reforço estrutural com 10 cm (SC355 J/BR153) e 5 cm (SC114 P/SJ), ou reciclagem profunda (18 e 18,5 cm de corte) e revestimento com 8 cm. A SC114 P/SJ foi analisada com a alternativa HiMA com fresagem contínua de 4 cm, com recomposição SAMI de 2 cm e revestimento HiMA com 4 cm.

Algumas técnicas como *Whitetopping* e a reciclagem proporcionam maior durabilidade para a estrutura executada, resultando em menor número de intervenções ao longo da vida, porém seus consumos iniciais (para implantação) se sobressaem em relação as técnicas convencionais. Justificando desta forma a escolha por outras técnicas de menor impacto financeiro inicial.

Além da quantidade de veículos, a característica deles define o tipo de revestimento adotado, quanto maior a carga imposta, maiores serão os esforços de tração e a deformação da camada de revestimento, necessitando maior espessura para a dissipação das tensões. Ao analisar as estruturas em estudo, identifica-se que a SC114 L/OC possui 40% do fluxo de carga, enquanto a SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ aproximadamente 26%. Este fato justifica a viabilidade em utilizar estrutura rígida para a SC114 L/OC.

Quando aplicada a alternativa reciclagem em rodovias com tráfego médio (SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ), resultam em consumo de diesel inferior a utilização de reforço e HiMA, mostrando-se como uma das melhores técnicas de restauração a longo prazo, por outro lado, quando aplicada em rodovias de tráfego elevado (principalmente veículos de carga) é vantajoso trabalhar com estruturas rígidas como *Whitetopping*, o que é visto na SC114 L/OC.

Em relação a reciclagem, as duas rodovias que possuem tráfego considerado médio (SC114 P/SJ e SC355 J/BR153), demandam de quantidades equivalentes de óleo combustível,

enquanto a SC114 L/OC consome maior quantidade do produto (2,9 vezes mais), decorrente dos equipamentos utilizados, da maior quantidade de intervenções e da espessura das camadas.

A alternativa reforço demanda de maior consumo de óleo combustível, para a SC114 L/OC 1,3 vezes mais que a reciclagem e 33 vezes mais que *Whitetopping*. Para a SC114 P/SJ o reforço resulta em aproximadamente 1,4 vezes mais que o HiMA e a reciclagem, enquanto que para a SC355 J/BR153 1,6 vezes maior que a reciclagem. Desta forma, fica evidente o elevado consumo ao longo dos 30 anos, não sendo uma técnica indicada à longo prazo.

Quanto maior o tráfego e a quantidade de intervenções, maior o consumo de energia. O reforço é a alternativa que mais necessita, resultando em 1,5 e 6,9 vezes maior que a reciclagem e o *Whitetopping*, respectivamente, para a SC114 L/OC. Em relação à SC355 J/BR153 o consumo de energia é 1,6 vezes maior para reforço que para reciclagem, valor igual na SC114 P/SJ em relação a reciclagem e 1,3 em relação ao HiMA.

Horvath e Hendrickson (1998) realizaram um estudo utilizando o modelo EIO-LCA (*Economic Input Output Life Cycle Assessment*) e concluíram que o pavimento de asfalto consome 40% mais energia do que o pavimento de concreto.

Economicamente o CAP representa aproximadamente cinquenta por cento do custo da estrutura flexível, portanto um material que necessita de elevada atenção no dimensionamento, dosagem e na quantificação.

Em relação aos impactos ambientais, quanto maior o fluxo de veículos, maiores são as espessuras e resistências das estruturas, o que gera maior quantidade de impacto ambiental, porém cada categoria de impacto está relacionada com determinados sistemas e materiais. Dependendo do foco da avaliação o material utilizado pode gerar mais ou menos impacto, além do período de análise e das fronteiras consideradas no estudo.

9.6. AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DAS CONDIÇÕES INICIAIS DO PAVIMENTO

O Quadro 66 apresenta as condições iniciais do pavimento deteriorado, tais como área trincada, irregularidade (IRI), afundamento de trilha de roda (ATR) e deflexão.

Quadro 66: Condições iniciais do pavimento deteriorado

| Informações iniciais | Área trincada (%) | IRI (m/km) | ATR (mm) | Deflexão (mm) |
|----------------------|-------------------|------------|----------|------------------------|
| SC355 J/BR153 | 69,7 | 5 | 7 | 57×10^{-2} |
| SC114 P/SJ | 6 | 4,4 | 15,4 | $77,6 \times 10^{-2}$ |
| SC114 L/OC | 51,5 | 3,52 | 7,63 | $57,59 \times 10^{-2}$ |

Fonte: elaborado pela autora.

Contribuindo para a tomada de decisão na escolha da metodologia de restauração, deve-se avaliar as condições geométricas e da superfície ao programar as intervenções. A SC114 L/OC apresenta relevo plano e rugosidade 3,52 m/km, contudo as fissuras ocupam mais de 50% da superfície da rodovia, além de 100% da área desgastada e trilhas de roda em torno de 7,63 mm. O que necessita de intervenções em intervalos menores para pavimentação flexível ou a implantação de estrutura rígida para suportar os esforços do tráfego.

A SC355 J/BR153 possui o relevo mais acidentado entre as três rodovias estudadas, com IRI em torno de 5 m/km e área fissurada de 69,7%, porém com baixa incidência de fissuras estruturais, contudo a quantidade de buracos por quilômetro está na ordem de 50, o que indica a deterioração da camada de revestimento e parte da base. Neste caso atuar apenas na camada de revestimento não se mostra eficaz, seria necessário intervenção com remendo profundo e superficial em elevada área se optar por reforço estrutural, desta forma a reciclagem se mostra mais eficaz.

Ao analisar a SC114 P/SJ fica evidente que a deformação do revestimento é o que mais influência na escolha do tipo de restauração a ser adotada, pois a mesma apresenta profundidade de trilha de roda em torno de 17 mm. Para este comportamento recomenda-se a utilização de misturas modificadas e que apresentem módulos de elasticidade elevados, de forma a absorver a atuação dos esforços.

Diante dos resultados obtidos é possível afirmar que a escolha da metodologia de restauração e manutenção executada em determinadas vias, depende das condições atuais da estrutura e da superfície do pavimento, além da ação do tráfego e das condições geométricas.

Considerando os estudos apresentados ao longo desta tese elaborou-se o Quadro 67 com o resumo das abordagens adotadas em função dos parâmetros analisados.

Quadro 67: Abordagens adotadas em função dos parâmetros analisados

| Rodovia | Tráfego | Nº Intervenções | Consumo | | Impacto | | Custo | | Adoção final |
|---------------|---------|-----------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|--------------|
| | | | Inicial | Final | Inicial | Final | Inicial | Final | |
| SC355 J/BR153 | M | RC | RE | RC | RC | RC | RE | RC | RC |
| SC114 P/SJ | M | RC | HI | HI | RE | RC | RE | RC | RC |
| SC114 L/OC | A | WH | RC | WH | WH | WH | RC | WH | WH |

Fonte: elaborado pela autora.

Em relação ao número de intervenções necessárias para a conservação da qualidade ao longo dos 30 anos, identificou que a reciclagem é mais eficiente para fluxos de tráfego médio, enquanto que a alternativa *Whitetopping* se torna vantajosa para rodovias de alto tráfego.

No caso dos consumos iniciais, deve-se atentar ao fato de que foi considerada a alternativa HiMA apenas na SC114 P/SJ, portanto a adoção como restauração inicial para a SC355 J/BR153 poderia sofrer alteração, contudo identifica-se que para rodovias de fluxo médio a adoção de restauração flexível é mais indicada, já para rodovias de alto fluxo a reciclagem (semirrígida) apresentou menores consumos. Ao avaliar os 30 anos do ciclo de estudo houve alterações nas melhores opções quanto ao consumo, com adoções de abordagens mais resistentes como *Whitetopping* para a rodovia de alto fluxo e reciclagem ou HiMA para rodovias de fluxo médio. Por isso a necessidade de se analisar outros fatores, não apenas o consumo.

Ao avaliar a geração de impactos ambientais foi identificado que tanto para a restauração inicial quanto ao final dos 30 anos de avaliação para rodovias de alto fluxo, é vantajosa a aplicação de estrutura rígida como o *Whitetopping*. No entanto para rodovias de médio fluxo de veículos deve-se avaliar a estrutura que será aplicada inicialmente, quando o revestimento ficar em torno de 5 cm, a alternativa reforço gera menos impacto, porém ao elevar esta espessura para 10 cm, a alternativa reciclagem é menos impactante ambientalmente. Ao final dos 30 anos, independentemente das espessuras iniciais adotadas, a reciclagem gera menor quantidade de impactos ambientais.

Quanto aos custos despendidos para a construção das restaurações iniciais, o remendo é o mais indicado para rodovias com fluxo médio, enquanto a reciclagem é recomendada para fluxos elevado. Apesar dos baixos custos iniciais, essas adoções demandam de maior número de intervenções e conseqüentemente maiores custos e impactos ao longo do tempo, tornando a reciclagem mais vantajosa para as rodovias de fluxo médio e o *Whitetopping* para rodovias de fluxo alto, do ponto de vista econômico.

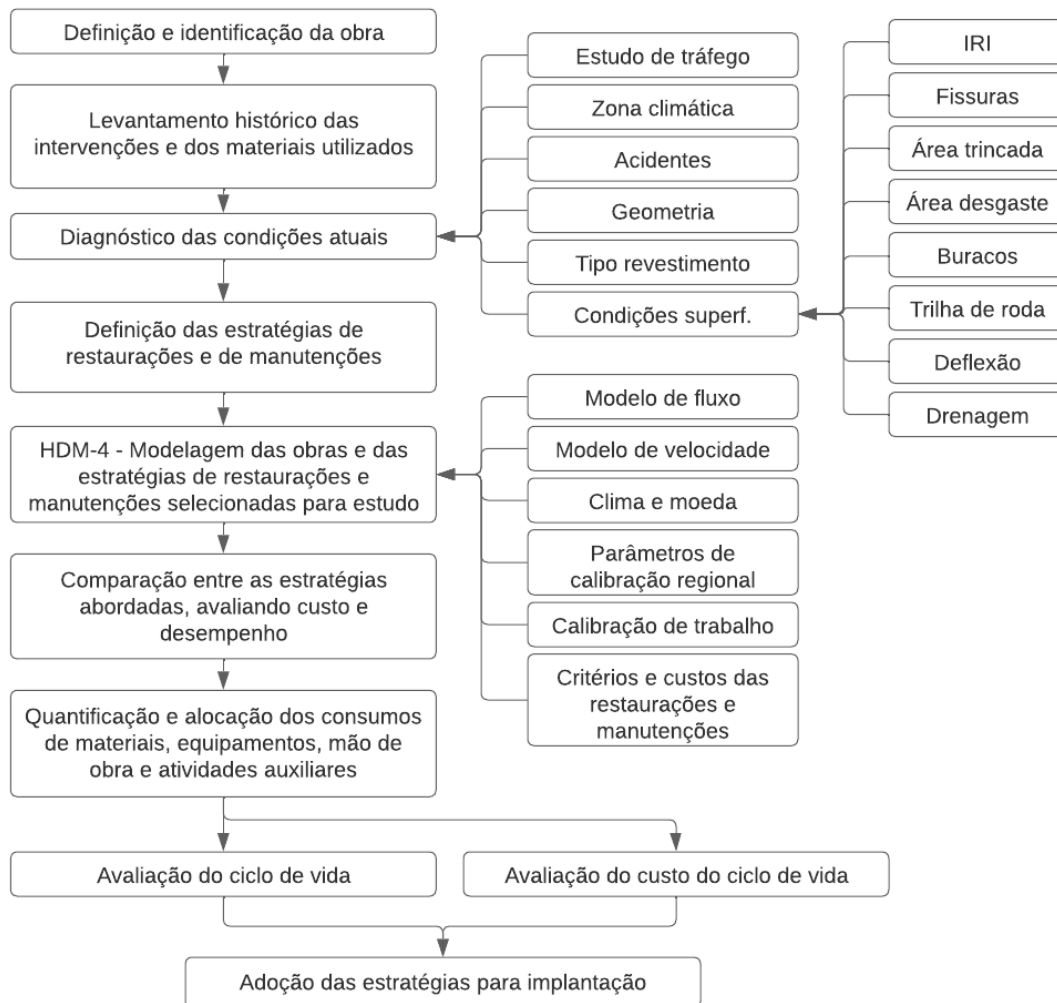
Ao final, fazendo uma comparação entre os parâmetros é possível aplicar a melhor técnica em função do que se almeja no projeto de restauração. Considerando as fronteiras desta tese e destas obras, além dos parâmetros aqui apresentados, seria indicado o uso de reciclagem profunda com adição de cimento para rodovias de fluxo médio e *Whitetopping* para rodovias de fluxo elevado, contemplando estudo de 30 anos.

9.7. PROPOSTA DE METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO

Diante dos procedimentos metodológicos e das avaliações desenvolvidas ao longo da tese propõem-se uma metodologia para a definição da estratégia de restauração e manutenção

mais adequada e que atenda aos preceitos das necessidades locais. A Figura 36 demonstra o fluxograma com as etapas propostas.

Figura 36: Proposta de metodologia para avaliação LCA e LCCA



Fonte: elaborado pela autora.

O projetista deve iniciar a avaliação pela definição e identificação da obra. Na sequência elaborar um levantamento histórico detalhado da construção, das intervenções (manutenções e restaurações) ao longo da vida, além dos materiais utilizados, elemento muito importante para a posterior definição das estratégias a serem avaliadas.

Desenvolver o levantamento diagnóstico das condições atuais da via, contemplando:

- Estudo de tráfego (tipo, quantidade, carga e direção)
- Zona climática (temperatura, precipitação)
- Acidentes (quantidade, com ou sem mortes, com ou sem danos)
- Geometria (espessura de camadas, largura das faixas e acostamentos, extensão)
- Tipo de revestimento

- f) Condições superficiais (IRI, fissuras, área trincada, área de desgaste, buracos, trilha de roda, deflexão, condições de drenagem)

Por meio do diagnóstico, definir algumas estratégias de restaurações e manutenções que poderiam ser aplicadas no tipo de pavimento em análise e nas condições climáticas, de tráfego e de superfície encontradas.

Modelar no software HDM-4 as obras e as estratégias de restaurações e manutenções selecionadas, para tanto deve-se ter conhecimento dos modelos de fluxo de veículos que trafegam no local, os modelos de velocidade (período e quantidade), os parâmetros climáticos, a moeda adotada para a avaliação, os parâmetros de calibração regional (DNIT possui banco de dados nas mais diversas regiões do Brasil), calibração de trabalho, critérios e custos das restaurações e manutenções (DNIT e departamentos regionais possuem parâmetros considerados gatilhos para a implantação, além dos custos estimados).

Com os custos e os desempenhos obtidos no software HDM-4 para cada estratégia, fazer comparativo e definir quais serão estudadas com maior detalhamento.

Quantificar e alocar, de forma detalhada, todos os consumos de materiais, equipamentos, mão de obra e atividades auxiliares para cada estratégia selecionada, obtendo assim o inventário do ciclo de vida, ao longo do período selecionado para avaliação. Com estes dados elaborar o estudo de avaliação do ciclo de vida (LCA), obtendo os impactos ambientais gerados em cada categoria de impacto. Em paralelo, elaborar o levantamento de custos para a execução das estratégias, ou seja, a avaliação do custo do ciclo de vida (LCCA).

Ao final, deve-se comparar o desempenho das estratégias adotadas, os impactos ambientais gerados e o custo necessário para as restaurações e manutenções. Levando o projetista a adotar a estratégia que melhor atenda às necessidades do local, com foco no desempenho, no custo e no ambiente.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese abordou o estudo do ciclo de vida de diferentes métodos de restauração de pavimentos aplicados em três obras distintas do estado de Santa Catarina.

Número de intervenções

O número de intervenções do tipo restauração e manutenção necessárias para conservar a qualidade da rodovia, por 30 anos, sofre interferência da técnica adotada na primeira restauração. Pois, ao considerar uma estrutura flexível demandará de mais intervenções, ao adotar técnica semirrígida (como a reciclagem profunda) é possível redução de uma restauração e 1 ou 2 manutenções (dependendo do fluxo de veículos). Ao considerar a execução de restauração inicial com pavimento rígido a redução de restaurações ao longo dos 30 anos, se torna mais expressiva, passando de 6 para 3, contudo as manutenções permanecem iguais ao flexível. Mesmo assim, se torna vantajosa em função dos transtornos gerados aos usuários e a redução de custos e impactos.

Fluxo de veículos

O fluxo de veículos é o fator mais influente na determinação da espessura da camada de reforço estrutural, quanto maior a carga imposta, maiores serão os esforços de tração e a deformação da camada de revestimento, sendo necessária maior espessura para a dissipação das tensões. A SC355 J/BR153 apresenta fluxo de veículos inicial 17% superior ao da SC114 P/SJ, porém apenas 4% superior ao final da vida útil, isso representa o maior crescimento na SC114 P/SJ. Contudo, se comparada com a SC114 L/OC, a diferença é mais significativa, a SC355 J/BR153 represente apenas 44% do fluxo inicial e 41% do fluxo final. A SC114 L/OC possui 40% do fluxo de carga, enquanto a SC355 J/BR153 e SC114 P/SJ aproximadamente 26%, com isso ficou evidente a necessidade de espessura superior de reforço para a SC114 L/OC (15 cm), espessura intermediária para a SC355 J/BR153 (10 cm) e menor espessura para a SC114 P/SJ (5cm).

Condições iniciais do pavimento deteriorado

As condições do pavimento deteriorado que necessita de restauração, além da geometria da via, contribuem para a tomada de decisão quanto a metodologia utilizar. Estruturas que apresentam deterioração das camadas de suporte, como base, identificadas por meio da presença de buracos/panelas, demandam de soluções que façam essas correções, como por exemplo a reciclagem profunda. Utilizar reforço estrutural nesta situação, demandaria de quantidade elevada de remendos profundos, resultando em investigação mais detalhada, custo mais elevado e não garantindo a qualidade da solução. Contudo se o pavimento não apresentar

buracos/panelas, mas sim profundidades de trilha de rodas elevada, deve-se atentar se são provenientes da deformação da camada de revestimento ou de toda a estrutura. No caso da primeira, utilizar a fresagem com recomposição em misturas modificadas se torna solução considerável, contudo se a origem for a segunda, deve-se trabalhar com opção reciclagem.

Rodovias que apresentam área trincada e desgaste elevados, combinado com alto tráfego, porém sem buracos/panelas, recomenda-se estruturas semirrígidas ou rígida, em função da distribuição das tensões, prolongando a vida útil. Diante dos resultados obtidos é possível afirmar que a escolha da metodologia de restauração e manutenção executada em determinadas vias, depende das condições atuais da estrutura e da superfície do pavimento, além da ação do tráfego e das condições geométricas.

Consumos

Os consumos obtidos de diesel e óleos combustíveis para as restaurações iniciais tiveram maior impacto na aplicação da reciclagem, em torno de 30% em relação ao reforço, contudo ao considerar o ciclo completo de estudo, o reforço consome em média 60% mais que a reciclagem. Esses valores são gastos para a execução das intervenções e o transporte dos materiais, não estão computados os consumos da fase de uso. Ao comparar com metodologia de intervenção *Whitopping*, para via de alto fluxo, se torna vantajoso o uso desta técnica com consumos muito inferiores (diesel 6 vezes, energia 11 vezes e óleo combustível 32 vezes menor que o reforço).

As alternativas de reciclagem consomem 142,6 (SC355 J/BR153), 162,8 (SC114 P/SJ) e 165,4 (SC114 L/OC) toneladas de Cimento Portland para execução de um quilômetro de rodovia, enquanto a alternativa *Whitopping* necessita de 785,8 toneladas do material, o que equivale à aproximadamente 5 vezes mais. Nas SC114 P/SJ e SC355 J/BR153 o consumo de CAP no reforço é de 1,6 (106,3 e 131,1 toneladas respectivamente) vezes maior que o consumido na reciclagem. Se comparadas essas obras com a SC114 L/OC fica evidente o maior consumo nesta última, em torno de 2,5 vezes maior. Para a execução da alternativa reforço são necessários em média 1,7 vezes mais agregados que para a execução da alternativa reciclagem, justificado pelo desempenho da estrutura e a menor quantidade de intervenções ao longo do período de análise.

Impactos ambientais devido as restaurações iniciais

Os maiores impactos ambientais obtidos com as restaurações iniciais para a SC355 J/BR153 foram resultantes do Reforço estrutural (FAETP 2,00E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 4,34E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 2,12E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 2,31E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, TAEP 2,79E+01 kg 1,4-DCB_{Eq}) e da Reciclagem profunda (AC 1,07E+03 kg SO_{2Eq}, GWP

9,00E+04 kg CO_{2Eq}, EP 1,78E+02 kg PO_{4Eq}, HTP 3,24E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, POCP 1,45E+01 kg ethylene_{Eq}). Para a SC114 P/SJ com a Reciclagem (AC 1,11E+03 kg SO_{2Eq}, GWP 8,98E+04 kg CO_{2Eq}, EP 1,84E+02 kg PO_{4Eq}, HTP 3,39E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, POCP 1,48E+01 kg ethylene_{Eq}, FAETP 1,64E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 3,57E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 1,72E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 1,92E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, TAEP 2,16E+01 kg 1,4-DCB_{Eq}). Para a SC114 L/OC com o Reforço estrutural (FAETP 2,79E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 6,07E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 2,98E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 3,25E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, HTP 3,74E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, TAEP 3,92E+01 kg 1,4-DCB_{Eq}), com a Reciclagem profunda (EP 1,81E+02 kg PO_{4Eq}) e com o *Whitetopping* (AC 1,14E+03 kg SO_{2Eq}, GWP 1,40E+05 kg CO_{2Eq}, POCP 1,96E+01 kg ethylene_{Eq}).

Na avaliação dos impactos gerados pelas restaurações iniciais identificou-se que para rodovias de tráfego médio com espessura de revestimento em torno de 5 cm, a técnica de restauração que mais impacta ambientalmente é a reciclagem. Contudo ao elevar a espessura de reforço para 10 cm, mantendo as características da reciclagem, o reforço se torna mais danoso nas categorias de impacto voltadas a ecotoxicidade, justamente em função da quantidade de ligante utilizado. Para rodovias com elevado tráfego e espessuras de mistura asfáltica em torno de 15 cm, a alternativa reforço é a mais impactante na ecotoxicidade, toxicidade humana, enquanto a reciclagem se sobressai na eutrofização e o *Whitetopping* contribui de forma expressiva na acidificação e nas mudanças climáticas. Porém avaliar a melhor alternativa apenas pela técnica inicial de restauração, não é recomendável, pois cada uma apresenta comportamentos diferenciados em com durabilidades que são dependentes do tráfego e da política de gerenciamento da via, portanto é primordial o estudo por um determinado período de ciclo de vida.

Impactos ambientais totais

Os maiores impactos ambientais obtidos ao final dos 30 anos da análise do ciclo de vida para a SC355 J/BR153 foram resultantes da abordagem Reforço estrutural (AC 3,89E+03 kg SO_{2Eq}, GWP 3,59E+05 kg CO_{2Eq}, EP 6,32E+02 kg PO_{4Eq}, FAETP 7,34E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 1,60E+03 kg 1,4-DCB_{Eq}, HTP 1,34E+05 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 7,65E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 8,40E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, POCP 5,72E+01 kg ethylene_{Eq}, TAEP 1,01E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}). Para a SC114 P/SJ também foi no método Reforço estrutural (AC 3,72E+03 kg SO_{2Eq}, GWP 3,38E+05 kg CO_{2Eq}, EP 6,05E+02 kg PO_{4Eq}, FAETP 6,86E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 1,50E+03 kg 1,4-DCB_{Eq}, HTP 1,31E+05 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 7,16E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 7,88E+04 kg 1,4-DCB_{Eq}, POCP 5,41E+01 kg ethylene_{Eq}, TAEP 9,45E+01 kg 1,4-DCB_{Eq}). Finalizando com a SC114 L/OC a qual o Reforço estrutural gerou AC 7,14E+03

kg SO_{2Eq}, GWP 7,12E+05 kg CO_{2Eq}, EP 1,15E+03 kg PO_{4Eq}, FAETP 1,42E+03 kg 1,4-DCB_{Eq}, FSETP 3,10E+03 kg 1,4-DCB_{Eq}, HTP 2,63E+05 kg 1,4-DCB_{Eq}, MAETP 1,50E+05 kg 1,4-DCB_{Eq}, MSETP 1,65E+05 kg 1,4-DCB_{Eq}, POCP 1,09E+02 kg ethylene_{Eq}, TAEP 1,98E+02 kg 1,4-DCB_{Eq}.

Ao avaliar os impactos totais gerados por cada abordagem ao longo dos 30 anos do período de análise, obteve-se que o reforço apresentou os maiores impactos. Para a SC355 J/BR153 a reciclagem resultou em aproximadamente 49% menos impacto que o reforço. Para a SC114 P/SJ, com a reciclagem foi possível reduzir em 46% e com a HiMA em 23% os impactos totais. Por fim para a SC114 L/OC, a reciclagem possibilitou a emissão de 46% e a *Whitetopping* 87% menos impacto que o reforço. Fica evidente que a utilização de estruturas rígidas como o *Whitetopping* ou semirrígidas como a reciclagem profunda com adição de cimento Portland, geram menos impactos ambientais quando comparados com a utilização de estruturas flexíveis que consomem elevada quantidade de ligante asfáltico, e necessitam de intervenções em intervalos de tempo menores.

Para as fronteiras adotadas por este estudo e o tempo de ciclo de 30 anos, pode-se concluir que as rodovias com tráfego médio, apresentaram impactos iguais na aplicação da abordagem reciclagem e diferença de aproximadamente 5% na abordagem reforço, possivelmente em função das características iniciais do pavimento deteriorado. Contudo ao comparar a rodovia de tráfego alto com as rodovias de tráfego médio, a primeira gera aproximadamente o dobro de impactos ambientais tanto para a abordagem reforço quanto reciclagem, enquanto a abordagem *Whitetopping* é a que menos impacta.

Custos

Adotando como o principal parâmetro para a tomada de decisão na gerência de pavimentos, o custo se torna o foco dos projetos de reabilitação de rodovias, contudo não se deve avaliar apenas a intervenção inicial. Identificou-se com o estudo que se considerar os custos iniciais, as rodovias com tráfego médio seriam restauradas com a alternativa reforço estrutural, enquanto rodovia com tráfego alto, resultaria em reciclagem profunda com adição de cimento Portland.

Contudo ao avaliar ao longo de períodos prolongados, como 30 anos, os custos totais acumulados comportaram-se coerentemente com o número de intervenções executadas, influenciado pelo tráfego e pelos consumos de materiais. Obteve-se como abordagem mais econômica a reciclagem para as rodovias SC355 J/BR153 (R\$ 1.400.495,71) e SC114 P/SJ (R\$ 1.332.794,45), enquanto que para a SC114 L/OC a abordagem mais em conta foi o *Whitetopping* (R\$ 2.652.141,88). Os maiores custos foram obtidos com a alternativa reforço

para as três rodovias com o montante de R\$ 2.897.115,98 para a SC355 J/BR153, R\$ 2.567.916,88 para a SC114 P/SJ e R\$ 5.653.254,93 para a SC114 L/OC.

Considerando o custo como parâmetro para tomada de decisão, recomenda-se a adoção da reciclagem profunda com adição de cimento como abordagem inicial em rodovias com tráfego médio, e pavimento rígido como *Whitetopping* em rodovias com tráfego alto (principalmente de veículos de carga). Porém, atentar para disponibilidade de materiais, equipamentos e mão de obra, pois muitas tecnologias surgem diariamente e outras possibilidades podem ser aplicadas.

Comparando a abordagem consumo, impacto e custo por período de análise de 30 anos pode-se concluir que a abordagem inicial recomendada para rodovias de médio fluxo seria a reciclagem profunda com adição de cimento Portland, tendo como alternativa secundária (dependendo das características estruturais do pavimento deteriorado) a abordagem de fresagem contínua com recomposição em SAMI e HiMA. Para rodovias com elevado fluxo de veículos, principalmente de carga, a alternativa *Whitetopping* seria a mais viável. Contudo deve-se atentar as características iniciais da rodovia, o tráfego imposto, os materiais e equipamentos disponíveis e a mão de obra capacitada para a execução.

10.1. CONCLUSÕES

Muitos são os parâmetros que interferem na LCA e na LCCA de pavimentos, além de poucos dados para subsidiar os estudos, contudo, foi possível concluir alguns pontos importantes que podem ser utilizados na tomada de decisões pelos gestores públicos e empresas privadas. Vale salientar que este estudo é um ponto de partida para novas descobertas e uma nova forma de abordar a tomada de decisões na gestão de obras rodoviárias.

A técnica adotada na primeira restauração aplicada na rodovia durante o período de estudo, interfere diretamente no número de intervenções do tipo restauração e manutenção necessárias para conservar a qualidade da rodovia. Portanto, a escolha adequada, além de reduzir custos, reduz o impacto aos usuários e aos moradores lindeiros. Porém, não pode-se deixar de considerar a ação do tráfego, as condições atuais da estrutura e da superfície do pavimento, além das condições geométricas.

Ao avaliar o comportamento das estruturas, o custo para implantação das restaurações e manutenções e os impactos ambientais gerados ao longo dos 30 anos de avaliação, concluiu-se que estudos com períodos de tempo curtos (menos de 15 anos) não é possível avaliar de forma

clara os benefícios de algumas abordagens. Por outro lado, tempo médios e longos (mais de 15 anos), fica evidente a vantagem da utilização de abordagens semirrígidas ou rígidas.

Com os estudos desenvolvidos foi possível propor uma metodologia de avaliação do ciclo de vida e do custo do ciclo de vida, de forma a orientar os gestores e projetistas na coleta e no tratamento de dados necessários para a definição da abordagem que melhor se enquadre nas demandas locais. Levando em consideração o desempenho técnico, os custos inseridos ao longo de todo o ciclo de vida e os impactos ambientais gerados.

Finaliza-se este estudo afirmando que a incorporação de considerações de LCA e LCCA, em longos períodos de estudo, na tomada de decisões sobre a restauração e manutenções de pavimentos leva a melhores resultados ambientais, econômicos e de desempenho, desde que utilizando informações coerentes, softwares adequados e avaliações técnicas.

10.2. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este trabalho surge como uma pesquisa inicial na área avaliação do ciclo de vida aplicada à infraestrutura rodoviária, abordando algumas alternativas de restauração utilizadas no Brasil. Muito ainda há para ser estudado e desenvolvido em pesquisas acadêmicas e de campo. Para os trabalhos futuros que visem contribuir para o conhecimento dos impactos ambientais, técnicos e econômicos da pavimentação viária, sugere-se:

- A falta de um banco de dados nacional para a modelagem ambiental no estudo de LCA rodoviárias mascaram os impactos gerados, principalmente aqueles influenciados pelo consumo de energia, visto a matriz energética do Brasil ser diferenciada do restante do mundo. Para isso, deve-se desenvolver levantamentos de campo, catalogar e alimentar os bancos de dados com informações nacionais tornam os estudos em LCA mais precisos.

- Desenvolver estudos de desempenho em misturas asfálticas recicladas e pavimentos rígidos, alimentando o banco de dados do HDM-4. Da mesma forma que avaliar os impactos gerados pela aplicação dessas misturas no Brasil.

- Avaliar os impactos econômicos, sociais e ambientais quando considerada a fase de operação na avaliação do ciclo de vida de um pavimento, incorporando a influência dos usuários e do consumo dos veículos.

- Estudar a influência do volume de tráfego na avaliação do ciclo de vida considerando diversas alternativas de restaurações de pavimentos.

- Com o constante crescimento de aplicação de pavimentos rígidos em vias urbanas, principalmente aquelas com baixo ou médio volume de tráfego, recomenda-se avaliar os impactos ambientais, sociais e econômicos desta utilização.

REFERÊNCIAS

ACPA - American Concrete Pavement Association. **Green Highways: Environmentally and Economically Sustainable Concrete Pavements**, SR385P, American Concrete Pavement Association, Skokie, Illinois, USA, 2007.

ADISSI, P. J.; PINHEIRO, F. A.; CARDOSO, R. S. **Gestão ambiental de unidades produtivas**. Rio de Janeiro, 2013.

ADRIAN, W.; JOBANPUTRA, R. **Influence of pavement reflectance on lighting for parking lots**, Skokie, IL: Portland Cement Association. PCA R&D Serial n°. 2458, 2005.

AKBARI, H.; POMERANTZ, M.; TAHA, H. **Cool surfaces and shade trees to reduce energy use and improve air quality in urban areas**, Solar Energy, Vol. 70 (3), p. 295-310, 2001.

AKBARIAN, M.; MOEINI-ARDAKANI, S.; ULM, F. J.; NAZZAL, M. **Mechanistic Approach to Pavement Vehicle Interaction and Its Impact on Life-Cycle Assessment**, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2306, p. 171-179, 2012. 8.5.

ALMEIDA, S. M.; PIO, C. A.; FREITAS, M. C.; REIS, M. A.; TRANCOSO, S. A. **Contribuição da circulação automóvel para o aerossol atmosférico na zona Norte de Lisboa**. Trabalho apresentado em 8ª Conf. Nacional do Ambiente, In Actas da 8ª Conf. Nacional do Ambiente, Lisboa, 2004.

AMOS, D. (2006). **Pavement Smoothness and Fuel Efficiency: An Analysis of the Economic Dimensions of the Missouri Smooth Road Initiative**, Missouri Department of Transportation, Organizational Results Research Report, Report n°. OR 07-005, 2006.

ANASTASIOU, E. K.; LIAPIS, A.; PAPAYIANNI, I. **Comparative life cycle assessment of concrete road pavements using industrial by-products as alternative materials**. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 101, p. 1–8, 2015.

ARAÚJO, J. P. C.; OLIVEIRA, J. R. M.; SILVA, H. M. R. D. **Sustainability comparison between pavements with conventional and recycled hot mix asphalt**, WasteEng 12 - 4th International Conference on Engineering for Waste and Biomass Valorisation, Porto, Portugal, 2012.

ARAÚJO, J. P. C.; OLIVEIRA, J. R. M.; SILVA, H. M. R. D. **The importance of the use phase on the LCA of environmentally friendly solutions for asphalt road pavements**, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol. 32, p. 97-110, 2014.

ARAÚJO, João Paulo da Costa. **Avaliação da sustentabilidade de estruturas e materiais de pavimentos rodoviários**. Universidade do Minho. Escola de Engenharia. Tese de Doutoramento em Engenharia Civil, 2016.

ARTUSI, Raul Aita. **Análise do custo do ciclo de vida de pavimentos flexíveis a partir de uma abordagem mecanicista-empírica**. Universidade de Passo Fundo. Dissertação de mestrado– 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14001**: sistemas de gestão ambiental: requisitos com orientações para uso. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14004**: sistemas de gestão ambiental: diretrizes gerais para a implantação. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14005**: sistemas de gestão ambiental: diretrizes para a implementação em fases de um sistema de gestão ambiental, incluindo o uso de avaliação de desempenho ambiental. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14015**: gestão ambiental: avaliação ambiental de locais e organizações (AALO). Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14021**: rótulos e declarações ambientais: autodeclarações ambientais (rotulagem do tipo II). Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14024**: rótulos e declarações ambientais: rotulagem ambiental do tipo I: princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14025**: rótulos e declarações ambientais: declarações ambientais do tipo III: princípios e procedimentos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14031**: gestão ambiental: avaliação de desempenho ambiental: diretrizes. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14033**: gestão ambiental: informações ambientais quantitativas: diretrizes e exemplos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14040**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **NBR ISO 14041**. Gestão ambiental – Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura. Rio de Janeiro, 2009. Versão corrigida 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14044**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14045**: gestão ambiental: avaliação da ecoeficiência de sistemas de produto: princípios, requisitos e orientações. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14046**: gestão ambiental: pegada hídrica: princípios, requisitos e diretrizes. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14051**: gestão ambiental: contabilidade dos custos de fluxos de materiais: estrutura geral. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14064-1**: gases de efeito estufa: parte 1: especificação e orientação a organizações para quantificação e elaboração de relatórios de emissões e remoções de gases de efeito estufa. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14064-2**: gases de efeito estufa: parte 2: especificação e orientação a projetos para quantificação, monitoramento e elaboração de relatórios das reduções de emissões ou da melhoria das remoções de gases de efeito estufa. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 14064-3**: gases de efeito estufa: parte 3: especificação e orientação para validação e verificação de declarações relativas a gases de efeito estufa. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TR 14047**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 a situações de avaliação de impacto. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TR 14049**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: exemplos ilustrativos de como aplicar a ABNT NBR ISO 14044 à definição de objetivo e escopo e à análise de inventário. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TR 14069**: gases de efeito estufa: quantificação e elaboração de relatórios de emissões de gases de efeito estufa para as organizações: orientação para a aplicação da ABNT NBR ISO 14064-1. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TS 14067**: gases de efeito estufa: pegada de carbono de produtos: requisitos e orientações sobre quantificação e comunicação. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TS 14071**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: processos de análise crítica e competências do analista: requisitos adicionais e diretrizes para a ABNT NBR ISO 14044:2009. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/TS 14072**: gestão ambiental: avaliação do ciclo de vida: requisitos e diretrizes para a avaliação do ciclo de vida organizacional. Rio de Janeiro, 2019.

AURANGZEB, Qazi; AL-QADI, Imad L.; OZER, Hasan; YANG, Rebekah. **Hybrid life cycle assessment for asphalt mixtures with high RAP content**. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 83, p. 77– 86, 2014.

AZARIJAFARI, Hessam; YAHIA, Ammar; AMOR, Mourad Ben. **Life cycle assessment of pavements: reviewing research challenges and opportunities**. Journal of Cleaner Production, Vol. 112, p. 2187 – 2197, 2016.

BABASHAMSI, Peyman; YUSOFF, Nur Izzi Md; CEYLAN, Halil; MD NOR, Nor Ghani; JENATABADI, Hashem Salarzadeh. **Evaluation of pavement life cycle cost analysis: Review and analysis**. International Journal of Pavement Research and Technology, Vol. 9, p. 241–254, 2016.

BALAGUERA, Alejandra; CARVAJAL, Gloria Isabel; ALBERTÍ, Jaume; FULLANA-I-PALMER, Pere. **Life cycle assessment of road construction alternative materials: A literature review**. Resources, Conservation & Recycling, Vol. 132, p. 37–48, 2018.

Balbo, José Tadeu. **Estudo das propriedades mecânicas das misturas de brita e cimento e sua aplicação aos pavimentos semi-rígidos**. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentação asfáltica: materiais, projetos e restauração**. São Paulo, Oficina de texto, 2007.

BALBO, José Tadeu. **Pavimentos de concreto**. São Paulo, Oficina de texto, 2009. 472 p.

BARAL, Aniruddha; SEN, Sushobhan; ROESLER, Jeffery R. **Use phase assessment of photocatalytic cool pavements**. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 205 N Mathews Ave, Urbana, IL 61801, USA. Journal of Cleaner Production, Vol. 190, p. 722-728, 2018.

BARRETO, Luiz Solon Souza. **Avaliação ambiental e econômica de ciclo de vida da gestão de resíduos de construção e demolição: disposição em aterros versus valorização dentro da indústria de construção civil**. Dissertação de mestrado do Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

BARTH, Matthew.; BORIBOONSOMSIN, Kanok. **Real-World CO2 Impacts of Traffic Congestion**. Transportation Research Record, n°. 2058, p. 163-171, Transportation Research Board, Washington, D.C., 2008.

BELL, Simon; MORSE, Stephen. **Measuring sustainability: learning by doing**. Library of Congress Cataloging-in-Publication Data. USA, 2003. 206 p.

BENNERT, T.; HANSON, D.; MAHER, A.; VITILLO, N. **Influence of pavement surface type on tire/pavement generated noise**. J. Test. Eval. Vol. 33, p. 94e100, 2005.

BENNETT, Christopher R.; GREENWOOD, Ian D. **Modelling road user and environmental effects in HDM-4**. Volume Seven. Highway Development & Management, 2001.

BERNUCCI, Liedi Bariani; MOTTA, Laura Maria Goretti da; CERATTI, Jorge Augusto Pereira; SOARES, Jorge Barbosa. **Pavimentação asfáltica: Formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro, Petrobras, ABEDA, 2006. 501 p.

BIROLI, Fernanda Cristina. **Comparação dos custos de pavimentos flexíveis e rígidos com base em conceitos de gerência de pavimentos**. Dissertação - Escola de Engenharia de São Carlos- Universidade de São Paulo, 2003.

BLOOM, Eleanor F; HORSTMEIER, Gregory J.; AHLMAN, Angela Pakes P.E., LEED AP; Tuncer B. Edil, Ph.D., P.E., D. GE; Gary Whited, P.E. **Assessing the Life Cycle Benefits of Recycled Material in Road Construction**. 2017.

BRANCO, Fernando; PEREIRA, Paulo; PICADO, Santos, Luís. **Pavimentos Rodoviários**. Coimbra. Almedina, 4ª ed. 2011. 388 p.

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de gerência de pavimentos**. Rio de Janeiro, 2011. 189p. (IPR. Publ. 745).

BRASIL. Departamento nacional de infraestrutura de transportes. Diretoria de planejamento e pesquisa. Coordenação geral de estudos e pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de conservação rodoviária**. 2ª ed. Rio de Janeiro, 2005a. 564p. IPR. Publ., 710.

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de Restauração de pavimentos asfálticos**. 2ª ed. - Rio de Janeiro, 2005b. 310p. (IPR. Publ. 720,).

BRASIL. Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Diretoria de Planejamento e Pesquisa. Coordenação Geral de Estudos e Pesquisa. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de pavimentos rígidos**. 2ª ed. - Rio de Janeiro, 2005c. 234p. (IPR. Publ. 714,).

BRASIL. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Diretoria Executiva. Instituto de Pesquisas Rodoviárias. **Manual de recuperação de pavimentos rígidos**. Rio de Janeiro, 2010. 140p. (IPR. Publ., 737).

BRESSI, Sara; SANTOS, Joao; GIUNTA, Marinella; PISTONESI, Lavinia; LO PRESTI, Davide. **A comparative life-cycle assessment of asphalt mixtures for railway subballast containing alternative materials**. Resources, Conservation & Recycling, Vol. 137, p. 76-88, 2018.

CALWELL, C. **California State Fuel-Efficient Tire Report**, Vol. II. California Energy Commission, 2003.

CAMPOS, Felipe Henrique Azevedo. **Análise do ciclo de vida na construção civil: um estudo comparativo entre vedações estruturais em painéis pré-moldados e alvenaria em blocos de concreto**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, 2011.

CARDOSO, Mayara. 2019 <https://www.infoescola.com/quimica/acido-nitrico/>. Ácido Nítrico. Acesso em 17/10/2019

CBCS - Conselho Brasileiro de Construção Sustentável. **Projeto Avaliação de Ciclo de Vida Modular de Blocos e Pisos de Concreto**. Coordenação: Prof. Dr. Vanderley M. John. Programa Avaliação de Ciclo de Vida Modular, 2015. www.cbcs.org.br.

- CELAURO, Clara; CORRIERE, Ferdinando; GUERRIERI Marco; LO CASTO Barbara. **Environmentally appraising different pavement and construction scenarios: A comparative analysis for a typical local road.** Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol.34, p. 41–51, 2015.
- CHEN, Xiaodan; WANG, Hao. **Life cycle assessment of asphalt pavement recycling for greenhouse gas emission with temporal aspect.** Journal of Cleaner Production 187. 2018. Pg. 148 a 157.
- CHESTER, Mikhail V.; HORVATH, Arpad. **Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains.** Environmental Research Letters, 2009. doi:10.1088/1748-9326/4/2/024008.
- CHIU, Chui-Te; HSU, Tseng-Hsing; YANG Wan-Fa. **Life cycle assessment on using recycled materials for rehabilitating asphalt pavements.** Resources, Conservation and Recycling, Vol. 52, p. 545–556, 2008.
- CHOWDHURY, Raja; APUL, Defne; FRY, Tim. **A life cycle based environmental impacts assessment of construction materials used in road construction.** Resources, Conservation and Recycling, Vol. 54, p. 250–255, 2010.
- CNT – Confederação Nacional de Transporte. **Pesquisa CNT de rodovias 2019.** – Brasília : CNT : SEST SENAT, 2019. 236 p.
- COLLINS, Frank. **Life cycle carbon emissions by built concrete infrastructure. Inclusion of carbonation during the life cycle of built and recycled concrete: influence on their carbon footprint.** Int J Life Cycle Assess (2010) 15:549–556.
- COSTA, Ana Almeida; BENTA, Agostinho. **Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt.** Journal of Cleaner Production, Vol. 112, p. 2308-2317, 2016.
- COSTA, Hugo Bernardo Campos Branquinho Matos da. **Análise de Custos de Ciclo de Vida Relativa a Pavimentos Rodoviários Flexíveis.** Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, 2008.
- CUCURACHI, S., HEIJUNGS, R., OHLAU, K.. **Towards a general framework for including noise impacts in LCA.** Int. J. Life Cycle Assess. 17, 471e487, 2012
- D'ANDREA, Antonio; URBANI, Luca; BONIN, Guido. **Traffic Vibration Damping With Innovative Materials: Development And Calibration of a Simulation Model,** 2004.
- DE LIMA, R.; JÚNIOR, E.; PRATA, B.; WEISSMANN, J. **Distribution of materials in road earthmoving and paving: mathematical programming approach.** J. Constr. Eng., 2013.
- Deinfra SOTEPA– **Projeto de engenharia rodoviária para restauração de rodovia. SC 114 – Otacilio Costa – Entr. BR 282 (p/Lages).** Setembro de 2013.

DEL PONTE, Kelly L. **State dot environmental and economic benefits of recycled material utilization in highway pavements**. University Of Wisconsin-Madison, 2016.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNER-PRO 10** – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Volume I, Procedimento A. IPR, 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNER-PRO 11** – Avaliação estrutural dos pavimentos flexíveis – Volume I, Procedimento B. IPR, 1979.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNER-PRO 159** – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis e semi-rígidos. IPR, 1985.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTE. **DNER-PRO 269** – Projeto de restauração de pavimentos flexíveis - TECNAPAV. IPR, 1994.

DOE. **Emissions of Greenhouse Gases in the United States 2005**. DOE/EIA-0573(2005). Washington, DC: Department of Energy. 2006.

EAPA/Eurobitume. **Environmental Impacts and Fuel Efficiency of Road Pavements**, EAPA/Eurobitume, Industry Report, March 2004.

ECOLAB, 2019 [https://pt-br.ecolab.com/solutions/mercaptan-scavenging#:f:@websolutions=\[Remo%C3%A7%C3%A3o%20de%20mercaptano\]&f:@webapplications=\[Atenua%C3%A7%C3%A3o%20de%20odor%20e%20remo%C3%A7%C3%A3o%20de%20H2S\]](https://pt-br.ecolab.com/solutions/mercaptan-scavenging#:f:@websolutions=[Remo%C3%A7%C3%A3o%20de%20mercaptano]&f:@webapplications=[Atenua%C3%A7%C3%A3o%20de%20odor%20e%20remo%C3%A7%C3%A3o%20de%20H2S]). Acesso em 17/10/2019

Ecycle 2019a <https://www.ecycle.com.br/2409-dioxido-de-enxofre-so2>. Dióxido de enxofre: conheça o SO₂. Equipe eCycle. Acesso em 17/10/2019

Ecycle 2019b, <https://www.ecycle.com.br/3052-oxidos-de-nitrogenio>. Óxidos de nitrogênio: o que são os NO_x e quais seus impactos. Equipe eCycle. Acesso em 17/10/2019

ecycle 2019c <https://www.ecycle.com.br/2393-no2-dioxido-de-nitrogenio>. Dióxido de nitrogênio? Conheça o NO₂. Equipe eCycle. Acesso em 17/10/2019

Ecycle 2019d <https://www.ecycle.com.br/2350-monoxido-de-carbono>. O que é monóxido de carbono? Equipe eCycle 28/11/2019

Ecycle 2019e <https://www.ecycle.com.br/2026-ozonio>. Ozônio: o que é? Equipe eCycle 28/11/2019

EPA. U.S. Environmental Protection Agency. **Cool Pavements**. In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. 2012. 37 p.

EPE - Empresa de pesquisa energética. **O Compromisso do Brasil no Combate às Mudanças Climáticas: Produção e Uso de Energia**. Ministério de Minas e Energia, 2016.

- EPPS, J. A.; LEAHY, R. B.; MITCHELL, T.; ASHMORE, C.; SEEDS, S.; ALAVI, S.; Monismith, C. L. **The road to performance related specifications**. WesTrack Interim Rep., Reno, Nev. 1999.
- EVANS, L.; MACISAAC Jr. J.; HARRIS, J.; YATES, K.; DUDEK, W.; HOLMES, J.; POPIO, J., RICE, D.; SALAANI, M. **NHTSA Tire Fuel Efficiency Consumer Information Program Development: Phase 2** Effects of Tire Rolling Resistance Levels on Traction, Treadwear, and Vehicle Fuel Economy. National Highway Traffic Safety Administration, Washington, DC, 2009
- FARINA, Angela; ZANETTI, Maria Chiara; SANTAGATA, Ezio; BLENGINI, Gian Andrea. **Life cycle assessment applied to bituminous mixtures containing recycled materials: Crumb rubber and reclaimed asphalt pavement**. Resources, Conservation and Recycling, Vol.117 p. 204–212, 2017.
- FERREIRA, Tainá Labrea. **ACV do Transporte Rodoviário de Cargas: impacto das emissões do transporte de veículos ciclomotores na rota Belém- Goiânia**. Dissertação de Mestrado. Centro de Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Brasília, 2014.
- FERREIRA, Vânia Ribeiro <https://www.infoescola.com/quimica/trioxido-de-enxofre/>. Trióxido de enxofre. 2019. Acesso em 17/10/2019.
- FHWA – Federal Highway Administration. Office of asset management. **Life Cycle cost analysis primer**. 2002.
- FINNVEDEN, G.; HAUSCHILD, M.Z.; EKVALL, T.; GUINÉE, J.; HEIJUNGS, R., HELLWEG, S., SUH, S. **Recent developments in life cycle assessment**. Journal of Environ. Manage, Vol. 91, p. 1-21, 2009.
- FONSECA, Bruna Teixeira da <https://www.infoescola.com/quimica/alcoois/>. **Alcoois**. 2012. 28/11/2019.
- GOEDKOOP, M. C.; OELE, M.; VIEIRA, M.; LEIJTING, J.; PONSIOEN, T.; MEIJER, E. **SimaPro Tutorial**. São Francisco, 2016.
- GONÇALVES, Fernando José Pugliero. **Estudo do desempenho de pavimentos flexíveis a partir de instrumentação e ensaios acelerados**. Tese de doutorado para a obtenção do título de doutor em engenharia. Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2002.
- GRAEL, P. F. F. BEZERRA, B. S. **Sistema de Produto para a Avaliação de Ciclo de Vida para Construção de Rodovias**. 6th International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, Brasil, 2017.
- HAES, H.A.U.; KOTAJI, S.; SCHUURMANS, A.; EDWARDS, S. **Life-Cycle Impact Assessment: Striving towards Best Practice**. SETAC Foundation for, 2002.
- HAKKINEN, T., MAKELA, K. **Environmental Adaption of Concrete: Environmental Impact of Concrete and Asphalt Pavement**. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita, Meddelanden, 1996.

HARVEY, J.; MEIJER, J.; KENDALL, A. **Life Cycle Assessment of Pavements**. FHWA-HIF-15-001. Federal Highway Administration, California, 2014.

HORVATH, Arpad; HENDRICKSON, Chris. **Comparison of Environmental Implications of Asphalt and Steel-Reinforced Concrete Pavements**. Transportation Research Record 1626 Paper n° 98-0661, USA, 1998.

HUANG, Yue; BIRD, Roger; HEIDRICH, Oliver. **Development of a life cycle assessment tool for construction and maintenance of asphalt pavements**. Journal of Cleaner Production, Vol. 17, p. 283–296, 2009.

IEA. **Technology Roadmap: Fuel Economy of Road Vehicles**. International Energy Agency, Paris, France. 50 pp. 2012.

JAMA Japan Automobile Manufacturers Association. **Reducing CO2 Emissions in the Global Road Transport Sector**. Japan Automobile Manufacturers Association, Tokyo, Japan. 28 pp, 2008.

JAMSHIDI, Ali; KURUMISAWA, Kiyofumi; NAW, Toyoharu; HAMZAH, Meor Othman. **Analysis of structural performance and sustainability of airport concrete pavements incorporating blast furnace slag**. Journal of Cleaner Production, Vol. 90, p. 195-210, 2015.

JRC - ILCD. International Reference Life Cycle Data System. **General guide for Life Cycle Assessment: detailed guidance**. European Union, Italy, 2010, 417 p.

KIM, Sang-Hyo; CHOI, Moon-Seock; MHA, Ho-Seong; JOUNG, Jung-Yeun. **Environmental impact assessment and eco-friendly decision-making in civil structures**. Journal of Environmental Management 126. 2013. pg. 105 a112.

KNABBEN, Ramon Mendes. **Desenvolvimento do trailer-CPX e de uma mistura asfáltica de baixa emissão de ruído pneu-pavimento**. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2017. 372 p.

KNABBEN, Ramon Mendes. **Estudo do Ruído Pneu-Pavimento e da Absorção Sonora em Diferentes Revestimentos de Pavimento**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Florianópolis, 2012. 251 p.

KUCUKVAR, Murat; TATARI, Omer. **Ecologically based hybrid life cycle analysis of continuously reinforced concrete and hot-mix asphalt pavements**. Transportation Research Part D 17, p. 86–90, 2012.

LIMA, Ângela Maria Ferreira. **Avaliação do Ciclo de Vida no Brasil: inserção e perspectivas**. Dissertação de Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo. Universidade Federal da Bahia. Escola Politécnica, 2007.

LOUHGHALAM, A.; AKBARIAN, M.; ULM, F. **Pavement Infrastructures Footprint: the Impact of Pavement Properties on Vehicle Fuel Consumption**. Concrete Sustainability Hub, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, 2014.

LUVIZÃO, Gislaine. **Avaliação do desempenho da reciclagem na rodovia SC 355: caracterização da mistura reciclada e avaliação estrutural de segmentos monitorados executados**. Dissertação (mestrado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2014. 413 p.

MAIA, Victor César. **Análise do Potencial de Eficiência Energética no Setor de Transporte Rodoviário de Cargas Brasileiro**. Dissertação de mestrado – UFRJ/ COPPE/ Programa de Planejamento Energético – Rio de Janeiro, 2015.

MANNEH, R.; MARGNI, M.; DESCHENES, L. **Evaluating the relevance of seasonal differentiation of human health intake fractions in life cycle assessment**. Integr. Environ. Assess. Manag, Vol. 8, p. 749-759, 2012.

MARCEAU, M. L.; VANGEEM, M. G.. **Solar Reflectance of Concretes for LEED Sustainable Sites Credit: Heat Island Effect**. Portland Cement Association 2007. PCA R&D Serial No. 2982.

MARIANO, Jacqueline Barboza. **Impactos Ambientais do Refino de Petróleo**. COPPE, Rio de Janeiro, 2001. VIII, 216 p.

MEDINA, Jacques de; MOTTA, Laura Maria Goretti da. **Mecânica dos pavimentos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2015. 638 p.

MENDES, Natalia Crespo. **Métodos e modelos de caracterização para a avaliação de impacto do ciclo de vida: análise e subsídios para a aplicação no Brasil**. Dissertação de mestrado apresentado ao programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013. 149 p.

MENDES, Natalia Crespo; BUENO, Cristiane; OMETTO, Aldo Roberto. **Avaliação de Impacto do Ciclo de Vida: revisão dos principais métodos**. São Paulo. 2016.

MESQUITA, José Carlos Lobato. **Pavimento rígido como alternativa econômica para pavimentação rodoviária estudo de caso - rodovia BR-262, Miranda - Morro do Azeite – MS**. Dissertação: Mestrado em Engenharia Civil (Construção Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2001. 135 p.

MMA. **Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários 2013**. Ministério do Meio Ambiente, Brasília, Brasil. 115 pp. 2014.

MONTES, María Andrea Triana. **Abordagem integrada no ciclo de vida de habitação de interesse social considerando mudanças climáticas**. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, SC, 2016.

MUNIZ, Vivian Carolina Ferreira. **Análise da fundamentação da avaliação do ciclo de vida consequencial**. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Química. São Paulo, 2012.

NOSHADRAVAN, Arash; WILDNAUER, Margaret; GREGORY, Jeremy; KIRCHAIN, Randolph. **Comparative pavement life cycle assessment with parameter uncertainty**. Materials Systems Laboratory, Engineering Systems Division, Massachusetts Institute of Technology, United States. Transportation Research Part D 25, p. 131–138, 2013.

NUNES, Diego Frinhani. **Procedimento para Análise de Sensibilidade do Programa HDM-4**. Dissertação apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes. Área de concentração: Infraestrutura de Transportes. São Carlos, 2012.

OLSSON, Susanna; KÄRRMAN, Erik; GUSTAFSSON, Jon Petter. **Environmental systems analysis of the use of bottom ash from incineration of municipal waste for road construction**. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 48, p. 26–40, 2006.

PAJE, S.E.; BUENO, M.; F.; MIRÓ, R.; PÉREZ-JIMÉNEZ, Z F.; MARTÍNEZ, A.H. **Acoustic field evaluation of asphalt mixtures with crumb rubber**. Applied Acoustics, Vol. 71, p. 578–582, 2010.

PE INTERNATIONAL. **Introduction to LCA and modelling using GaBi: Part 1**. Germany, 2011.

PEDROLO, Caroline [https://www.infoescola.com/quimica-organica/hidrocarbonetos/..](https://www.infoescola.com/quimica-organica/hidrocarbonetos/)
Hidrocarbonetos. Acesso em 17/10/2019.

POMERANTZ, M.; AKBARI, H.; CHEN, A.; TAHA, H.; ROSENFELD, A. H. **Paving Materials for Heat Island Mitigation**. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory. LBL 38074, 1997.

Prefeitura Municipal de São Paulo. IP 07. DIMENSIONAMENTO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO. 2004. 39p.

QIAN, S.Z.; Li, V.C.; ZHANG, H.; KEOLEIAN, G.A. **Life cycle analysis of pavement overlays made with Engineered Cementitious Composites**. Cement & Concrete Composites 35. 2013. Pg. 78–88.

REBITZER, G.; EKVALL, T.; FRISCHKNECHT, R.; HUNKELER, D.; NORRIS, G.; RYDBERG, T.; PENNINGTON, D.W. **Life cycle assessment: part 1: framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications**. 701–720, 2004.

Resolução Conama nº 307, de 05 de julho de 2002. **Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**. Diário Oficial da União. Brasília: Imprensa Nacional, 2002.

Resolução Conselho Nacional do Meio Ambiente nº 001. CONAMA, 1986.

RODRIGUES FILHO, Silvio. **Estudo econômico comparativo entre tipos de pavimentos**. Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Campinas Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Campinas, 2006.

RODRIGUES, Thiago Oliveira. **Introdução à metodologia de Avaliação do Ciclo de Vida – ACV**. Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento para Manutenção e Validação do Sistema de Inventários do Ciclo de Vida do Brasil. Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – Ibiict. Brasília, 2015.

RUPPENTHAL, Janis Elisa. **Gestão ambiental**. Universidade Federal de Santa Maria. Colégio Técnico Industrial de Santa maria; Rede e-Tec Brasil, 2014. 128 p.

SANGER, Morgan; OLLEY, Renee; AHLMAN, Angela Pakes; EDIL, Tuncer; BAKER, Andrew; ELLIOTT, Erik. **Environmental Benefits of Cold-in-Place Recycling**. University of Wisconsin-Madison. Recycled Materials Resource Center, 2017.

SANTAMOURIS, M. **Using cool pavements as a mitigation strategy to fight urban heat island** - A review of the actual developments. Renewable and Sustainable Energy Reviews 26, 2013. 224–240.

SANTERO, Nicholas J.; MASANET, Eric; HORVATH, Arpad. **Life-cycle assessment of pavements**. Part I: Critical review. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 55, p. 801–809, 2011.

SANTOS, Caio Rubens Gonçalves. **Dimensionamento e análise do ciclo de vida de pavimentos rodoviários: uma abordagem probabilística**. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Transportes. São Paulo, 2011. 263 p.

SANTOS, J.; BRESSI, S.; CEREZO, V.; LO PRESTI, D. **SUP&R DSS: a sustainability-based decision support system for road pavements**. J. Clean. Prod (under review), 2018.

SANTOS, J.; FERREIRA, A. **Life-Cycle Cost Analysis System for Pavement Management**. Procedia - Social and Behavioral Sciences, vol. 48, p. 331-340, 2012.

SAVIETTO, Júlia Panzarin. **Análise de Impactos Ambientais de Restauração de Pavimento Asfáltico pela Avaliação do Ciclo de Vida**. Dissertação de mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Área de concentração em Infraestrutura de transportes. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2017.

SCHINDLER, D.W. **Recent advances in the understanding and management of eutrophication**. Limnol. Oceanogr, Vol. 51, p. 356–363, 2006.

SCHWAB, Oliver; BAYER, Peter; JURASKE, Ronnie; VERONES, Francesca; HELLWEG, Stefanie. **Beyond the material grave: Life Cycle Impact Assessment of leaching from secondary materials in road and earth constructions**. Waste Management 34. 2014. Pg. 1884–1896.

SILVA, Allan Monteiro. **Avaliação do desempenho mecânico de misturas asfálticas projetadas com CAP HiMA e CAP 60/85-E aplicadas na restauração de um trecho da rodovia SC-114.** Dissertação de mestrado. Programa de pós-graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2018. 153 p.

SOARES, Sebastião Roberto. **Gestão e Planejamento Ambiental.** Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. 136 p.

SOUZA DA SILVA, Cristine Santos de; NOGUEIRA, João Rafael Severo; GOULART DA SILVA, Michele; ORTOLAN, Vinícius de Kayser; MANCIO, Mauricio. **Avaliação ambiental de processos de pavimentação rígida e flexível a partir da análise do ciclo de vida.** IX Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre, RS, 2014.

SOUZA, Lúria Alves de. 2019 <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/oxidantes-fotoquimicos.htm>. Oxidantes fotoquímicos. 28/11/2019

SOUZA, Luciana de Paula. **Uso integrado das ferramentas de análise do ciclo de vida e de análise do custo do ciclo de vida em pavimentação.** Dissertação de mestrado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2017. 162 p.

STEYN, W.; NOKES, W.; DU PLESSIS, L.; AGACER, R.; BURMAS, N.; HOLLAND, T.; POPESCU, L. **Selected road condition, vehicle and freight considerations in pavement life cycle assessment.** In: International Symposium on Pavement Life Cycle Assessment, Davis, California, 2014.

SULTAN, Saud A.; GUO, Zhongyin. **Evaluating life cycle costs of perpetual pavements in China using operational pavement management system.** International Journal of Transportation Science and Technology 5, p. 103–109, 2016.

TAKAHASHI, Sérgio. **Avaliação ambiental do setor de transporte de cargas: comparação de métodos.** Dissertação de mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2008.

THENOUX, Guillermo; GONZALEZ, Alvaro; DOWLING, Rafael. **Energy consumption comparison for different asphalt pavements rehabilitation techniques used in Chile.** Resources, Conservation and Recycling, Vol. 49, 2007. p.325–339.

THIVES, Liseane Padilha; GHISI, Eneide. **Asphalt mixtures emission and energy consumption: A review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews 72 (2017) 473–484.

THORESEN, Johan. **Environmental performance evaluation — a tool for industrial improvement.** Journal of Cleaner Production 7, p. 365–370. Oestdold Research Foundation, Box 276, 1601 Fredrikstad, Norway, 1999.

TORRES-MACHI, Cristina; PELLICER, Eugenio; YEPES, Víctor; CHAMORRO, Alondra. **Towards a sustainable optimization of pavement maintenance programs under budgetary restrictions.** Journal of Cleaner Production 148. 2017. Pg. 90 a 102.

TRICHÊS, Glicério. **Concreto compactado a rolo para a aplicação em pavimentação: estudo do comportamento na fadiga e proposição de metodologia de dimensionamento.** ITA, São José dos Campos, SP, 1993.

TRUPIA, Laura. **System Boundary Expansion in Road Pavement Life Cycle Assessment.** PhD thesis, University of Nottingham. 2018.

TURK, Janez; PRANJIC, Alenka Mauko; MLADENOVIC, Ana; COTIC, Zvonko; JURJAVCIC, Primož. **Environmental comparison of two alternative road pavement rehabilitation techniques: cold-in-place-recycling versus traditional reconstruction.** Journal of Cleaner Production, Vol. 121, p. 45-55, 2016.

VIDAL, Rosario; MOLINER, Enrique; MARTÍNEZ, Germán; RUBIO, M. Carmen. **Life cycle assessment of hot mix asphalt and zeolite-based warm mix asphalt with reclaimed asphalt pavement.** Resources, Conservation and Recycling, Vol. 74, p. 101– 114, 2013.

VILLENA DEL CARPIO, Joe Arnaldo. **Uso de pigmentos de óxido de metais mistos na pavimentação para mitigação da Ilhas de Calor Urbana.** Tese de doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Florianópolis, SC, 2014. 437 p.

WALLS III, James; SMITH, Michael. **Life-Cycle Cost Analysis in Pavement Design: in search of better investment decisions.** Pavement division interim technical bulletin, Washington, 1998. 107 p.

WANG, Hao; THAKKAR, Chinmay; CHEN, Xiaodan; MURREL, Scott. **Life-cycle assessment of airport pavement design alternatives for energy and environmental impacts.** Journal of Cleaner Production, Vol. 133 p. 163-171, 2016.

WANG, Ting; LEE, In-Sung; KENDALL, Alissa; HARVEY, John; LEE, Eul-Bum; KIM, Changmo. **Life cycle energy consumption and GHG emission from pavement rehabilitation with different rolling resistance.** Journal of Cleaner Production, Vol. 33, p. 86e96, 2012.

WEILAND, Craig; MUENCH, Stephen T. **Life-Cycle Assessment of Reconstruction Options for Interstate Highway Pavement in Seattle, Washington.** Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, nº. 2170, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., p. 18–27, 2010.

WENZEL, H; HAUSCHILD, M. Z.; ALTING, L. **Environmental Assessment of Products.** Volume 1. Kluwer Academic Publisehrs, 1997.

YANG, Rebekah; KANG, Seunggu; OZER, Hasan; AL-QADI, Imad L. **Environmental and economic analyses of recycled asphalt concrete mixtures based on material production and potential performance.** Resources, Conservation and Recycling, Vol. 104, p. 141–151, 2015.

YU, B.; LU, Q.; XU, J. **An improved pavement maintenance optimization methodology: Integrating LCA and LCCA.** Transportation Research Part A-55, p. 1-11, 2013.

YU, Bin; LU, Qing. **Estimation of albedo effect in pavement life cycle assessment**. Civil and Environmental Engineering, University of South Florida, 4202 E. Fowler Avenue, Tampa, FL 33620, USA. Journal of Cleaner Production, Vol. 64, p.306-309, 2014.

ZAPATA, Pablo; GAMBATESE, John A.; M. ASCE, P.E. **Energy Consumption of Asphalt and Reinforced Concrete Pavement Materials and Construction**. Journal Of Infrastructure Systems © ASCE, 2005. DOI: 10.1061/(ASCE)1076-0342(2005)11:1

ZHANG, H.; L M. D.; KEOLEIAN, G. A.; QIANN, S. **Dynamic life cycle modeling of pavement overlay systems: capturing the impacts of users, construction, and roadway deterioration**. Journal of Infrastructure Systems ASCE, p. 299-309, 2007.

ZIYADI, Mojtaba; OZER, Hasan; KANG, Seunggu; AL-QADI, Imad L. **Vehicle energy consumption and an environmental impact calculation model for the transportation infrastructure systems**. Department of Civil and Environmental Engineering, University of Illinois at Urbana-Champaign, 205 N Mathews Ave., Urbana, IL, 61801, USA. Journal of Cleaner Production, Vol. 174, p. 424-436, 2018.

Kerali, Henry G. R.. THE HIGHWAY DEVELOPMENT AND MANAGEMENT SERIES. volume one. Overview of HDM-4.

Para a modelagem das etapas construtivas e o inventário de materiais, equipamentos e mão de obra, foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de sub-base com espessura média de 18 cm em macadame seco, uma camada de base com espessura média de 20 cm em BGS e uma camada de revestimento com espessura de 9 cm em CA.

Nas investigações e levantamentos executados em campo, obteve-se espessuras variadas para a camada de revestimento, esta diferença entre o projetado e o obtido após 35 anos está ligada às manutenções efetuadas ao longo do tempo, com a execução de camadas de reforço ou recuperação da camada asfáltica.

Em diversos pontos encontrou-se as camadas de base e sub-base contaminadas por material argiloso, isso deve-se ao bombeamento de finos decorrentes da falta de manutenção na camada de revestimento, o que possibilitou a infiltração de água nas camadas inferiores. Esses fatores provocam a redução da capacidade de suporte das camadas estruturais do pavimento, desta forma apenas a manutenção da capa asfáltica não é suficiente para reestabelecer a capacidade de suporte e a qualidade da estrutura, sendo necessário intervenções de maior monta, tais como a reciclagem profunda, a reconstrução ou a execução de remendos profundos em elevada extensão da via.

Para a determinação do “ $N_{8,2t}$ ” (USACE), foram adotados os seguintes elementos (Quadro 68):

- a) ano base: foi considerado o ano de 2008, ano para o qual foram determinados os volumes de tráfego;
- b) ano de abertura: foi admitido que fosse transcorrido 7 (sete) anos após o ano base, ou seja, ano de abertura 2015;
- c) vida útil do pavimento: 10 (dez) anos a partir do ano de abertura, isto é, 2024;
- d) horizonte de projeto: 20 (vinte) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2034.
- e) horizonte de estudo da tese: 30 (trinta) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2044.

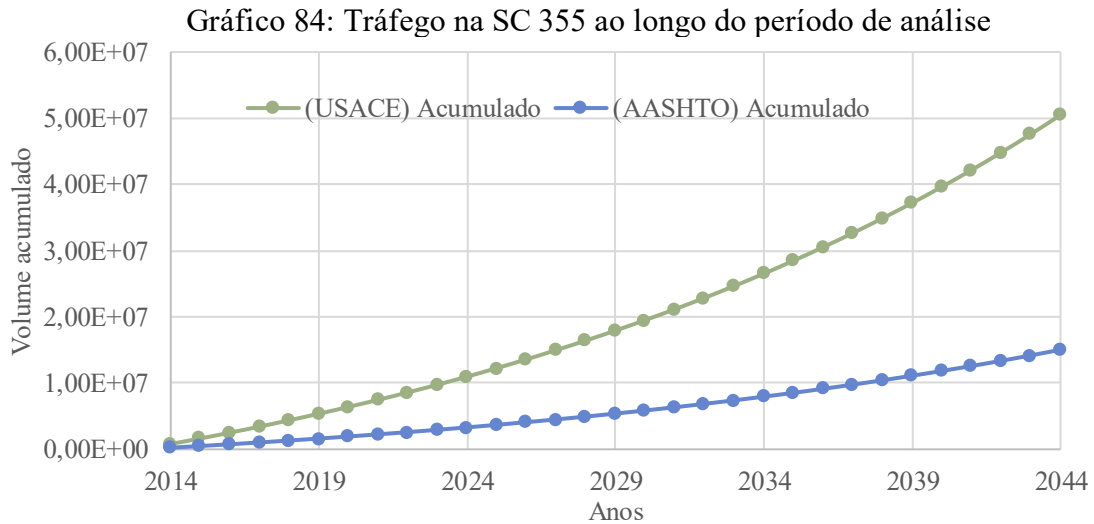
Novos estudos de tráfego foram efetuados em 2016 e 2019:

- a) nas contagens de 2016 obteve “ $N_{8,2t}$ ” (USACE): 1,39E+06
- b) nas contagens de 2019 obteve “ $N_{8,2t}$ ” (USACE): 1,60E+06
- c) considerando essas informações foi reprojetoado o “ $N_{8,2t}$ ” (USACE) para 2024 (1,52E+07) e para 2034 (5,19E+07).

Quadro 68: Estudo de tráfego SC 355 Jaborá - BR 153 (USACE) – dados projeto

| Ano | Carros passeio | ônibus | Caminhão | | | Semirreboque | | | Reboques | | | Bitrens | Veic. De carga | (USACE) | | (AASHTO) | | |
|------|----------------|--------|----------|------|-----|--------------|-----|------|----------|------|-----|---------|----------------|----------|-----------|----------|-----------|--|
| | | | 2C | 3C | 4C | 2S3 | 3S2 | 3S3 | 3C2 | 3C3 | 3C4 | | | Anual | Acumulado | Anual | Acumulado | |
| | | 3,6 | 2,2 | 6,7 | 7,9 | 10,4 | 14 | 14,6 | 20,9 | 21,6 | 22 | 27,7 | | | | | | |
| 2014 | 1851 | 51 | 219 | 296 | 4 | 43 | 2 | 50 | 2 | 2 | 9 | 9 | 2538 | 8,06E+05 | 8,06E+05 | 2,45E+05 | 2,45E+05 | |
| 2015 | 1879 | 51 | 229 | 309 | 4 | 44 | 2 | 52 | 2 | 2 | 9 | 9 | 713 | 8,33E+05 | 1,64E+06 | 2,53E+05 | 4,99E+05 | |
| 2016 | 1908 | 52 | 240 | 323 | 4 | 46 | 3 | 54 | 2 | 3 | 10 | 10 | 747 | 8,80E+05 | 2,52E+06 | 2,66E+05 | 7,65E+05 | |
| 2017 | 1936 | 53 | 250 | 338 | 4 | 48 | 3 | 56 | 2 | 3 | 10 | 10 | 777 | 9,12E+05 | 3,43E+06 | 2,76E+05 | 1,04E+06 | |
| 2018 | 1965 | 54 | 261 | 353 | 4 | 50 | 3 | 59 | 2 | 3 | 11 | 11 | 811 | 9,57E+05 | 4,39E+06 | 2,89E+05 | 1,33E+06 | |
| 2019 | 1995 | 55 | 273 | 368 | 4 | 52 | 3 | 62 | 2 | 3 | 11 | 11 | 844 | 9,92E+05 | 5,38E+06 | 3,00E+05 | 1,63E+06 | |
| 2020 | 2025 | 56 | 285 | 384 | 4 | 54 | 3 | 64 | 2 | 3 | 11 | 11 | 877 | 1,03E+06 | 6,41E+06 | 3,10E+05 | 1,94E+06 | |
| 2021 | 2055 | 57 | 297 | 400 | 5 | 57 | 3 | 67 | 2 | 3 | 12 | 12 | 915 | 1,08E+06 | 7,48E+06 | 3,24E+05 | 2,26E+06 | |
| 2022 | 2086 | 58 | 310 | 418 | 5 | 59 | 3 | 70 | 2 | 3 | 12 | 12 | 952 | 1,12E+06 | 8,60E+06 | 3,36E+05 | 2,60E+06 | |
| 2023 | 2117 | 59 | 324 | 437 | 5 | 62 | 3 | 73 | 2 | 3 | 13 | 13 | 994 | 1,17E+06 | 9,77E+06 | 3,51E+05 | 2,95E+06 | |
| 2024 | 2149 | 60 | 338 | 456 | 5 | 65 | 3 | 77 | 2 | 3 | 14 | 14 | 1037 | 1,22E+06 | 1,10E+07 | 3,67E+05 | 3,32E+06 | |
| 2025 | 2181 | 61 | 353 | 476 | 5 | 67 | 4 | 80 | 3 | 4 | 14 | 14 | 1081 | 1,28E+06 | 1,23E+07 | 3,82E+05 | 3,70E+06 | |
| 2026 | 2214 | 63 | 368 | 497 | 6 | 70 | 4 | 84 | 3 | 4 | 15 | 15 | 1129 | 1,34E+06 | 1,36E+07 | 3,99E+05 | 4,10E+06 | |
| 2027 | 2247 | 64 | 384 | 519 | 6 | 74 | 4 | 87 | 3 | 4 | 15 | 15 | 1175 | 1,39E+06 | 1,50E+07 | 4,15E+05 | 4,52E+06 | |
| 2028 | 2281 | 65 | 401 | 542 | 6 | 77 | 4 | 91 | 3 | 4 | 16 | 16 | 1225 | 1,45E+06 | 1,64E+07 | 4,32E+05 | 4,95E+06 | |
| 2029 | 2315 | 66 | 419 | 566 | 6 | 80 | 4 | 95 | 3 | 4 | 17 | 17 | 1277 | 1,51E+06 | 1,79E+07 | 4,50E+05 | 5,40E+06 | |
| 2030 | 2350 | 67 | 437 | 591 | 6 | 84 | 4 | 100 | 3 | 4 | 18 | 18 | 1332 | 1,58E+06 | 1,95E+07 | 4,70E+05 | 5,87E+06 | |
| 2031 | 2385 | 68 | 457 | 616 | 7 | 88 | 5 | 104 | 3 | 5 | 18 | 18 | 1389 | 1,64E+06 | 2,12E+07 | 4,89E+05 | 6,36E+06 | |
| 2032 | 2421 | 70 | 477 | 643 | 7 | 92 | 5 | 109 | 3 | 5 | 19 | 19 | 1449 | 1,72E+06 | 2,29E+07 | 5,11E+05 | 6,87E+06 | |
| 2033 | 2457 | 71 | 498 | 672 | 7 | 96 | 5 | 114 | 3 | 5 | 20 | 20 | 1511 | 1,79E+06 | 2,47E+07 | 5,32E+05 | 7,40E+06 | |
| 2034 | 2494 | 72 | 519 | 701 | 8 | 100 | 5 | 119 | 3 | 5 | 21 | 21 | 1574 | 1,87E+06 | 2,65E+07 | 5,54E+05 | 7,95E+06 | |
| 2035 | 2532 | 74 | 542 | 733 | 8 | 105 | 5 | 125 | 4 | 5 | 22 | 22 | 1645 | 1,95E+06 | 2,85E+07 | 5,79E+05 | 8,53E+06 | |
| 2036 | 2570 | 76 | 566 | 766 | 8 | 110 | 6 | 130 | 4 | 6 | 23 | 23 | 1718 | 2,04E+06 | 3,05E+07 | 6,05E+05 | 9,14E+06 | |
| 2037 | 2609 | 78 | 591 | 800 | 9 | 115 | 6 | 136 | 4 | 6 | 24 | 24 | 1793 | 2,13E+06 | 3,27E+07 | 6,31E+05 | 9,77E+06 | |
| 2038 | 2649 | 80 | 618 | 836 | 9 | 120 | 6 | 143 | 4 | 6 | 25 | 25 | 1872 | 2,23E+06 | 3,49E+07 | 6,59E+05 | 1,04E+07 | |
| 2039 | 2689 | 82 | 646 | 874 | 9 | 126 | 6 | 149 | 4 | 6 | 26 | 26 | 1954 | 2,32E+06 | 3,72E+07 | 6,87E+05 | 1,11E+07 | |
| 2040 | 2730 | 84 | 675 | 912 | 10 | 132 | 7 | 156 | 4 | 7 | 27 | 27 | 2041 | 2,43E+06 | 3,96E+07 | 7,18E+05 | 1,18E+07 | |
| 2041 | 2771 | 86 | 705 | 953 | 10 | 138 | 7 | 164 | 5 | 7 | 28 | 28 | 2131 | 2,54E+06 | 4,22E+07 | 7,49E+05 | 1,26E+07 | |
| 2042 | 2813 | 88 | 737 | 995 | 11 | 144 | 7 | 171 | 5 | 7 | 30 | 30 | 2225 | 2,65E+06 | 4,48E+07 | 7,83E+05 | 1,34E+07 | |
| 2043 | 2856 | 90 | 770 | 1040 | 11 | 151 | 7 | 179 | 5 | 7 | 31 | 31 | 2322 | 2,77E+06 | 4,76E+07 | 8,16E+05 | 1,42E+07 | |
| 2044 | 2899 | 92 | 804 | 1087 | 11 | 158 | 8 | 187 | 5 | 8 | 33 | 33 | 2426 | 2,90E+06 | 5,05E+07 | 8,53E+05 | 1,50E+07 | |

O Gráfico 84 demonstra a evolução do tráfego ao longo do período de análise da rodovia SC 355 J/BR153, considerando o modelo USACE e AASHTO.



O Quadro 69 apresenta as características geométricas, funcionais e estruturais da SC 355 J/BR153, contidas no projeto executivo de restauração da via.

Quadro 69: Características geométricas, funcionais e estruturais do pavimento SC 355 J/BR153

| | |
|--|------------------------|
| Velocidade (km/h) | 60 |
| Zona climática | Úmida |
| Temperatura média anual (°C) | 23 |
| Precipitação média mensal (mm) | 186,1 |
| Índice de umidade (%) | 80 |
| Subidas + descidas (m/km) | 50 |
| Superelevação (%) | 4 |
| Altitude (m) | 770 |
| Área média trincada (%) | 69,7 |
| Profundidade média da trilha de roda (mm) | 7 |
| Profundidade máxima da trilha de roda (mm) | 48 |
| Deflexão mínima (D ₀) (mm) | 10 x 10 ⁻² |
| Deflexão média (D ₀) (mm) | 57 x 10 ⁻² |
| Deflexão máxima (D ₀) (mm) | 124 x 10 ⁻² |
| IRI médio (m/km) | 5 |
| Número de faixas de rolamento | 2 |
| Largura das faixas de rolamento (m) | 3,30 |
| Acostamento | Sim |
| Largura do acostamento (m) | 1,20 |
| Material revestimento | CA |
| Espessura revestimento (cm) | 9,0 |
| Material Base | BGS |
| Espessura base (cm) | 20 |
| Material sub-base | Macadame |
| Espessura sub-base (cm) | 18 |
| Ano implantação rodovia | 1979 |
| Restauração 1 | 1994 |

| | |
|---------------|-------------|
| Restauração 2 | Década 2000 |
|---------------|-------------|

O projeto de restauração foi desenvolvido seguindo as prescrições normativas de acordo com os métodos apresentados no Quadro 70. Sendo executada a metodologia de reciclagem profunda com adição de cimento, contemplando a reciclagem de 18,0 cm da estrutura existente, execução de camada de tratamento superficial, camada de massa fina com 3,0 cm e camada final de revestimento com 5,0 cm (as camadas asfálticas com ligante borracha).

Quadro 70: Dimensionamento da restauração SC 355 J/BR153

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Período de análise (anos) | 20 |
| Método de restauração | DNER PRO 11/79 |
| Espessura reforço (cm) | 33% da área necessita reconstrução |
| | 52% reforço de até 15,5 |
| | 15% correção da superfície |
| Método de restauração | DNER PRO 269/94 |
| Espessura reforço (cm) | Máximo 13,8 |
| | Médio 10,9 |
| Método de restauração | Reciclagem profunda SC 303 |
| Espessura reforço (cm) | Revestimento CA Borracha 5,0 |
| | Massa fina 3,0 |
| | Base reciclada com cimento 18,0 |

Fonte: Sotepa (2011).

Foram obtidos os valores de módulo resiliente para a mistura reciclada e para a mistura asfáltica em laboratório, sendo (segmentos monitorados e estudos desenvolvidos na dissertação de mestrado de Luvizão (2014)):

- a) Mistura reciclada: 801 MPa (2,7% de cimento), 1385 MPa (2,7% de cimento), 1144 MPa (3% de cimento)
- b) Mistura asfáltica com borracha: 4.104 MPa (6% CAP), 4.459 (6% CAP), 3.297 (5,7% CAP)

Luvizão (2014) desenvolveu um modelo de fadiga referente rodovia em análise, para materiais reciclados com cimento:

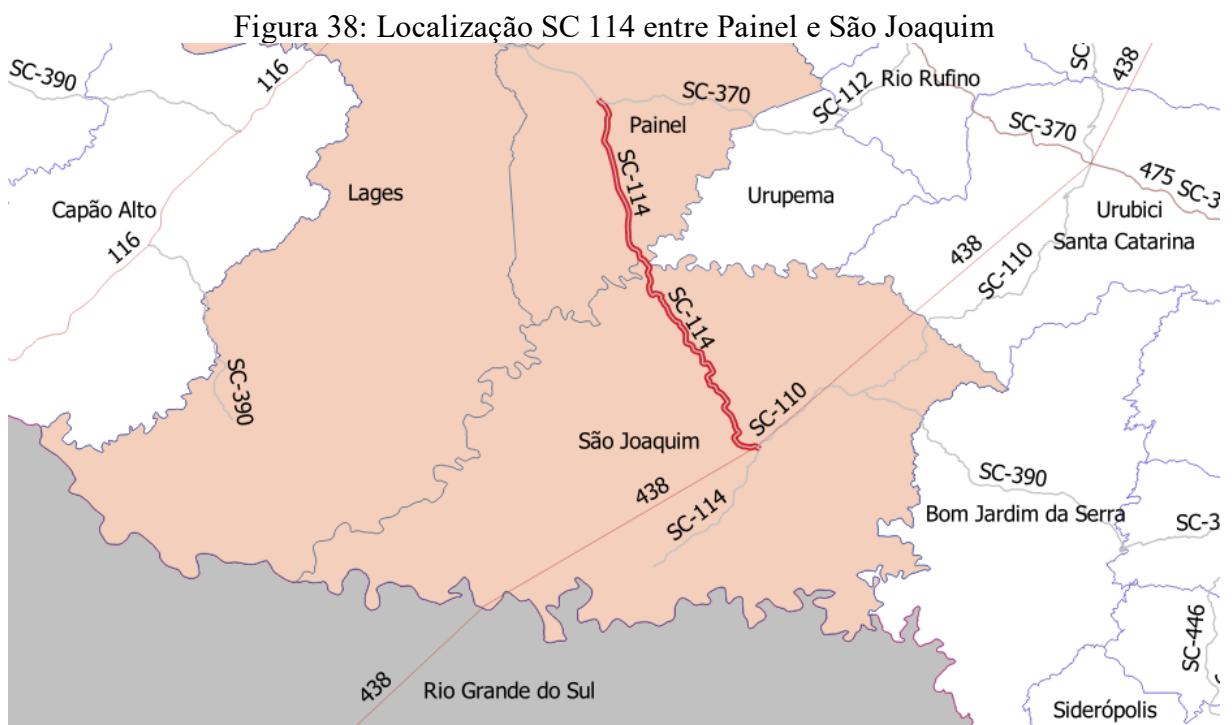
$$N = 21,961 \cdot SR^{-18,887} \quad (1)$$

Onde:

N: Número de ciclos de aplicação de carga (equivalente ao eixo de 8,2 ton para fator campo laboratório igual a 1);
SR: Tensão de tração na face inferior da camada cimento/resistência à tração na flexão da camada reciclada.

2. SC 114 P/SJ

Os dados foram coletados da dissertação de mestrado desenvolvida por Allan Monteiro Silva intitulada “Avaliação do desempenho mecânico de misturas asfálticas projetadas com CAP HiMA e CAP 60/85 e aplicadas na restauração de um trecho da rodovia SC-114”, concluída no ano de 2018. Além do projeto de reabilitação desenvolvido pelo Deinfra em parceria com a Empresa Engevix Engenharia S/A (2012). O trecho está localizado entre os municípios de Paineal e São Joaquim no Estado de Santa Catarina – Brasil (Figura 38).



Fonte: a autora (2022).

A rodovia SC 114, trecho Paineal à São Joaquim foi construída na década de 80, com tráfego sendo liberado entre 1980 e 1984. Possui duas faixas de rolamento com 3,5 metros de largura cada, acostamento nas duas laterais com 1,5 metros. Para a modelagem das etapas construtivas e a quantificação foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de sub-base com espessura média de 19 cm em macadame, uma camada de base com espessura média de 17 cm em BGS e uma camada de revestimento com 5 cm em CA. Em alguns pontos o revestimento chega à 8 cm, devido recapeamentos que ocorreram ao longo do tempo.

Entre os anos de 1980/1984 e 2017 nenhuma restauração foi executada, apenas serviços rotineiros de conservação.

Para a determinação do “N8,2t” (USACE), foram adotados os seguintes elementos (Quadro 71):

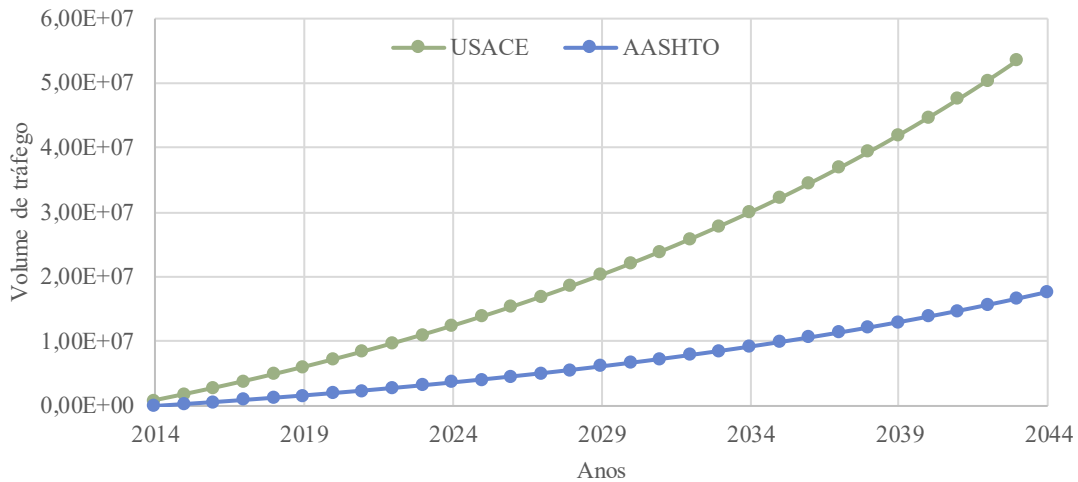
- a) ano base: 2011, ano para o qual foram determinados os volumes de tráfego;
- b) ano de abertura: foi admitido que fosse transcorrido 4 (quatro) anos após o ano base, ou seja, ano de abertura 2015;
- c) vida útil do pavimento: 10 (dez) anos a partir do ano de abertura, isto é, 2024;
- d) horizonte de projeto: 20 (vinte) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2034;
- e) horizonte de estudo da tese: 30 (trinta) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2044.

Quadro 71: Estudo de tráfego SC 114-P/SJ

| Ano | Volume de tráfego (VMDAT) | | | | Valores do Número "N" | | | |
|------|---------------------------|-----------|-----------|-------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Veículos Tipo | | | Total | USACE | | AASHTO | |
| | Ônibus | Caminhões | Automóvel | | Ano a ano | Acumulado | Ano a ano | Acumulado |
| 2014 | 67 | 780 | 1556 | 2403 | 8,71E+05 | - | 2,87E+05 | - |
| 2015 | 69 | 814 | 1606 | 2489 | 9,08E+05 | 9,08E+05 | 2,99E+05 | 2,99E+05 |
| 2016 | 71 | 850 | 1631 | 2552 | 9,47E+05 | 1,85E+06 | 3,12E+05 | 6,12E+05 |
| 2017 | 73 | 888 | 1656 | 2617 | 9,88E+05 | 2,84E+06 | 3,26E+05 | 9,38E+05 |
| 2018 | 75 | 928 | 1681 | 2684 | 1,03E+06 | 3,87E+06 | 3,40E+05 | 1,28E+06 |
| 2019 | 77 | 969 | 1707 | 2753 | 1,08E+06 | 4,95E+06 | 3,55E+05 | 1,63E+06 |
| 2020 | 79 | 1012 | 1733 | 2824 | 1,12E+06 | 6,07E+06 | 3,70E+05 | 2,00E+06 |
| 2021 | 81 | 1057 | 1759 | 2897 | 1,17E+06 | 7,24E+06 | 3,86E+05 | 2,39E+06 |
| 2022 | 83 | 1104 | 1786 | 2973 | 1,22E+06 | 8,46E+06 | 4,02E+05 | 2,79E+06 |
| 2023 | 85 | 1153 | 1813 | 3051 | 1,27E+06 | 9,73E+06 | 4,20E+05 | 3,21E+06 |
| 2024 | 87 | 1204 | 1841 | 3132 | 1,33E+06 | 1,11E+07 | 4,38E+05 | 3,65E+06 |
| 2025 | 89 | 1257 | 1869 | 3215 | 1,38E+06 | 1,24E+07 | 4,56E+05 | 4,10E+06 |
| 2026 | 91 | 1313 | 1898 | 3302 | 1,44E+06 | 1,39E+07 | 4,76E+05 | 4,58E+06 |
| 2027 | 93 | 1371 | 1927 | 3391 | 1,50E+06 | 1,54E+07 | 4,96E+05 | 5,08E+06 |
| 2028 | 95 | 1432 | 1956 | 3483 | 1,57E+06 | 1,70E+07 | 5,18E+05 | 5,59E+06 |
| 2029 | 97 | 1496 | 1986 | 3579 | 1,64E+06 | 1,86E+07 | 5,40E+05 | 6,14E+06 |
| 2030 | 99 | 1562 | 2016 | 3677 | 1,71E+06 | 2,03E+07 | 5,63E+05 | 6,70E+06 |
| 2031 | 101 | 1631 | 2047 | 3779 | 1,78E+06 | 2,21E+07 | 5,87E+05 | 7,29E+06 |
| 2032 | 103 | 1703 | 2078 | 3884 | 1,86E+06 | 2,39E+07 | 6,12E+05 | 7,90E+06 |
| 2033 | 105 | 1778 | 2110 | 3993 | 1,94E+06 | 2,59E+07 | 6,38E+05 | 8,54E+06 |
| 2034 | 107 | 1857 | 2142 | 4106 | 2,02E+06 | 2,79E+07 | 6,66E+05 | 9,20E+06 |
| 2035 | 109 | 1939 | 2175 | 4223 | 2,11E+06 | 3,00E+07 | 6,94E+05 | 9,90E+06 |
| 2036 | 111 | 2025 | 2208 | 4344 | 2,20E+06 | 3,22E+07 | 7,24E+05 | 1,06E+07 |
| 2037 | 113 | 2115 | 2242 | 4470 | 2,29E+06 | 3,45E+07 | 7,55E+05 | 1,14E+07 |
| 2038 | 116 | 2209 | 2276 | 4601 | 2,39E+06 | 3,69E+07 | 7,88E+05 | 1,22E+07 |
| 2039 | 119 | 2307 | 2311 | 4737 | 2,49E+06 | 3,94E+07 | 8,23E+05 | 1,30E+07 |
| 2040 | 122 | 2409 | 2346 | 4877 | 2,60E+06 | 4,20E+07 | 8,58E+05 | 1,38E+07 |
| 2041 | 125 | 2515 | 2382 | 5022 | 2,71E+06 | 4,47E+07 | 8,95E+05 | 1,47E+07 |
| 2042 | 128 | 2626 | 2418 | 5172 | 2,83E+06 | 4,75E+07 | 9,34E+05 | 1,57E+07 |
| 2043 | 131 | 2742 | 2455 | 5328 | 2,95E+06 | 5,05E+07 | 9,74E+05 | 1,66E+07 |
| 2044 | 134 | 2863 | 2492 | 5489 | 3,08E+06 | 5,35E+07 | 1,02E+06 | 1,77E+07 |

O Gráfico 85 demonstra a evolução do volume de tráfego ao longo dos anos de análise da rodovia, considerando o método USACE e AASHTO para projeção.

Gráfico 85: Tráfego na SC 114 P/SJ ao longo do período de análise



As características estruturais, geométricas e funcionais estão apresentadas no Quadro 72.

Quadro 72: Características geométricas, funcionais e estruturais do pavimento SC 114 – P/SJ

| | |
|--|-------------------------|
| Velocidade (km/h) | 70 |
| Zona climática | Úmida |
| Temperatura média anual (°C) | 18 |
| Precipitação média mensal (mm) | 120 |
| Índice de umidade (%) | 80 |
| Subidas + descidas (m/km) | 37,06 |
| Superelevação (%) | 8 |
| Altitude (m) | 1197 |
| Profundidade média da trilha de roda (mm) | 15,4 |
| Profundidade máxima da trilha de roda (mm) | 28,8 |
| Deflexão mínima (D ₀) (mm) | 54 x 10 ⁻² |
| Deflexão média (D ₀) (mm) | 77,6 x 10 ⁻² |
| Deflexão máxima (D ₀) (mm) | 157 x 10 ⁻² |
| IRI médio (m/km) | 4,4 |
| Número de faixas de rolamento | 2 |
| Largura das faixas de rolamento (m) | 3,50 |
| Acostamento | Sim |
| Largura do acostamento (m) | 1,50 |
| Material revestimento | CA |
| Espessura revestimento (cm) | 5 |
| Material Base | BGS |
| Espessura base (cm) | 17 |
| Material sub-base | Macadame |
| Espessura sub-base (cm) | 19 |

O projeto de restauração original foi desenvolvido seguindo as prescrições normativas de acordo com os métodos apresentados no Quadro 73.

Quadro 73: Dimensionamento da restauração SC 114 Paineis - São Joaquim

| | |
|------------------------------|------------------------------------|
| Período de análise (anos) | 10 |
| Método de restauração | DNER PRO 11/79 |
| Espessura reforço (cm) | 17% da área necessita reconstrução |
| | 69% reforço de até 7,8 |
| | 14% correção da superfície |
| Método de restauração | DNER PRO 269/94 |
| Espessura reforço (cm) | Máximo 10,6 |
| | Médio 5,82 |
| Método de restauração | Reciclagem profunda SC 303 |
| Espessura reforço (cm) | Revestimento CA Borracha 4,0 à 8,0 |
| | Massa fina 2,0 |
| | Base reciclada 15,0 à 22,0 |

Porém a empresa que ganhou a licitação para execução efetuou novo levantamento das condições da via em 2014, ano de início das obras. Partindo das informações propôs outras soluções de restauração (Quadro 74). Efetuando a fresagem de 4,0 cm do revestimento existente, a aplicação de uma camada SAMI com 2,0 cm e outra camada superior em CA com 4,00 cm de espessura (ambas com ligante HiMA). Optaram por executar um trecho experimental substituindo o ligante HiMA por SBS.

Quadro 74: Características da SC 114 P/SJ (2014)

| | |
|---|-----------------------------|
| Área média trincada (%) | 24 |
| Profundidade média da trilha de roda (mm) | 20 |
| Deflexão média (D_0) (mm) | 48×10^{-2} |
| IRI médio (m/km) | 4,4 |
| Período de análise (anos) | 10 |
| Método de restauração | software ME-Design |
| Espessura reforço (cm) | Fresagem 4,0 |
| | Mistura asfáltica SAMI 2,0* |
| | Mistura asfáltica CA 4,0* |

* A Rodovia como um todo foi executada com ligante HiMA, apenas um trecho experimental com mistura SBS 60/85-E, para acompanhamento e comparativo de desempenho.

Silva (2018) executou ensaios de desempenho das misturas asfálticas, obtendo em laboratório o módulo resiliente da mistura SAMI de 1.897 MPa e as curvas de fadiga para as duas misturas asfálticas utilizadas na obra, ou seja, HiMA e SBS (Quadro 75).

Quadro 75: Desempenho à fadiga das misturas asfálticas

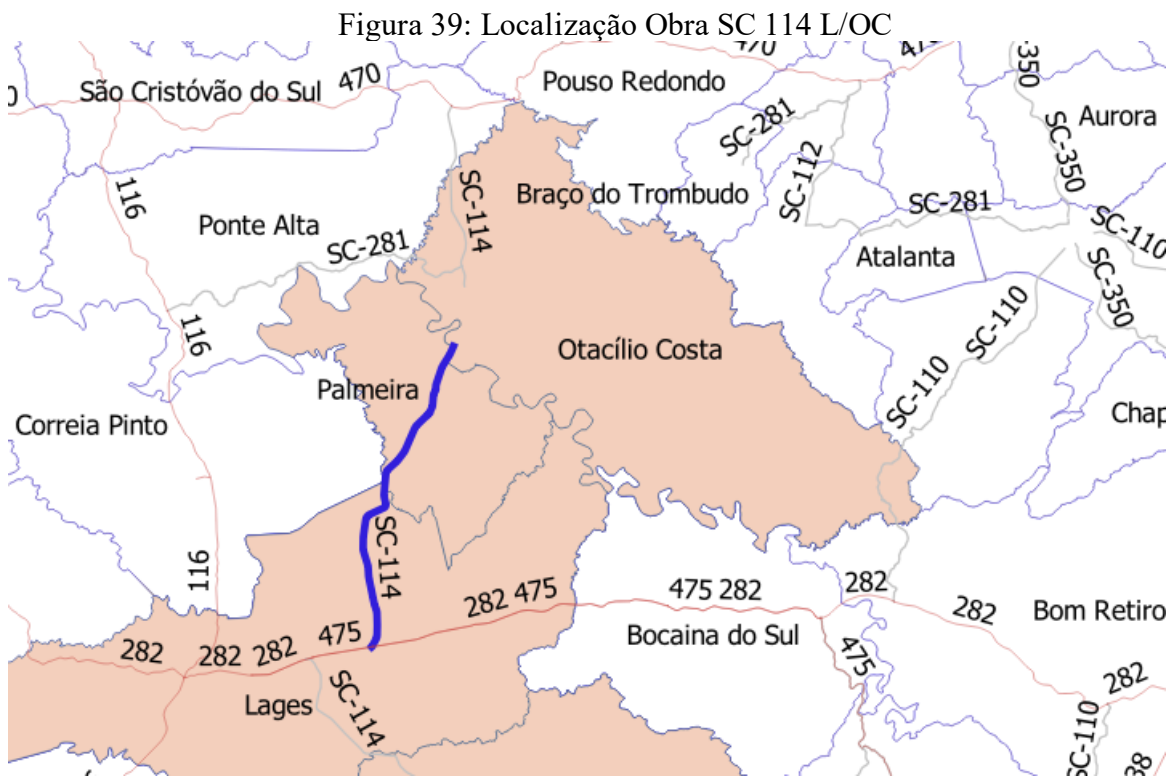
| | |
|-------------------|--------------------------------------|
| Mistura asfáltica | Curva de fadiga |
| HiMA – 6,0 % | $N: 6,81 \times 10^{17} * e^{-4,99}$ |
| SBS – 6,0 % | $N: 1,66 \times 10^{18} * e^{-5,34}$ |

Fonte: Silva (2018).

3. SC 114 L/OC

A SC 114 trecho entre a BR 282 em Lages e Otacílio Costa foi construída entre as décadas de 70 e 80 (projeto elaborado em 1977). Possui duas faixas de rolamento com 3,50 metros de largura cada, acostamento nas duas laterais com 1,20 metros de largura.

Para a modelagem das etapas construtivas e a quantificação foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de reforço do subleito de 10 cm em cascalho, uma camada de sub-base com espessura média de 20 cm em macadame seco, uma camada de base com espessura média de 15 cm em BGS e uma camada de revestimento com espessura de 5 cm em CA. Todos os dados foram coletados no Projeto de Engenharia Rodoviária para Restauração de Rodovias SC 114, elaborado pela empresa SOTEPa em 2013.



Fonte: a autora (2022).

No decorrer dos anos a rodovia passou por diversas intervenções, com o objetivo de melhorar as condições de trafegabilidade e segurança, com isso, durante os estudos para a elaboração do projeto de restauração, a empresa responsável constatou que o revestimento asfáltico apresentava em média espessura de 13 cm. Um fato muito importante que deve ser considerado nesta obra é a operação de uma empresa do ramo de celulose e papel na cidade de

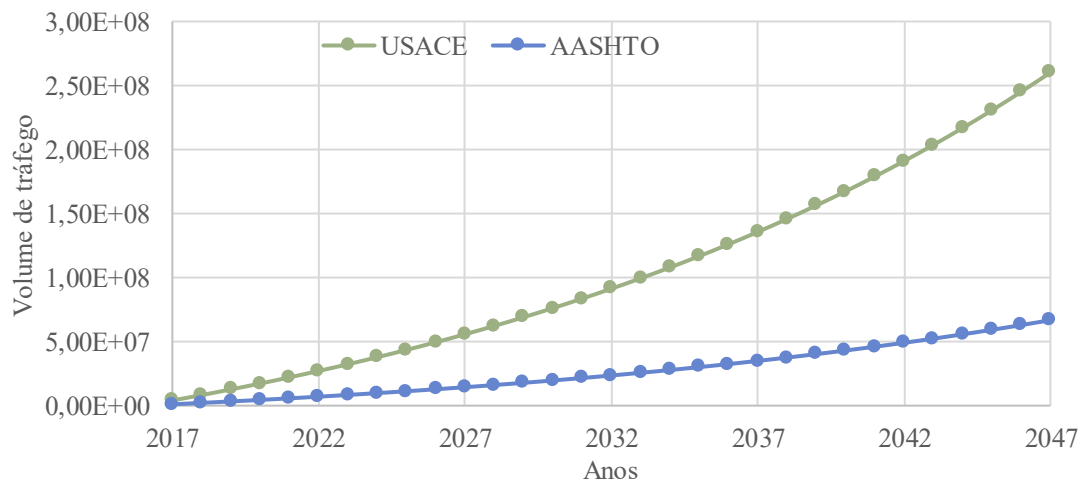
Otacílio Costa, inaugurada em 01 de março de 1958, com o nome de Olinkraft Celulose e Papel Ltda., essa unidade já tinha como especialidade a fabricação de papéis para embalagens. Ela também pertencia a Igaras Papéis e Embalagens S.A., sendo absorvida pela Klabin em outubro de 2000 onde iniciaram investimentos de expansão da planta e conseqüentemente aumento significativo do tráfego de caminhões com carga madeireira.

Para a determinação do “N8,2t” (USACE/ AASHTO) e a composição de tráfego para pavimento rígido (Quadro 76), foram adotados os seguintes elementos:

- a) ano base: foi considerado o ano de 2012, ano para o qual foram determinados os volumes de tráfego;
- b) ano de abertura: foi admitido que fosse transcorrido 5 (cinco) anos após o ano base, ou seja, ano de abertura 2017;
- c) vida útil do pavimento: 20 (vinte) anos a partir do ano de abertura, isto é, 2037.
- d) vida útil do projeto: 20 (vinte) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2037;
- e) horizonte de estudo da tese: 30 (trinta) anos a partir do ano de abertura, correspondente a 2047.

O Gráfico 86 demonstra a evolução do tráfego ao longo dos anos de análise da rodovia, considerando o método USACE e AASHTO.

Gráfico 86: Tráfego na SC 114 L/OC ao longo do período de análise



Quadro 76: Cálculo do Número N8,2t (USAGE) - SC 114 - Trecho entre Lages e Otacílio Costa

| Ano | Carro de passeio | Ônibus | Caminhões | | | Semirreboque | | | Reboque | | | Bitrens | Veíc. De carga | Valores do Número "N" | | | |
|------|------------------|--------|-----------|-------|------|--------------|------|------|---------|------|------|---------|----------------|-----------------------|----------|----------|----------|
| | | | 2c | 3c | 4c | 2S3 | 3S2 | 3S3 | 3C2 | 3C3 | 3C4 | | | USACE | | AASHTO | |
| % | 59,78 | 1,20 | 7,52 | 12,37 | 0,12 | 7,10 | 0,40 | 8,23 | 0,19 | 0,38 | 1,35 | 1,35 | 5758 | | | | |
| 2017 | 3442 | 69 | 433 | 712 | 7 | 409 | 23 | 474 | 11 | 22 | 78 | 78 | 2316 | 4,03E+06 | 4,03E+06 | 1,05E+06 | 1,05E+06 |
| 2018 | 3493 | 70 | 452 | 744 | 7 | 427 | 24 | 496 | 12 | 23 | 81 | 81 | 2417 | 4,21E+06 | 8,25E+06 | 1,09E+06 | 2,14E+06 |
| 2019 | 3545 | 71 | 472 | 776 | 8 | 446 | 25 | 518 | 13 | 25 | 85 | 85 | 2524 | 4,41E+06 | 1,27E+07 | 1,14E+06 | 3,28E+06 |
| 2020 | 3598 | 72 | 493 | 810 | 8 | 466 | 26 | 541 | 14 | 26 | 89 | 89 | 2634 | 4,60E+06 | 1,73E+07 | 1,19E+06 | 4,47E+06 |
| 2021 | 3651 | 74 | 515 | 845 | 9 | 487 | 27 | 566 | 14 | 27 | 93 | 93 | 2750 | 4,81E+06 | 2,21E+07 | 1,24E+06 | 5,71E+06 |
| 2022 | 3705 | 75 | 537 | 883 | 9 | 509 | 29 | 591 | 15 | 28 | 97 | 97 | 2870 | 5,02E+06 | 2,71E+07 | 1,30E+06 | 7,00E+06 |
| 2023 | 3760 | 76 | 561 | 922 | 9 | 532 | 30 | 618 | 15 | 30 | 101 | 101 | 2995 | 5,24E+06 | 3,23E+07 | 1,35E+06 | 8,36E+06 |
| 2024 | 3816 | 78 | 586 | 963 | 10 | 556 | 31 | 645 | 16 | 31 | 106 | 106 | 3128 | 5,48E+06 | 3,78E+07 | 1,41E+06 | 9,77E+06 |
| 2025 | 3873 | 79 | 612 | 1005 | 10 | 581 | 32 | 675 | 17 | 33 | 110 | 110 | 3264 | 5,72E+06 | 4,35E+07 | 1,47E+06 | 1,12E+07 |
| 2026 | 3931 | 80 | 639 | 1049 | 11 | 608 | 34 | 705 | 17 | 34 | 115 | 115 | 3407 | 5,97E+06 | 4,95E+07 | 1,54E+06 | 1,28E+07 |
| 2027 | 3989 | 82 | 667 | 1095 | 11 | 636 | 35 | 737 | 18 | 35 | 120 | 120 | 3556 | 6,23E+06 | 5,57E+07 | 1,61E+06 | 1,44E+07 |
| 2028 | 4048 | 83 | 696 | 1143 | 12 | 664 | 37 | 770 | 19 | 36 | 126 | 126 | 3712 | 6,51E+06 | 6,22E+07 | 1,68E+06 | 1,61E+07 |
| 2029 | 4108 | 85 | 726 | 1194 | 12 | 694 | 38 | 805 | 20 | 38 | 131 | 131 | 3874 | 6,80E+06 | 6,90E+07 | 1,75E+06 | 1,78E+07 |
| 2030 | 4169 | 86 | 758 | 1246 | 13 | 725 | 40 | 842 | 21 | 40 | 137 | 137 | 4045 | 7,11E+06 | 7,61E+07 | 1,83E+06 | 1,96E+07 |
| 2031 | 4231 | 88 | 791 | 1300 | 13 | 758 | 42 | 879 | 22 | 42 | 144 | 144 | 4223 | 7,43E+06 | 8,36E+07 | 1,91E+06 | 2,16E+07 |
| 2032 | 4294 | 89 | 826 | 1357 | 14 | 792 | 44 | 919 | 23 | 44 | 150 | 150 | 4408 | 7,76E+06 | 9,13E+07 | 1,99E+06 | 2,35E+07 |
| 2033 | 4358 | 91 | 862 | 1416 | 14 | 828 | 45 | 960 | 24 | 45 | 157 | 157 | 4599 | 8,09E+06 | 9,94E+07 | 2,08E+06 | 2,56E+07 |
| 2034 | 4423 | 92 | 900 | 1479 | 15 | 865 | 48 | 1004 | 25 | 48 | 165 | 165 | 4806 | 8,47E+06 | 1,08E+08 | 2,18E+06 | 2,78E+07 |
| 2035 | 4489 | 94 | 939 | 1544 | 16 | 904 | 50 | 1049 | 26 | 50 | 172 | 172 | 5016 | 8,84E+06 | 1,17E+08 | 2,27E+06 | 3,01E+07 |
| 2036 | 4556 | 96 | 980 | 1611 | 16 | 944 | 52 | 1096 | 27 | 52 | 180 | 180 | 5234 | 9,23E+06 | 1,26E+08 | 2,37E+06 | 3,24E+07 |
| 2037 | 4624 | 98 | 1023 | 1681 | 17 | 987 | 55 | 1146 | 29 | 55 | 189 | 189 | 5469 | 9,66E+06 | 1,36E+08 | 2,48E+06 | 3,49E+07 |
| 2038 | 4693 | 100 | 1068 | 1754 | 18 | 1032 | 58 | 1198 | 31 | 58 | 198 | 198 | 5713 | 1,01E+07 | 1,46E+08 | 2,59E+06 | 3,75E+07 |
| 2039 | 4763 | 102 | 1114 | 1831 | 19 | 1079 | 61 | 1252 | 33 | 61 | 207 | 207 | 5966 | 1,06E+07 | 1,56E+08 | 2,71E+06 | 4,02E+07 |
| 2040 | 4834 | 104 | 1163 | 1911 | 20 | 1128 | 64 | 1309 | 35 | 64 | 217 | 217 | 6232 | 1,10E+07 | 1,67E+08 | 2,83E+06 | 4,30E+07 |
| 2041 | 4906 | 106 | 1214 | 1995 | 21 | 1179 | 67 | 1368 | 37 | 67 | 227 | 227 | 6508 | 1,15E+07 | 1,79E+08 | 2,95E+06 | 4,60E+07 |
| 2042 | 4979 | 108 | 1267 | 2082 | 22 | 1233 | 71 | 1430 | 39 | 71 | 238 | 238 | 6799 | 1,21E+07 | 1,91E+08 | 3,09E+06 | 4,91E+07 |
| 2043 | 5053 | 110 | 1322 | 2173 | 23 | 1289 | 75 | 1495 | 41 | 75 | 249 | 249 | 7101 | 1,26E+07 | 2,04E+08 | 3,23E+06 | 5,23E+07 |
| 2044 | 5128 | 112 | 1380 | 2268 | 25 | 1348 | 79 | 1563 | 43 | 79 | 261 | 261 | 7419 | 1,32E+07 | 2,17E+08 | 3,37E+06 | 5,57E+07 |
| 2045 | 5204 | 114 | 1440 | 2367 | 27 | 1409 | 83 | 1634 | 45 | 83 | 273 | 273 | 7748 | 1,38E+07 | 2,31E+08 | 3,52E+06 | 5,92E+07 |
| 2046 | 5282 | 116 | 1503 | 2471 | 29 | 1473 | 87 | 1708 | 48 | 87 | 286 | 286 | 8094 | 1,44E+07 | 2,45E+08 | 3,68E+06 | 6,29E+07 |
| 2047 | 5361 | 118 | 1569 | 2579 | 31 | 1540 | 91 | 1785 | 51 | 91 | 299 | 299 | 8453 | 1,51E+07 | 2,60E+08 | 3,85E+06 | 6,67E+07 |

O Quadro 77 apresenta as características geométricas, funcionais e estruturais da SC 114 L/OC, contidas no projeto executivo.

Quadro 77: Características geométricas, funcionais e estruturais do pavimento SC 114 L/OC

| | |
|--|------------------------|
| Velocidade (km/h) | 60 |
| Zona climática | Úmida |
| Temperatura média anual (°C) | 16 |
| Precipitação média mensal (mm) | 177 |
| Índice de umidade (%) | 80 |
| Subidas + descidas (m/km) | 27,26 |
| Superelevação (%) | 8 |
| Altitude (m) | 870 |
| Área média trincada (%) | 51,5 |
| Profundidade média da trilha de roda (mm) | 7,63 |
| Profundidade máxima da trilha de roda (mm) | 56 |
| Deflexão mínima (D_0) (mm) | 12×10^{-2} |
| Deflexão média (D_0) (mm) | $57,59 \times 10^{-2}$ |
| Deflexão máxima (D_0) (mm) | 142×10^{-2} |
| IRI médio (m/km) | 3,52 |
| Número de faixas de rolamento | 2 |
| Largura das faixas de rolamento (m) | 3,50 |
| Acostamento | Sim |
| Largura do acostamento (m) | 1,20 |
| Material revestimento | CA |
| Espessura média revestimento (cm) | 13 |
| Material Base | BGS |
| Espessura média base (cm) | 15 |
| Material sub-base | Macadame |
| Espessura média sub-base (cm) | 20 |
| Ano implantação rodovia | 1977 |
| Restauração 1 | 1996 |
| Restauração 2 | 2002-2003 |

O projeto de restauração foi desenvolvido seguindo as prescrições normativas de acordo com os métodos apresentados no Quadro 78.

Quadro 78: Dimensionamento da restauração SC 114 trecho BR 282 à Otacílio Costa

| | |
|------------------------------|---|
| Período de análise (anos) | 20 |
| Método de restauração | DNER PRO 11/79 |
| Espessura reforço (cm) | 60% da área necessita reconstrução 40% reforço de 7,7 |
| Método de restauração | DNER PRO 269/94 |
| Espessura reforço (cm) | Máximo 18,0 Médio 15,1 |
| Método de restauração | PCA/84 - Whitetopping |
| Espessura reforço (cm) | 22,0 |
| Dimensões placas | 3,50 x 5,00m (pista) e 1,20 x 5,00m (acostamento) |
| Método de restauração | Reciclagem profunda SC 303 |
| Espessura reforço (cm) | Revestimento CA Borracha 4,0 Revestimento Hardcap 8,0 Base reciclada 20,0 |

Após análise econômica e a identificação de tráfego elevado de caminhões de carga, optaram pela execução de pavimento rígido metodologia *Whitetopping* com 22,0 cm de espessura.

APÊNDICE B – LANÇAMENTO HDM-4

O software HDM-4 foi configurado com os dados disponibilizados pelo DNIT, SIE e projetos executivos, conforme será apresentado no transcorrer deste capítulo.

Modelos de Fluxo de Tráfego

As rodovias brasileiras apresentam diferentes fluxos por hora durante o período de um ano, algumas com congestionamento em horas de pico e fluxo fortemente reduzido a noite. O HDM-4 faz a previsão desta distribuição considerando o número de horas por ano em que há diferentes níveis de fluxo. Para tanto, adotou-se os valores apresentados na Tabela 12.

Tabela 12: Dados de distribuição de fluxo

| Período | HRYR (Horas) | Método: HV Interurbano | Método: % de AADT Interurbano |
|--------------------|--------------|------------------------|-------------------------------|
| 1 Pico | 87,60 | 0,090 | 2,17% |
| 2 Próximo do Pico | 350,40 | 0,080 | 7,59% |
| 3 Fluxo Médio | 613,20 | 0,070 | 11,64% |
| 4 Próximo do Baixo | 2978,40 | 0,050 | 40,24% |
| 5 Durante a Noite | 4730,40 | 0,030 | 38,36% |

Fonte: HDM-4.

Modelos de velocidade - fluxo

O HDM-4 utiliza o modelo proposto por Hoban (1987) e solicita do usuário cinco parâmetros da rodovia: 1. A capacidade final da rodovia; 2. A capacidade nominal de onde todos os veículos estão viajando à mesma velocidade; 3. O fluxo onde as interações principiam; 4. A velocidade na capacidade nominal e 5. A velocidade na capacidade final. Para o estudo foi adotado rodovia de pista dupla, característica das rodovias estudadas, com os valores padronizados conforme Tabela 13.

Tabela 13: Modelo de velocidade/fluxo

| Tipo de rodovia | Rodovia de pista dupla |
|--|------------------------|
| Características da Capacidade | |
| Capacidade Final Qult (PSCE/pista/hr) | 1400 |
| Capacidade de Fluxo Livre Qo (PSCE/pista/hr) | 140 |
| Capacidade Nominal Qnom (PSCE/pista/hr) | 1260 |
| Velocidade na Capacidade Final Sult (km/hr) | 25 |
| Dados relacionados com a Velocidade | |
| Sigma amaxr (m/s ²) | 0.65 |
| CALBFAC | 1 |
| VDESMUL | 1 |

Fonte: HDM-4.

Zonas de Clima

As zonas climáticas servem para representar as condições do clima nos diferentes trechos das rodovias, interferindo no efeito de deterioração do pavimento. O Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) disponibiliza dados de temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, vento médio e rajada, radiação e precipitação. Para este estudo utilizou-se das estações próximas aos locais de interesse. Para a modelagem ambiental foi necessária a indicação de valores relacionados às temperaturas extremas e médias, as quais aceleram ou retardam as emissões e também a deterioração do pavimento. Os dados de temperatura e precipitação também serão utilizados para alimentar o *software* HDM-4.

Os fatores climáticos importantes estão relacionados com a temperatura, a precipitação e as condições de inverno. Para as simulações foi considerado que as obras estão localizadas na zona climática de clima temperado, subtropical úmida, com classificação de umidade como úmida, de temperatura subtropical, com os dados apresentados na Tabela 14.

Tabela 14: Zonas de clima

| Nome da Zona de Clima | SC114 P/SJ | SC355 J/BR153 | SC114 L/OC |
|---|-------------------|---------------|-------------|
| Dado climático | Subtropical Úmido | | |
| Classificação de Umidade | Úmido | Úmido | Úmido |
| Índice de Umidade | 80 | 80 | 80 |
| Duração da estação seca em meses | 3 | 3 | 3 |
| Precipitação Média Mensal (mm) | 120 | 186,1 | 177 |
| Classificação da Temperatura | Subtropical | Subtropical | Subtropical |
| Temperatura Média Anual (°C) | 18 | 23 | 16 |
| Faixa de Temperatura Ambiente Média Mensal (°C) | 5 | 5 | 5 |
| Número de dias quando a Temperatura excede a 32°C | 90 | 90 | 90 |
| Índice de Gelo | 0 | 0 | 0 |
| Estradas cobertas de neve | 0 | 0 | 0 |
| Estradas cobertas de água | 20 | 20 | 20 |

Fonte: Luvizão (2014), projetos executivos.

Moeda

A moeda é utilizada para especificar os custos unitários da frota de veículo adotada, os custos unitários de serviços adotados, análise de projeto, análise de programa e análise de estratégia. Para o presente estudo estabeleceu o Real (R\$).

Acidentes

As taxas de acidentes são definidas para cada 100 milhões de veículos por quilômetro, onde quantifica-se o número de acidentes no ano e divide pela exposição anual de acidentes. Os projetos de restauração elaborados para cada rodovia, apresentaram os levantamentos dos acidentes nos pontos críticos, esses que foram utilizados para alimentar o software. Apenas a SC114 L/OC não possuía dados, sendo adota a mesma quantidade do prolongamento desta rodovia entre Painel e São Joaquim. A Tabela 15 demonstra as taxas adotadas. Estes valores interferem na modelagem do custo dos usuários ao longo da vida útil da rodovia.

Tabela 15: Taxa de acidentes incidente nas rodovias em estudo

| SC | Fatal | Prejuízo | Apenas danos |
|------------|-------|-----------|--------------|
| 355 | 0,1 | 0,5 | 1 |
| 114 – L/OC | | Total 0,8 | |
| 114 – P/SJ | | Total 0,8 | |

Fonte: Luvizão (2014), projetos executivos.

Parâmetros de calibração

No Brasil, o DNIT, desenvolveu um estudo para calibração de pavimentos flexíveis, apresentado por Arango (2017). É de suma importância a modificação das predições dos modelos por meio de coeficientes numéricos, minimizando a diferença entre os valores previstos e os observados. Os principais modelos utilizados para simular o comportamento dos pavimentos correspondem ao trincamento, desintegração e panelas. Os modelos incorporados ao HDM-4 levam em consideração o valor de SN (*Number structural*) e CDS (*Construction Defects Indicator for Surfacing*), o primeiro apresenta sensibilidade elevada em relação as condições climáticas e a solicitação de tráfego, enquanto o segundo está vinculado a qualidade da construção.

A idade do pavimento é analisada a partir do ESAL (*equivalent single axle load*), considerando que contempla os parâmetros de carga, tais como VMD, distribuição de frota, taxa de crescimento e fatores de carga. Para a calibração utiliza-se da análise de trincas totais, trincas largas, trincas térmicas, desgaste, panelas, afundamentos e o IRI.

Os coeficientes de calibração (Tabela 16) utilizados para a modelagem e avaliação das estruturas desta tese basearam-se na apresentação de Luisa Fernanda Arango (Arango, L. F.; Nunez, A. (2017), resultados do projeto de calibração e aferição do modelo HDM-4 para as condições da rede de rodovias do Brasil para a região sul do país.

Os fatores adotados estão divididos em tráfego baixo (TB) e tráfego médio (TM), contemplando as características das rodovias em estudo. Os coeficientes são: início de trincas totais (kcia), progressão de trincas totais (kcpa), início de trincas largas (kciw), progressão de trincas largas (kcpw), início de desagregação (kvi), progressão de desagregação (kvp), início de painéis devido a fissuração (kpic), início de painéis devido a desagregação (kpir), progressão de painéis (kpp), progressão da textura (ktd), resistência à derrapagem (ksfc), início de afundamento (krid), progressão de afundamento estrutural (krst), progressão de afundamento plástico (krpd), desvio padrão de afundamento (krds), progressão do IRI devido ao ambiente (kgm), componente estrutural do IRI (kgs), componente de trincamento do IRI (kgc), componente de afundamento do IRI (kgr), componente de painéis do IRI (kpg).

Tabela 16: Coeficientes de calibração






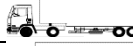


| Tráfego | kcia | kcpa | kciw | kcpw | kvi | kvp | kpic | kpir | kpp | ktd |
|---------|------|------|------|------|------|-----|------|------|-----|-----|
| TB | 0,38 | 0,79 | 1 | 0,69 | 1 | 0,6 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| TM | 0,9 | 1,5 | 1 | 1,4 | 1 | 0,8 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tráfego | ksfc | krid | krst | krpd | krds | kgm | kgs | kgc | kgr | kpg |
| TB | 1 | 1 | 0,6 | 0 | 0,37 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1,2 | 1 |
| TM | 1 | 1 | 0,4 | 0 | 0,42 | 1 | 1 | 1 | 1,4 | 1 |






Fonte: Arango e Nunez (2017).

Atributos dos veículos

A frota veicular deve ser configurada de forma a caracterizar os tipos de veículos que transitam na rodovia avaliada, para tanto, busca-se a modelagem de veículos que representam todos os demais dentro de uma classe específica, por exemplo, veículos de passeio. Para o estudo adotou-se os veículos apresentados no Quadro 79, característicos da região e obtidos no levantamento de tráfego disponível nos projetos executivos.

Quadro 79: Classes de veículos

| TIPO DE VEÍCULO | | CLASSE | |
|-----------------|------------------|--------|---|
| PASSEIO E LEVES | | CP |  |
| ÔNIBUS | | O |  |
| CAMINHÕES | LEVES | 2C |  |
| | | 3C |  |
| | | 4C |  |
| | SEMI-ARTICULADOS | 2S3 |  |
| | | 3S2 |  |
| | | 3S3 |  |

| | | | |
|-------|----------------------------|-----|---|
| | Articulados | 3C2 |  |
| | | 3C3 |  |
| | | 3C4 |  |
| | SEMI-ARTICULADOS ESPECIAIS | 3T4 |  |
| MOTOS | | M |  |

Fonte: Luvizão (2014) e projetos executivos.

A idade média dos veículos foi definida a partir dos resultados publicados na Pesquisa Nacional de tráfego. Para a definição das características geométricas dos veículos e os custos relacionados a eles, foram obtidos do relatório TNM do DNIT e em outros trabalhos publicados (Quadro 80, Quadro 81 e Quadro 82).

Quadro 80: Características e custos dos veículos

| Tipo | Espaço equiv. | Nº de rodas | Nº de eixos | Pneus tipo | Nº recap | Custo recap (%) | Km anual (km) | Horas de trabalho (hrs) | Vida media (anos) | Vida útil (anos) |
|------|---------------|-------------|-------------|------------|----------|-----------------|---------------|-------------------------|-------------------|------------------|
| CP | 1,1 | 4 | 2 | radial | 0 | 15 | 20000 | 367 | 6,7 | 20 |
| O | 1,6 | 6 | 2 | Env | 1,3 | 30 | 66000 | 1375 | 9,4 | 17 |
| 2C | 1,4 | 6 | 2 | Env | 1,3 | 42 | 30000 | 750 | 11,9 | 8 |
| 3C | 1,6 | 10 | 3 | Env | 1,3 | 30 | 30000 | 750 | 11,9 | 8 |
| 4C | 1,6 | 10 | 3 | Env | 1,3 | 42 | 30000 | 750 | 11,9 | 8 |
| 2S3 | 1,9 | 18 | 5 | Env | 1,3 | 25 | 61000 | 1525 | 9,3 | 8 |
| 3S2 | 1,9 | 18 | 5 | Env | 1,3 | 25 | 61000 | 1525 | 9,3 | 8 |
| 3S3 | 1,9 | 22 | 6 | Env | 1,3 | 25 | 61000 | 1525 | 9,3 | 8 |
| 3C2 | 1,9 | 18 | 5 | Env | 1,3 | 30 | 40000 | 1000 | 5,4 | 8 |
| 3C3 | 1,9 | 22 | 6 | Env | 1,3 | 30 | 40000 | 1000 | 5,4 | 8 |
| 3C4 | 1,9 | 22 | 6 | Env | 1,3 | 25 | 40000 | 1000 | 5,4 | 8 |
| 3T4 | 1,9 | 26 | 7 | Env | 1,3 | 25 | 40000 | 1000 | 6,4 | 8 |

Quadro 81: Características de ocupação e custos de manutenção de veículos

| Tipo | Uso privado (%) | Nº de Passageiros | viagens de passageiros relacionadas ao trabalho (%) | ESALF | Peso de operação (ton) | Custo Veículo novo | Custo reposição pneu | Combustível (por litro) | Óleo lubrif. (por litro) |
|------|-----------------|-------------------|---|-------|------------------------|--------------------|----------------------|-------------------------|--------------------------|
| CP | 100 | 2 | 67 | 0 | 1,1 | 38548 | 790 | 6,57 | 59,21 |
| O | 0 | 22 | 100 | 2,94 | 17 | 311000 | 7623 | 5,12 | 130,97 |
| 2C | 0 | 1 | 100 | 2,94 | 16,2 | 118100 | 4328 | 5,12 | 130,97 |
| 3C | 0 | 1 | 100 | 2,29 | 23 | 163200 | 12705 | 5,12 | 130,97 |
| 4C | 0 | 1 | 100 | 2,94 | 31,5 | 163200 | 12705 | 5,12 | 130,97 |
| 2S3 | 0 | 1 | 100 | 4,48 | 48,3 | 222800 | 28278 | 5,12 | 130,97 |
| 3S2 | 0 | 1 | 100 | 4,48 | 48 | 355000 | 34562 | 5,12 | 130,97 |
| 3S3 | 0 | 1 | 100 | 3,83 | 48 | 355000 | 34562 | 5,12 | 130,97 |
| 3C2 | 0 | 1 | 100 | 6,8 | 43 | 210221 | 22869 | 5,12 | 130,97 |
| 3C3 | 0 | 1 | 100 | 6,15 | 45 | 210221 | 27951 | 5,12 | 130,97 |
| 3C4 | 0 | 1 | 100 | 6,8 | 45 | 210221 | 27951 | 5,12 | 130,97 |
| 3T4 | 0 | 1 | 100 | 5,5 | 57 | 355000 | 40846 | 5,12 | 130,97 |

Quadro 82: Características de tripulação, despesas gerais e tempos de utilização

| Tipo | Mão de obra de manutenção (por hora) | Salário tripulação (por hora) | Despesas gerais anuais | Juro anual (%) | Tempo de trabalho do passageiro (por hora) | Tempo de folga do passageiro (por hora) | carga (por hora) |
|------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|------------------------|----------------|--|---|------------------|
| CP | 26 | | 6810 | 12 | 16,1 | 12,4 | 0 |
| O | 26 | | 15977,11 | 12 | 19,6 | 0 | 0 |
| 2C | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 6 |
| 3C | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 6 |
| 4C | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 18 |
| 2S3 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 18 |
| 3S2 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 18 |
| 3S3 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 27 |
| 3C2 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 27 |
| 3C3 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 27 |
| 3C4 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 34 |
| 3T4 | 26 | | 15685,8 | 12 | 16,5 | 0 | 34 |
| Salário Mecânico | | 13,6 | | | | | |
| Auxiliar de Manutenção | | 8,1 | | | | | |

Parâmetros de calibração de trabalho

Como parâmetros de calibração de trabalho definiu-se os mesmos critérios para as três rodovias em estudo. Quanto a deterioração da estrada para pavimentos flexíveis, deve-se iniciar as correções de trincas estruturais com limite de buracos em 20%, iniciar remendos quando a via estiver com 30% de buracos, iniciar correção quando área fissurada estiver em 10%.

APÊNDICE C – INVENTÁRIO DOS CONSUMOS

SC355 J/BR153

Técnica de reciclagem

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Cimento Portland (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Brita corrida (m³) | Disco corte (un) | Bloco recicladora | Porta dente (un) | Dente (un) | |
|-------|------|--|------------|---------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------|----------|---------------------------------|---------------|-----------|--------------------|------------------|-------------------|------------------|------------|-----|
| 2014 | 1. | Restaurações - RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.059,3 | m³ | 8.124,6 | 397,2 | | 213,8 | 1,1 | 1,1 | | | 263,3 | | 237,0 | 594,0 | | 106 | | | | |
| | 1.2 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.620,0 | m³ | 9.109,4 | | | | | | | | 142,6 | | | | | 405,0 | | 7 | 26 | 162 |
| | 1.3 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9.000,0 | m² | 1.665,3 | | | | | 9,9 | | | | | | | | 72,0 | | | | |
| | 1.4 | Imprimação com asfalto diluído | 9.000,0 | m² | 578,8 | | | | | | 9,9 | | | | | | | | | | | |
| | 1.5 | Pintura de ligação | 15.600,0 | m² | 651,8 | | | | | 17,2 | | | | | | | | | | | | |
| | 1.6 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.440,0 | t | 14.670,9 | 3.609,6 | 11.520,0 | | | | 79,2 | | | 567,0 | | | | | | | | |
| 2021 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 33,0 | m³ | 456,2 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 29 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 660,0 | m² | 177,0 | | | | | 0,7 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 79,2 | t | 650,8 | 198,5 | 633,6 | | | | 4,4 | | | 49,2 | | | | | | | | |
| 2025 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (7,5CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 495,0 | m³ | 4.646,2 | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 436 |
| | 3.2 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² | 464,1 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.188,0 | t | 9.628,3 | 2.977,9 | 9.504,0 | | | | 65,3 | | | 738,1 | | | | | | | | |
| 2031 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 66,0 | m³ | 933,9 | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 58 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1.320,0 | m² | 190,7 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,4 | t | 1.301,6 | 397,1 | 1.267,2 | | | | | 8,7 | | | 98,4 | | | | | | | |
| | 4.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 6.600,0 | m² | 1.220,5 | | | | | 19,1 | | | | | | | 99,0 | | | | | |
| 2037 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (7,5CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 495,0 | m³ | 4.646,2 | | | | | | | | | | | | | | | | 26 | 436 |
| | 5.2 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² | 464,1 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | | | |
| | 5.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.188,0 | t | 9.628,3 | 2.977,9 | 9.504,0 | | | | | 65,3 | | | 738,1 | | | | | | | |
| Total | | | | | 69.208,9 | 10.558,3 | 32.428,8 | 213,8 | 64,0 | 11,0 | 222,9 | 142,6 | 263,3 | 2.190,8 | 237,0 | 594,0 | 576,0 | 106 | 7 | 82 | 1.120 | |

Técnica de reforço

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica | Macadame (m³) | Solo (m³) | Brita corrida (m³) | Disco corte (un) | Porta dente (un) | Dente (un) | |
|-------|------|--|------------|---------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|----------------------------|---------------|-----------|--------------------|------------------|------------------|------------|-----|
| 2014 | 1. | Restaurações - REFORÇO ESTRUTURAL EM CA ESP. 10 CM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Reparo Localizado c/ CA | 112,2 | m³ | 1.810,3 | | | 269,3 | 1,5 | | | | | | | | | 6 | | |
| | 1.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.059,3 | m³ | 9.160,4 | | | 213,8 | 1,1 | 1,1 | | 263,3 | | 237,0 | 594,0 | | 106 | | | |
| | 1.3 | Pintura de ligação | 15.600,0 | m² | 815,0 | | | | | 17,2 | | | | | | | | | | |
| | 1.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.872,0 | t | 15.280,7 | 4.692,5 | 14.976,0 | | | | | 103,0 | | 1.163,1 | | | | | | |
| 2019 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 66,0 | m³ | 933,9 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 58 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 1.320,0 | m² | 190,7 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,4 | t | 1.301,6 | 397,1 | 1.267,2 | | | | | 8,7 | | 98,4 | | | | | | |
| | 2.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 6.600,0 | m² | 1.220,5 | | | | | 19,1 | | | | | | | 99,0 | | | |
| 2023 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Reparo Localizado c/ CA | 0,0 | m³ | 0,0 | | | 0,0 | 0,0 | | | | | | | | | 0 | | |
| | 3.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.412,4 | m³ | 10.123,7 | | | 285,1 | 1,5 | 1,5 | | 264,0 | | 237,6 | 792,0 | | 141 | | | |
| | 3.3 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 594,0 | m³ | 5.575,5 | | | | | | | | | | | | | | 31 | 523 |
| | 3.4 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² | 464,1 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | |
| | 3.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.425,6 | t | 11.061,9 | 3.573,5 | 11.404,8 | | | | | 78,4 | | 885,7 | | | | | | |
| 2028 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 33,0 | m³ | 456,2 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 29 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 660,0 | m² | 177,0 | | | | | 0,7 | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 79,2 | t | 650,8 | 198,5 | 633,6 | | | | | 4,4 | | 49,2 | | | | | | |
| 2031 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Reparo Localizado c/ CA | 0,0 | m³ | 0,0 | | | 0,0 | 0,0 | | | | | | | | | 0 | | |
| | 5.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.412,4 | m³ | 10.123,7 | | | 285,1 | 1,5 | 1,5 | | 264,0 | | 237,6 | 792,0 | | 141 | | | |
| | 5.3 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 594,0 | m³ | 5.575,5 | | | | | | | | | | | | | | 31 | 523 |
| | 5.4 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² | 464,1 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | |
| | 5.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.425,6 | t | 11.061,9 | 3.573,5 | 11.404,8 | | | | | 78,4 | | 885,7 | | | | | | |
| 2036 | 6. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 66,0 | m³ | 933,9 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 58 |
| | 6.2 | Pintura de ligação | 1.320,0 | m² | 190,7 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,4 | t | 1.301,6 | 397,1 | 1.267,2 | | | | | 8,7 | | 98,4 | | | | | | |
| | 6.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 6.600,0 | m² | 1.220,5 | | | | | 19,1 | | | | | | | 99,0 | | | |
| 2039 | 7. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.1 | Reparo Localizado c/ CA | 0,0 | m³ | 0,0 | | | 0,0 | 0,0 | | | | | | | | | 0 | | |
| | 7.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.412,4 | m³ | 10.123,7 | | | 285,1 | 1,5 | 1,5 | | 264,0 | | 237,6 | 792,0 | | 141 | | | |
| | 7.3 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 594,0 | m³ | 5.575,5 | | | | | | | | | | | | | | 31 | 523 |
| | 7.4 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² | 464,1 | | | | | 7,3 | | | | | | | | | | |
| | 7.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.425,6 | t | 11.061,9 | 3.573,5 | 11.404,8 | | | | | 78,4 | | 885,7 | | | | | | |
| Total | | | | | 117.319,2 | 16.405,6 | 52.358,4 | 1.338,5 | 87,7 | 5,4 | 360,0 | 1.055,3 | 4.066,3 | 949,8 | 2.970,0 | 198,0 | 535 | 100 | 1.713 | |

SC114 P/SJ - Reciclagem

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Cimento Portland (t) | BCS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Brita corrida (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Disco corte (un) | Bloco recicladora (un) | Porta dente (un) | Dente (un) | |
|-------|---|--|------------|----------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------|----------|---------------------------------|--------------------|---------------|-----------|------------------|------------------------|------------------|------------|-----|
| 2014 | 1. | Restaurações - RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.060,5 | m³ | 7.112,1 | 397,7 | | 126,0 | 1,2 | 1,2 | | | 237,4 | | | 265,3 | 630,0 | 106 | | | | |
| | 1.2 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.850,0 | m³ | 9.458,1 | | | | | | | | 162,8 | | | 462,5 | | | | 8 | 30 | 185 |
| | 1.3 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 10.000,0 | m² | 1.288,0 | | | | | 11,0 | | | | | | 80,0 | | | | | | |
| | 1.4 | Imprimação com asfalto diluído | 10.000,0 | m² | 570,1 | | | | | | 11,0 | | | | | | | | | | | |
| | 1.5 | Pintura de ligação | 17.000,0 | m² | 934,0 | | | | | 18,7 | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.560,0 | t | 14.280,5 | 3.910,4 | 12.480,0 | | | | | 85,8 | | | 614,3 | | | | | | | | |
| 2021 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,0 | m³ | 483,9 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 31 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 159,4 | | | | | 0,8 | | | | | | | | | | | | |
| 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 619,6 | 210,6 | 672,0 | | | | | 4,6 | | | 52,2 | | | | | | | | |
| 2025 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (7 CM) - Após a reciclagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 490,0 | m³ | 4.599,3 | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 431 |
| | 3.2 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² | 435,7 | | | | | 7,7 | | | | | | | | | | | | |
| 3.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.176,0 | t | 8.753,0 | 2.947,8 | 9.408,0 | | | | | 64,7 | | | 730,6 | | | | | | | | |
| 2031 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,0 | m³ | 990,5 | | | | | | | | | | | | | | | | 4 | 62 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 174,0 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.239,1 | 421,1 | 1.344,0 | | | | | 9,2 | | | 104,4 | | | | | | | |
| 4.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,0 | m² | 2.220,1 | | | | | 20,3 | | | | | | 105,0 | | | | | | | |
| 2037 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (7 CM) - Após a reciclagem | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 490,0 | m³ | 4.599,3 | | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 431 |
| | 5.2 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² | 435,7 | | | | | 7,7 | | | | | | | | | | | | |
| 5.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.176,0 | t | 8.753,0 | 2.947,8 | 9.408,0 | | | | | 64,7 | | | 730,6 | | | | | | | | |
| Total | | | | | 67.105,3 | 10.835,4 | 33.312,0 | 126,0 | 68,9 | 12,2 | 229,0 | 162,8 | 237,4 | 2.232,1 | 647,5 | 265,3 | 630,0 | 106 | 8 | 85 | 1.140 | |

HiMA

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Brita corrida (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Disco corte (un) | Porta dente (un) | Dente (un) | |
|-------|------|---|------------|---------|------------|--------------|----------------------|-----------------------|---------|---------|---------|----------|---------------------------------|--------------------|---------------|-----------|------------------|------------------|------------|-----|
| 2014 | 1. | Restaurações - FRESAGEM CONTINUA COM RECOMPOSIÇÃO HiMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1414,0 | m³ | 9.173,2 | 530,3 | | 168,0 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 141 | | | |
| | 1.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280,0 | m³ | 2.596,7 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 246 |
| | 1.3 | Pintura de ligação | 14000,0 | m² | 726,6 | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | |
| | 1.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1008,0 | t | 7.145,0 | 2.526,7 | 8.064,0 | | | | | 55,4 | | 626,3 | | | | | | |
| 2019 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,0 | m³ | 483,9 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 31 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 159,4 | | | | | 0,8 | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 619,6 | 210,6 | 672,0 | | | | | 4,6 | | 52,2 | | | | | | |
| 2024 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO HiMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1414,0 | m³ | 9.173,2 | 530,3 | | 168,0 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 141 | | | |
| | 3.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280,0 | m³ | 2.596,7 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 246 |
| | 3.3 | Pintura de ligação | 14000,0 | m² | 726,6 | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | |
| | 3.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1008,0 | t | 7.145,0 | 2.526,7 | 8.064,0 | | | | | 55,4 | | 626,3 | | | | | | |
| 2028 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,0 | m³ | 990,5 | | | | | | | | | | | | | | 4 | 62 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1400,0 | m² | 174,0 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.239,1 | 421,1 | 1.344,0 | | | | | 9,2 | | 104,4 | | | | | | |
| | 4.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7000,0 | m² | 2.220,1 | | | | | 20,3 | | | | | 105,0 | | | | | |
| 2032 | 5. | Restaurações - REFORÇO ESTRUTURAL EM CA ESP. 5 CM | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Reparo Localizado c/ CA | 70,0 | m³ | 1.044,9 | 31,5 | | 168,0 | 1,5 | | | | | | | | | | 4 | |
| | 5.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1060,5 | m³ | 8.065,2 | 397,7 | | 126,0 | 1,2 | 1,2 | | | 178,5 | | | 199,5 | 630,0 | 106 | | |
| | 5.3 | Pintura de ligação | 10000,0 | m² | 498,3 | | | | | 11,0 | | | | | | | | | | |
| | 5.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1056,0 | t | 7.877,5 | 2.647,0 | 8.448,0 | | | | | 58,1 | | 656,1 | | | | | | |
| 2037 | 6. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,0 | m³ | 483,9 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 31 |
| | 6.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 159,4 | | | | | 0,8 | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 619,6 | 210,6 | 672,0 | | | | | 4,6 | | 52,2 | | | | | | |
| 2040 | 7. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO HiMA | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1414,0 | m³ | 9.173,2 | 530,3 | | 168,0 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 141 | | | |
| | 7.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280,0 | m³ | 2.596,7 | | | | | | | | | | | | | | 14 | 246 |
| | 7.3 | Pintura de ligação | 14000,0 | m² | 726,6 | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | |
| | 7.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1008,0 | t | 7.145,0 | 2.526,7 | 8.064,0 | | | | | 55,4 | | 626,3 | | | | | | |
| Total | | | | | 83.559,9 | 13.089,4 | 35.328,0 | 798,0 | 87,9 | 5,8 | 242,9 | 892,5 | 2.743,7 | 105,0 | 997,5 | 3.150,0 | 534 | 50 | 862 | |

Reforço

| Ano | Item | Serviço | Quantid. | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combust. (l) | Mistura asfáltica | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | BGS (m³) | Agregado mistura | Brita corrida | Macadam e (m²) | Solo (m²) | Disco corte (un) | Porta (un) | Dente (un) |
|-------|------|--|----------|---------|------------|--------------|-------------------|-------------------|---------|---------|---------|----------|------------------|---------------|----------------|-----------|------------------|------------|------------|
| 2014 | 1. | Restaurações - REFORÇO ESTRUTURAL EM CA ESP. 5 CM | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Reparo Localizado c/ CA | 70,0 | m³ | 1.044,9 | 31,5 | | 168,0 | 1,5 | | | | | | | | 4 | | |
| | 1.2 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.060,5 | m³ | 8.065,2 | 397,7 | | 126,0 | 1,2 | 1,2 | | 178,5 | | | 199,5 | 630,0 | 106 | | |
| | 1.3 | Pintura de ligação | 10.000,0 | m² | 498,3 | | | | | 11,0 | | | | | | | | | |
| | 1.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.056,0 | t | 7.877,5 | 2.647,0 | 8.448,0 | | | | 58,1 | | 656,1 | | | | | | |
| 2018 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,0 | m³ | 483,9 | | | | | | | | | | | | | 2 | 31 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 159,4 | | | | 0,8 | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 619,6 | 210,6 | 672,0 | | | | 4,6 | | 52,2 | | | | | | |
| 2021 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9cm) - após reforço | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.470,0 | m³ | 9.697,6 | 551,3 | | 302,4 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 147 | | |
| | 3.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 630,0 | m³ | 5.913,4 | | | | | | | | | | | | | 32 | 554 |
| | 3.3 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² | 435,7 | | | | | 7,7 | | | | | | | | | |
| | 3.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.512,0 | t | 10.572,7 | 3.790,1 | 12.096,0 | | | | 83,2 | | 939,4 | | | | | | |
| 2026 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,0 | m³ | 990,5 | | | | | | | | | | | | | 4 | 62 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 174,0 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.239,1 | 421,1 | 1.344,0 | | | | 9,2 | | 104,4 | | | | | | |
| | 4.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,0 | m² | 2.220,1 | | | | | 20,3 | | | | 105,0 | | | | | |
| 2029 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9cm) - após reforço | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.470,0 | m³ | 9.697,6 | 551,3 | | 302,4 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 147 | | |
| | 5.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 630,0 | m³ | 5.913,4 | | | | | | | | | | | | | 32 | 554 |
| | 5.3 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² | 435,7 | | | | | 7,7 | | | | | | | | | |
| | 5.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.512,0 | t | 10.572,7 | 3.790,1 | 12.096,0 | | | | 83,2 | | 939,4 | | | | | | |
| 2034 | 6. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,0 | m³ | 483,9 | | | | | | | | | | | | | 2 | 31 |
| | 6.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 159,4 | | | | 0,8 | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 619,6 | 210,6 | 672,0 | | | | 4,6 | | 52,2 | | | | | | |
| 2037 | 7. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9cm) - após reforço | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.470,0 | m³ | 9.697,6 | 551,3 | | 302,4 | 1,5 | 1,5 | | 238,0 | | | 266,0 | 840,0 | 147 | | |
| | 7.2 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 630,0 | m³ | 5.913,4 | | | | | | | | | | | | | 32 | 554 |
| | 7.3 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² | 435,7 | | | | | 7,7 | | | | | | | | | |
| | 7.4 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.512,0 | t | 10.572,7 | 3.790,1 | 12.096,0 | | | | 83,2 | | 939,4 | | | | | | |
| 2042 | 8. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.1 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,0 | m³ | 990,5 | | | | | | | | | | | | | 4 | 62 |
| | 8.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 174,0 | | | | | 1,5 | | | | | | | | | |
| | 8.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.239,1 | 421,1 | 1.344,0 | | | | 9,2 | | 104,4 | | | | | | |
| | 8.4 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,0 | m² | 2.220,1 | | | | | 20,3 | | | | 105,0 | | | | | |
| Total | | | | | 109.117,2 | 17.363,6 | 48.768,0 | 1.201,2 | 86,6 | 5,8 | 335,3 | 892,5 | 3.787,4 | 210,0 | 997,5 | 3.150,0 | 551 | 108 | 1848 |

SC114 L/OC

Reciclagem

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Óleo combustível (l) | Cal (t) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Cimento Portland (t) | Material fresado (m³) | BCS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Brita (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Bloco recicladora (un) | Porta Bits (un) | Bits (un) | |
|------|------|--|------------|---------|------------|--------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------|-----------------------|----------|---------------------------------|------------|---------------|-----------|------------------------|-----------------|-----------|-----|
| 2017 | 1. | Restaurações - RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.155,0 | m³ | 9.728,8 | | | | 126 | 1,2 | 1,2 | | | 1.155 | 157,5 | | | 210 | 735 | | | | |
| | 1.2 | Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de brita comercial e cimento | 1.880,0 | m² | 6.681,1 | | | | | | | | | 165,4 | | | | 470 | | | 8 | 30 | 188 |
| | 1.3 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9.400,0 | m² | 2.373,6 | | | | | | 10,3 | | | | | | | 62,7 | | | | | |
| | 1.4 | Imprimação com asfalto diluído | 9.400,0 | m² | 835,8 | | | | | | | 10,3 | | | | | | | | | | | |
| | 1.5 | Pintura de ligação | 16.400,0 | m² | 1.370,4 | | | | | | 18,0 | | | | | | | | | | | | |
| | 1.6 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 2.246,4 | t | 20.090,6 | 8.278,7 | 31.449,6 | 127,2 | | | | | 123,6 | | | | 1.328 | | | | | | |
| 2022 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 35,0 | m³ | 154,9 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 5 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 58,5 | | | | | | 0,8 | | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 727,3 | 263,1 | 672,0 | 4,8 | | | | | 4,8 | | | | 49,7 | | | | | | |
| 2026 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (11CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 770,0 | m³ | 2.463,1 | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | 200 |
| | 3.2 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | | |
| | 3.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,0 | t | 16.000,6 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | | | | | 104,6 | | | | 1.092,5 | | | | | | |
| 2030 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 70,0 | m³ | 309,8 | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 9 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 117,0 | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.454,6 | 526,3 | 1.344,0 | 9,5 | | | | | 9,5 | | | | 99,3 | | | | | | |
| | 4.4 | Micro revestimento a frio com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial | 7.000,0 | m² | 1.534,6 | 3.531,6 | | | | | 22,4 | | | | | | | 106 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|--|----------|----|-----------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|-------|---------|-------|-------|-------|-----|----|-------|
| 2034 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (11CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.1 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 770,0 | m³ | 2.463,1 | | | | | | | | | | | | | 2 | 200 | | | |
| | 5.2 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | | | |
| | 5.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,0 | t | 16.000,6 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | | | 104,6 | | | | | 1.092 | | | | | | |
| 2039 | 6. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (11CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.1 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 770,0 | m³ | 2.463,1 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 200 | | |
| | 6.2 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,0 | t | 16.000,6 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | | | 104,6 | | | | | 1.092 | | | | | | |
| 2042 | 7. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 35,0 | m³ | 154,9 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 5 | | |
| | 7.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 58,5 | | | | 0,8 | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 727,3 | 263,1 | 672,0 | 4,8 | | | 4,8 | | | | | 49,7 | | | | | | |
| 2046 | 8. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (11CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.1 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 770,0 | m³ | 2.463,1 | | | | | | | | | | | | | | 2 | 200 | | |
| | 8.2 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,0 | t | 16.000,6 | 5.788,9 | 14.784,0 | 104,6 | | | 104,6 | | | | | 1.092 | | | | | | |
| Total | | | | | 124.911,9 | 36.018,5 | 93.273,6 | 564,6 | 126,0 | 116,6 | 11,5 | 561,0 | 165,4 | 1.155,0 | 157,5 | 5.896,8 | 638,5 | 210,0 | 735,0 | 8 | 38 | 1.007 |

Reforço

| Ano | Item | Serviço | Quantidade | Unidade | Diesel (L) | Energia (kW) | Gasolina (L) | Óleo combustível (l) | Cal (t) | Mistura asfáltica (t) | EAP (t) | ADP (t) | CAP (t) | Material fresado (m³) | BGS (m³) | Agregado mistura asfáltica (m³) | Brita (m³) | Macadame (m³) | Solo (m³) | Porta Bits (un) | Bits (un) | |
|------|------|---|------------|---------|------------|--------------|--------------|----------------------|---------|-----------------------|---------|---------|---------|-----------------------|----------|---------------------------------|------------|---------------|-----------|-----------------|-----------|-----|
| 2017 | 1. | Restaurações - REFORÇO ESTRUTURAL EM CA ESP. 15 CM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1.1 | Tapa buraco com serra corta piso | 70,0 | m³ | 715,8 | | 40 | | | 168,0 | | | | 70,0 | | | | | | | | |
| | 1.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 117,0 | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | |
| | 1.3 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.155,0 | m³ | 9.596,3 | | | | | | 126,0 | | | | 1.155,0 | 157,5 | | 210 | 735 | | | |
| | 1.4 | Imprimação com asfalto diluído (remendo) | 1.050,0 | m² | 93,4 | | | | | | | 1,2 | | | | | | | | | | |
| | 1.5 | Pintura de ligação (remendo) | 1.050,0 | m² | 87,7 | | | | | | | 1,2 | | | | | | | | | | |
| | 1.6 | Pintura de ligação (reforço) | 16.400,0 | m² | 1.370,4 | | | | | | | 18 | | | | | | | | | | |
| | 1.7 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 3.096,0 | t | 26.806,2 | 9.698,3 | | 24.768 | 175,2 | | | | 175,2 | | | 1.830,3 | | | | | | |
| 2020 | 2. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 35,0 | m³ | 154,9 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 5 |
| | 2.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 58,5 | | | | | | 0,8 | | | | | | | | | | | |
| | 2.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 727,3 | 263,1 | | 672 | 4,8 | | | | 4,8 | | | 49,7 | | | | | | |
| 2023 | 3. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3.1 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.540,0 | m³ | 12.186,3 | | | | | | | 1,5 | | | 1.540,0 | 210,0 | | 280 | 980 | | | |
| | 3.2 | Imprimação com asfalto diluído | 1.400,0 | m² | 124,5 | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | |
| | 3.3 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 980,0 | m³ | 3.134,8 | | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 255 |
| | 3.4 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | |
| | 3.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,0 | t | 20.364,4 | 7.367,7 | | 18.816 | 133,1 | | | | 133,1 | | | 1.390,5 | | | | | | |
| 2026 | 4. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 70,0 | m³ | 309,8 | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 9 |
| | 4.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 117,0 | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | | |
| | 4.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.454,6 | 526,3 | | 1.344 | 9,5 | | | | 9,5 | | | 99,3 | | | | | | |
| | 4.4 | Micro revestimento a frio com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial | 7.000,0 | m² | 1.534,6 | 3.531,6 | | | | | 22,4 | | | | | | | 105,8 | | | | |
| 02 | 5. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|------|---|----------|----|----------|---------|--|--------|-------|--|------|------|---------|---------|-------|---------|-----|-----|-----|-----|
| | 5.1 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.540,0 | m³ | 12.186,3 | | | | | | 1,5 | | 1.540,0 | 210,0 | | | 280 | 980 | | |
| | 5.2 | Imprimação com asfalto diluído | 1.400,0 | m² | 124,5 | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | |
| | 5.3 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 980,0 | m³ | 3.134,8 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 255 |
| | 5.4 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | 15,4 | | | | | | | | | |
| | 5.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,0 | t | 20.364,4 | 7.367,7 | | 18.816 | 133,1 | | | | 133,1 | | | 1.390,5 | | | | |
| 2032 | 6. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 35,0 | m³ | 154,9 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 5 |
| | 6.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 58,5 | | | | | | 0,8 | | | | | | | | | |
| | 6.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 727,3 | 263,1 | | 672 | 4,8 | | | | 4,8 | | | 49,7 | | | | |
| 2034 | 7. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 7.1 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.540,0 | m³ | 12.186,3 | | | | | | | 1,5 | | 1.540,0 | 210,0 | | | 280 | 980 | |
| | 7.2 | Imprimação com asfalto diluído | 1.400,0 | m² | 124,5 | | | | | | | 1,5 | | | | | | | | |
| | 7.3 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 980,0 | m³ | 3.134,8 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 255 |
| | 7.4 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | | 15,4 | | | | | | | | |
| | 7.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,0 | t | 20.364,4 | 7.367,7 | | 18.816 | 133,1 | | | | 133,1 | | | 1.390,5 | | | | |
| 2037 | 8. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO E MICRORREVESTIMENTO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 70,0 | m³ | 309,8 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 9 |
| | 8.2 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m² | 117,0 | | | | | | | 1,5 | | | | | | | | |
| | 8.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t | 1.454,6 | 526,3 | | 1.344 | 9,5 | | | | 9,5 | | | 99,3 | | | | |
| | 8.4 | Micro revestimento a frio com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial | 7.000,0 | m² | 1.534,6 | 3.531,6 | | | | | | 22,4 | | | | 105,8 | | | | |
| 2039 | 9. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 9.1 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.540,0 | m³ | 12.186,3 | | | | | | | 1,5 | | 1.540,0 | 210,0 | | | 280 | 980 | |
| | 9.2 | Imprimação com asfalto diluído | 1.400,0 | m² | 124,5 | | | | | | | 1,5 | | | | | | | | |
| | 9.3 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 980,0 | m³ | 3.134,8 | | | | | | | | | | | | | | 3 | 255 |
| | 9.4 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | | 15,4 | | | | | | | | |
| | 9.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,0 | t | 20.364,4 | 7.367,7 | | 18.816 | 133,1 | | | | 133,1 | | | 1.390,5 | | | | |
| 2042 | 10. | Manutenções - FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10.1 | Fresagem descontínua de revestimento betuminoso | 35,0 | m³ | 154,9 | | | | | | | | | | | | | | 0 | 5 |
| | 10.2 | Pintura de ligação | 700,0 | m² | 58,5 | | | | | | | 0,8 | | | | | | | | |
| | 10.3 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,0 | t | 727,3 | 263,1 | | 672 | 4,8 | | | | 4,8 | | | 49,7 | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|------|--|----------|----|-----------|----------|------|-----------|-------|-------|-------|------|-------|---------|---------|---------|-------|------|------|----|-------|--|
| 2044 | 11. | Restaurações - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14CM) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 11.1 | Remendo profundo com demolição mecânica e serra | 1.540,0 | m³ | 12.186,3 | | | | | | | 1,5 | | 1.540,0 | 210,0 | | | 280 | 980 | | | |
| | 11.2 | Imprimação com asfalto diluído | 1.400,0 | m² | 124,5 | | | | | | | 1,5 | | | | | | | | | | |
| | 11.3 | Fresagem contínua de revestimento betuminoso | 980,0 | m³ | 3.134,8 | | | | | | | | | | | | | | | 3 | 255 | |
| | 11.4 | Pintura de ligação | 14.000,0 | m² | 1.169,9 | | | | | | 15,4 | | | | | | | | | | | |
| | 11.5 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,0 | t | 20.364,4 | 7.367,7 | | 18.816 | 133,1 | | | | 133,1 | | | 1.390,5 | | | | | | |
| Total | | | | | 233.340,3 | 55.442,0 | 40,0 | 123.552,0 | 874,2 | 294,0 | 149,5 | 15,0 | 874,1 | 8.925,0 | 1.207,5 | 9.130,3 | 211,7 | 1610 | 5635 | 13 | 1.306 | |

APÊNDICE D – CONSUMO DE COMBUSTÍVEIS

Quadro 1: Consumo de combustíveis por hora de trabalho do equipamento

| Equipamento | Potência | Capacidade | Consumo | |
|---|----------|-----------------------|------------|-----------|
| Aquecedor de fluido térmico | 12 kW | | 0,34 l/kWh | 4,08 L/h |
| Caldeira de asfalto rebocável | 6,5 kW | 600 L | 0,18 l/kWh | 1,17 L/h |
| Caminhão basculante | 210 kW | 10 m ³ | 0,18 l/kWh | 37,80 L/h |
| Caminhão basculante | 136 kW | 6 m ³ | 0,18 l/kWh | 24,48 L/h |
| Caminhão carroceria | 136 kW | 9 t | 0,18 l/kWh | 24,48 L/h |
| Caminhão distribuidor de cimento | 265 kW | 17 t | 0,18 l/kWh | 47,70 L/h |
| Caminhão silo | 188 kW | 30 m ³ | 0,18 l/kWh | 33,84 L/h |
| Caminhão tanque | 188 kW | 10000 L | 0,18 l/kWh | 33,84 L/h |
| Caminhão tanque de asfalto | 136 kW | 6000 L | 0,18 l/kWh | 24,48 L/h |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto | 136 kW | 6000 L | 0,18 l/kWh | 24,48 L/h |
| Carregadeira de pneus | 113 kW | 1,72 m ³ | 0,18 l/kWh | 20,34 L/h |
| Carregadeira de pneus | 213 kW | 3,3 m ³ | 0,18 l/kWh | 38,34 L/h |
| Compactador manual com soquete vibratório | 4,1 kW | | 0,20 l/kWh | 0,82 L/h |
| Compactador manual de placa vibratória | 3 kW | 525 m ² /h | 0,20 l/kWh | 0,60 L/h |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM | 55 kW | 197 PCM | 0,18 l/kWh | 9,90 L/h |
| Distribuidor de agregados autopropelido | 130 kW | | 0,18 l/kWh | 23,40 L/h |
| Fresadora a frio | 410 kW | | 0,18 l/kWh | 73,80 L/h |
| Grupo gerador | 365 kW | | 0,18 l/kWh | 65,70 L/h |
| Grupo gerador | 84 kW | | 0,18 l/kWh | 15,12 L/h |
| Grupo gerador | 456 kW | | 0,18 l/kWh | 82,08 L/h |
| Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m | 42 kW | | 0,18 l/kWh | 7,56 L/h |
| Motoniveladora | 93 kW | | 0,18 l/kWh | 16,74 L/h |
| Recicladora a frio | 403 kW | | 0,18 l/kWh | 72,54 L/h |
| Rolo compactador de pneus autopropelido | 85 kW | 27 t | 0,18 l/kWh | 15,30 L/h |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório | 97 kW | 11 t | 0,18 l/kWh | 17,46 L/h |
| Rolo compactador liso tandem vibratório autopropelido | 97 kW | 11 t | 0,18 l/kWh | 17,46 L/h |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido | 82 kW | 11,6 t | 0,18 l/kWh | 14,76 L/h |
| Serra para corte de concreto e asfalto (gasolina) | 10 kW | | 0,20 l/kWh | 2,00 L/h |
| Trator agrícola | 77 kW | | 0,18 l/kWh | 13,86 L/h |
| Usina móvel de lama asfáltica ou microrrevestimento com cavalo mecânico | 240 kW | 12 m ³ | 0,18 l/kWh | 43,20 L/h |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras | 82 kW | | 0,18 l/kWh | 14,76 L/h |

Fonte: Brasil (2017).

APÊNDICE E – INVENTÁRIO DO CICLO DE VIDA DAS INTERVENÇÕES ADOTADAS

1. SC355 J/BR153

1.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS E IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA

A SC 355 foi construída na década de 80, com as características informadas pelo DER-SC/Deinfra/SIE. Possuía duas faixas de rolamento com 3 metros de largura cada, acostamento nas duas laterais com 1,5 metros de largura. Na construção inicial não foram previstas terceiras faixas.

Para a modelagem das etapas construtivas e a quantificação foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de sub-base com espessura média de 18 cm em macadame seco, uma camada de base com espessura média de 20 cm em BGS e uma camada de revestimento com espessura de 9 cm em CA, esta executada em duas etapas, sendo que o acostamento foi composto por uma camada em CA com 3 cm de espessura. Como camada de regularização do subleito adotou-se camada de 60 cm em solo local.

Durante o processo de estudo para o projeto de restauração, obteve-se em campo a estrutura e materiais apresentados no Quadro 1.

Quadro 83: Estrutura obtida no estudo para projeto de restauração

| Camada | Revestimento | Base | Sub-base |
|----------|--------------|------|----------|
| Material | CA | BGS | Macadame |
| Média | 8,2 | 19,0 | 25,7 |
| Menor | 6,0 | 12,5 | 13,0 |
| Maior | 10,0 | 30,0 | 65,0 |

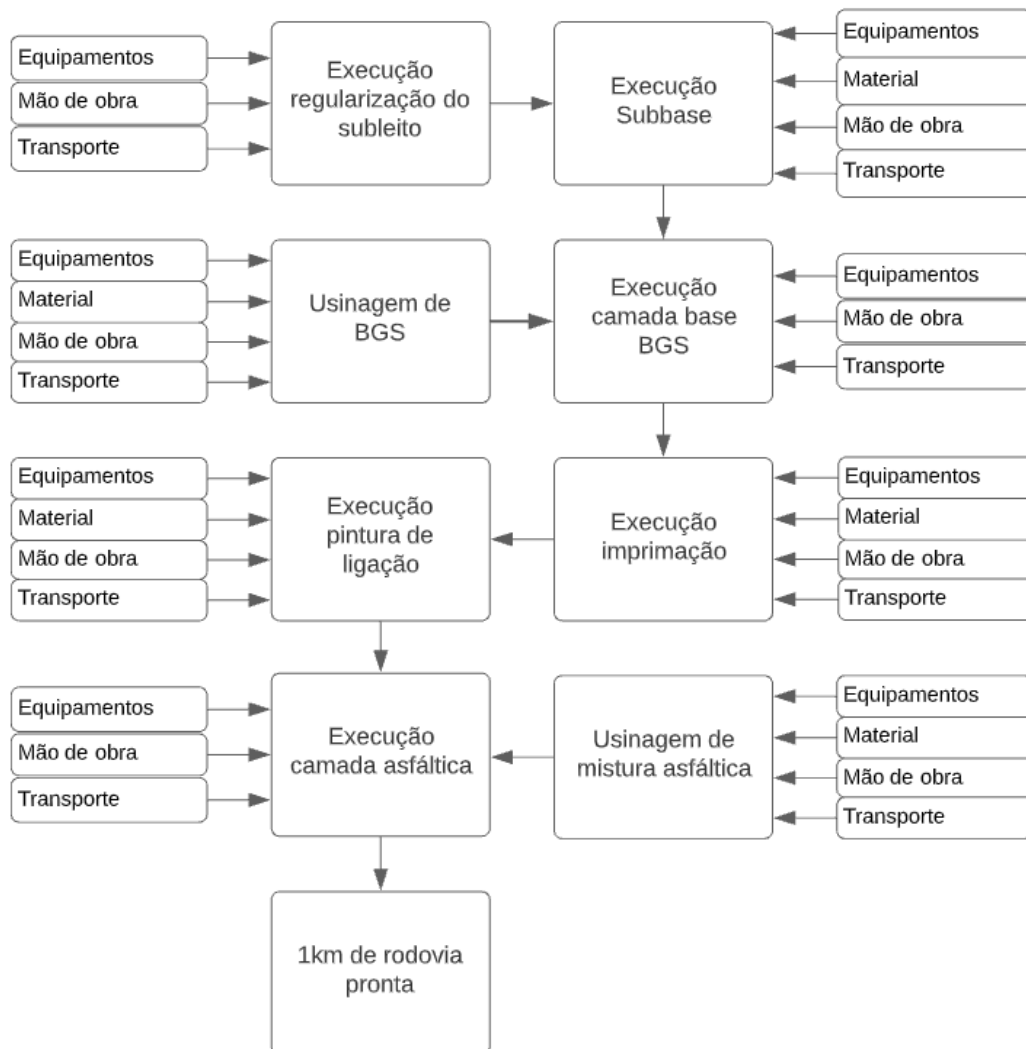
A diferença na camada de revestimento entre o projetado e o obtido após 35 anos está ligada às manutenções efetuadas ao longo do tempo, com a execução de camadas de reforço ou recuperação da camada asfáltica.

Em diversos pontos encontrou-se as camadas de base e sub-base contaminadas por material argiloso, isso deve-se ao bombeamento de finos decorrentes da falta de manutenção na camada de revestimento, o que possibilita a infiltração da água nas camadas inferiores. Esses fatores provocam a redução da capacidade de suporte das camadas estruturais do pavimento, desta forma apenas a manutenção da capa asfáltica não é suficiente para reestabelecer a

capacidade de suporte e a qualidade da estrutura, sendo necessário intervenções de maior monta, tais como a reciclagem profunda, a reconstrução ou a execução de remendos profundos em elevada extensão da via.

A unidade funcional adotada para comparação das metodologias foi de 1 quilômetro de extensão de via pronta/restaurada.

Diante do relatado, adotou-se para a modelagem de construção da estrutura as seguintes considerações.



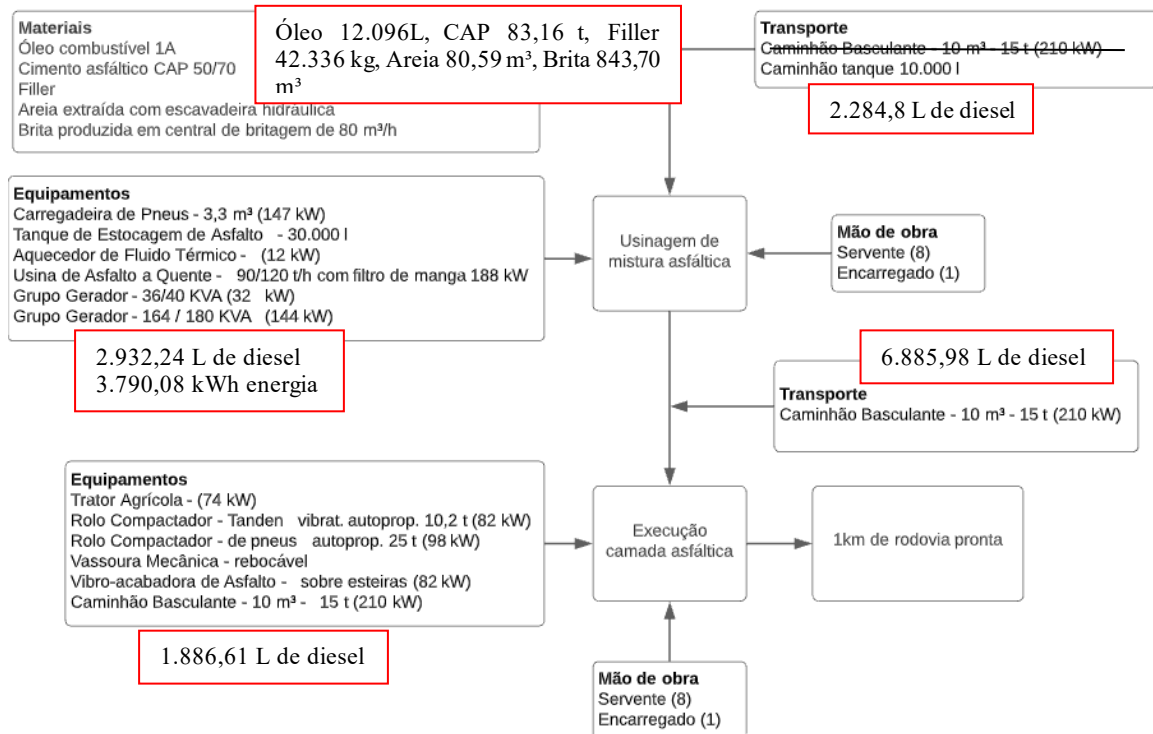
1.1.1. Revestimento em Concreto Asfáltico com espessura de 9 cm

Dividido em duas camadas, sendo uma de 3 cm de massa fina contemplando faixas de rolamento e acostamento e outra de 6 cm contemplando apenas as faixas de rolamento. Com isso necessário uma camada de pintura de ligação intermediária. Densidade da mistura de 2,4

t/m³, com DMT de 400 km para o ligante asfáltico e 30km para a mistura asfáltica (usina localizada no município de Concórdia/SC). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h. A quantidade de material e de transporte está apresentado no quadro abaixo.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|--|------------|---------|
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (e: 3cm) | 648,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (e: 6cm) | 864,0 | t |
| Local | Aquisição agregados | 1.428,8 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 45.360,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 83,2 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 33.264,0 | tkm |

Considerando as composições unitárias de cada serviço, disponíveis no sistema de custos do DNIT (SICRO), referente ao ano de 2014. No fluxograma é possível identificar a quantidade de materiais, equipamentos, mão de obra e transporte para executar a etapa de revestimento.



Equipamentos

Foram considerados os equipamentos para a produção da massa asfáltica, com a descrição de cada um e a conversão em horas trabalhadas, o que possibilitou encontrar o consumo total necessário de combustível.

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 5,2 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 40,3 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 20,2 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 20,2 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 20,2 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 20,2 |

Para execução da camada asfáltica em campo a composição de equipamentos está detalhada no quadro.

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 4,8 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 11,3 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 11,7 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 4,8 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 16,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 30,8 |

Mão de obra

Foi considerada mão de obra para a produção da massa asfáltica.

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 20,2 |
| Servente | 8 | 161,3 |

Para execução da camada asfáltica em campo é necessário a mesma equipe utilizada na produção da massa asfáltica.

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 20,2 |
| Servente | 8 | 161,3 |

Material

Os materiais necessários para a execução completam da camada de revestimento asfáltico, desde agregados, ligantes e usinagem da mistura, estão relacionados no quadro.

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.512,0 | t |
| Aquisição agregados | 1.436,4 | t |
| Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 83,2 | t |
| Óleo combustível 1A | 12.096,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 83,2 | t |
| Filler | 42.336,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 80,6 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 843,7 | m ³ |

Para o material mistura asfáltica, considerou-se separadamente os agregados e o ligante, adotando teor de ligante de 5,5%, com densidade de 2,4 t/m³.

Transporte

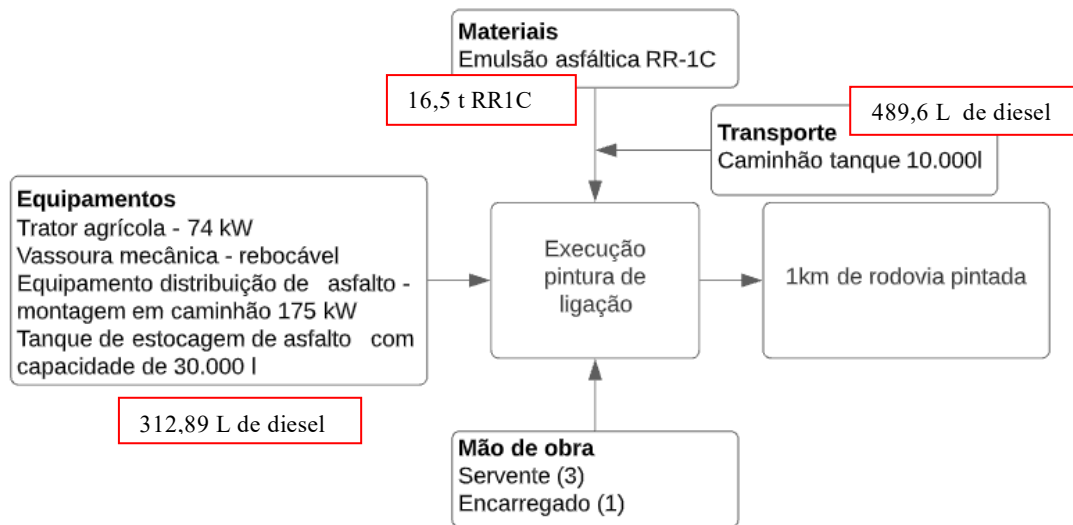
Para o transporte de agregados e da mistura asfáltica foi utilizado caminhão basculante, por outro lado para o transporte de ligante asfáltico, foi utilizado caminhão tanque.

| Veículo | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 45.360 | tkm | 182,2 |
| Caminhão tanque 10.000l | 33.264 | tkm | 93,3 |

1.1.2. Pintura de ligação com emulsão asfáltica

A pintura de ligação foi considerada em duas camadas, sendo uma entre a camada de imprimção e a primeira camada de revestimento, e a outra entre a primeira e a segunda camada de revestimento. Para a primeira camada, considerou-se as faixas de rolamento e os acostamentos, para a segunda apenas as faixas de rolamento. Considerando taxa de aplicação de 1,1 L/m², densidade de 1 t/m³ e DMT de 400 km (refinaria de Araucária/PR). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h. O quadro abaixo apresenta a quantidade de cada etapa.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (primeira camada) | 9.000,0 | m ² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (segunda camada) | 6.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 16,5 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6.600,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 4,4 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 4,4 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 17,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,9 |
| Servente | 3 | 26,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 16,5 | t |

Transporte

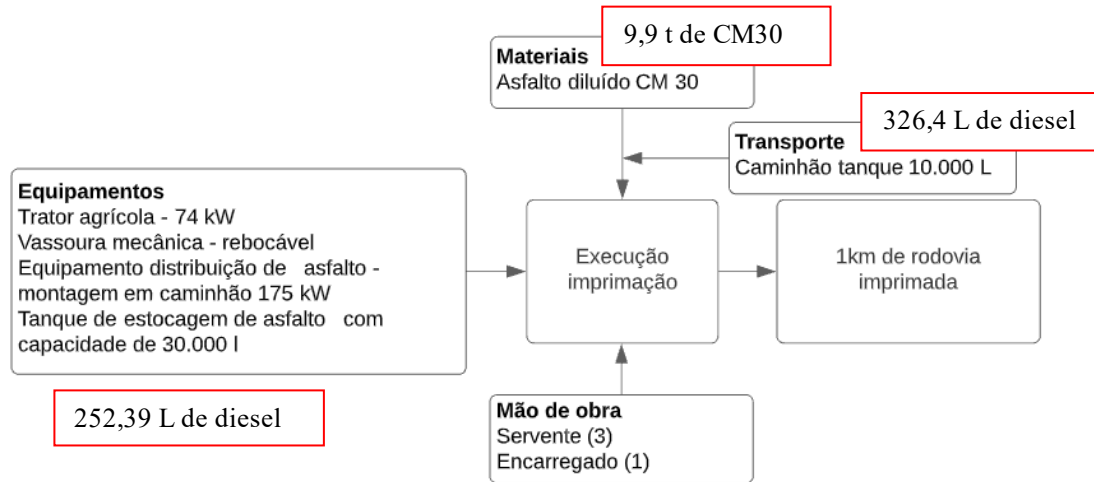
| Transporte | Quantidade | Unidade |
|---------------------------------------|------------|---------|
| Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 16,5 | t |

1.1.3. Imprimação com Asfalto diluído

A camada de imprimação foi considerada entre a camada de base e a camada de pintura de ligação, na largura das faixas de rolamento e acostamento. Considerada taxa de aplicação de

1,1 L/m², densidade de 1 t/m³ e DMT de 400 km (refinaria de Araucária/PR). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 9,9 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.960,0 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quant. | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|--------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,33 | 2,6 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,33 | 2,6 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,0 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 16,0 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,0 |
| Servente | 3 | 24,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------|------------|---------|
| Asfalto diluído CM 30 | 9,9 | t |

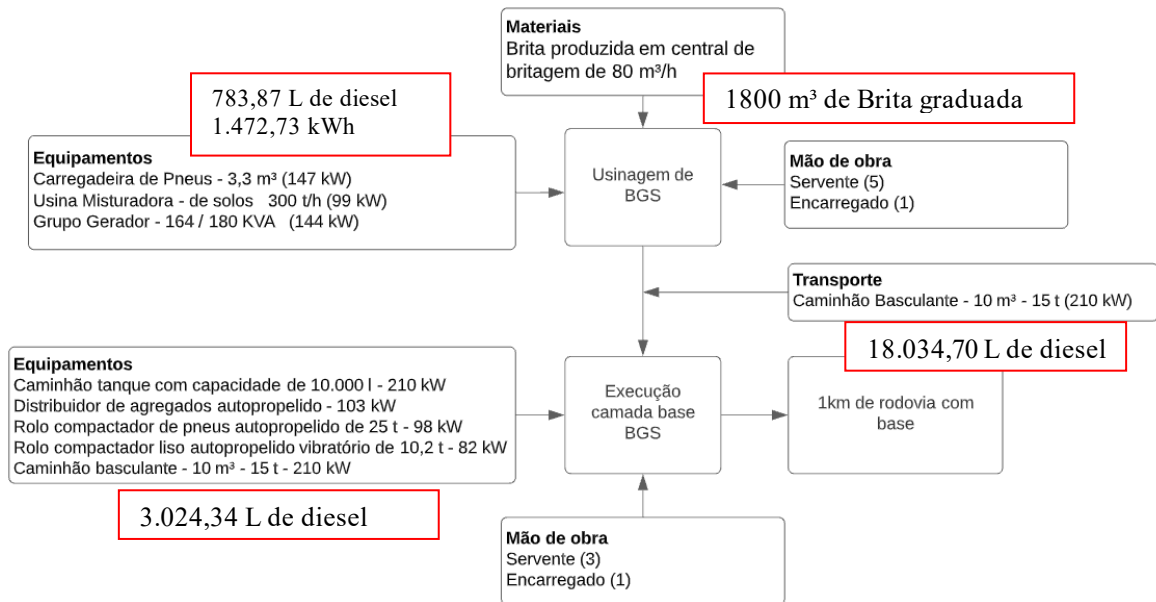
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade |
|---------------------------------|------------|---------|
| Transporte asfalto diluído CM30 | 9,9 | t |

1.1.4. Base em brita graduada simples

Com 20 cm de espessura, densidade solta de 2,2 t/m³ e DMT de 30 km (pedreira mais próxima, considerando brita comercial). A camada de base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|--|------------|----------------|
| 2 S 02 230 00 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1.800,0 | m ³ |
| 2 S 09 001 91 | Transporte de brita graduada | 118.800,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 210 kW | 1 | 0,7 | 10,4 |
| Caminhão basculante - 10 m ³ - 15 t - 210 kW | 3,56 | 1 | 52,9 |
| Distribuidor de agregados autopropelido - 103 kW | 1 | 0,89 | 13,2 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,75 | 11,2 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 10,2 t - 82 kW | 1 | 0,73 | 10,9 |

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,98 | 14,6 |
| Usina Misturadora - de solos 300 t/h (99 kW) | 1 | 1 | 14,9 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 14,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 14,9 |
| Servente | 3 | 44,6 |

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 14,9 |
| Servente | 5 | 74,4 |

Material

| Material | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|----------------|-------------------|
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 1,6 | m ³ | 2.880,0 |

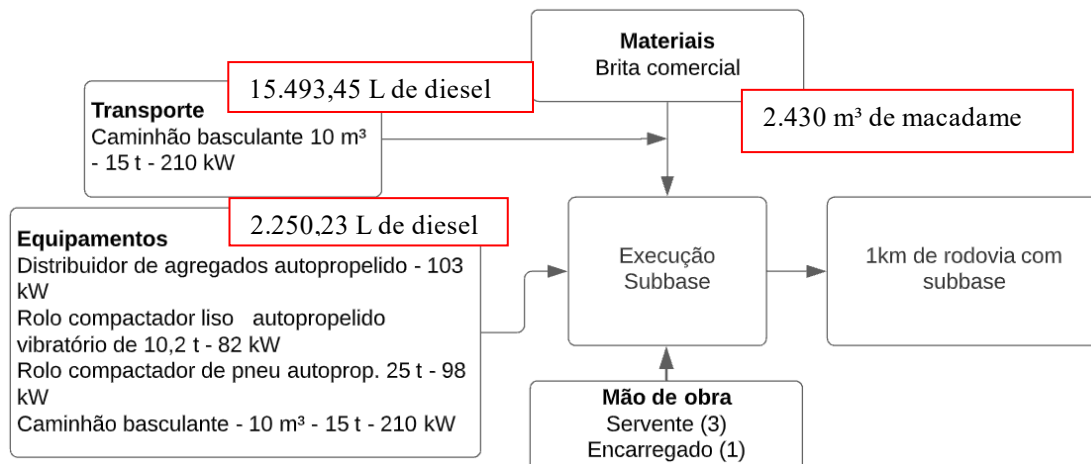
Transporte

| Transporte | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 1 | 1 | 477,1 |

1.1.5. Sub-base em macadame seco

Com 18 cm de espessura, densidade solta de 2,1 t/m³ e DMT de 30 km (pedreira mais próxima). A camada de sub-base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 2 S 02 231 50 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1.620,0 | m ³ |
| 2 S 09 001 91 | Transporte macadame seco | 102.060,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 10,2 t - 82 kW | 1 | 0,82 | 9,8 |
| Rolo compactador de pneu autoprop. 25 t - 98 kW | 1 | 0,79 | 9,4 |
| Distribuidor de agregados autopropelido - 103 kW | 1 | 1 | 11,9 |
| Caminhão basculante - 10 m ³ - 15 t - 210kW | 3,68 | 1 | 43,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 11,9 |
| Servente | 3 | 35,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|-----------------|------------|----------------|-------------------|
| Brita comercial | 1,5 | m ³ | 2.430,0 |

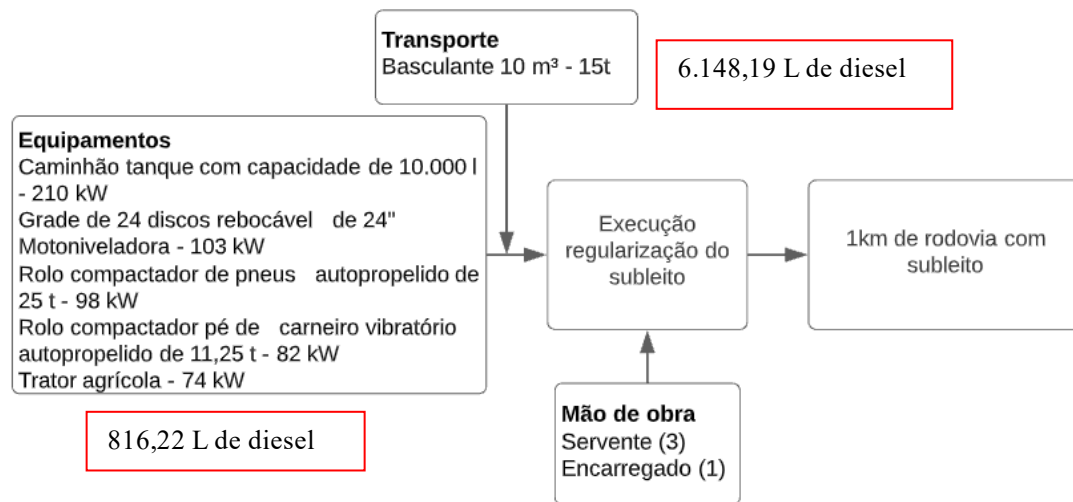
Transporte

| Transporte | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1 | 1 | 409,9 |

1.1.6. Regularização do subleito

Não foram consideradas as etapas de terraplenagem apenas a regularização do subleito, com 60 cm de espessura, densidade solta de 1,5 t/m³ e DMT de 5 km.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 110 00 | Regularização do subleito | 9.000,0 | m ² |
| 2 S 09 001 91 | Transporte material subleito | 40.500,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant. | Prod. | Horas trabalhadas |
|---|--------|-------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 210 kW | 1 | 0,98 | 10,5 |
| Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 0,52 | 5,6 |
| Motoniveladora - 103 kW | 1 | 0,55 | 5,9 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,78 | 8,4 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,25 t - 82 kW | 1 | 1 | 10,7 |
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,52 | 5,6 |

Consumo de combustível de 816,22 L de diesel.

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-----------|-------------------|
| Servente | 3 | 1 | 32,1 |
| Encarregado de pavimentação | 1 | 1 | 10,7 |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1 | 1 | 162,6 |

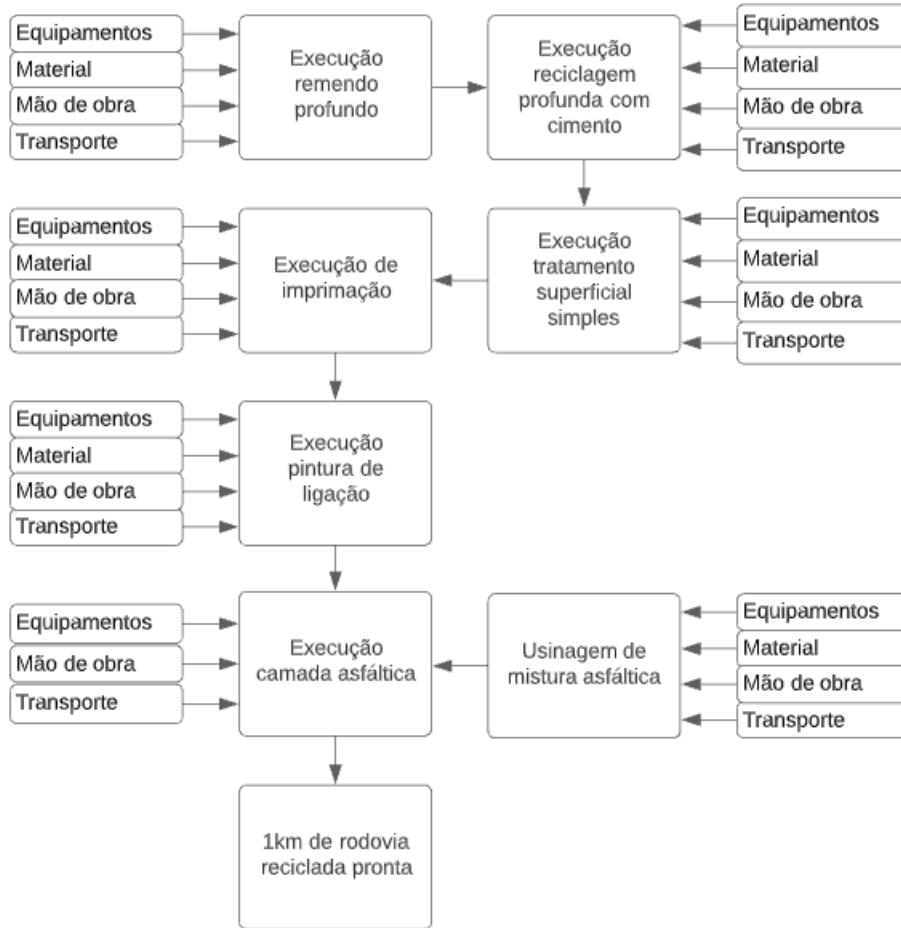
1.2. RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO (18 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (8CM)

Para a reciclagem foi alterada a geometria da via, com faixas de rolamento de 3,30m e acostamento com 1,20m.

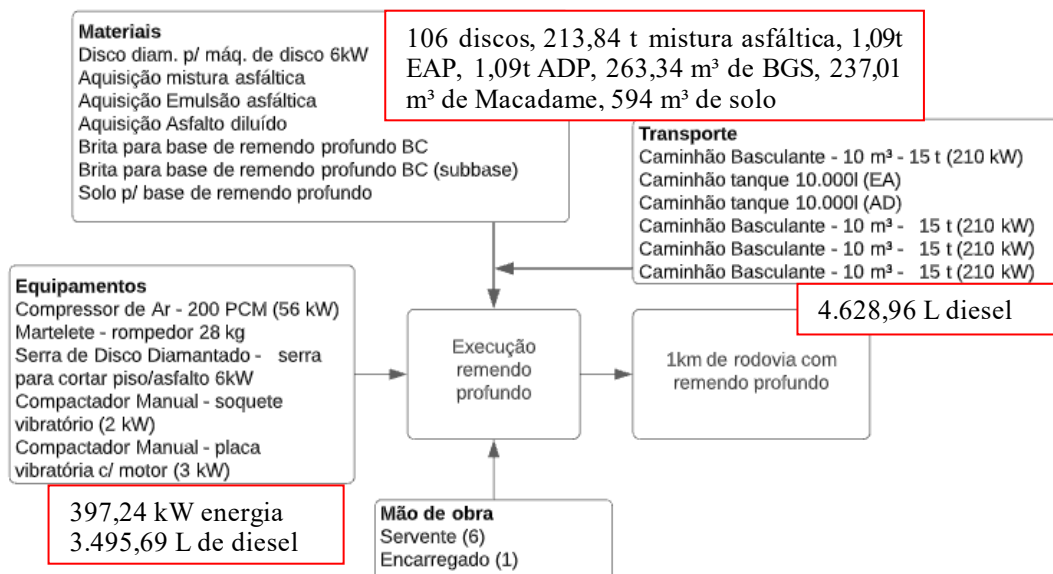
Antes de iniciar a reciclagem profunda com adição de cimento foi considerado execução de remendo profundo em 15% da extensão da rodovia analisada. Desconsiderou-se o remendo superficial neste tipo de intervenção pois a técnica de reciclagem profunda tritura o revestimento danificado e mistura com a camada de base do pavimento, não sendo necessário recompor sua capacidade de suporte. No remendo profundo foi mantida a recomposição de todas as camadas do pavimento, visto que é necessário manter a proporção de material de base e material de revestimento na mistura estabilizada com cimento.

A reciclagem profunda inicia com o espalhamento de material pétreo (15%) necessário para a adequação da granulometria, após o espalhamento do material aglomerante (3%), neste caso o cimento (CPII F32). Finalizada a distribuição dos materiais necessários para a adequação da mistura, efetua-se a reciclagem propriamente dita, com a adição de água para garantir a umidade ótima de compactação. Com a trituração da camada de revestimento, parte da camada de base e a mistura com os materiais adicionados, inicia a compactação da nova camada reciclada, garantindo o ganho de capacidade estrutural. Espessura de corte de 18 cm. Finalizada a camada reciclada, aplica-se o tratamento superficial simples com emulsão asfáltica polimérica e pedrisco. Passados 3 dias, libera-se o tráfego. Após o sétimo dia efetua-se a limpeza da superfície com vassoura mecânica, posterior aplica-se a imprimação com asfalto diluído e a pintura de ligação com emulsão asfáltica. Subsequente executa-se a camada antirreflexo de trincas (CA com 3 cm de espessura), aplica-se nova camada de pintura de ligação para possibilitar a aderência entre as camadas asfálticas, na sequência a última camada de revestimento com 5 cm de espessura, de forma a finalizar a reciclagem estrutural do pavimento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|--|------------|---------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.059,3 | m³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 213,8 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6.415,2 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,1 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 435,6 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,1 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 435,6 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 198,0 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13.068,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 178,2 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 11.226,6 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 594,0 | m³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4.455,0 | tkm |
| 5 S 02 993 10 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.620,0 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para reciclagem | 16.038,0 | tkm |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de cimento para reciclagem | 28.440,7 | tkm |
| 2 S 02 500 51 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9.000,0 | m² |
| Local | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 9,9 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3.960,0 | tkm |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 9.315,0 | tkm |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9.000,0 | m² |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 9,9 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.960,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9.000,0 | m² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 6.600,0 | m² |
| Local | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 17,2 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6.864,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 648,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 792,0 | t |
| Local | Aquisição agregados | 567,0 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 43.200,0 | tkm |
| Local | Cimento asfáltico com borracha – 5,5% | 79,2 | t |
| Local | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 31.680,0 | tkm |



1.2.1. Remendo profundo



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 264,8 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 264,8 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 176,6 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 441,4 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 264,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 882,8 |
| Servente | 6 | 5.296,5 |

Material

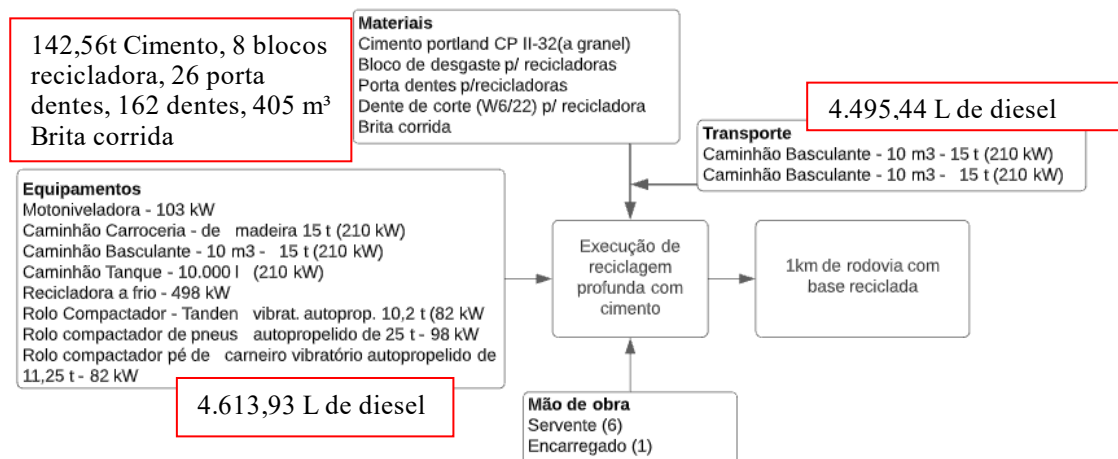
| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 106 | un |
| Aquisição mistura asfáltica | 213,8 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,1 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,1 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 198,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 178,2 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 594,0 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | tkm | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.415,2 | tkm | 25,8 |
| Caminhão tanque 10.0001 (EA) | 435,6 | tkm | 6,7 |
| Caminhão tanque 10.0001 (AD) | 435,6 | tkm | 6,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.068,0 | tkm | 34,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 11226,6 | tkm | 30,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4455 | tkm | 19,8 |

1.2.2. Reciclagem

Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de 3% de cimento e de brita comercial.



Equipamento

| Equipamentos | Quant. | Prod. | Horas trabalhadas |
|---|--------|-------|-------------------|
| Motoniveladora - 103 kW | 1 | 0,53 | 10,5 |
| Caminhão Carroceria - de madeira 15 t (210 kW) | 0,66 | 1 | 13,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 0,16 | 1 | 3,2 |
| Caminhão Tanque - 10.000 l (210 kW) | 2 | 0,95 | 37,5 |
| Recicladora a frio - 498 kW | 1 | 1 | 19,8 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,87 | 17,2 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,75 | 14,8 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,25 t - 82 kW | 3 | 0,88 | 52,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|---------------------------|------------|-------------------|
| Encarreg. de pavimentação | 1 | 19,8 |
| Servente | 6 | 118,5 |

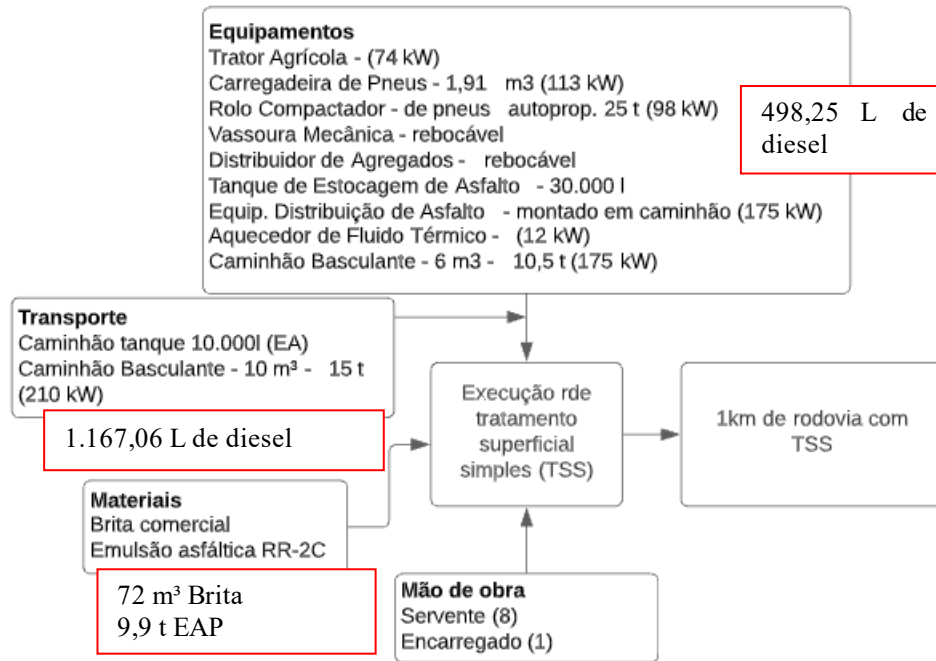
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|--------------------------------------|------------|---------|
| Cimento Portland CP II-32(a granel) | 142,6 | ton |
| Bloco de desgaste p/ recicladoras | 8 | Unidade |
| Porta dentes p/recicladoras | 26 | Unidade |
| Dente de corte (W6/22) p/ reciclador | 162 | Unidade |
| Brita corrida | 405,0 | m³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 374 | tkm | 42,88 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 16.038,0 | tkm | 76,04 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 28.440,7 | tkm | |

1.2.3. Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,28 | 2,6 |
| Carregadeira de Pneus - 1,91 m3 (113 kW) | 1 | 0,07 | 0,6 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 1 | 0,3 | 2,8 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,28 | 2,6 |
| Distribuidor de Agregados - rebocável | 1 | 0,21 | 1,9 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 18,6 |
| Equip. Distribuição de Asfalto - montado em caminhão (175 kW) | 1 | 1 | 9,3 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 9,3 |
| Caminhão Basculante - 6 m3 - 10,5 t (175 kW) | 0,34 | 1 | 3,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 9,3 |
| Servente | 8 | 74,6 |

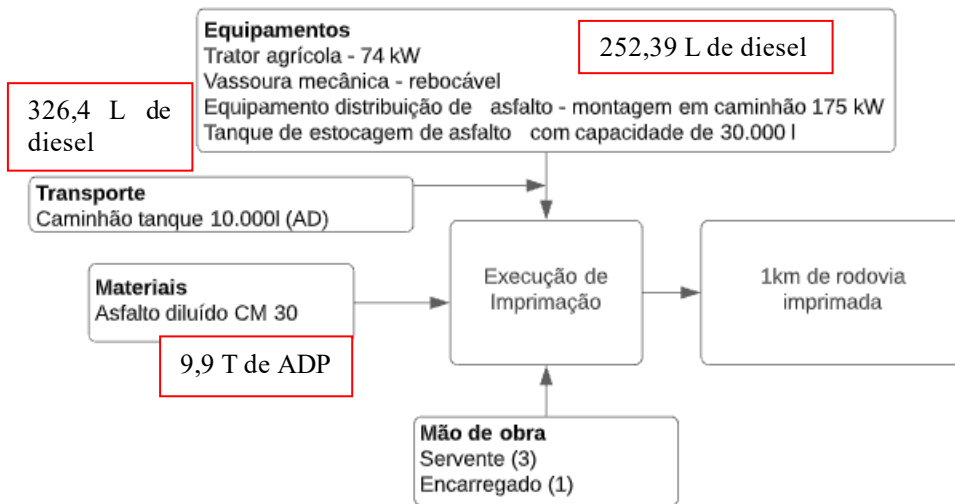
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Brita comercial | 72,0 | m³ |
| Emulsão asfáltica RR-2C | 9,9 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 3.960,0 | tkm | 6,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 9.315,0 | tkm | 24,9 |

1.2.4. Imprimação com asfalto diluído



Equipamentos

| Equipamentos | Quant. | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|--------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,33 | 2,6 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,33 | 2,6 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,0 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 16,0 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,0 |
| Servente | 3 | 24,0 |

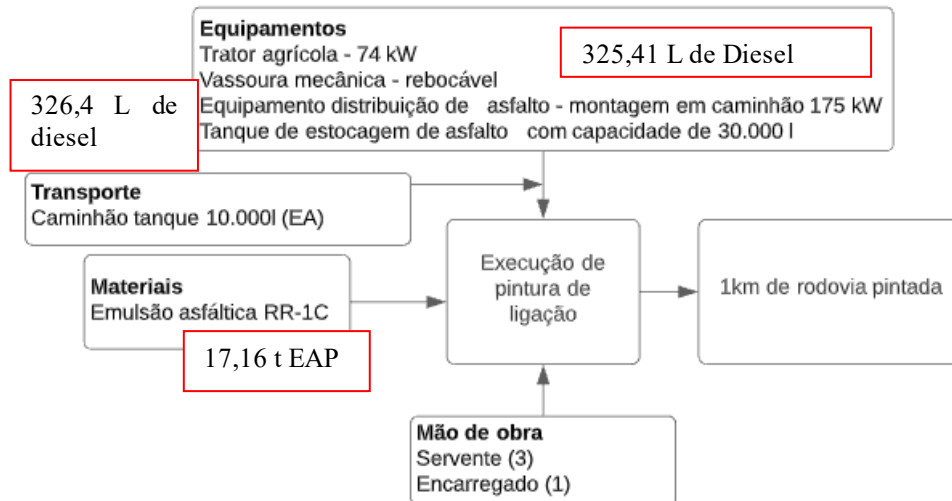
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------|------------|---------|
| Asfalto diluído CM 30 | 9,9 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 3.960,0 | tkm | 13,3 |

1.2.5. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant. | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|--------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 4,6 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 4,6 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 9,2 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 18,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 9,2 |
| Servente | 3 | 27,7 |

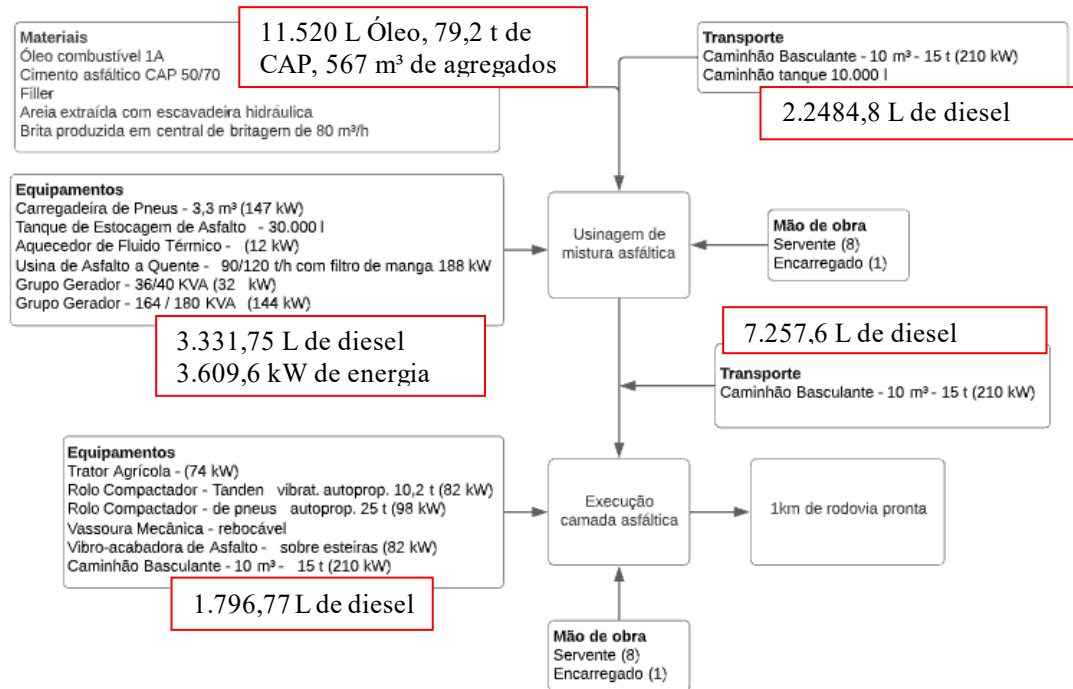
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 17,2 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 6.864,0 | tkm | 13,3 |

1.2.6. Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 5,0 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 38,4 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 19,2 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 19,2 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 19,2 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 19,2 |
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 4,6 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 10,8 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 11,1 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 4,6 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 15,6 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 29,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 19,2 |
| Servente | 8 | 153,6 |
| Encarregado de turma | 1 | 19,2 |
| Servente | 8 | 153,6 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 11.520,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 79,2 | t |
| Aquisição agregados | 567,0 | m ³ |
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.440,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 43.200,0 | tkm | 192,0 |
| Caminhão tanque 10.0001 (EA) | 31.680,0 | tkm | 93,3 |

1.3. REFORÇO ESTRUTURAL EM CONCRETO ASFÁLTICO COM ESPESSURA DE 10 CM.

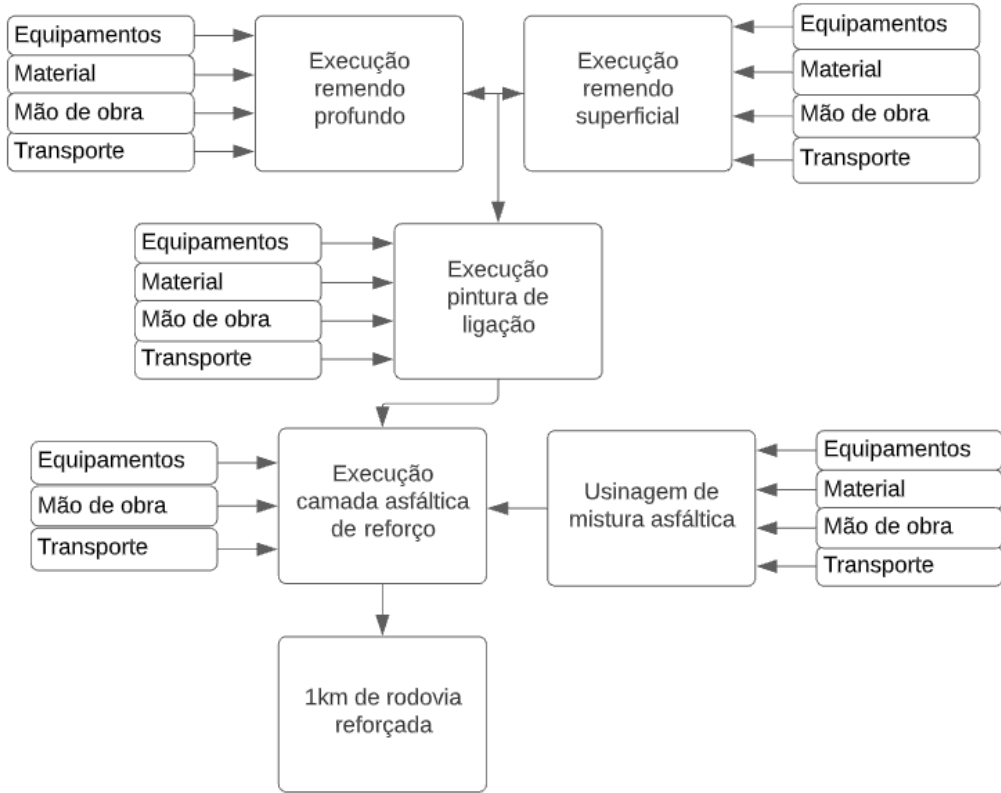
Com a finalidade de reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento, propõem-se a execução de uma camada de reforço estrutural, para isso, deve-se aplicar pintura de ligação em toda área das faixas de rolamento. Seguindo com a aplicação da camada de reforço com CA.

Vale salientar que para este procedimento é necessário efetuar remendos profundos e superficiais antes da execução do reforço estrutural. Foi considerado 20% da superfície com execução de remendo superficial e 15% com remendo profundo.

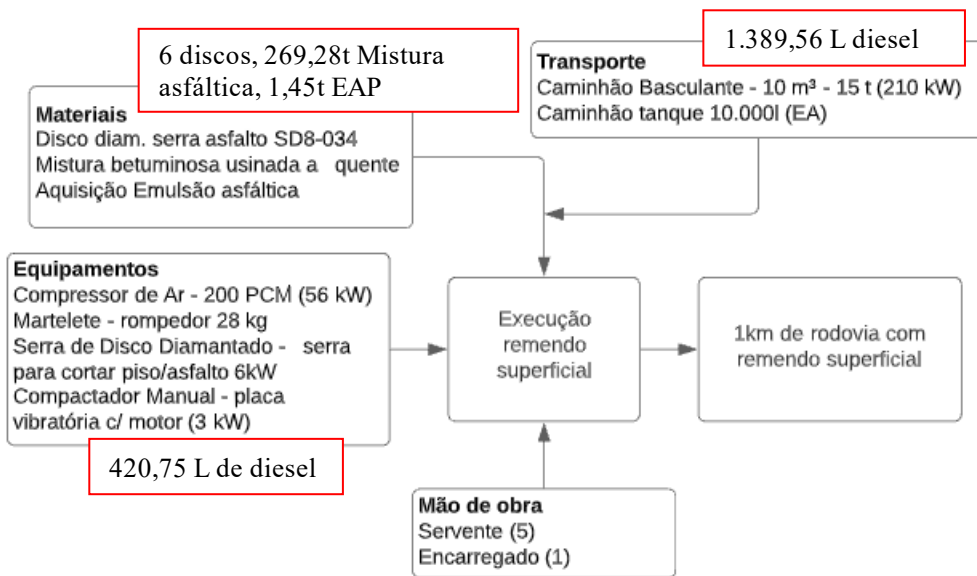
Para o acostamento a espessura do revestimento será de 5 cm enquanto nas faixas de rolamento 10 cm.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CA | 112,2 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 269,3 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 8.078,4 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,4 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.059,3 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 213,8 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6.415,2 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,1 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 435,6 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,1 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 435,6 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 198,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13.068,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 178,2 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 11.226,6 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 594,0 | m ³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4.455,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (acostamento) | 2.400,0 | m ² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (primeira camada) | 6.600,0 | m ² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Segunda camada) | 6.600,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 17,2 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6.864,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 288,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 792,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 792,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.872,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 56.160,0 | tkm |

| | | | |
|-------|--|----------|-----|
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 102,9 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 41.184,0 | tkm |



1.3.1. Reparo localizado



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 33,7 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 33,7 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,3 | 33,7 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 33,7 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 112,2 |
| Servente | 5 | 561,0 |

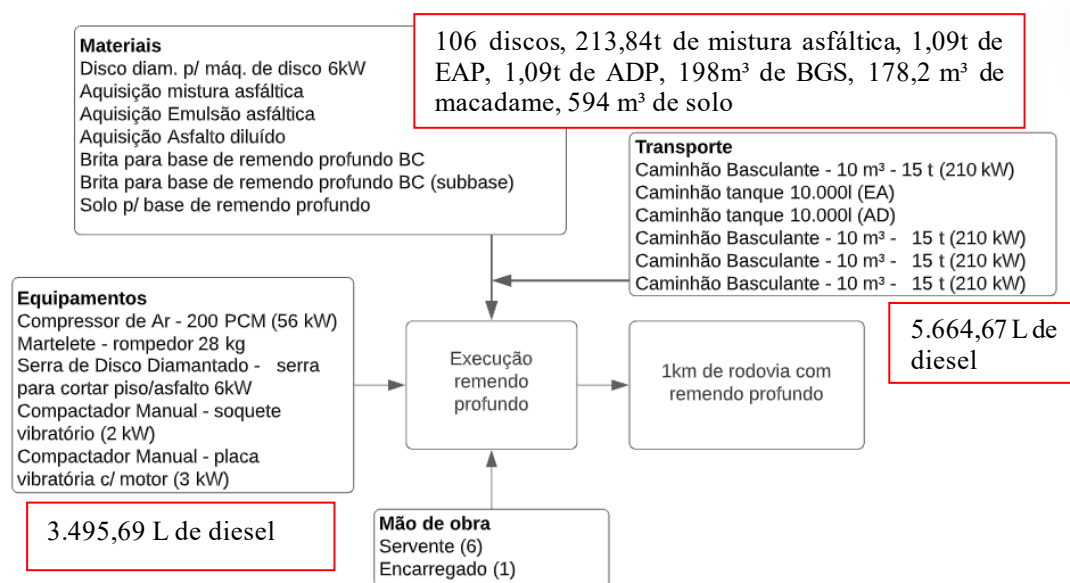
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------------------|------------|---------|
| Disco diam. serra asfalto SD8-034 | 6 | Un |
| Mistura betuminosa usinada a quente | 269,3 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 8.078,4 | tkm | 32,4 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 580,8 | tkm | 6,7 |

1.3.2. Reparo profundo



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 264,8 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 264,8 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 176,6 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 441,4 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 264,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 882,8 |
| Servente | 6 | 5.296,5 |

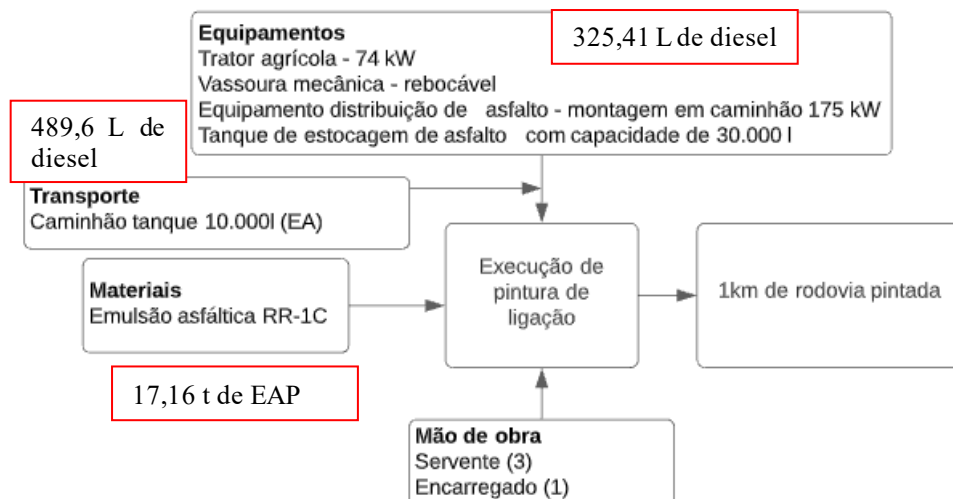
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 106 | Un |
| Aquisição mistura asfáltica | 213,8 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,1 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,1 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 198,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 178,2 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 594,0 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | tkm | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.415,2 | tkm | 973,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 435,6 | tkm | 163,2 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 435,6 | tkm | 163,2 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.068,0 | tkm | 1.983,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 11.226,6 | tkm | 1.704,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.455,0 | tkm | 676,3 |

1.3.3. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 4,6 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 4,6 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 9,2 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 18,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 9,2 |
| Servente | 3 | 27,7 |

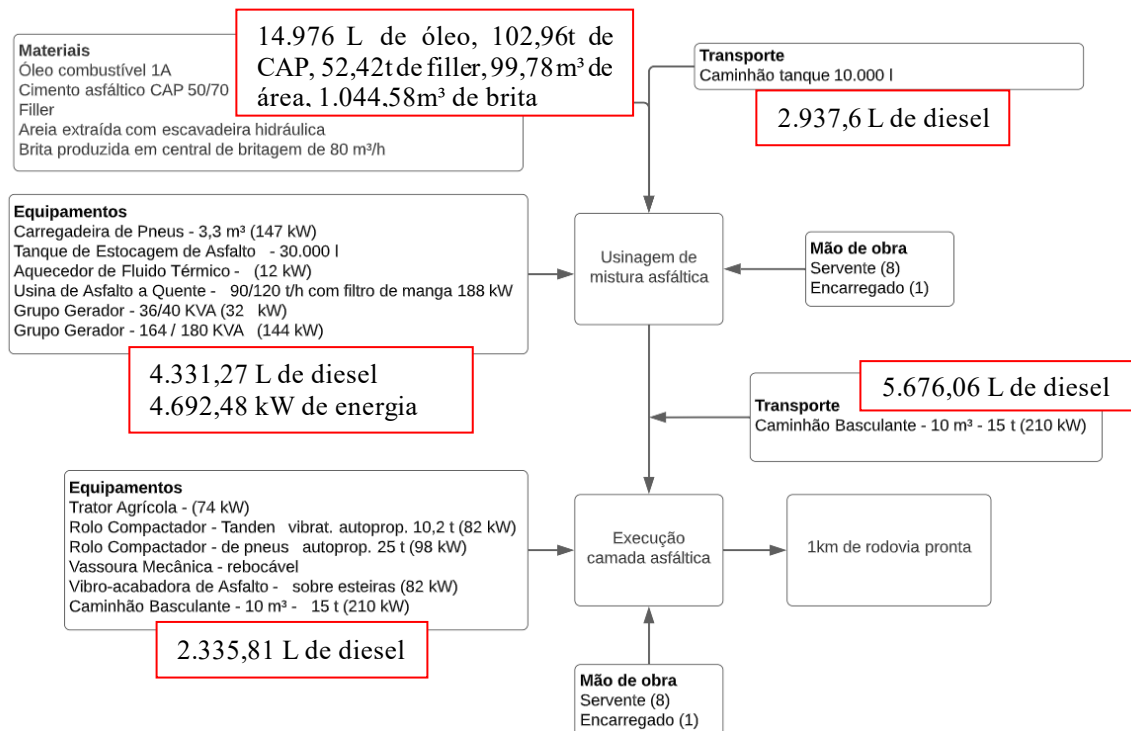
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 17,2 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 6.600,0 | tkm | 20,0 |

1.3.4. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 6,0 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 14,0 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 14,5 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 6,0 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 20,2 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 38,2 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 6,5 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 49,9 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 24,9 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 24,9 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 24,9 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 24,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 25,0 |
| Servente | 8 | 199,7 |
| Encarregado de turma | 1 | 25,0 |
| Servente | 8 | 199,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.872,0 | t |
| Óleo combustível 1A | 14.976,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 103,0 | t |
| Filler | 52.416,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 99,8 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 1.044,6 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 56.160,0 | tkm | 150,2 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP 50/70) | 41.184,0 | tkm | 120,0 |

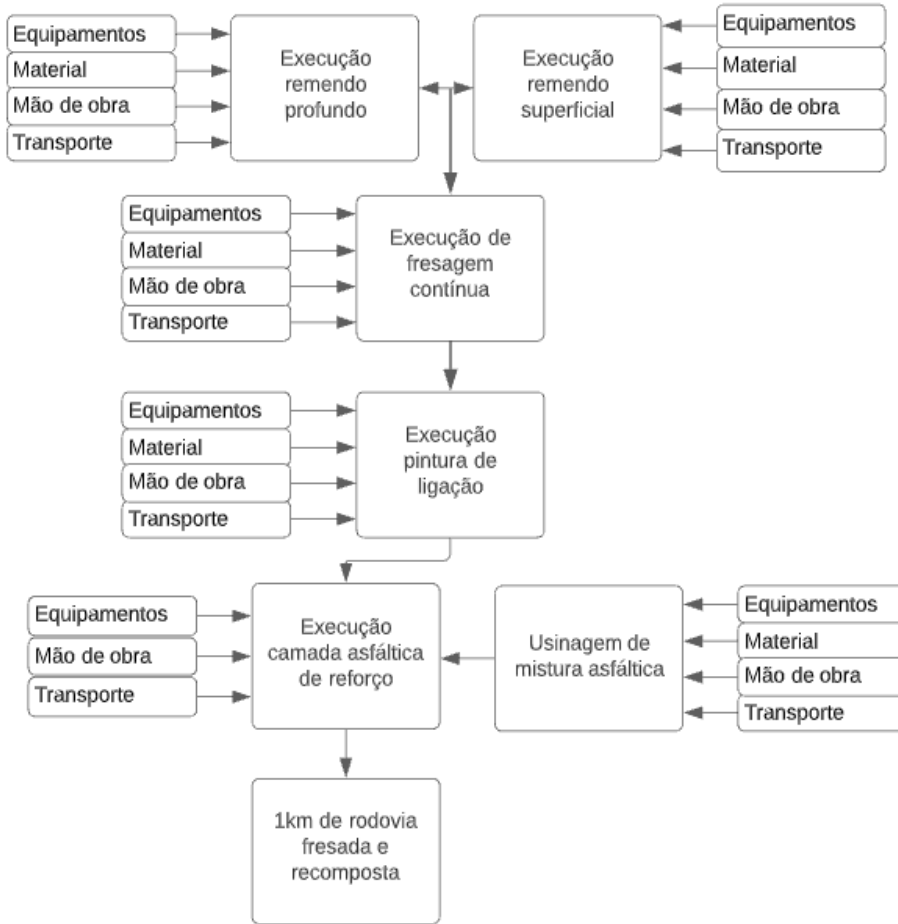
1.4. FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9 CM)

Como opção de restauração quando da adoção inicial de reforço da camada de revestimento, intercala-se com a fresagem contínua de 9 cm de espessura com recomposição de mesma espessura com mistura asfáltica.

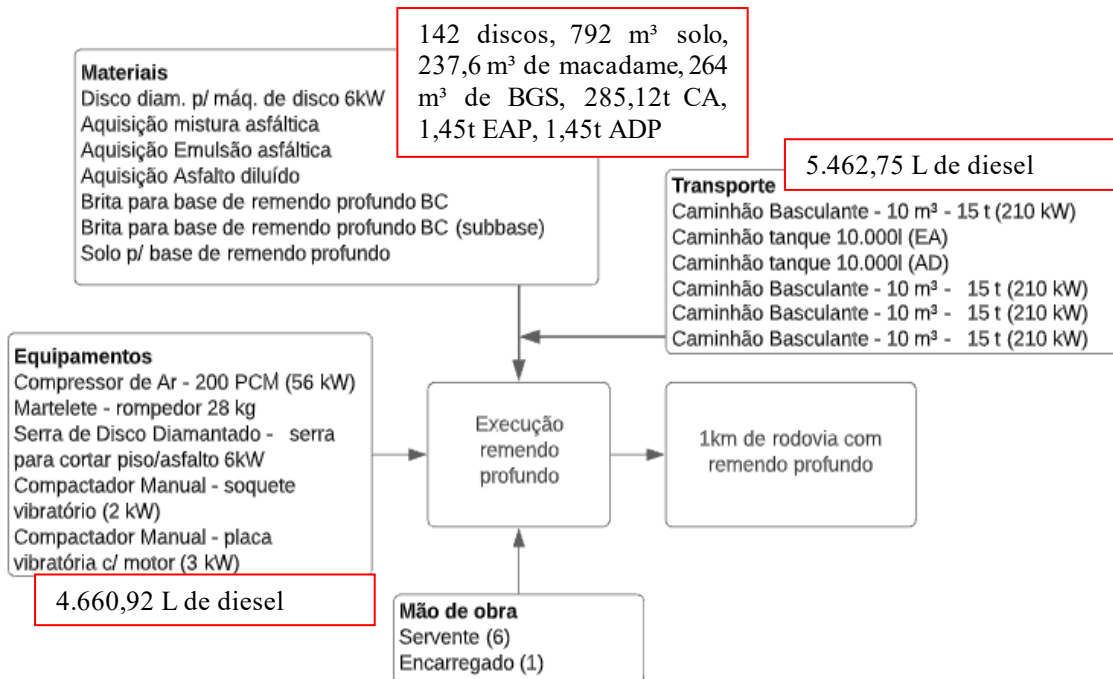
Para tanto inicia-se com a fresagem da camada de revestimento asfáltico. Nos locais onde há necessidade de execução de remendo profundo, efetua-se o serviço ao mesmo tempo, para tanto considerou-se 20% da área com necessidade de atuação nas camadas inferiores. Após a execução do remendo profundo e da fresagem da camada de revestimento, aplica-se a camada

de pintura de ligação (precedida por limpeza da superfície). Após a aplicação da pintura de ligação considerou-se a recomposição da camada de revestimento com 9 cm de espessura.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|---------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.412,4 | m³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 285,1 | t |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 8.553,6 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,4 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,4 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 580,8 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 264,0 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 17.424,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 237,6 | m³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 14.968,8 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 792,0 | m³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 5.940,0 | tkm |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 594,0 | m³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 7.128,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,3 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2.904,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.425,6 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.425,6 | t |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 42.768,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 78,4 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 31.363,2 | tkm |



1.4.1. Remendo profundo



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 353,1 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 353,1 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 235,4 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 588,5 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 353,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 1.177,0 |
| Servente | 6 | 7.062,0 |

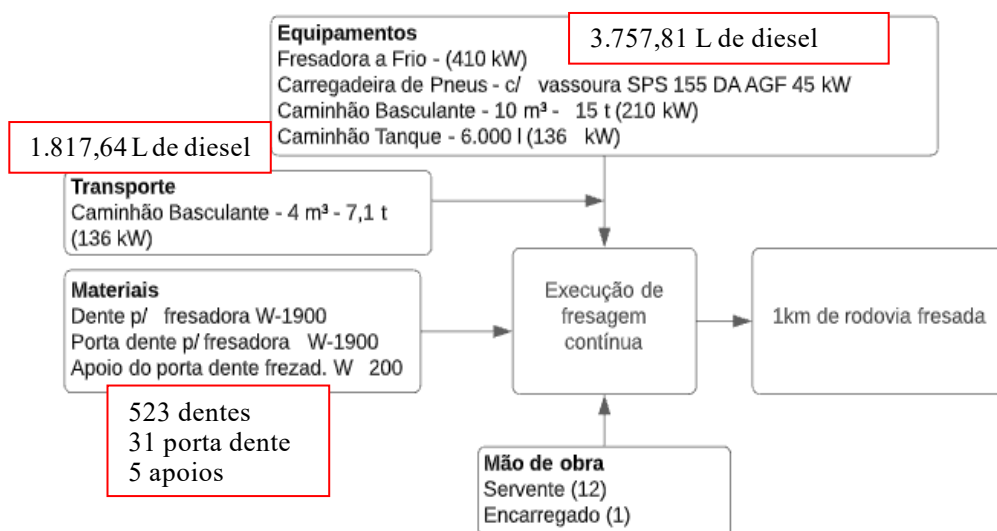
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 142,0 | Uni |
| Solo p/ base de remendo profundo | 792,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 237,6 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 264,0 | m ³ |
| Aquisição mistura asfáltica | 285,1 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,4 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 8.553,6 | tkm | 22,9 |
| Caminhão tanque 10.0001 (EA) | 580,8 | tkm | 6,7 |
| Caminhão tanque 10.0001 (AD) | 580,8 | tkm | 6,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 17.424,0 | tkm | 46,6 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 14.968,8 | tkm | 40,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 5.940,0 | tkm | 26,4 |

1.4.2. Fresagem contínua



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 29,7 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,5 | 14,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,08 | 1 | 32,1 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,24 | 7,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 29,7 |
| Servente | 8 | 237,6 |
| Servente | 4 | 297,0 |

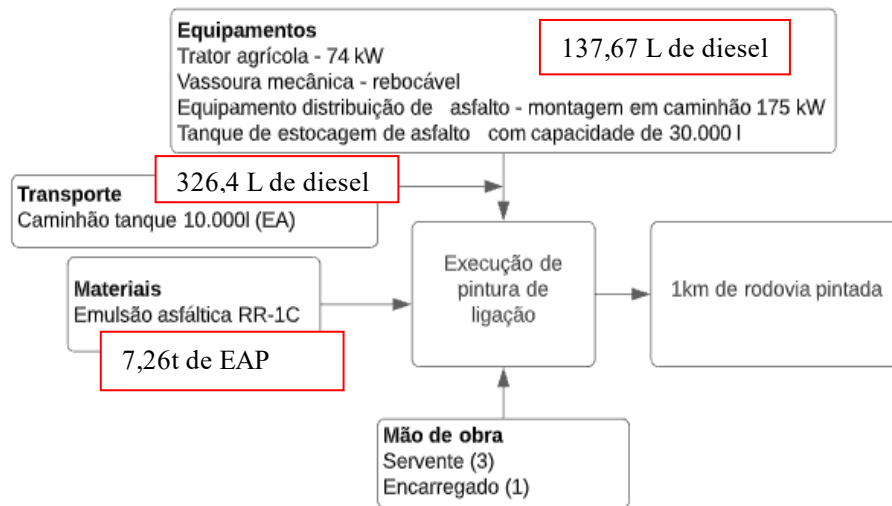
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 522,7 | Uni |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 30,6 | Uni |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 5,0 | Uni |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m ³ - 7,1 t (136 kW) | 7.128,0 | tkm | 74,2 |

1.4.3. Pintura de ligação



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 2,0 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 2,0 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 3,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 7,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 3,9 |
| Servente | 3 | 11,7 |

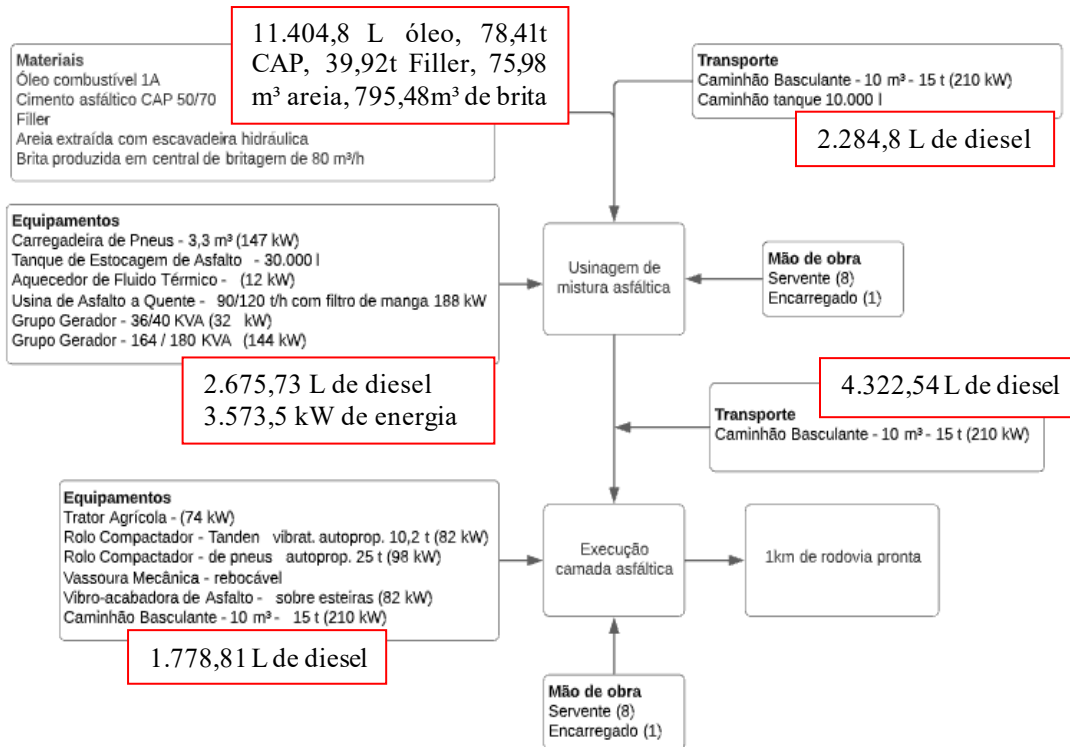
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 7,3 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2904,0 | tkm | 13,3 |

1.4.4. Revestimento Concreto asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 4,6 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 10,6 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 11,0 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 4,6 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 15,4 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 29,1 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 4,9 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 38,0 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 19,0 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 19,0 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 19,0 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 19,0 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 19,0 |
| Servente | 8 | 152,1 |
| Encarregado de turma | 1 | 19,0 |
| Servente | 8 | 152,1 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------------|------------|---------|
| Óleo combustível 1A | 11.404,8 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 78,4 | t |
| Filler | 39.916,8 | kg |

| | | |
|--|-------|----------------|
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 76,0 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 795,5 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 42.768,0 | tkm | 114,5 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 31.363,2 | tkm | 93,3 |

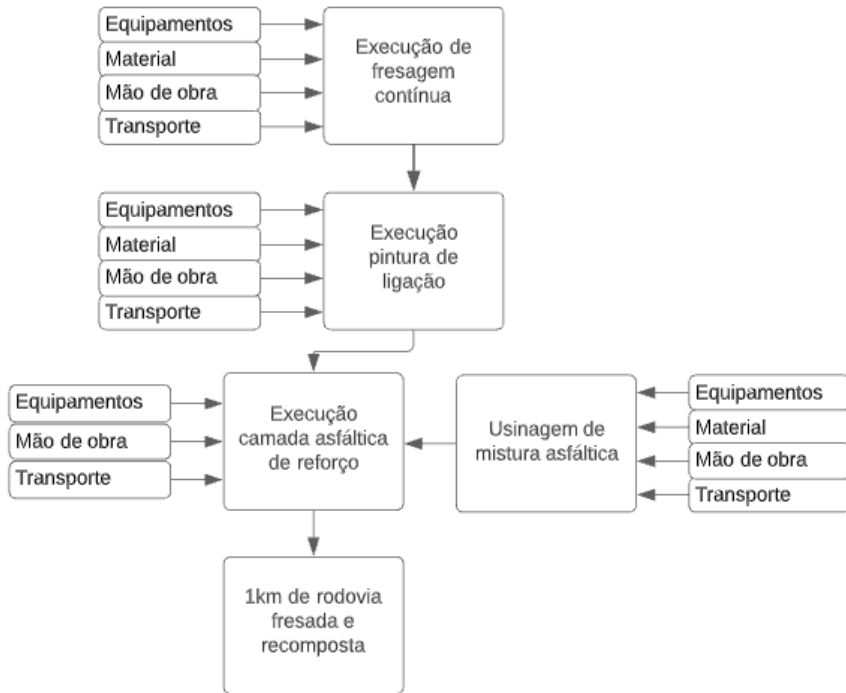
1.5. FRESAGEM CONTÍNUA (7,5 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (7,5CM)

A reciclagem profunda com adição de cimento proporciona melhor desempenho estrutural ao pavimento, elevando a vida útil do mesmo. Porém esta camada estabilizada encontra-se na base do pavimento, sobre ela é executada uma camada de revestimento flexível, normalmente com CAP borracha ou modificado. Portanto esta camada superficial apresenta desempenho inferior à camada de base.

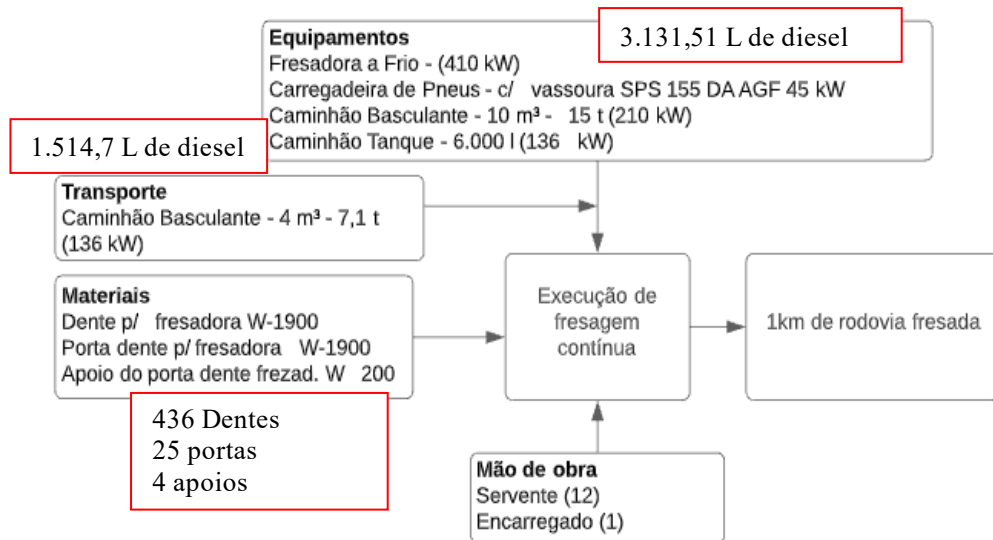
Para garantir a qualidade da estrutura quando executada com reciclagem profunda, adotou-se a execução de fresagem contínua de 7,5 cm de espessura com a recomposição da camada.

No caso da reciclagem não é recomendada efetuar remendo profundo, para tanto considerou-se apenas a fresagem com recomposição.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 495,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 5.940,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 6.600,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,3 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2.904,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.188,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.188,0 | t |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 35.640,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 65,3 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 26.136,0 | tkm |



1.5.1. Fresagem contínua do revestimento



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 24,8 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,5 | 12,4 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 1,08 | 1 | 26,7 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,24 | 5,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 24,8 |
| Servente | 8 | 198,0 |
| Servente | 4 | 247,5 |

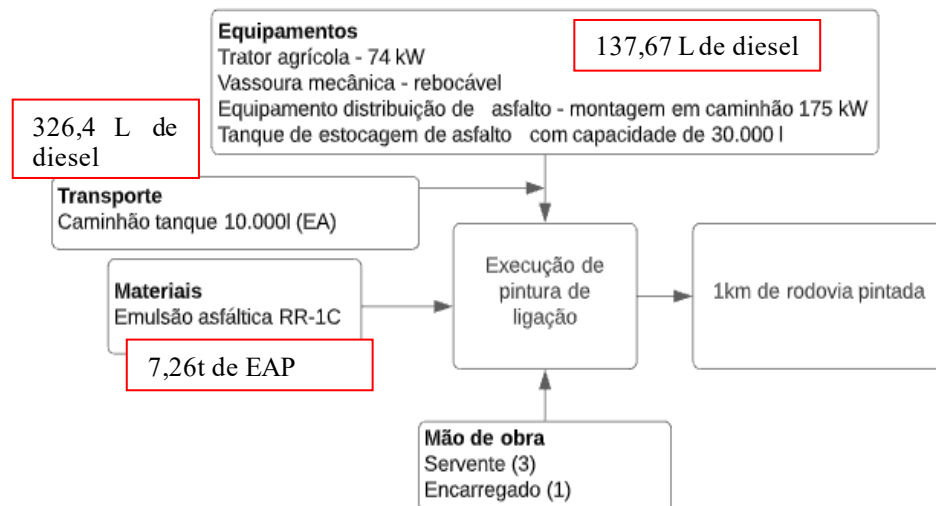
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 436 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 25 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 4 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas Trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 5.940,0 | tkm | 61,9 |

1.5.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 2,0 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 2,0 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 3,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 7,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 3,9 |
| Servente | 3 | 11,7 |

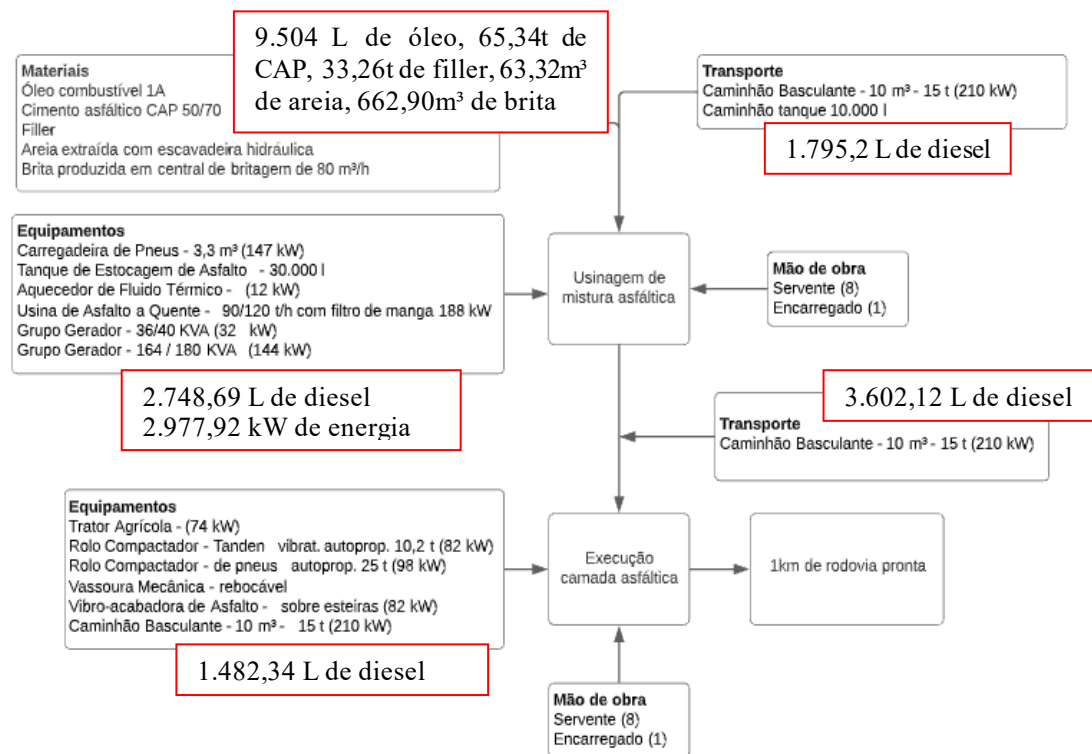
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 7,3 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2.904,0 | tkm | 13,3 |

1.5.3. Revestimento Concreto asfáltico



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 3,8 |
| Rolo Compactador - Tanden vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 8,9 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 9,2 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 3,8 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 12,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 24,2 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 4,1 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 31,7 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 15,8 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 15,8 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 15,8 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 15,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 15,8 |
| Servente | 8 | 126,7 |
| Encarregado de turma | 1 | 15,8 |
| Servente | 8 | 126,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 9.504,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 65,3 | t |
| Filler | 33.264,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 63,3 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 662,9 | m ³ |

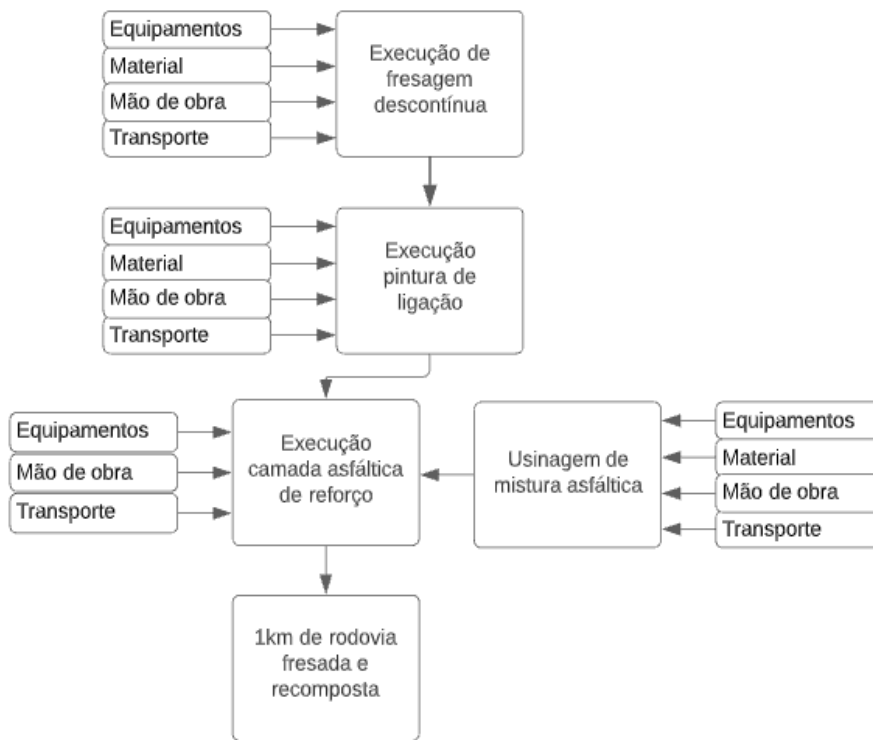
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 35.640,0 | tkm | 95,3 |
| Caminhão tanque 10.0001 (CAP) | 26.136,0 | tkm | 73,3 |

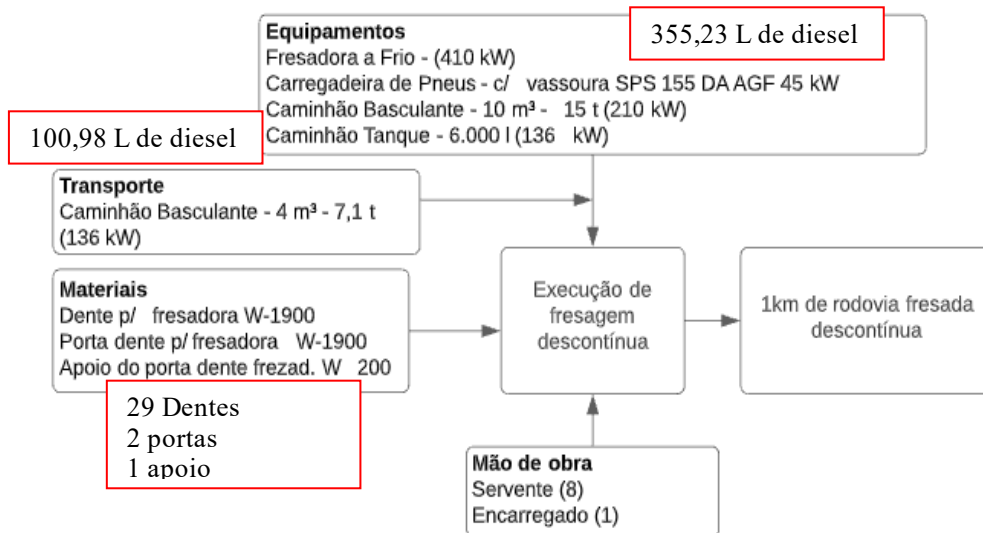
1.6. FD+RC: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM)

O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (10% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento.

| | | | |
|---------------|---|---------|----------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 33,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 396,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 660,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 79,2 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA (capa de rolamento) | 79,2 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2.376,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,4 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 1.742,4 | tkm |



1.6.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 3,0 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,28 | 0,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,04 | 1 | 3,1 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,13 | 0,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 3,0 |
| Servente | 8 | 24,0 |

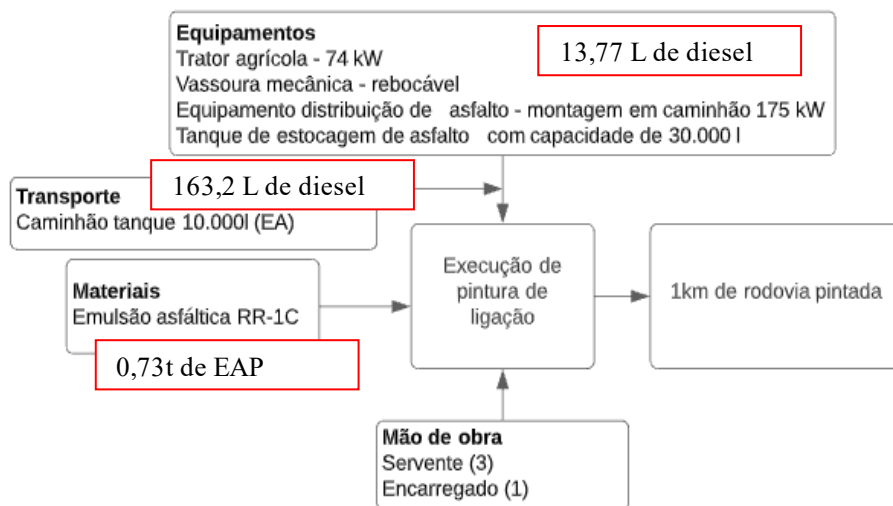
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 29 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 2 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 396,0 | tkm | 4,1 |

1.6.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 0,4 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 0,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 0,4 |
| Servente | 3 | 1,2 |

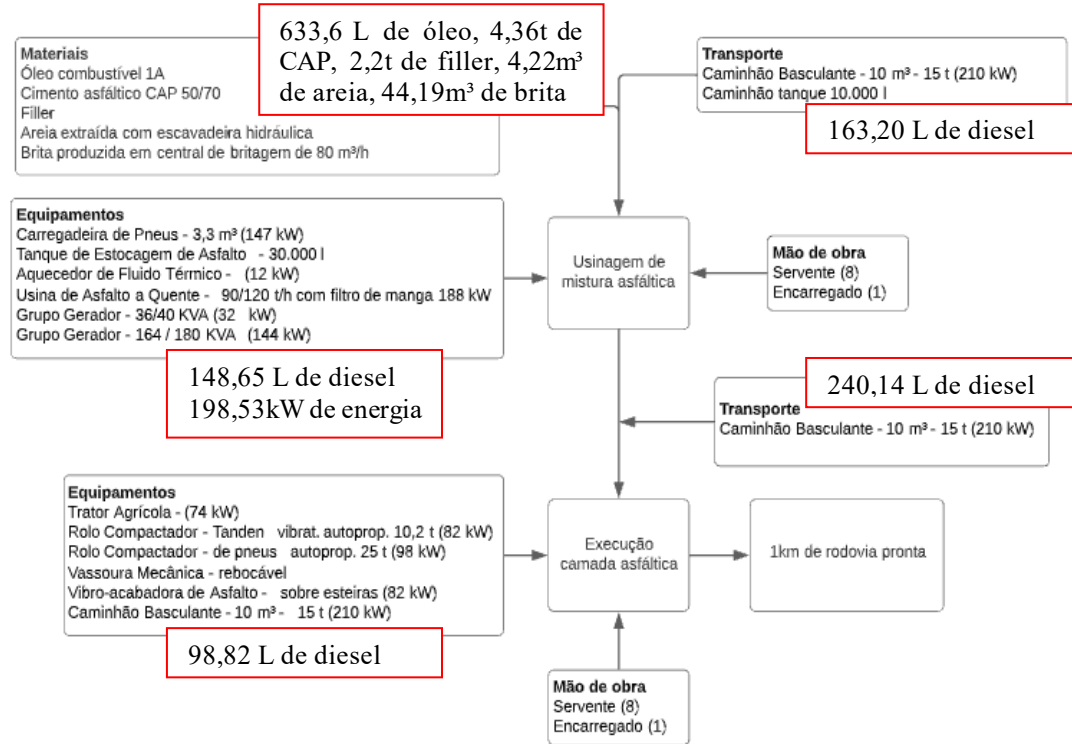
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 0,7 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 290,4 | tkm | 6,7 |

1.6.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 0,2 |
| Rolo Compactador - Tanden vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 0,6 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 0,6 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 0,2 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 0,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 1,6 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 0,3 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 2,1 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 1,1 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 1,1 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 1,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 1,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 1,1 |
| Servente | 8 | 8,4 |
| Encarregado de turma | 1 | 1,1 |
| Servente | 8 | 8,4 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 79,2 | t |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 4,4 | t |
| Óleo combustível 1A | 633,6 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 4,4 | t |
| Filler | 2.217,6 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 4,2 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 44,2 | m ³ |

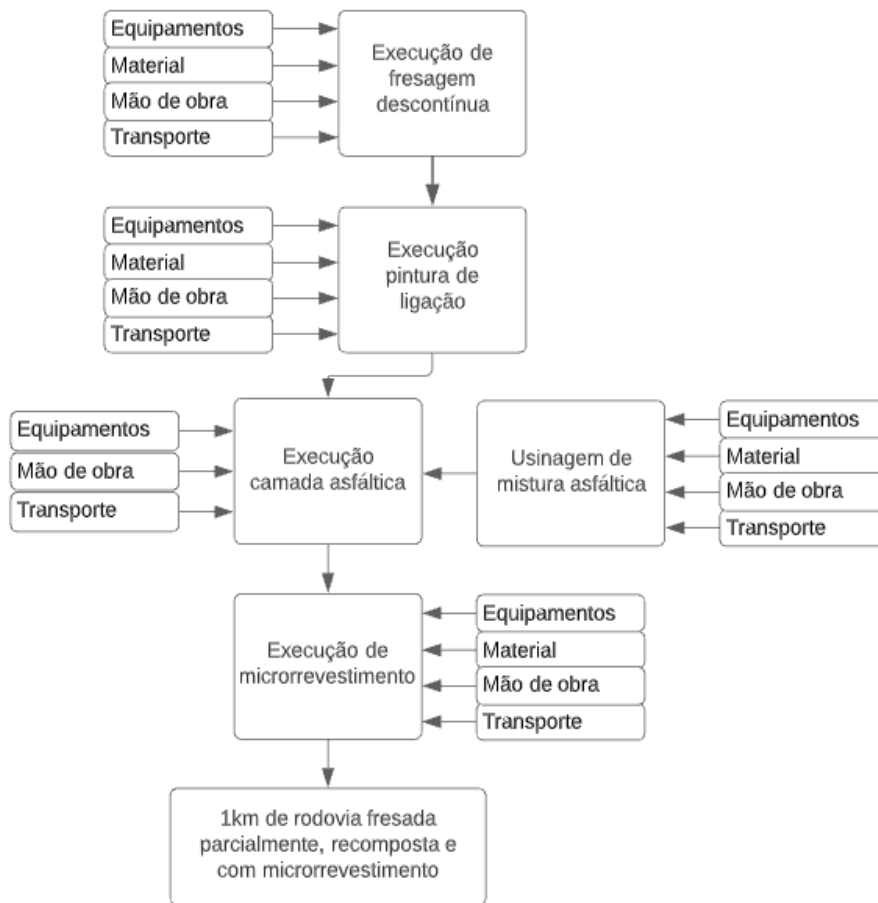
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 2.376,0 | tkm | 6,4 |
| Caminhão tanque 10.0001 (CAP) | 1.742,4 | tkm | 6,7 |

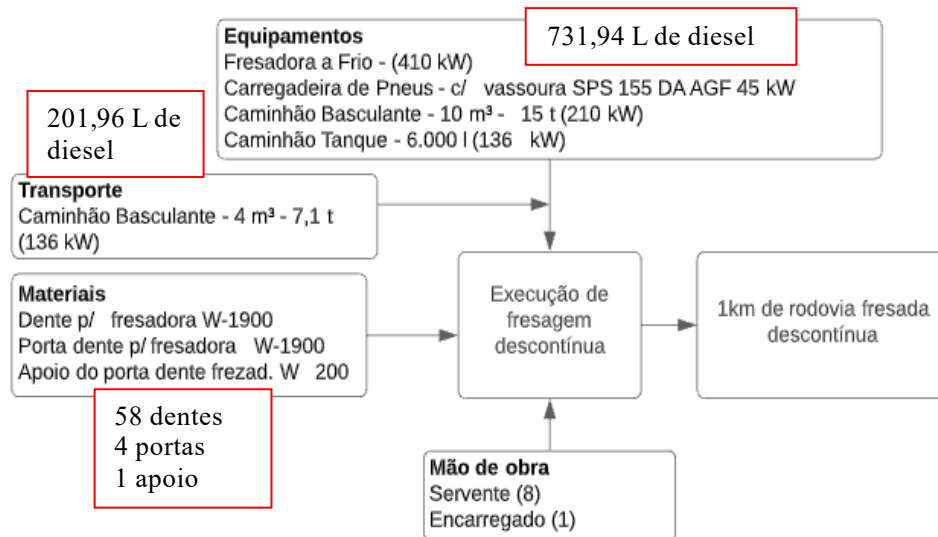
1.7. FD+RC+M: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM) MAIS MICRORREVESTIMENTO

O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (20% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento. Com a finalização do preenchimento do revestimento nos locais fresados, considerou a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a faixa de rolamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 66,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 792,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 1.320,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,4 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,4 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA (capa de rolamento) | 158,4 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.752,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,7 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 3.484,8 | tkm |
| 5 S 02 511 52 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 6.600,0 | m ² |
| 3 S 09 002 06 | Transporte agregado | 6.831,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 7,3 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 2.904,0 | tkm |



1.7.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 6,0 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,28 | 1,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 1,04 | 1 | 6,2 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,13 | 0,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 6,0 |
| Servente | 8 | 48,0 |

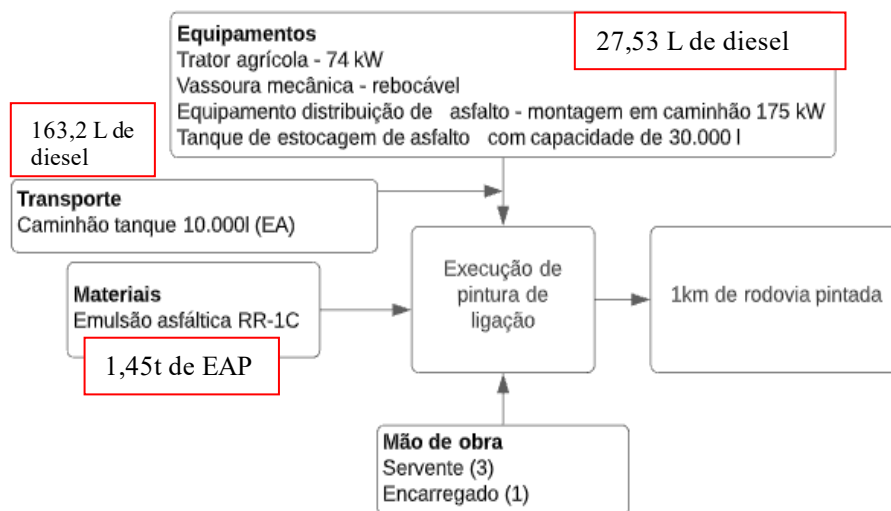
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 58 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 4 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 792,0 | tkm | 8,2 |

1.7.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 0,4 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 0,4 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 0,8 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 1,6 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 0,8 |
| Servente | 3 | 2,3 |

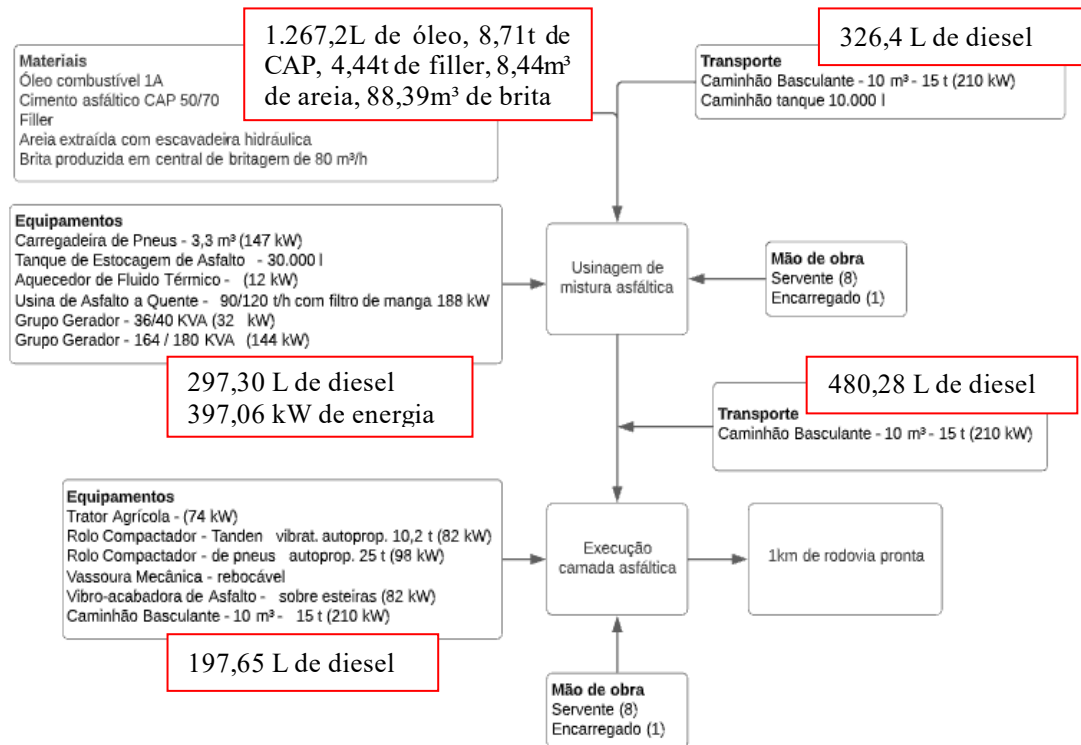
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 1,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 580,8 | tkm | 6,7 |

1.7.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 0,5 |
| Rolo Compactador - Tanden vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 1,2 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 1,2 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 0,5 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 1,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 3,2 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 0,6 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 4,2 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 2,1 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 2,1 |

| | | | |
|--|---|---|-----|
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 2,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 2,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 2,1 |
| Servente | 8 | 16,9 |
| Encarregado de turma | 1 | 2,1 |
| Servente | 8 | 16,9 |

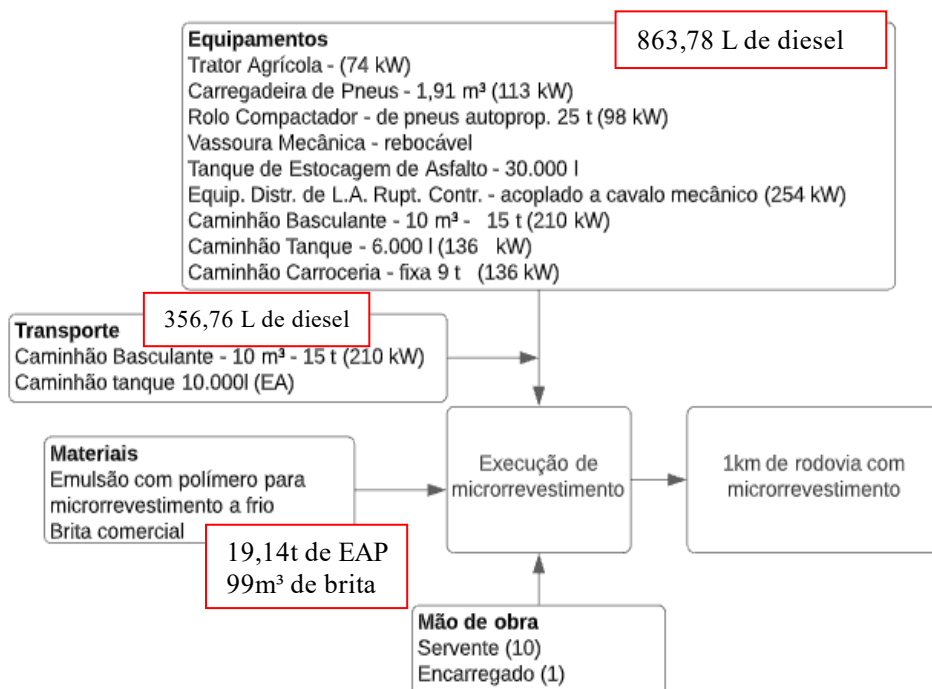
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 1.267,2 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 8,7 | t |
| Filler | 4.435,2 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 8,4 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 88,4 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.752,0 | tkm | 12,7 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 3.484,8 | tkm | 13,3 |

1.7.4. Microrrevestimento a frio com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|--|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,19 | 2,1 |
| Carregadeira de Pneus - 1,91 m ³ (113 kW) | 1 | 0,08 | 0,9 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 1 | 0,62 | 6,8 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,19 | 2,1 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 22,0 |
| Equip. Distr. de L.A. Rupt. Contr. - acoplado a cavalo mecânico (254 kW) | 1 | 1 | 11,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 0,07 | 1 | 0,8 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,3 | 3,3 |
| Caminhão Carroceria - fixa 9 t (136 kW) | 1 | 0,3 | 3,3 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 11,0 |
| Servente | 10 | 110,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Emulsão com polímero para microrrevestimento a frio | 19,1 | t |
| Brita comercial | 99,0 | m ³ |

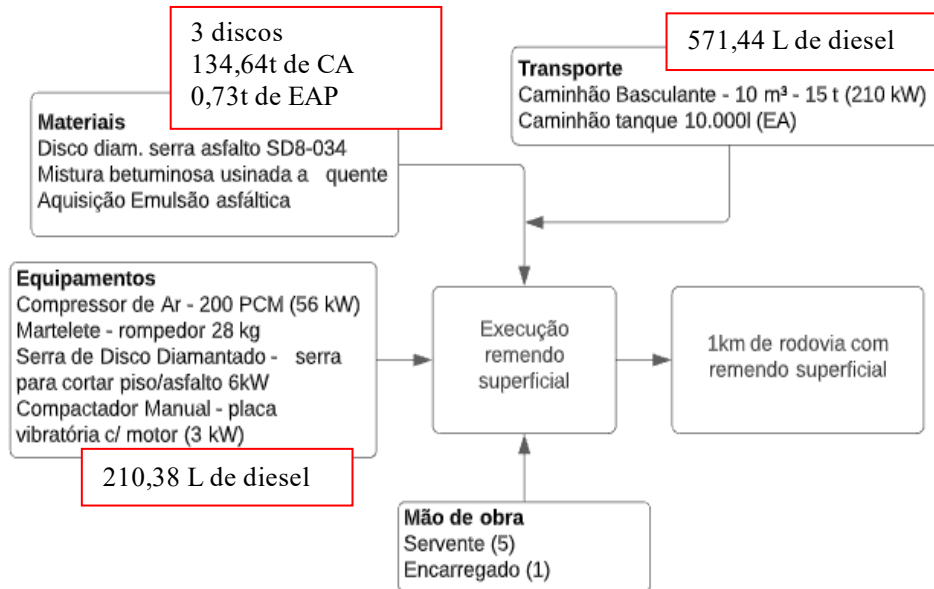
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.831,0 | tkm | 225,0 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2.904,0 | tkm | 13,3 |

1.8. RS: REPARO SUPERFICIAL

Considerou-se 10% de remendo superficial. A espessura cortada é igual a espessura da camada de rolamento. Após o corte e retirada da camada de rolamento, considerou-se a limpeza, pintura de ligação e novo revestimento em CA.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CA | 56,1 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 134,6 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.039,2 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 16,8 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 16,8 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,3 | 16,8 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 16,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 56,1 |
| Servente | 5 | 280,5 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------------------|------------|---------|
| Disco diam. serra asfalto SD8-034 | 3 | Uni |
| Aquisição mistura asfáltica | 134,6 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |

Transporte

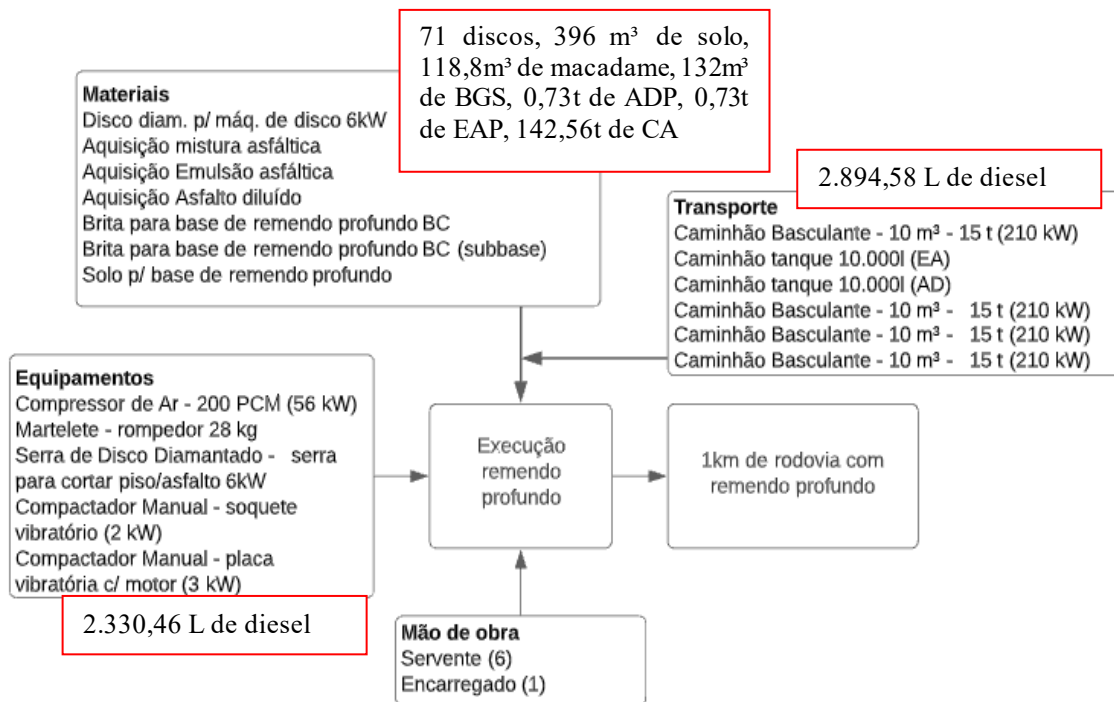
| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 4.039,2 | tkm | 10,8 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 290,4 | tkm | 6,7 |

1.9. RP: REPARO PROFUNDO

Considerou-se 10% da área do pavimento para a execução de remendos profundos. Para este serviço retira-se as camadas de Revestimento, base, sub-base e parte do subleito, de forma a reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento.

Após a retirada, deve-se efetuar a recomposição com material similar executando a compactação em camadas.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|---------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 706,2 | m³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 142,6 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.276,8 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 0,7 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 290,4 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 132,0 | m³ |
| Local | Transporte de brita para base | 8.712,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 118,8 | m³ |
| Local | Transporte de brita para sub-base | 7.484,4 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 396,0 | m³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 2.970,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 176,6 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 176,6 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 117,7 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 294,2 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 176,6 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 588,5 |
| Servente | 6 | 3.531,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 71 | Unidade |
| Solo p/ base de remendo profundo | 396,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 118,8 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 132,0 | m ³ |
| Aquisição Asfalto diluído | 0,7 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |
| Aquisição mistura asfáltica | 142,6 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 2.970,0 | tkm | 13,2 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 7.484,4 | tkm | 20,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 8.712,0 | tkm | 23,3 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 290,4 | tkm | 6,7 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 290,4 | tkm | 6,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 4.276,8 | tkm | 11,4 |

2. SC 114 P/SJ

2.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS E IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA

A rodovia SC 114, trecho Paineira à São Joaquim foi construída na década de 80, com tráfego sendo liberado entre 1980 e 1984. As informações foram coletadas na dissertação de mestrado desenvolvida por Allan Monteiro Silva intitulada “Avaliação do desempenho mecânico de misturas asfálticas projetadas com CAP HiMA e CAP 60/85 e aplicadas na restauração de um trecho da rodovia SC-114” e no projeto de reabilitação desenvolvido pelo Deinfra em parceria com a Empresa Engevix Engenharia S/A.

Possui duas faixas de rolamento com 3,5 metros de largura cada, acostamento nas duas laterais com 1,5 metros. Para a modelagem das etapas construtivas e a quantificação foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de sub-base com espessura média de 19 cm em macadame, uma camada de base com espessura média de 17 cm em BGS e uma camada de revestimento com 5 cm em CA.

Durante o processo de estudo para o projeto de restauração, obteve-se em campo a estrutura e materiais apresentados no Quadro 1.

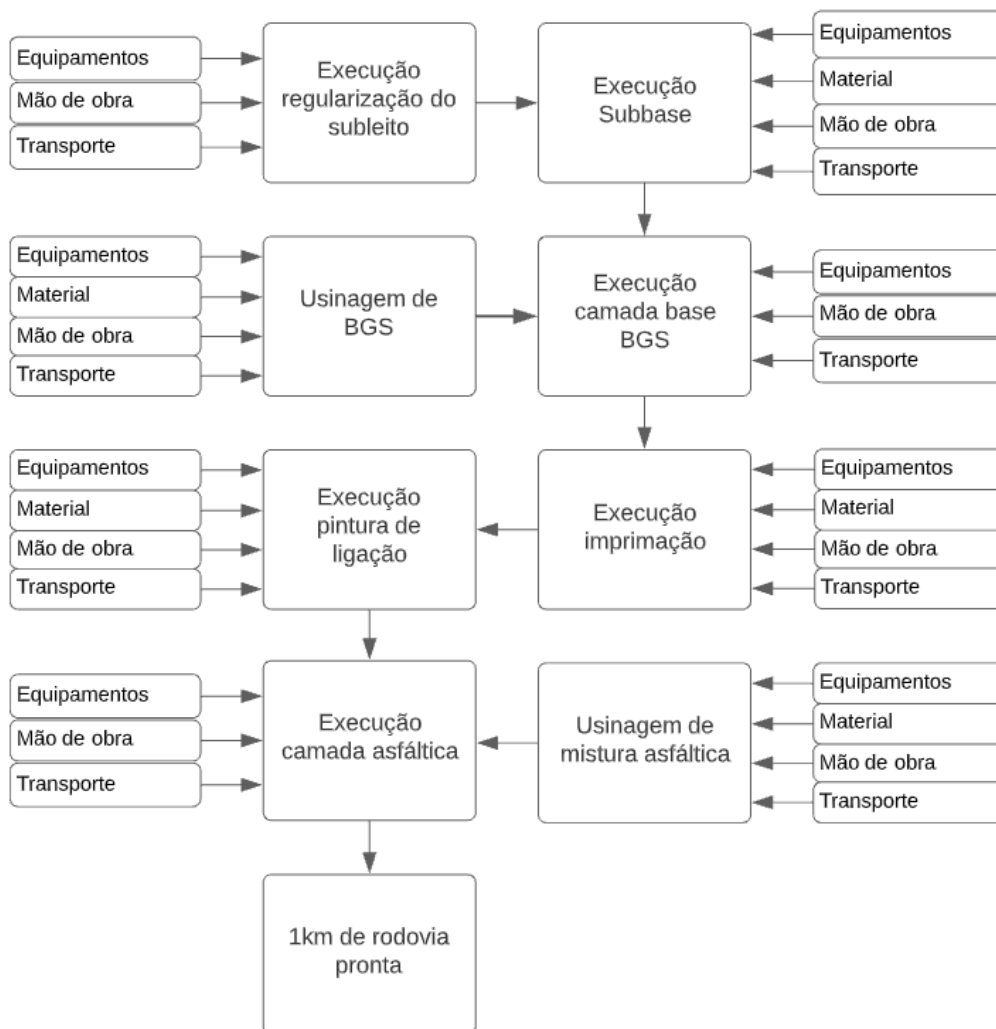
Quadro 84: Estrutura obtida no estudo para projeto de restauração

| Camada | Revestimento | Base | Sub-base |
|----------|--------------|------|----------|
| Material | CA | BGS | Macadame |
| Média | 5 | 17 | 19 |

Em alguns pontos o revestimento chegou à 8 cm, devido intervenções que ocorreram ao longo do tempo. Entre os anos de 1980/1984 e 2017 nenhuma restauração foi executada, apenas serviços rotineiros de conservação.

A unidade funcional adotada para comparação das metodologias foi de 1 quilômetro de extensão de via pronta/restaurada.

Diante do relatado, adotou-se para a modelagem de construção da estrutura as seguintes considerações.

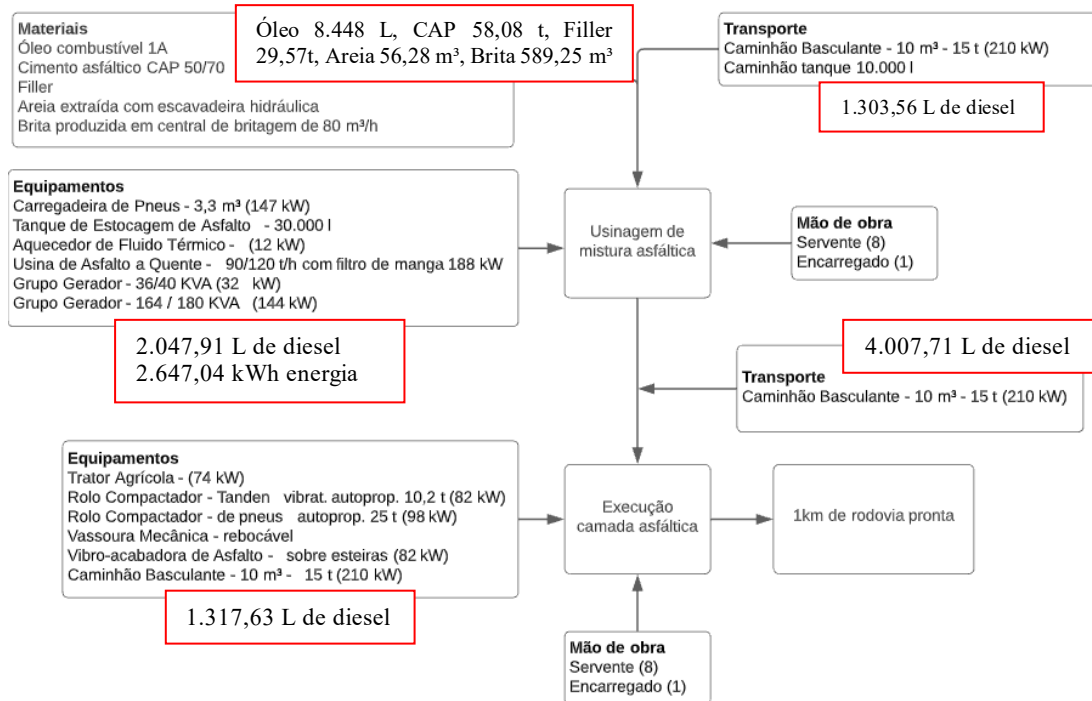


2.1.1. Revestimento em Concreto Asfáltico com espessura de 5 cm

O acostamento executado com 3 cm de massa fina e a camada de rolamento com 6 cm de espessura. Densidade da mistura de 2,4 t/m³, com DMT de 355 km (refinaria Canoas/RS) para o ligante asfáltico e 25km para a mistura asfáltica (usina localizada entre os municípios de Painel e São Joaquim/SC). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h. A quantidade de material e de transporte está apresentado no quadro abaixo.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|---------|
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 216,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840,0 | t |
| Local | Aquisição agregados | 997,9 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 26.400,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 58,1 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 20.618,4 | tkm |

Considerando as composições unitárias de cada serviço, disponíveis no sistema de custos do DNIT (SICRO), referente ao ano de 2014. No fluxograma é possível identificar a quantidade de materiais, equipamentos, mão de obra e transporte para executar a etapa de revestimento.



Equipamentos

Foram considerados os equipamentos para a produção da massa asfáltica, com a descrição de cada um e a conversão em horas trabalhadas, o que possibilitou encontrar o consumo total necessário de combustível.

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 3,7 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 28,2 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 14,1 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 14,1 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 14,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 14,1 |

Para execução da camada asfáltica em campo a composição de equipamentos está detalhada no quadro.

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 3,4 |
| Rolo Compactador - Tanden vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 7,9 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 8,2 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 3,4 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 11,4 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 21,5 |

Mão de obra

Foi considerada mão de obra para a produção da massa asfáltica.

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 14,1 |
| Servente | 8 | 112,6 |

Para execução da camada asfáltica em campo é necessário a mesma equipe utilizada na produção da massa asfáltica.

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 14,1 |
| Servente | 8 | 112,6 |

Material

Os materiais necessários para a execução completa da camada de revestimento asfáltico, desde agregados, ligantes e usinagem da mistura, estão relacionados no quadro.

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.056,0 | t |
| Aquisição agregados | 997,9 | t |
| Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 58,1 | t |
| Óleo combustível 1A | 8.448,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 58,1 | t |
| Filler | 29.568,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 56,3 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 589,3 | m ³ |

Para o material mistura asfáltica, considerou-se separadamente os agregados e o ligante, adotando teor de ligante de 5,5%, com densidade de 2,4 t/m³.

Transporte

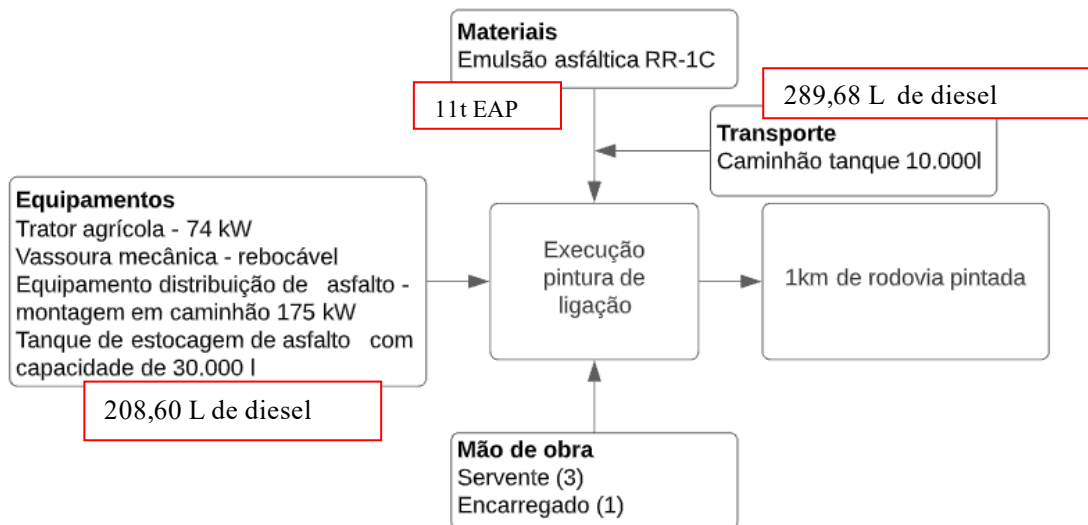
Para o transporte de agregados e da mistura asfáltica foi utilizado caminhão basculante, por outro lado para o transporte de ligante asfáltico, foi utilizado caminhão tanque.

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 26.400,0 | tkm | 106,0 |
| Caminhão tanque de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 20.618,4 | tkm | 53,3 |

2.1.2. Pintura de ligação com emulsão asfáltica

A pintura de ligação foi considerada em uma camada, sendo entre a camada de imprimação e a de revestimento. Considerou-se as faixas de rolamento e os acostamentos. Considerando taxa de aplicação 1,1 L/m², densidade de 1 t/m³ e DMT de 355 km (refinaria de Canoas/RS). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h. O quadro abaixo apresenta a quantidade de cada etapa.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 10.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 11,0 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3.905,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 2,9 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 2,9 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 5,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 11,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 5,9 |
| Servente | 3 | 17,8 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 11,0 | t |

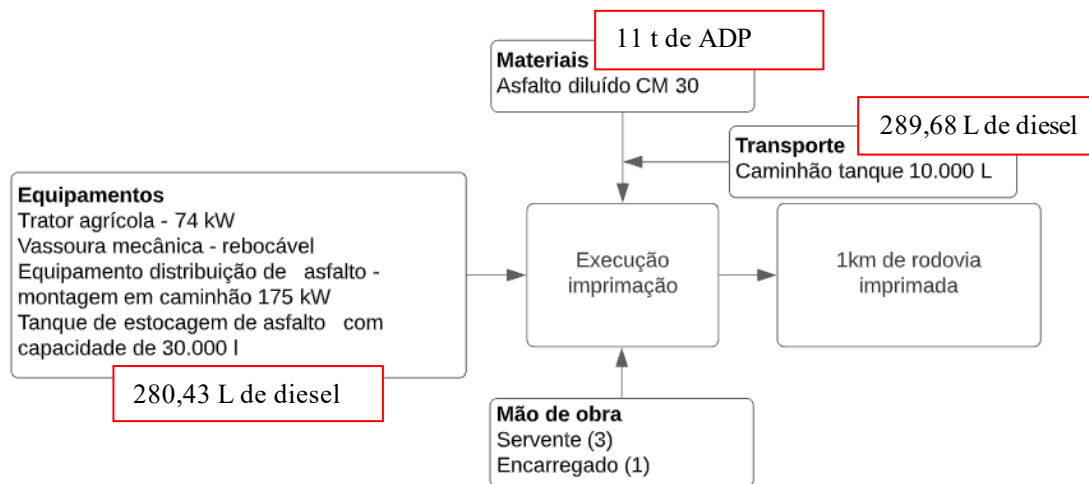
Transporte

| | | | |
|---------------------------------------|------------|-----|-------------------|
| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
| Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3.905,0 | tkm | 11,8 |

2.1.3. Imprimação com Asfalto diluído

(). A camada de imprimação foi considerada entre a camada de base e a camada de pintura de ligação, na largura das faixas de rolamento e acostamento. Considerado a taxa de aplicação de 1,1 L/m², densidade de 1 t/m³ e DMT de 355 km (refinaria de Canoas/RS). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 10.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 11,0 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.905,0 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quant. | Prod. | Horas trab. |
|---|--------|-------|-------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,33 | 2,9 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,33 | 2,9 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 17,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,9 |
| Servente | 3 | 26,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------|------------|---------|
| Asfalto diluído CM 30 | 11,0 | t |

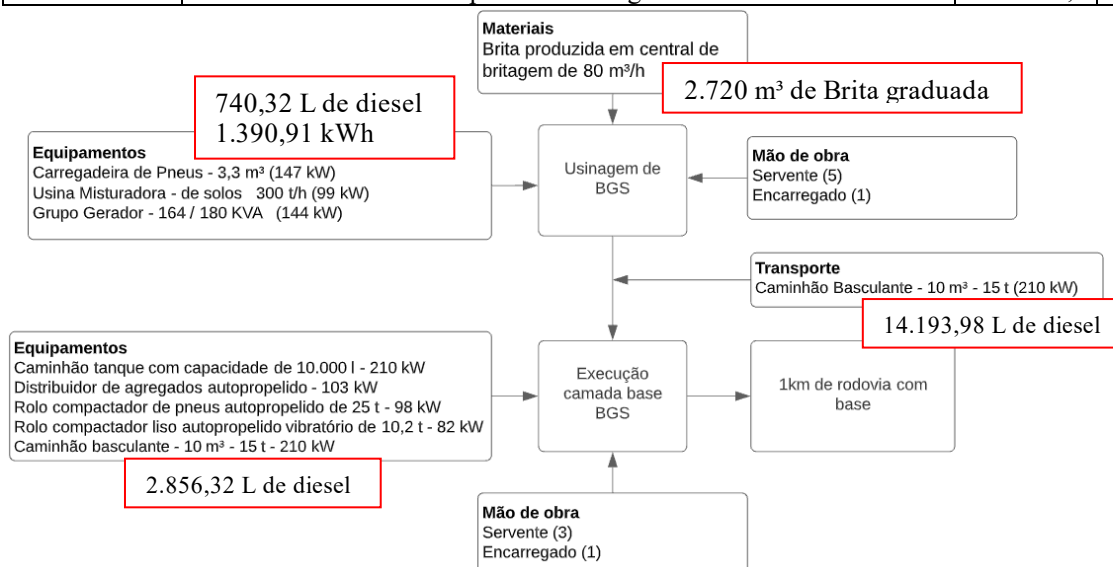
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---------------------------------|------------|-----|-------------------|
| Transporte asfalto diluído CM30 | 3.905,0 | tkm | 11,8 |

2.1.4. Base em brita graduada simples

Com 17 cm de espessura, densidade solta de 2,2 t/m³ e DMT de 25 km (pedreira mais próxima, considerando brita comercial). A camada de base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|--|------------|----------------|
| 2 S 02 230 00 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1.700,0 | m ³ |
| 2 S 09 001 91 | Transporte de brita graduada | 93.500,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 210 kW | 1 | 0,7 | 9,8 |
| Caminhão basculante - 10 m ³ - 15 t - 210 kW | 3,56 | 1 | 50,0 |
| Distribuidor de agregados autopropelido - 103 kW | 1 | 0,89 | 12,5 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,75 | 10,5 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 10,2 t - 82 kW | 1 | 0,73 | 10,3 |

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,98 | 13,8 |
| Usina Misturadora - de solos 300 t/h (99 kW) | 1 | 1 | 14,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 14,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 14,1 |
| Servente | 3 | 42,2 |

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 14,1 |
| Servente | 5 | 70,3 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 2.720,0 | m ³ |

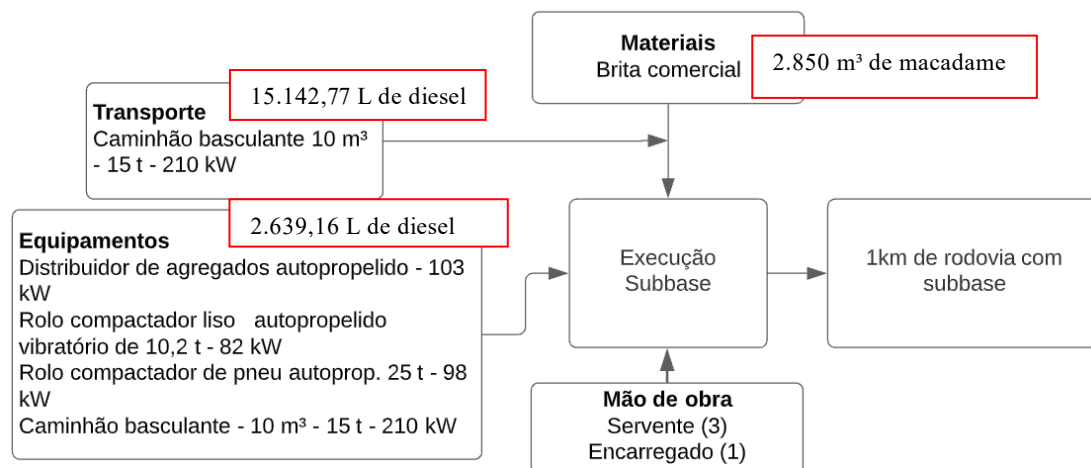
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 93.500,0 | tkm | 375,5 |

2.1.5. Sub-base em macadame seco

Com 19 cm de espessura, densidade solta de 2,1 t/m³ e DMT de 25 km (pedreira mais próxima). A camada de sub-base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 2 S 02 231 50 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1.900,0 | m ³ |
| 2 S 09 001 91 | Transporte macadame seco | 99.750,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 10,2 t - 82 kW | 1 | 0,82 | 11,5 |
| Rolo compactador de pneu autoprop. 25 t - 98 kW | 1 | 0,79 | 11,0 |
| Distribuidor de agregados autopropelido - 103 kW | 1 | 1 | 13,9 |
| Caminhão basculante - 10 m ³ - 15 t - 210kW | 3,68 | 1 | 51,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 13,9 |
| Servente | 3 | 41,9 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------|------------|----------------|
| Brita comercial | 2.850,0 | m ³ |

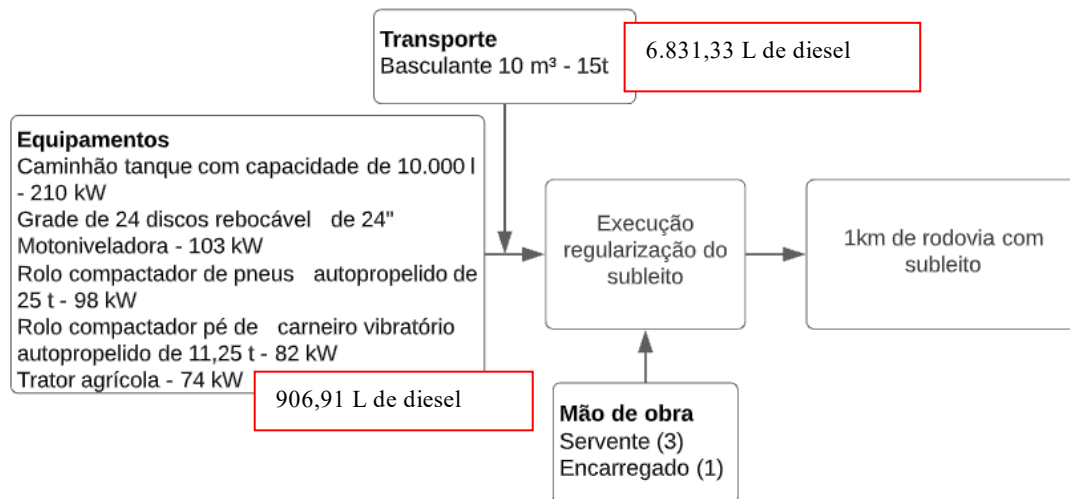
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 99.750,0 | tkm | 400,6 |

2.1.6. Regularização do subleito

Não foram consideradas as etapas de terraplenagem apenas a regularização do subleito, com 60 cm de espessura, densidade solta de 1,5 t/m³ e DMT de 5 km.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|------------------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 110 00 | Regularização do subleito | 10.000,0 | m ² |
| 2 S 09 001 91 | Transporte material subleito | 45.000,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trab. |
|---|-------|------|-------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 210 kW | 1 | 0,98 | 11,6 |
| Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 0,52 | 6,2 |
| Motoniveladora - 103 kW | 1 | 0,55 | 6,5 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,78 | 9,3 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,25 t - 82 kW | 1 | 1 | 11,9 |
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,52 | 6,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Servente | 3 | 35,7 |
| Encarregado de pavimentação | 1 | 11,9 |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 45.000 | tkm | 180,7 |

2.2. RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO (18,5 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (8CM)

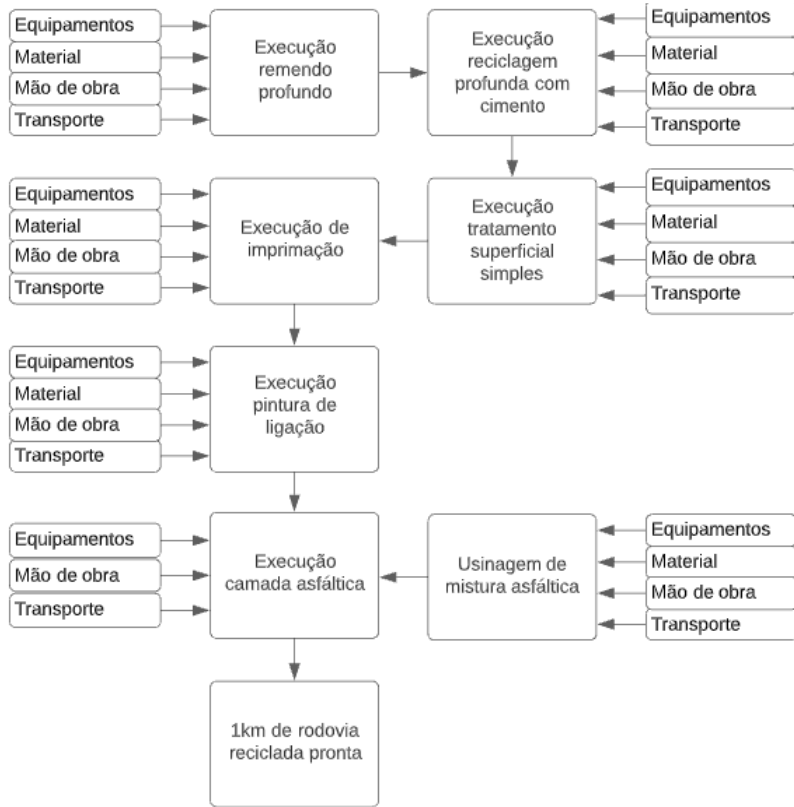
Para a reciclagem foi alterada a geometria da via, com faixas de rolamento de 3,50m e acostamento com 1,50m.

Antes de iniciar a reciclagem profunda com adição de cimento foi considerado execução de remendo profundo em 15% da extensão da rodovia analisada. Desconsiderou-se o remendo superficial neste tipo de intervenção pois a técnica de reciclagem profunda tritura o revestimento danificado e mistura com a camada de base do pavimento, não sendo necessário recompor sua capacidade de suporte. No remendo profundo foi mantida a recomposição de todas as camadas do pavimento, visto que é necessário manter a proporção de material de base e material de revestimento na mistura estabilizada com cimento.

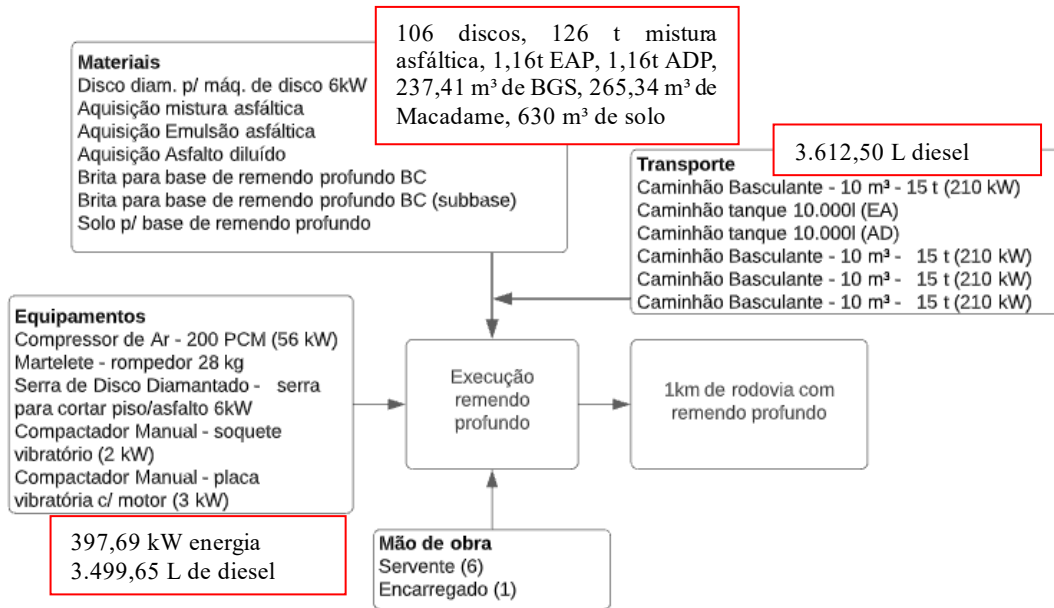
A reciclagem profunda inicia com o espalhamento de material pétreo (15%) necessário para a adequação da granulometria, após o espalhamento do material aglomerante (3%), neste caso o cimento (CPII F32). Finalizada a distribuição dos materiais necessários para a adequação da mistura, efetua-se a reciclagem propriamente dita, com a adição de água para garantir a umidade ótima de compactação. Com a trituração da camada de revestimento, parte da camada de base e a mistura com os materiais adicionados, inicia a compactação da nova camada reciclada, garantindo o ganho de capacidade estrutural. Espessura de corte de 18,5 cm. Finalizada a camada reciclada, aplica-se o tratamento superficial simples com emulsão asfáltica polimérica e pedrisco. Passados 3 dias, libera-se o tráfego. Após o sétimo dia efetua-se a limpeza da superfície com vassoura mecânica, posterior aplica-se a imprimação com asfalto diluído e a pintura de ligação com emulsão asfáltica. Subsequente executa-se a camada antirreflexo de trincas (CA com 3 cm de espessura), aplica-se nova camada de pintura de ligação para possibilitar a aderência entre as camadas asfálticas, na sequência a última camada de revestimento com 5 cm de espessura, de forma a finalizar a reciclagem estrutural do pavimento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|--------|-----------|------------|---------|
|--------|-----------|------------|---------|

| | | | |
|---------------|--|----------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.060,5 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 126,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 3.150,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,2 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 410,0 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,2 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 410,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 178,5 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 9.817,5 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 199,5 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 10.473,8 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,0 | m ³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4.725,0 | tkm |
| 5 S 02 993 10 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.850,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para reciclagem | 15.262,5 | tkm |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de cimento para reciclagem | 26.184,9 | tkm |
| 2 S 02 500 51 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 10.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 11,0 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3.905,0 | tkm |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 4.400,0 | tkm |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 10.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 11,0 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.905,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 10.000,0 | m ² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6.638,5 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 720,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 840,0 | t |
| Local | Aquisição agregados | 614,2 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 39.000,0 | tkm |
| Local | Cimento asfáltico com borracha – 5,5% | 85,8 | t |
| Local | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 30.459,0 | tkm |



2.2.1. Remendo profundo



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 265,1 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 265,1 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 176, |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 441,8 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 265,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 883,8 |
| Servente | 6 | 5.302,5 |

Material

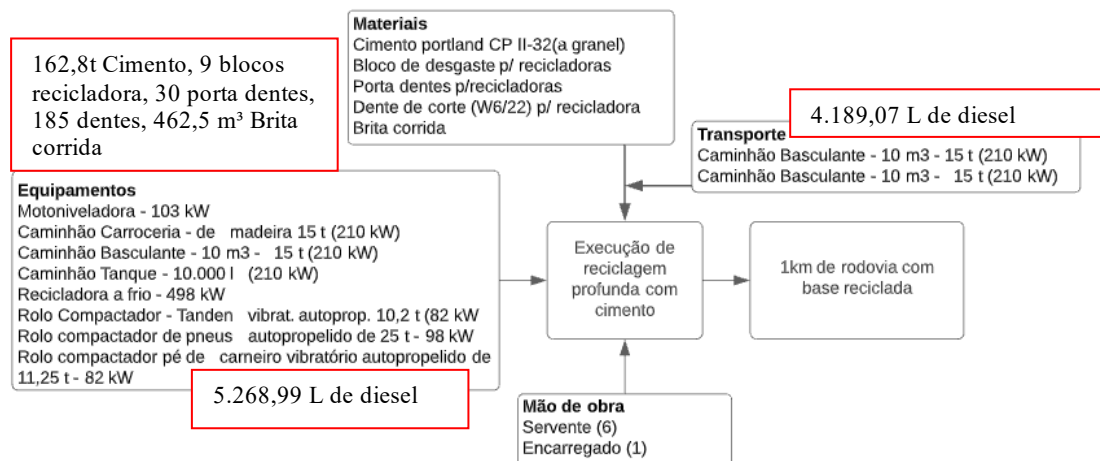
| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 106 | Uni |
| Aquisição mistura asfáltica | 126,0 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,2 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,2 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 237,4 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 265,3 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 630,0 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 3.150,0 | tkm | 12,6 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 410,0 | tkm | 5,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 410,0 | tkm | 5,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 9.817,5 | tkm | 26,2 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 10.473,8 | tkm | 28,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.725,0 | tkm | 21,0 |

2.2.2. Reciclagem

Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico à base com adição de 3% de cimento e de brita comercial.



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trab. |
|---|-------|------|-------------|
| Motoniveladora - 103 kW | 1 | 0,53 | 11,9 |
| Caminhão Carroceria - de madeira 15 t (210 kW) | 0,66 | 1 | 14,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 0,16 | 1 | 3,6 |
| Caminhão Tanque - 10.000 l (210 kW) | 2 | 0,95 | 42,9 |
| Recicladora a frio - 498 kW | 1 | 1 | 22,6 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,87 | 19,6 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 25 t - 98 kW | 1 | 0,75 | 16,9 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,25 t - 82 kW | 3 | 0,88 | 59,6 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|---------------------------|------------|-------------------|
| Encarreg. de pavimentação | 1 | 22,6 |
| Servente | 6 | 135,4 |

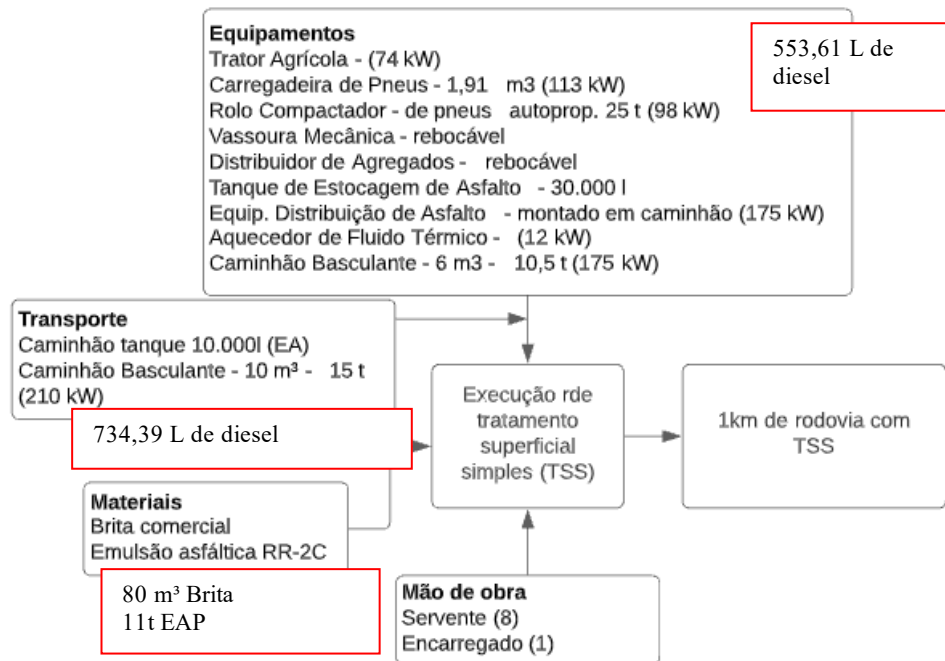
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------------------|------------|----------------|
| Cimento Portland CP II-32(a granel) | 162,8 | ton |
| Bloco de desgaste p/ recicladoras | 9 | Unidade |
| Porta dentes p/recicladoras | 30 | Unidade |
| Dente de corte (W6/22) p/ reciclad | 185 | Unidade |
| Brita corrida | 462,5 | m ³ |

Transporte

| Transporte | 374 | tkm | Horas trabalhadas |
|---|----------|-----|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 15.262,5 | tkm | 40,81 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 26.184,9 | tkm | 70,01 |

2.2.3. Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,28 | 2,9 |
| Carregadeira de Pneus - 1,91 m ³ (113 kW) | 1 | 0,07 | 0,7 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 1 | 0,3 | 3,1 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,28 | 2,9 |
| Distribuidor de Agregados - rebocável | 1 | 0,21 | 2,2 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 20,7 |
| Equip. Distribuição de Asfalto - montado em caminhão (175 kW) | 1 | 1 | 10,4 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 10,4 |
| Caminhão Basculante - 6 m ³ - 10,5 t (175 kW) | 0,34 | 1 | 3,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 10,4 |
| Servente | 8 | 82,9 |

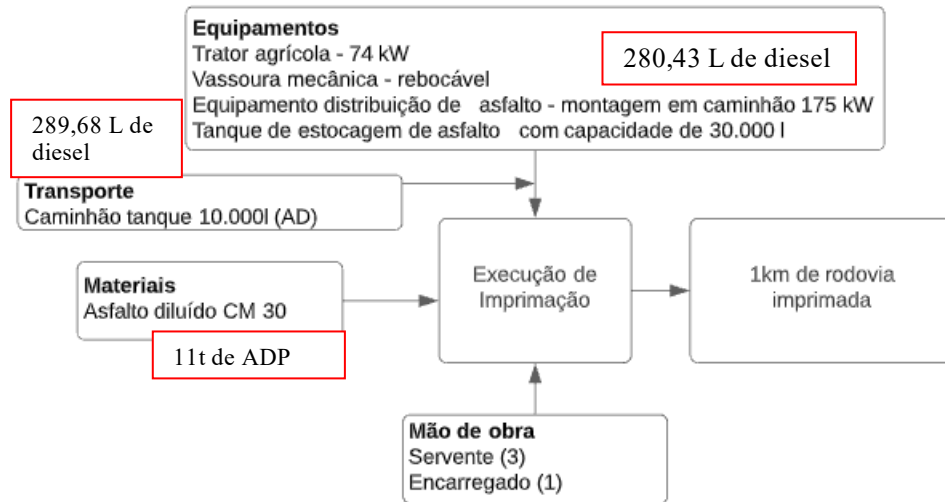
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|----------------|
| Brita comercial | 80,0 | m ³ |
| Emulsão asfáltica RR-2C | 11,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 3.905,0 | tkm | 11,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.400,0 | tkm | 11,8 |

2.2.4. Imprimação com asfalto diluído



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,33 | 2,9 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,33 | 2,9 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 17,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,9 |
| Servente | 3 | 26,7 |

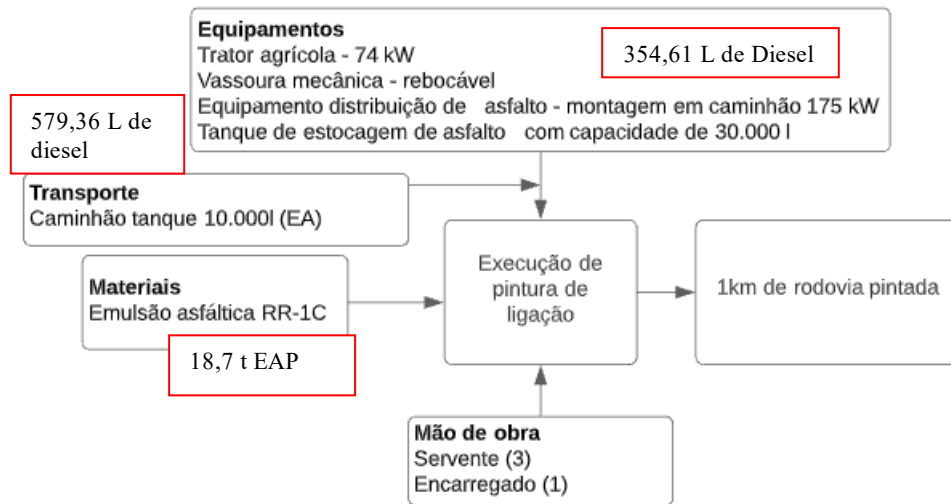
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------|------------|---------|
| Asfalto diluído CM 30 | 11,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 3.905,0 | tkm | 11,8 |

2.2.5. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 5,0 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 5,0 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 10,1 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 20,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 10,1 |
| Servente | 3 | 30,2 |

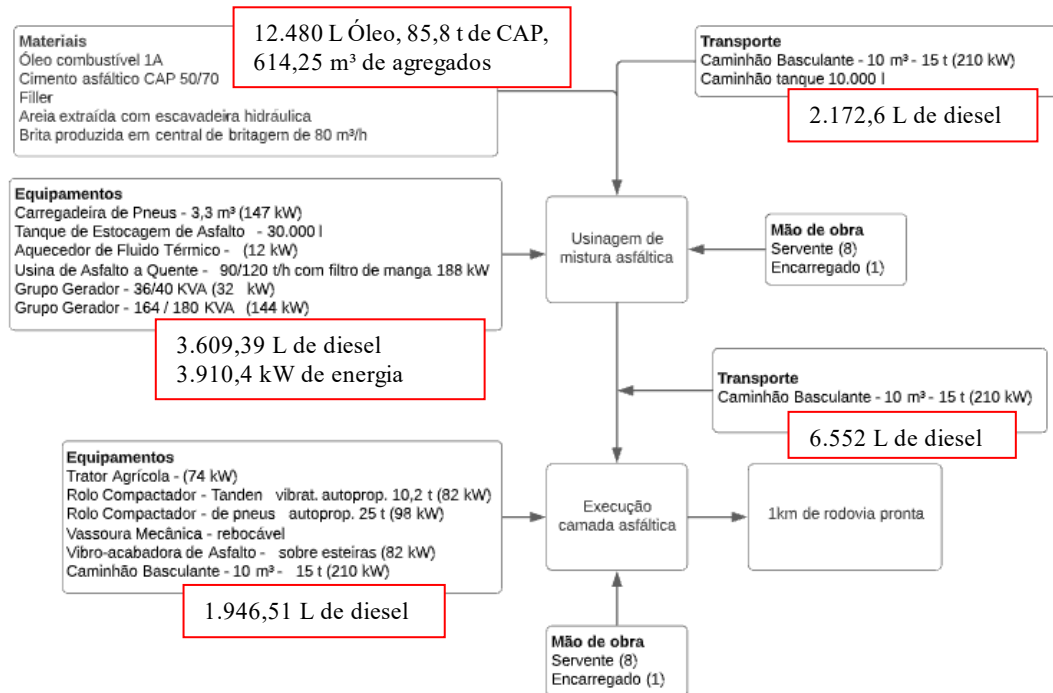
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 18,7 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 6.638,5 | tkm | 23,7 |

2.2.6. Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m3 (147 kW) | 1 | 0,26 | 5,4 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 41,6 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 20,8 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 20,8 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 20,8 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 20,8 |
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 5,0 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 11,6 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 12,1 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 5,0 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 16,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 31,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 20,8 |
| Servente | 8 | 166,4 |
| Encarregado de turma | 1 | 20,8 |
| Servente | 8 | 166,4 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Óleo combustível 1A | 12.4800 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 85,8 | t |
| Aquisição agregados | 614,2 | m³ |
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 1.560,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 39.000,0 | tkm | 173,3 |
| Caminhão tanque 10.0001 (EA) | 30.459,0 | tkm | 88,8 |

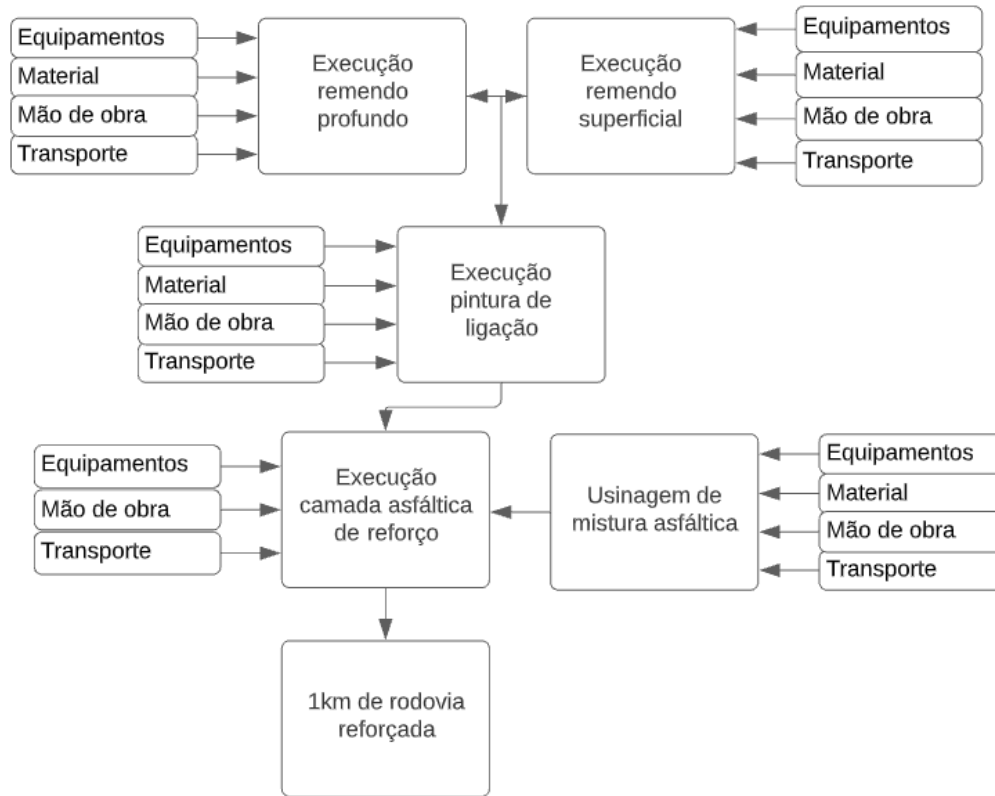
2.3. REFORÇO ESTRUTURAL EM CONCRETO ASFÁLTICO COM ESPESSURA DE 5 CM

Com a finalidade de reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento, propõem-se a execução de uma camada de reforço estrutural, para isso, deve-se aplicar pintura de ligação em toda área das faixas de rolamento. Seguindo com a aplicação da camada de reforço com CA.

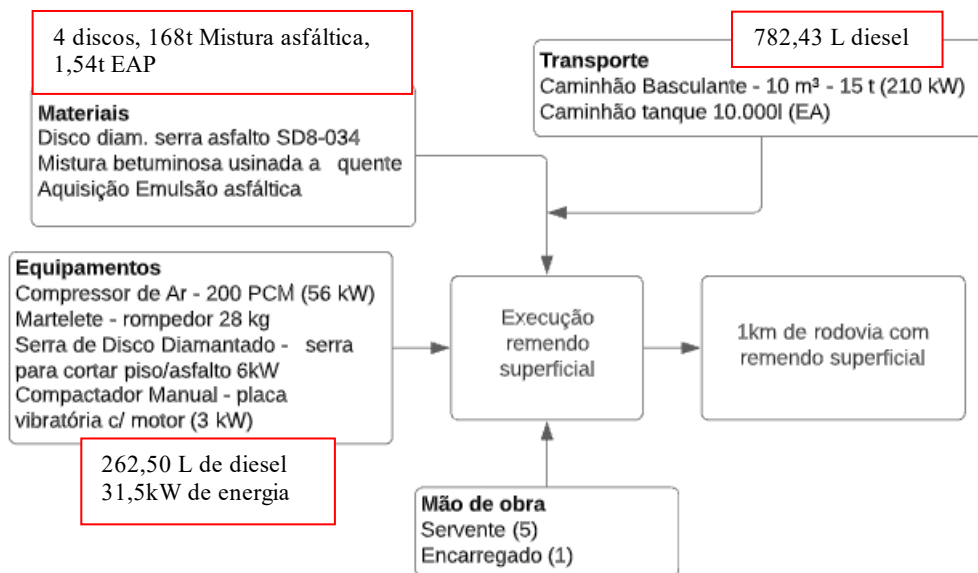
Vale salientar que para este procedimento é necessário efetuar remendos profundos e superficiais antes da execução do reforço estrutural. Foi considerado 20% da superfície com execução de remendo superficial e 15% com remendo profundo.

Para o acostamento a espessura do revestimento será de 3 cm enquanto nas faixas de rolamento 5 cm.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CA | 70,0 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 168,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.200,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.060,5 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 126,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 3.150,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,2 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 410,0 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,2 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 410,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 178,5 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 9.817,5 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 199,5 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 10.473,8 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,0 | m ³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4.725,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (acostamento) | 3.000,0 | m ² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 11,0 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3.905,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 216,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.056,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 26.400,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 58,1 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 20.618,4 | tkm |



2.3.1. Reparo localizado



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 21,0 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 21,0 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,3 | 21,0 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 21,0 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 70,0 |
| Servente | 5 | 350,0 |

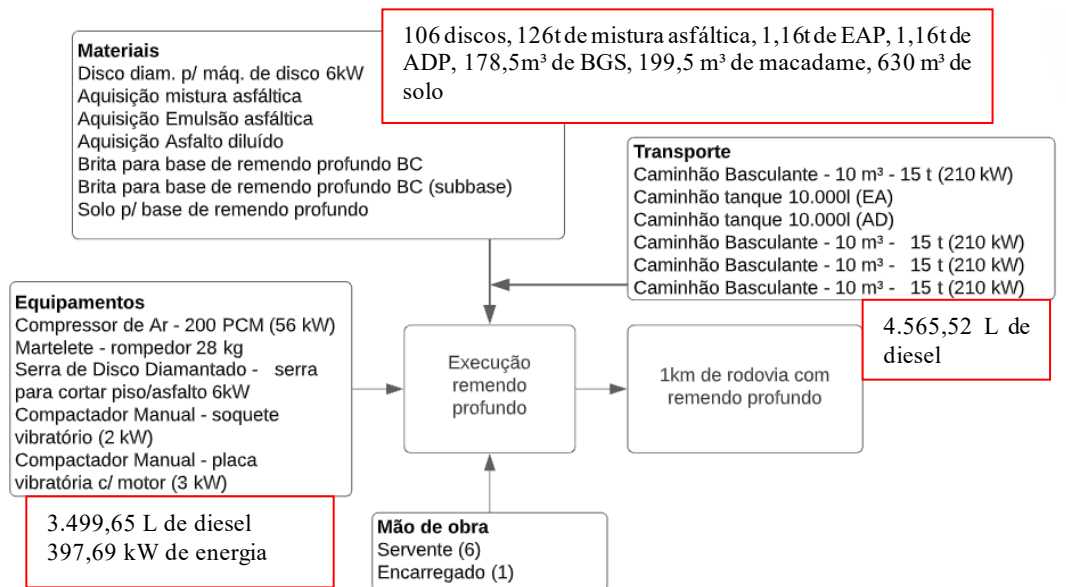
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------------------|------------|---------|
| Disco diam. serra asfalto SD8-034 | 4 | Un |
| Mistura betuminosa usinada a quente | 168,0 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.200,0 | tkm | 16,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 546,7 | tkm | 5,9 |

2.3.2. Reparo profundo



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 265,1 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 265,1 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 176,8 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 441,9 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 265,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 883,8 |
| Servente | 6 | 5.302,5 |

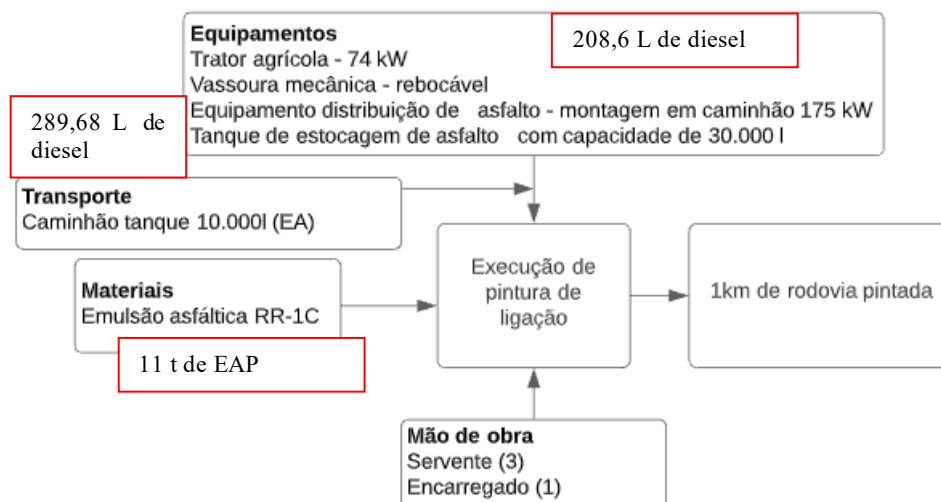
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 106 | Un |
| Aquisição mistura asfáltica | 126,0 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,2 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,2 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 178,5 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 199,5 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 630,0 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | tkm | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 3.150,0 | tkm | 12,6 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 410,0 | tkm | 5,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 410,0 | tkm | 5,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 9.817,5 | tkm | 39,4 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 10.473,8 | tkm | 42,1 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.725,0 | tkm | 19,0 |

2.3.3. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trab |
|---|-------|------|------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 3,0 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 3,0 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 5,9 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 11,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 5,9 |
| Servente | 3 | 17,8 |

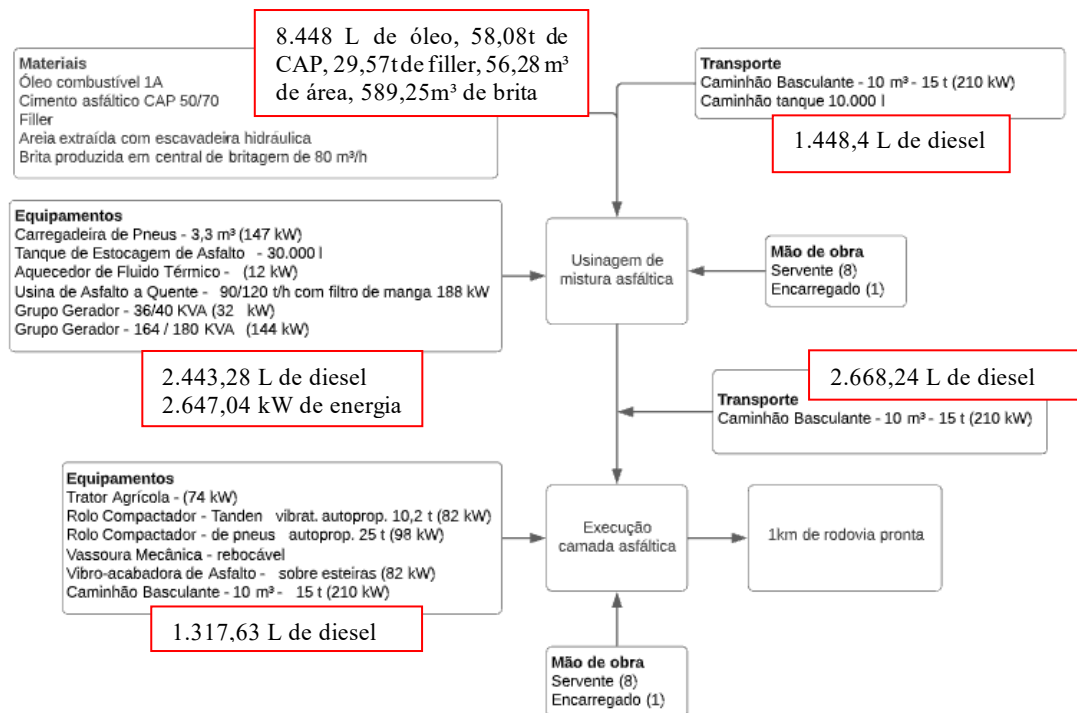
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 11,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 3.905,0 | tkm | 11,8 |

2.3.4. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 3,4 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 7,9 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 8,2 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 3,4 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 11,4 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 21,5 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 3,7 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 28,2 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 14,1 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 14,1 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 14,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 14,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 14,1 |
| Servente | 8 | 112,6 |
| Encarregado de turma | 1 | 14,1 |
| Servente | 8 | 112,6 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 8.448,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 58,1 | t |
| Filler | 29.568,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 56,3 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 589,2 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 26.400,0 | tkm | 70,6 |
| Caminhão tanque 10.0001 (CAP 50/70) | 20.618,4 | tkm | 59,2 |

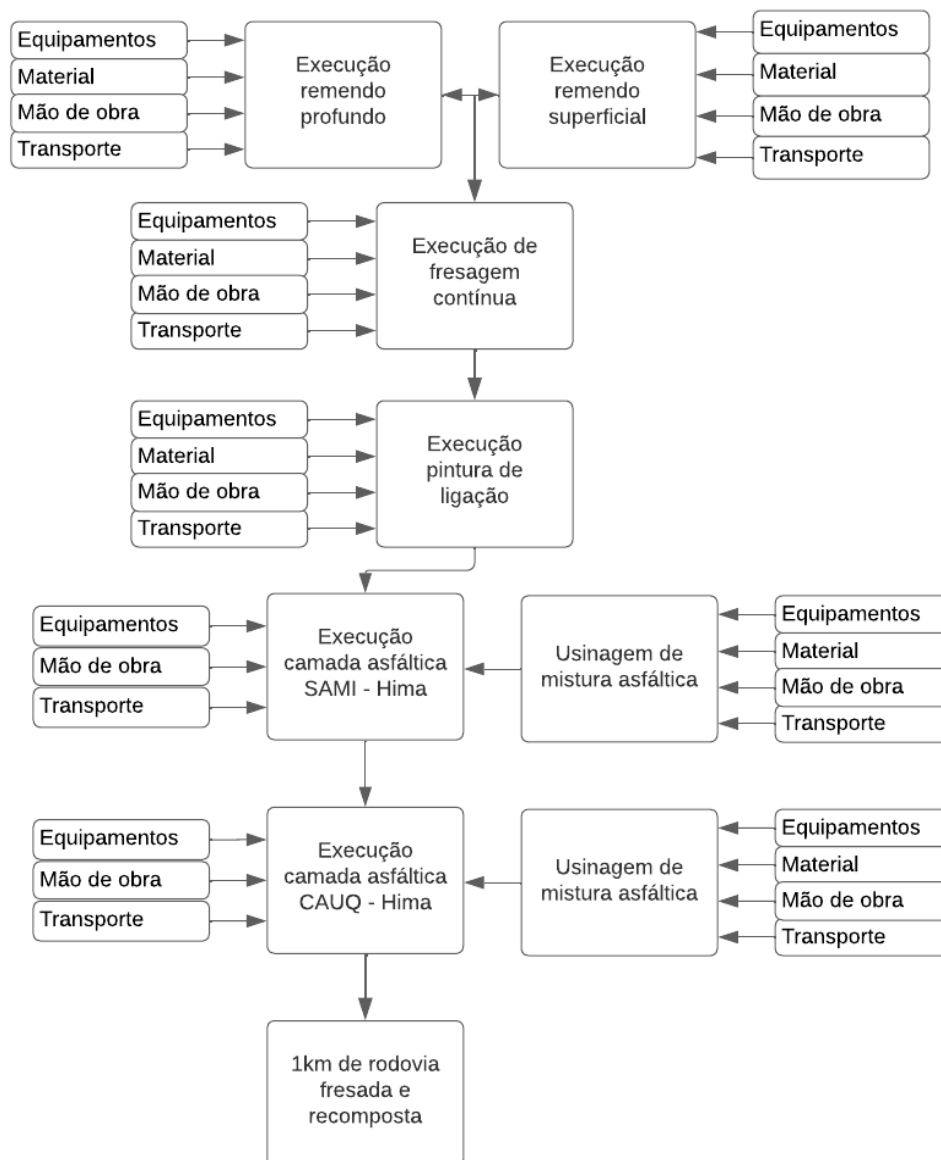
2.4. FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO HIMA

Uma das soluções de restauração consideradas foi a fresagem contínua de 4 cm da camada de revestimento com a recomposição de 2 cm de camada SAMI e 4 cm de CA HiMA.

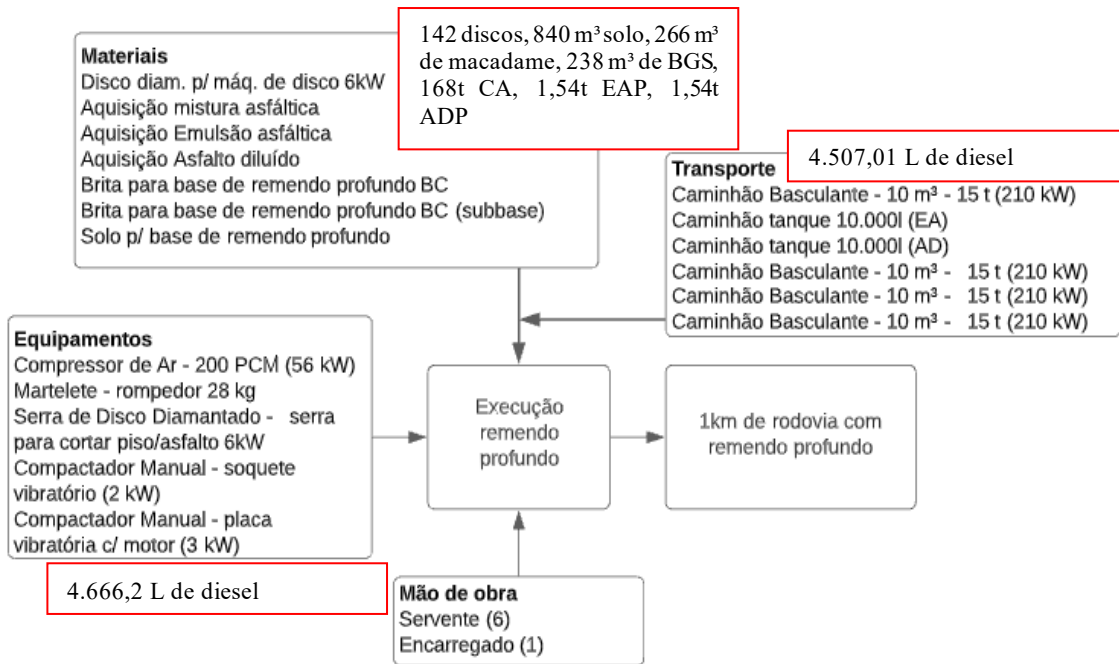
Para tanto inicia-se com a fresagem da camada de revestimento asfáltico. Nos locais onde há necessidade de execução de remendo profundo, efetua-se o serviço ao mesmo tempo, para tanto considerou-se 20% da área com necessidade de atuação nas camadas inferiores. Após a execução do remendo profundo e da fresagem da camada de revestimento, aplica-se a camada de pintura de ligação (precedida por limpeza da superfície). Após a aplicação da pintura de ligação considerou-se execução de camada de revestimento SAMI com 3 cm, nova camada de pintura de ligação e a recomposição da camada de revestimento com 4 cm de espessura.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.414,0 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 168,0 | t |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.200,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,5 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 546,7 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 238,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13.090,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 266,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 13.965,0 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,0 | m ³ |

| | | | |
|---------------|--|----------|-----|
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 6.300,0 | tkm |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280,0 | m³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 3.360,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,4 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5.467,0 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (SAMI) | 336,0 | t |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (CA) | 672,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.008,0 | t |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 25.200,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 55,4 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 19.681,2 | tkm |



2.4.1. Remendo profundo



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 353,5 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 353,5 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 235,7 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 589,2 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 353,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 1.178,3 |
| Servente | 6 | 7.070,0 |

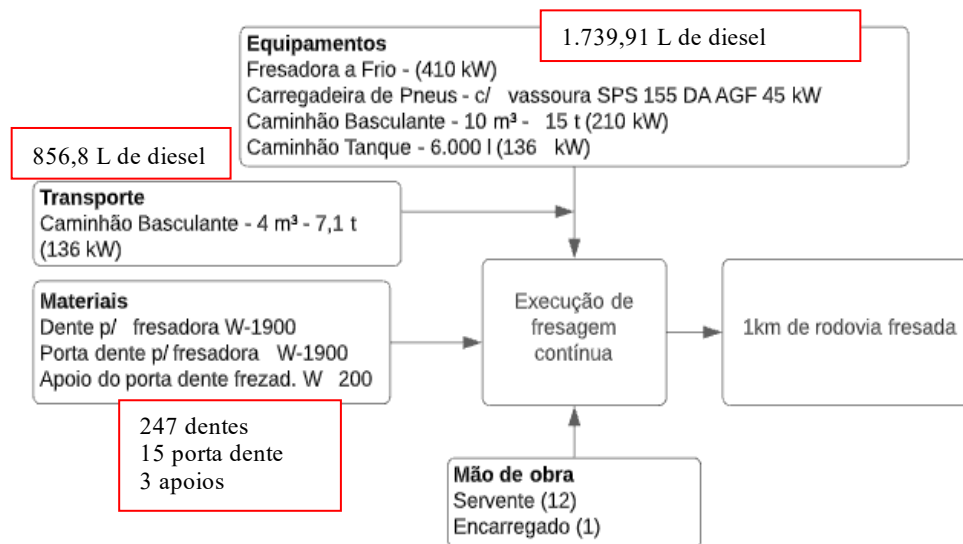
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|---------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 142 | Unidade |
| Solo p/ base de remendo profundo | 840,0 | m³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 266,0 | m³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 238,0 | m³ |
| Aquisição mistura asfáltica | 168,0 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,5 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.200,0 | tkm | 11,2 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 546,7 | tkm | 5,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 546,7 | tkm | 5,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.090,0 | tkm | 35,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.965,0 | tkm | 37,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.300,0 | tkm | 28,0 |

2.4.2. Fresagem contínua



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 14,0 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,5 | 7,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,08 | 1 | 15,1 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,24 | 3,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 14,0 |
| Servente | 8 | 112,0 |
| Servente | 4 | 140,0 |

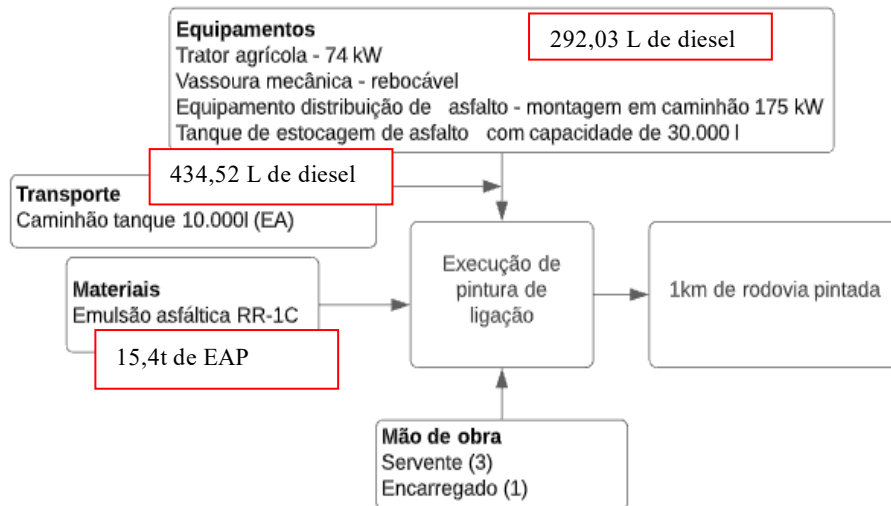
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 247 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 15 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 3 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m ³ - 7,1 t (136 kW) | 3.360,0 | tkm | 35,0 |

2.4.3. Pintura de ligação



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trab |
|---|-------|------|------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 4,2 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 4,2 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 8,3 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 16,6 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 8,3 |
| Servente | 3 | 24,9 |

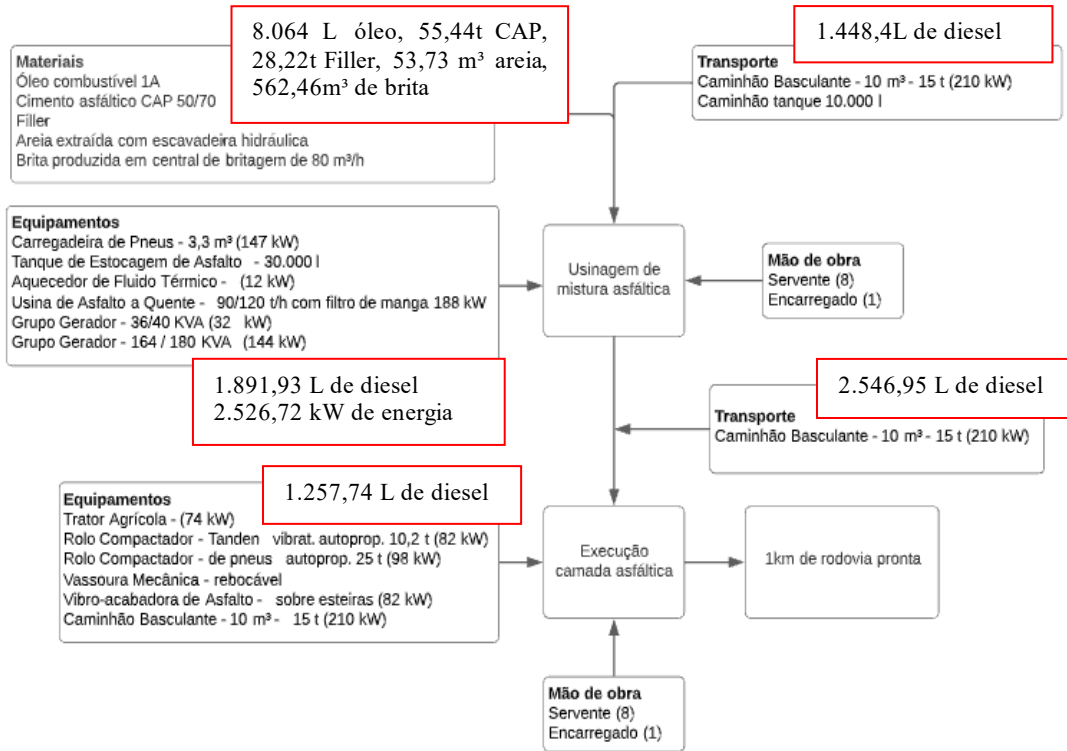
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 15,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 5.467,0 | tkm | 17,8 |

2.4.4. Revestimento Concreto asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produz | Horas trabalhadas |
|---|-------|--------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 3,2 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 7,5 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 7,8 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 3,2 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 10,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 20,6 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m ³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 3,5 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 26,9 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 13,4 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 13,4 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 13,4 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 13,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 13,4 |
| Servente | 8 | 107,5 |
| Encarregado de turma | 1 | 13,4 |
| Servente | 8 | 107,5 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 8.064,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 55,4 | t |
| Filler | 28.224,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 53,7 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 562,5 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 25.200,0 | tkm | 67,4 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 19.681,2 | tkm | 59,2 |

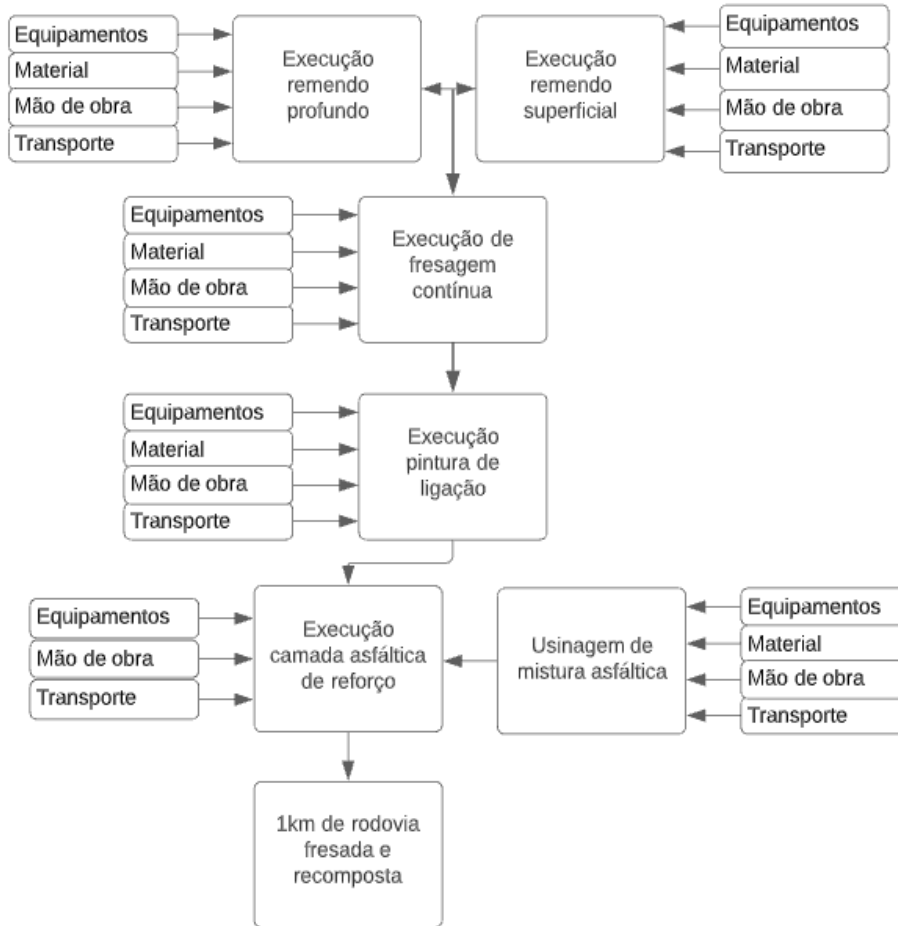
2.5. FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (9 CM)

Como opção de restauração quando da adoção inicial de reforço da camada de revestimento, intercala-se com a fresagem contínua de 9 cm de espessura com recomposição de mesma espessura com mistura asfáltica.

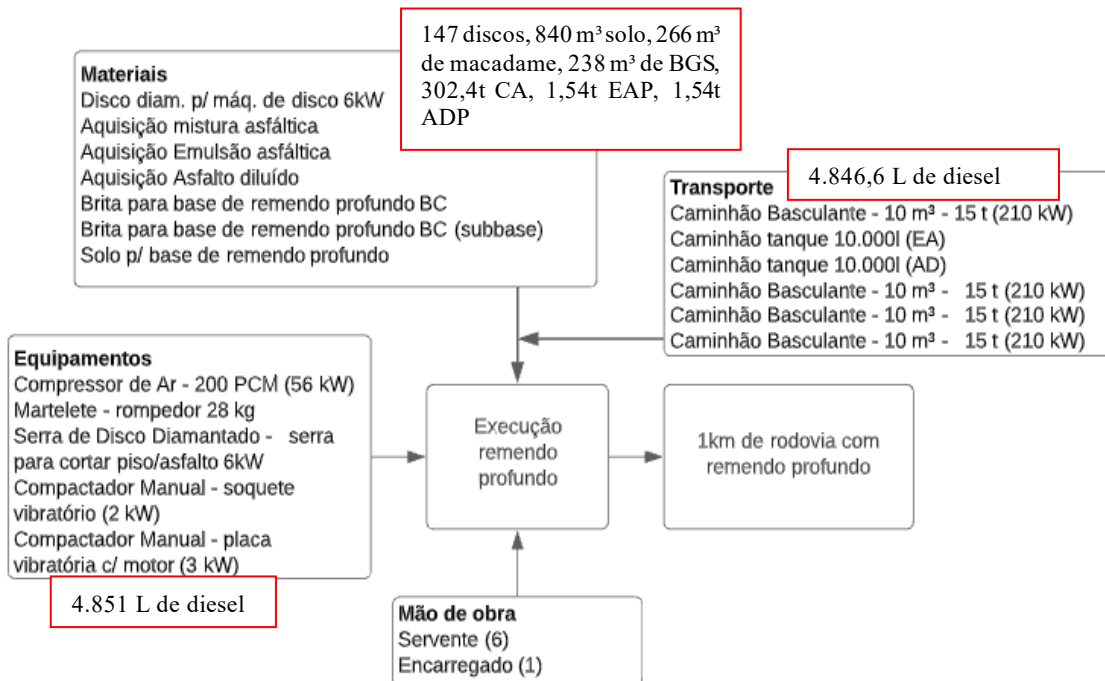
Devido a fresagem contínua na camada de revestimento não foi considerado remendo superficial.

Para tanto inicia-se com a fresagem da camada de revestimento asfáltico. Nos locais onde há necessidade de execução de remendo profundo, efetua-se o serviço ao mesmo tempo, para tanto considerou-se 20% da área com necessidade de atuação nas camadas inferiores. Após a execução do remendo profundo e da fresagem da camada de revestimento, aplica-se a camada de pintura de ligação (precedida por limpeza da superfície). Após a aplicação da pintura de ligação considerou-se a recomposição da camada de revestimento com 9 cm de espessura.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.470,0 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 302,4 | t |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 7.560,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 1,5 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 546,7 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 238,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13.090,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 266,0 | m ³ |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para sub-base | 13.965,0 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,0 | m ³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 6.300,0 | tkm |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 630,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 7.560,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2.733,5 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.512,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.512,0 | t |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 37.800,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 83,2 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 29.521,8 | tkm |



2.5.1. Remendo profundo



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 367,5 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 367,5 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 245,0 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 612,5 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 367,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 1.225,0 |
| Servente | 6 | 7.350,0 |

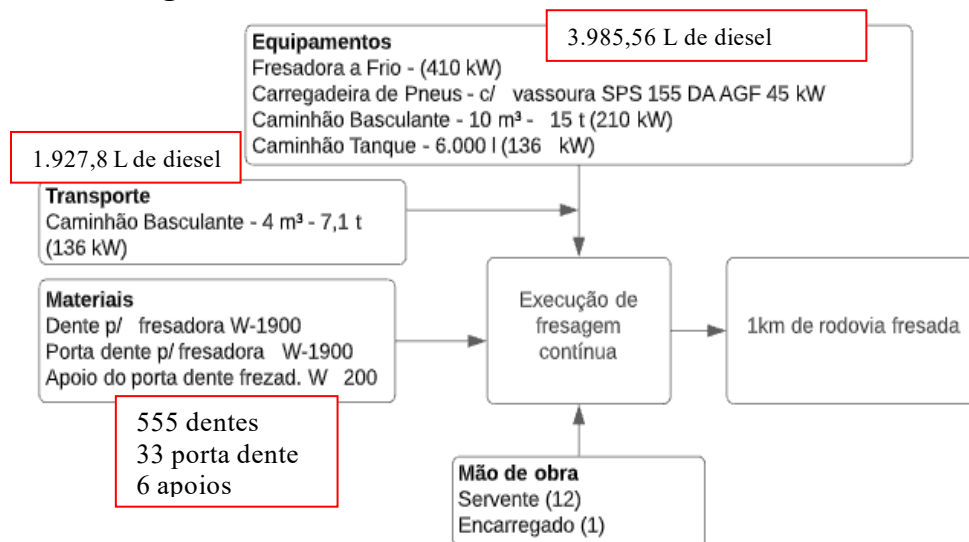
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 147 | Unidade |
| Solo p/ base de remendo profundo | 840,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 266,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 238,0 | m ³ |
| Aquisição mistura asfáltica | 302,4 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,5 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 7.560,0 | tkm | 20,2 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 546,7 | tkm | 5,9 |
| Caminhão tanque 10.000l (AD) | 546,7 | tkm | 5,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.090,0 | tkm | 37,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 13.965,0 | tkm | 37,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.300,0 | tkm | 28,0 |

2.5.2. Fresagem contínua



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 31,5 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,5 | 15,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,08 | 1 | 34,0 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,24 | 7,6 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 31,5 |
| Servente | 8 | 252,0 |
| Servente | 4 | 315,0 |

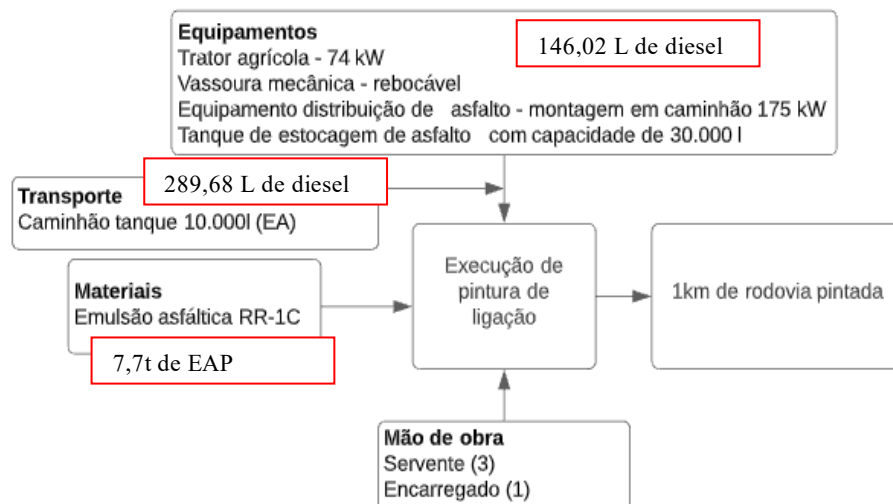
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 555 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 33 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 6 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m ³ - 7,1 t (136 kW) | 7.560,0 | tkm | 78,8 |

2.5.3. Pintura de ligação



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 2,1 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 2,1 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 4,2 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 8,3 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 4,2 |
| Servente | 3 | 12,5 |

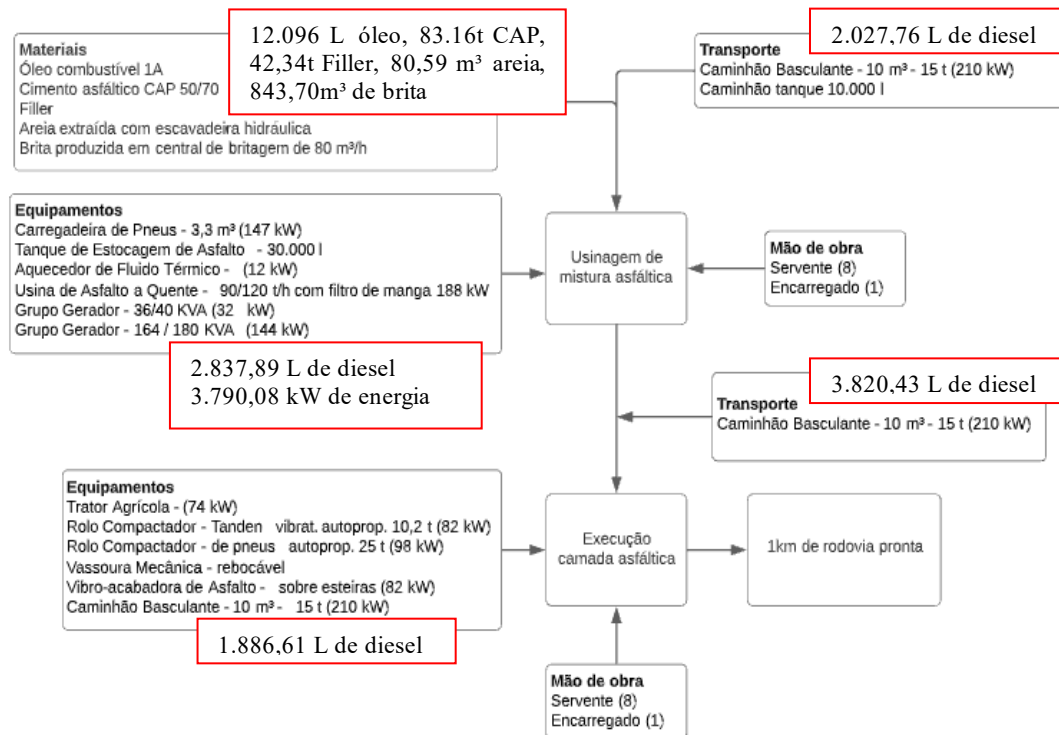
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 7,7 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2.733,5 | tkm | 11,8 |

2.5.4. Revestimento Concreto asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 4,8 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 11,3 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 11,7 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 4,8 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 16,3 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 30,8 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 5,2 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 40,3 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 20,2 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 20,2 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 20,2 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 20,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 20,2 |
| Servente | 8 | 161,3 |
| Encarregado de turma | 1 | 20,7 |
| Servente | 8 | 161,3 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 12.096,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 83,2 | t |
| Filler | 42.336,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 80,6 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 843,7 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 37.800,0 | tkm | 101,1 |
| Caminhão tanque 10.0001 (CAP) | 29.521,8 | tkm | 82,8 |

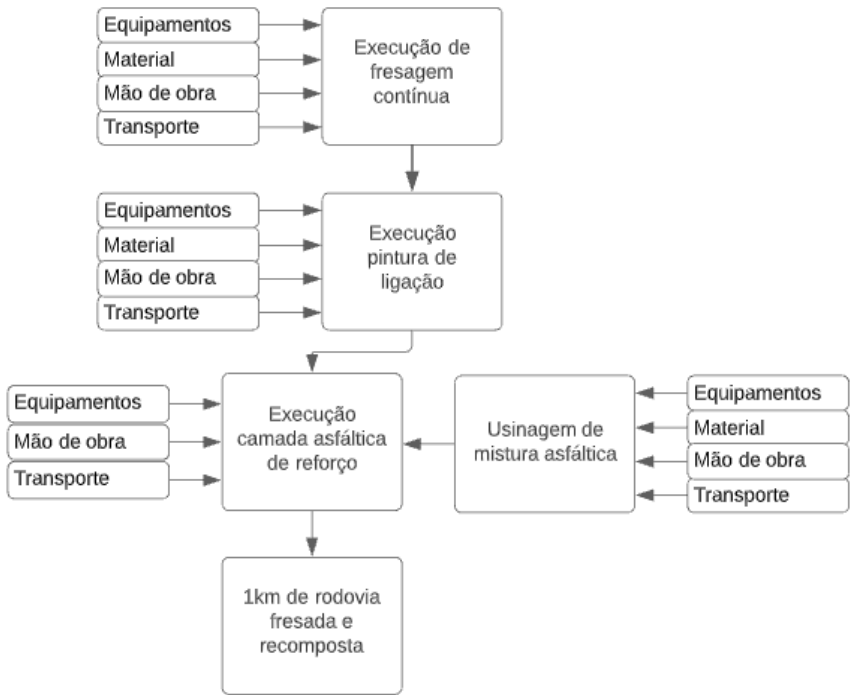
2.6. FRESAGEM CONTÍNUA (7 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (7CM)

A reciclagem profunda com adição de cimento proporciona melhor desempenho estrutural ao pavimento, elevando a vida útil do mesmo. Porém esta camada estabilizada encontra-se na base do pavimento, sobre ela é executada uma camada de revestimento flexível, normalmente com CAP borracha ou modificado. Portanto esta camada superficial apresenta desempenho inferior à camada de base.

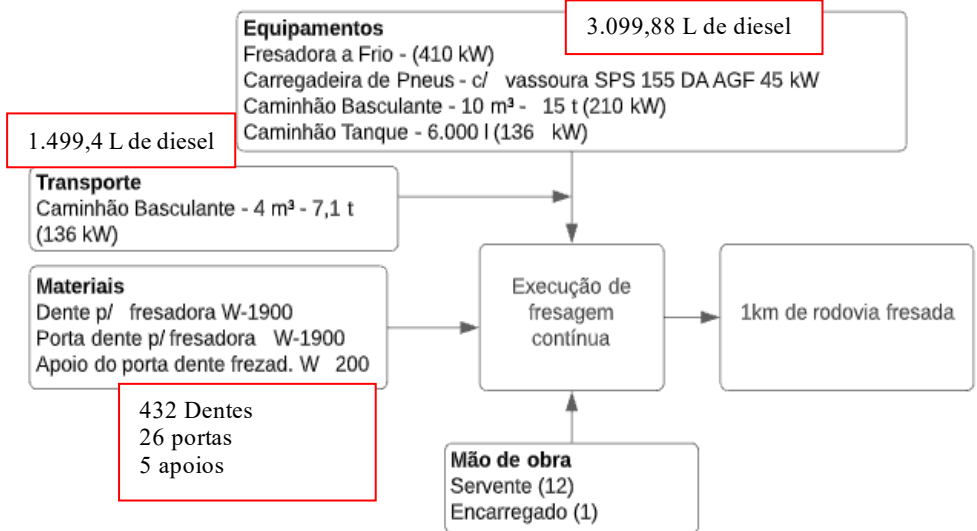
Para garantir a qualidade da estrutura quando executada com reciclagem profunda, adotou-se a execução de fresagem contínua de 7 cm de espessura com a recomposição da camada.

No caso da reciclagem não é recomendada efetuar remendo profundo, para tanto considerou-se apenas a fresagem com recomposição.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 490,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 5.880,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7.000,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2.733,5 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.176,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA | 1.176,0 | t |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 29.400,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 64,7 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 22.961,4 | tkm |



2.6.1. Fresagem contínua do revestimento



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 24,5 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,5 | 12,2 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,08 | 1 | 26,5 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,24 | 5,9 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 24,5 |
| Servente | 8 | 196,0 |
| Servente | 4 | 245,0 |

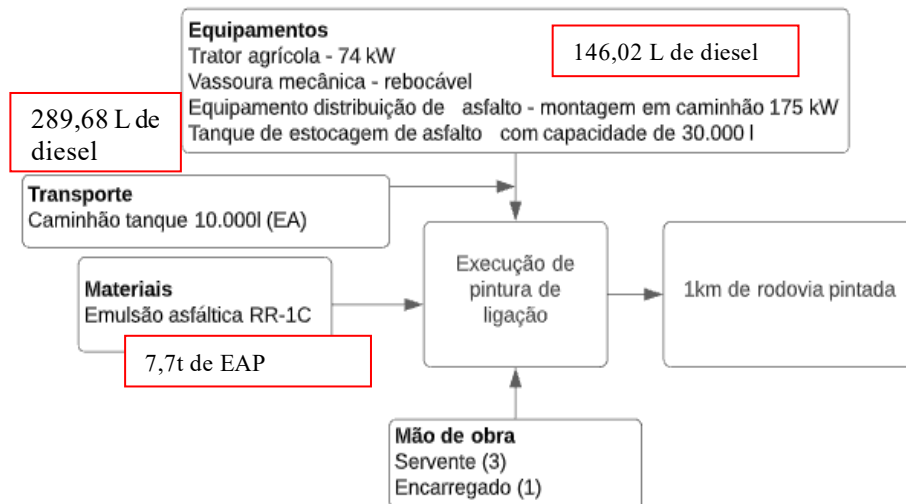
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 432 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 26 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 5 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 5.880,0 | tkm | 61,2 |

2.6.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trab |
|---|------------|-----------|------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 2,1 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 2,1 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 4,2 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 8,3 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 4,2 |
| Servente | 3 | 12,4 |

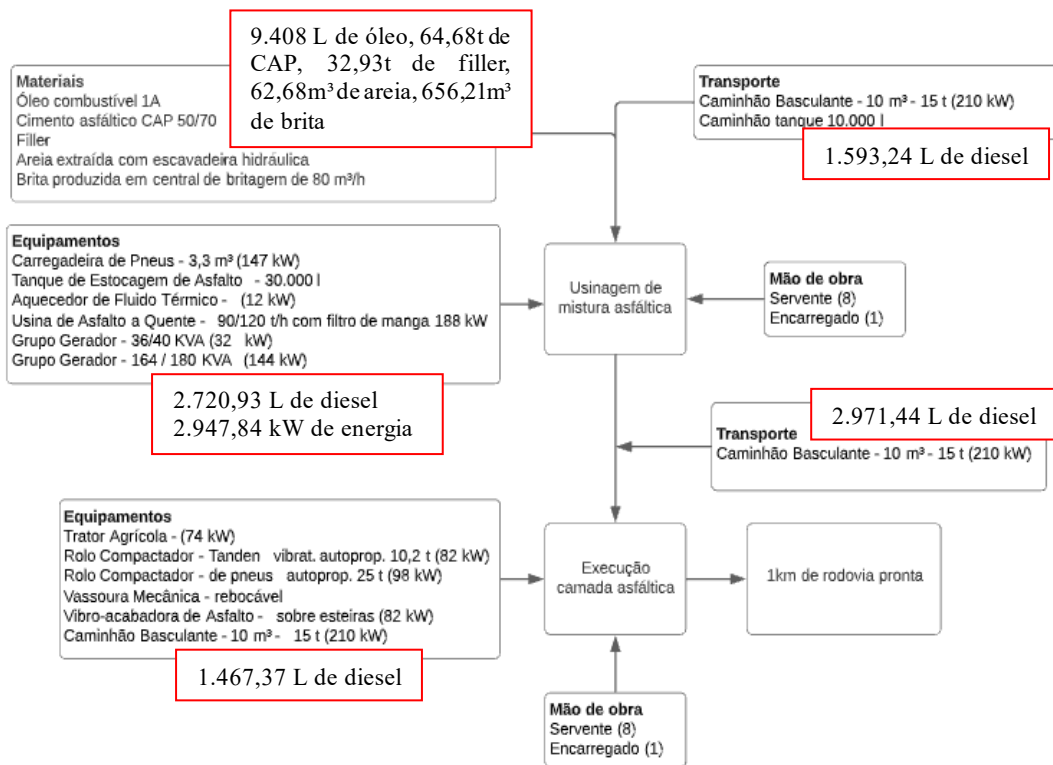
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 7,7 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2.733,5 | tkm | 11,8 |

2.6.3. Revestimento Concreto asfáltico



Equipamentos

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 3,8 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 8,8 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 9,1 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 3,8 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 12,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 24,0 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 4,1 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 31,4 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 15,7 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 15,7 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 15,7 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 15,7 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 15,7 |
| Servente | 8 | 125,4 |
| Encarregado de turma | 1 | 15,7 |
| Servente | 8 | 125,4 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Óleo combustível 1A | 9.408,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 64,7 | t |
| Filler | 32.928,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 62,7 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 656,2 | m ³ |

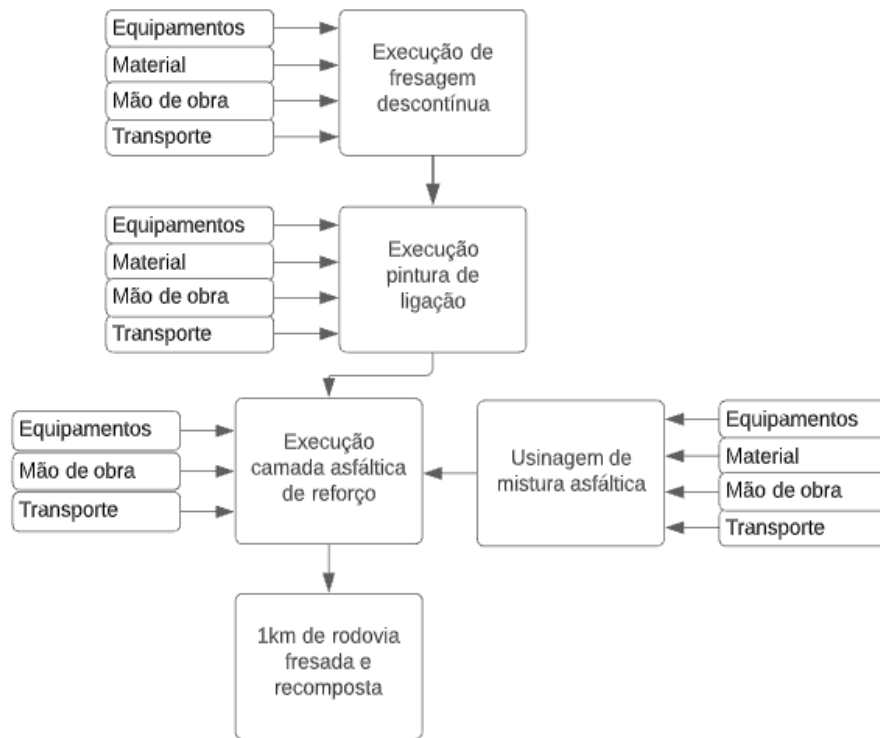
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 29.400,0 | tkm | 78,6 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 22.961,4 | tkm | 65,1 |

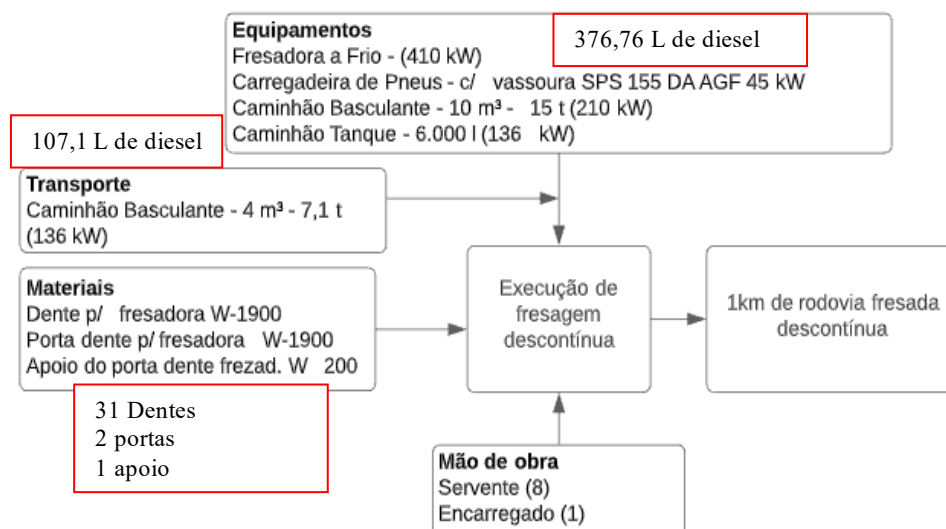
2.7. FD+RC: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM)

O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (10% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 33,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 396,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 660,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 79,2 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA (capa de rolamento) | 79,2 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2.376,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,4 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 1.742,4 | tkm |



2.7.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 3,2 |
| Carregadeira de Pneus - c/vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,28 | 0,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,04 | 1 | 3,3 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,13 | 0,4 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 3,2 |
| Servente | 8 | 25,4 |

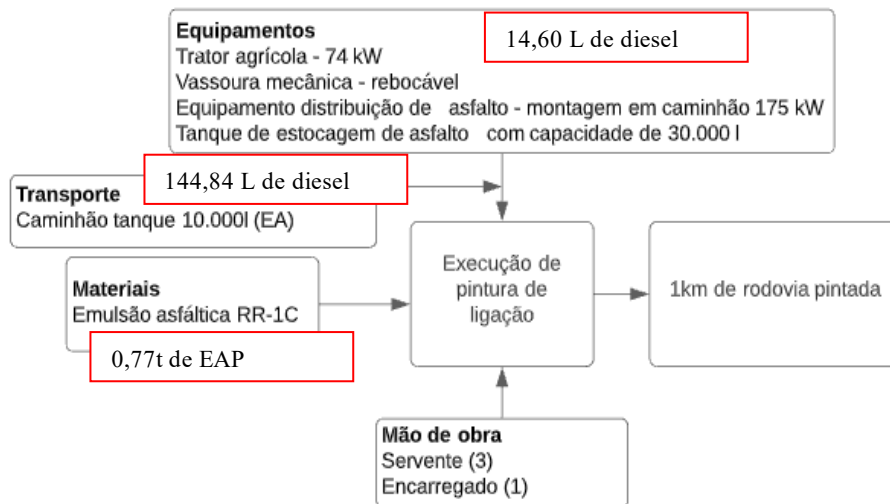
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 31 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 2 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 420,0 | tkm | 4,4 |

2.7.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|-------|-----------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 0,2 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 0,4 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 0,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 0,4 |
| Servente | 3 | 1,2 |

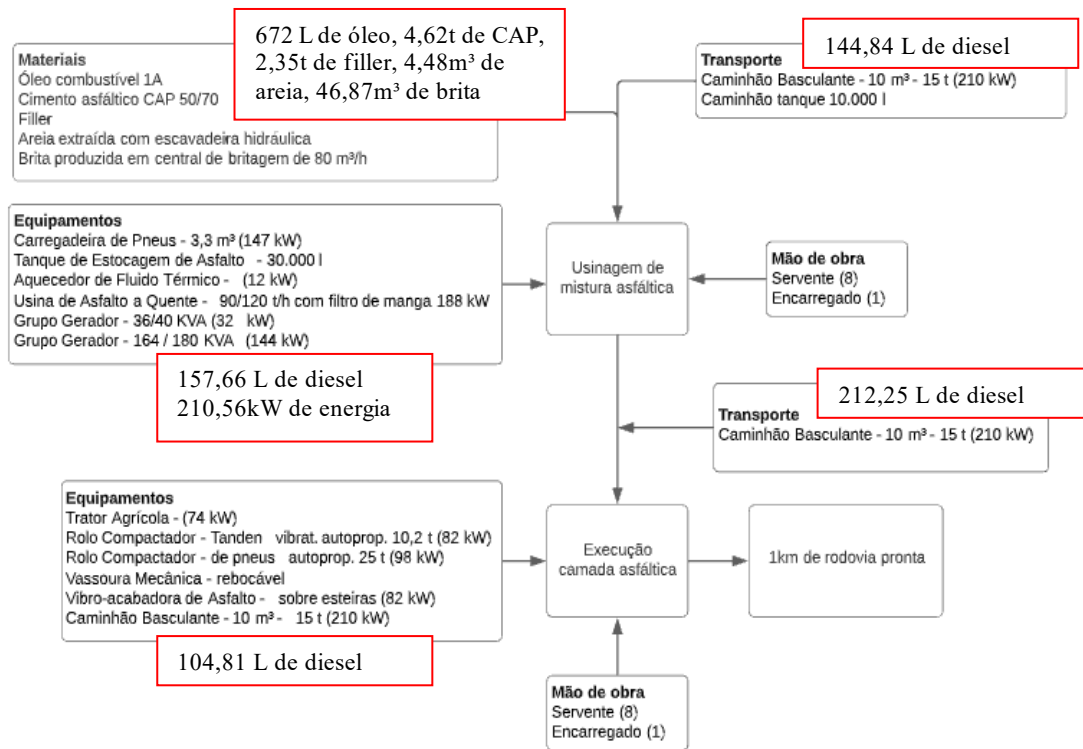
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 0,8 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 273,4 | tkm | 5,9 |

2.7.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 0,3 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 0,6 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 0,6 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 0,3 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 0,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 1,7 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 0,3 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 2,2 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 1,1 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 1,1 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 1,1 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 1,1 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 1,1 |
| Servente | 8 | 9,0 |
| Encarregado de turma | 1 | 1,1 |
| Servente | 8 | 9,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Usinagem de CA (capa de rolamento) | 84,0 | t |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 4,6 | t |
| Óleo combustível 1A | 672,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 4,6 | t |
| Filler | 2.352,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 4,5 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m3/h | 46,9 | m ³ |

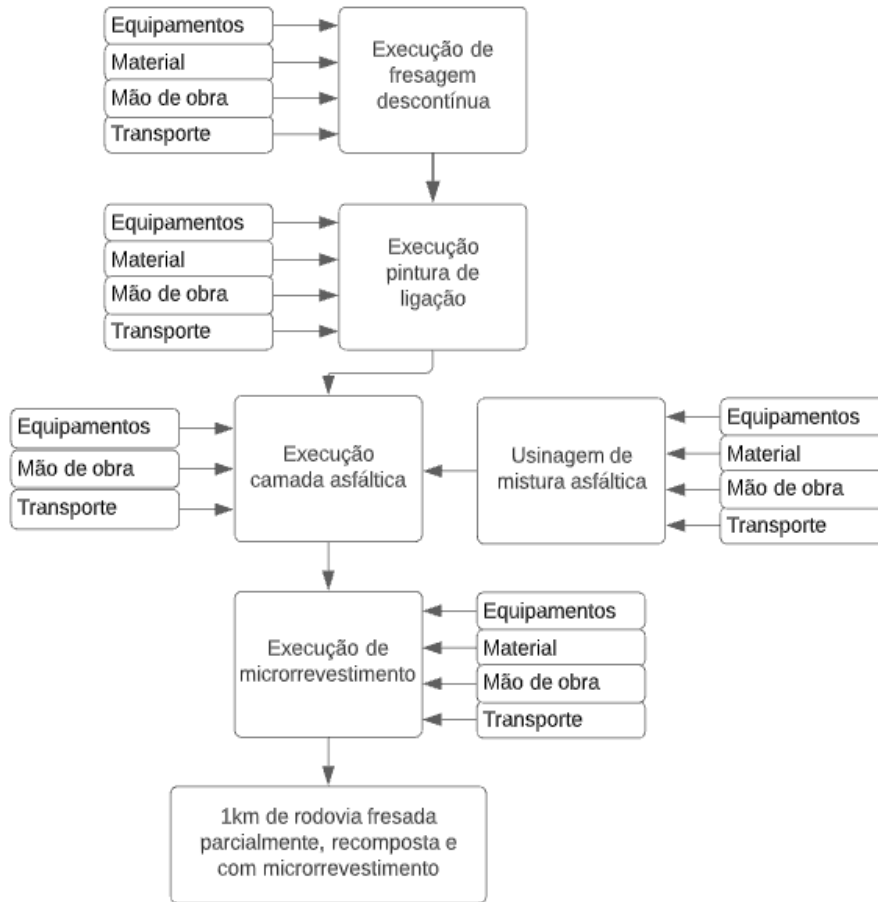
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 2.100,0 | tkm | 5,6 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 1.640,1 | tkm | 5,9 |

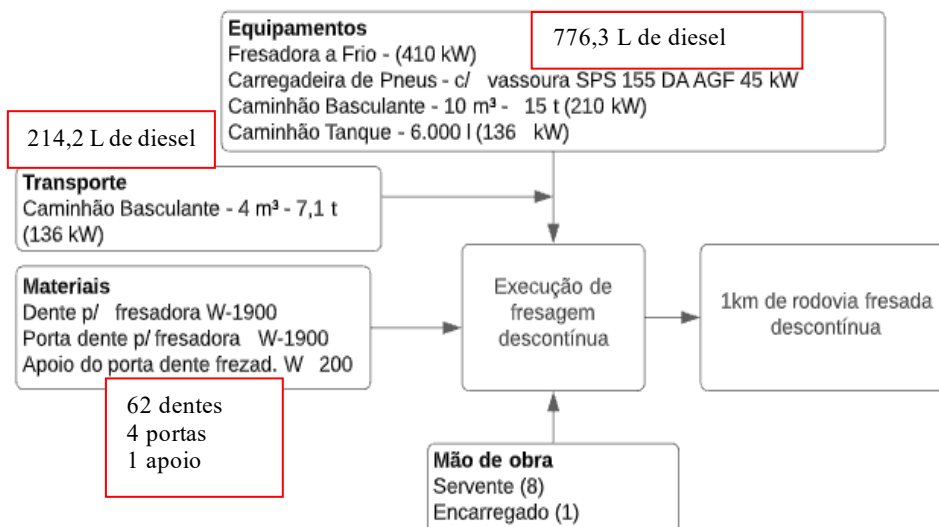
2.8. FD+RC+M: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM) MAIS MICRORREVESTIMENTO

O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (20% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento. Com a finalização do preenchimento do revestimento nos locais fresados, considerou a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a faixa de rolamento.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|----------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,0 | m ³ |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 840,0 | tkm |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 1.400,0 | m ² |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,5 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,0 | t |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CA (capa de rolamento) | 168,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4.200,0 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 9,2 | t |
| Local | Transporte de CAP -5070 | 3.280,2 | tkm |
| 5 S 02 511 52 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,0 | m ² |
| 3 S 09 002 06 | Transporte agregado | 6.037,5 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 7,7 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 2.733,5 | tkm |



2.8.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Fresadora a Frio - (410 kW) | 1 | 1 | 6,4 |
| Carregadeira de Pneus - c/ vassoura SPS 155 DA AGF 45 kW | 1 | 0,28 | 1,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 1,04 | 1 | 6,6 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,13 | 0,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 6,4 |
| Servente | 8 | 50,9 |

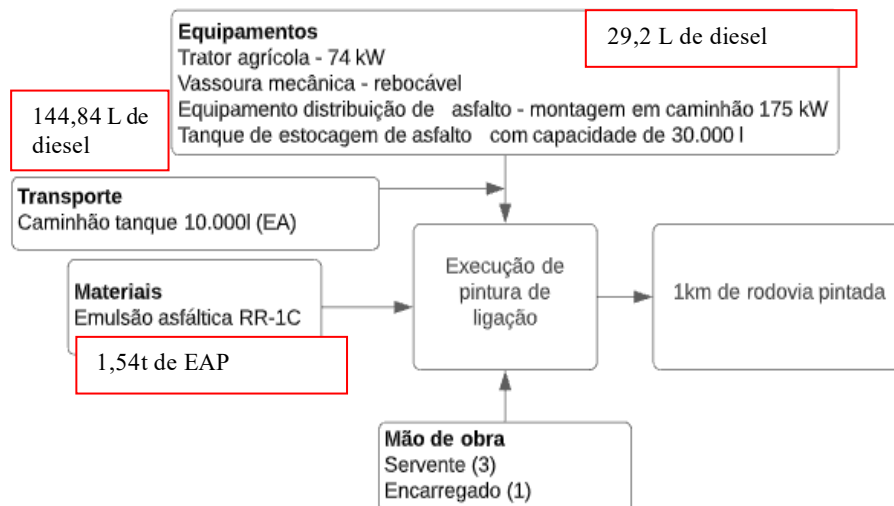
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|------------------------------------|------------|---------|
| Dente p/ fresadora W-1900 | 62 | Unidade |
| Porta dente p/ fresadora W-1900 | 4 | Unidade |
| Apoio do porta dente frezad. W 200 | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 4 m3 - 7,1 t (136 kW) | 840,0 | tkm | 8,8 |

2.8.2. Pintura de ligação



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator agrícola - 74 kW | 1 | 0,5 | 0,4 |
| Vassoura mecânica - rebocável | 1 | 0,5 | 0,4 |
| Equipamento distribuição de asfalto - montagem em caminhão 175 kW | 1 | 1 | 0,8 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 1,7 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 0,8 |
| Servente | 3 | 2,5 |

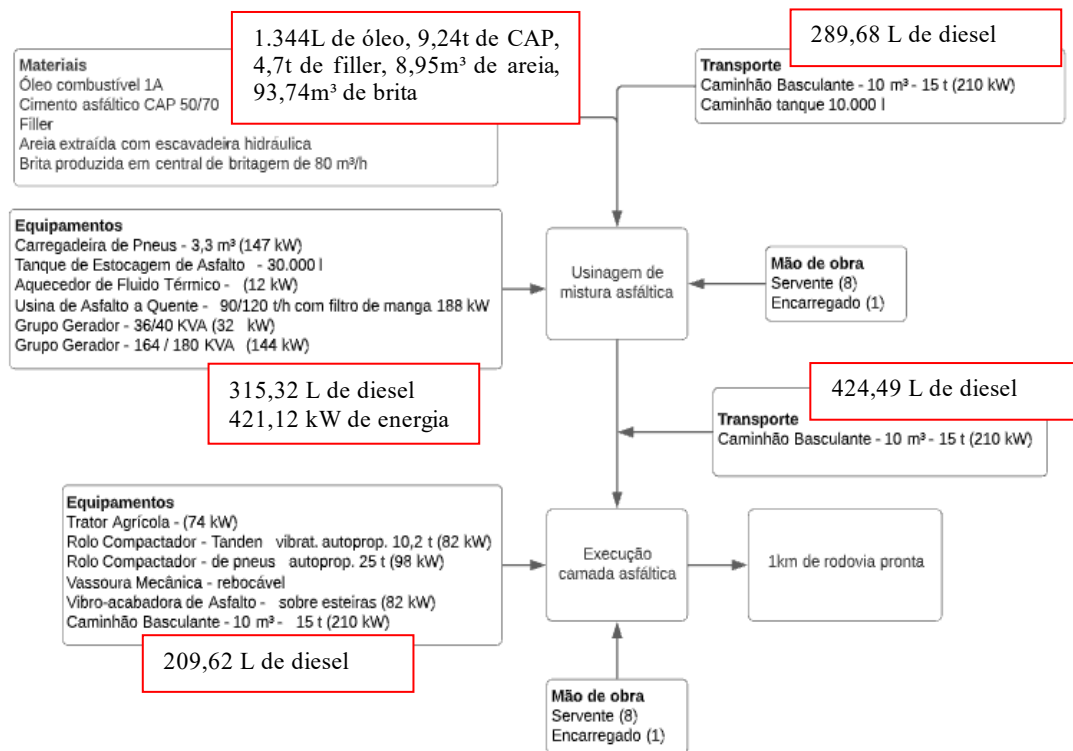
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-------------------------|------------|---------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 1,5 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|------------------------------|------------|---------|-------------------|
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 546,7 | tkm | 5,9 |

2.8.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|---|-------|------|-------------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,24 | 0,5 |
| Rolo Compactador - Tandem vibrat. autoprop. 10,2 t (82 kW) | 1 | 0,56 | 1,2 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 2 | 0,29 | 1,3 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,24 | 0,5 |
| Vibro-acabadora de Asfalto - sobre esteiras (82 kW) | 1 | 0,81 | 1,8 |
| Caminhão Basculante - 10 m³ - 15 t (210 kW) | 1,53 | 1 | 3,4 |
| Carregadeira de Pneus - 3,3 m³ (147 kW) | 1 | 0,26 | 0,6 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 4,5 |
| Aquecedor de Fluido Térmico - (12 kW) | 1 | 1 | 2,2 |
| Usina de Asfalto a Quente - 90/120 t/h com filtro de manga 188 kW | 1 | 1 | 2,2 |
| Grupo Gerador - 36/40 KVA (32 kW) | 1 | 1 | 2,2 |
| Grupo Gerador - 164 / 180 KVA (144 kW) | 1 | 1 | 2,2 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 2,2 |
| Servente | 8 | 17,9 |
| Encarregado de turma | 1 | 2,2 |
| Servente | 8 | 17,9 |

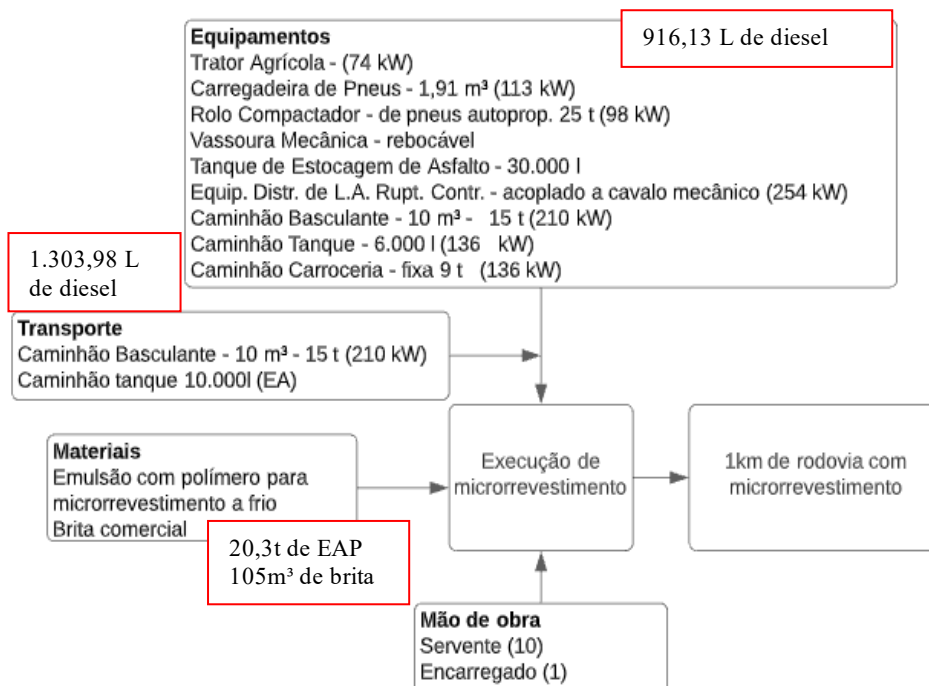
Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|--|------------|----------------|
| Oleo combustível 1A | 1.344,0 | l |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 9,2 | t |
| Filler | 4.704,0 | kg |
| Areia extraída com escavadeira hidráulica | 9,0 | m ³ |
| Brita produzida em central de britagem de 80 m ³ /h | 93,7 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 4.200,0 | tkm | 11,2 |
| Caminhão tanque 10.000l (CAP) | 3.280,2 | tkm | 11,8 |

2.8.4. Microrrevestimento a frio com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trab |
|--|-------|------|------------|
| Trator Agrícola - (74 kW) | 1 | 0,19 | 2,2 |
| Carregadeira de Pneus - 1,91 m3 (113 kW) | 1 | 0,08 | 0,9 |
| Rolo Compactador - de pneus autoprop. 25 t (98 kW) | 1 | 0,62 | 7,2 |
| Vassoura Mecânica - rebocável | 1 | 0,19 | 2,2 |
| Tanque de Estocagem de Asfalto - 30.000 l | 2 | 1 | 23,3 |
| Equip. Distr. de L.A. Rupt. Contr. - acoplado a cavalo mecânico (254 kW) | 1 | 1 | 11,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 0,07 | 1 | 0,8 |
| Caminhão Tanque - 6.000 l (136 kW) | 1 | 0,3 | 3,5 |
| Caminhão Carroceria - fixa 9 t (136 kW) | 1 | 0,3 | 3,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 11,7 |
| Servente | 10 | 116,7 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Emulsão com polímero para microrrevestimento a frio | 20,3 | t |
| Brita comercial | 105,0 | m ³ |

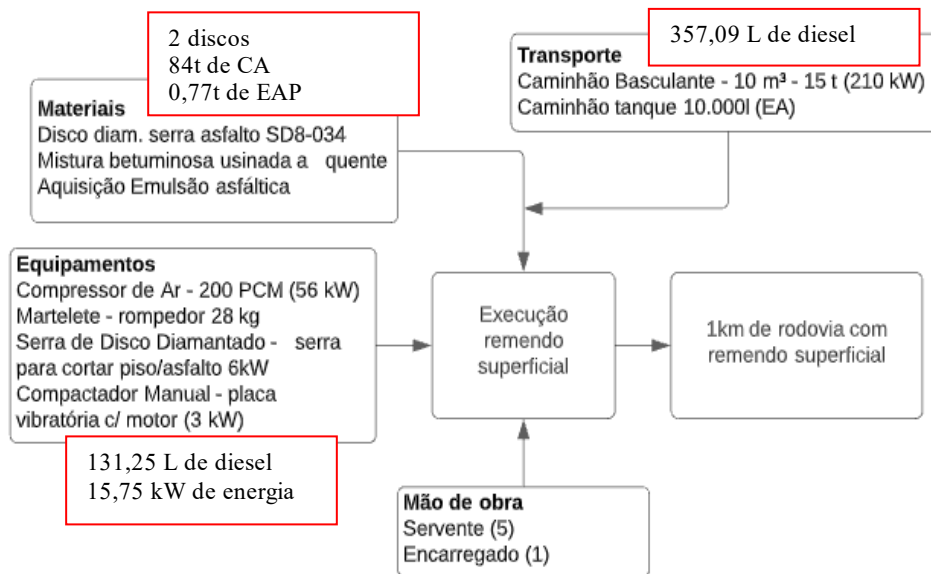
Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m3 - 15 t (210 kW) | 6.037,5 | tkm | 26,8 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 2.733,5 | tkm | 11,8 |

2.9. RS: REPARO SUPERFICIAL

Considerou-se 10% de remendo superficial. A espessura cortada é igual a espessura da camada de rolamento. Após o corte e retirada da camada de rolamento, considerou-se a limpeza, pintura de ligação e novo revestimento em CA.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CA | 35,0 | m ³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 84,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2.100,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,8 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 273,4 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|-------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 10,5 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 10,5 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,3 | 10,5 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 10,5 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 35,0 |
| Servente | 5 | 175,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------------------|------------|---------|
| Disco diam. serra asfalto SD8-034 | 2 | Unidade |
| Aquisição mistura asfáltica | 84,0 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 0,8 | t |

Transporte

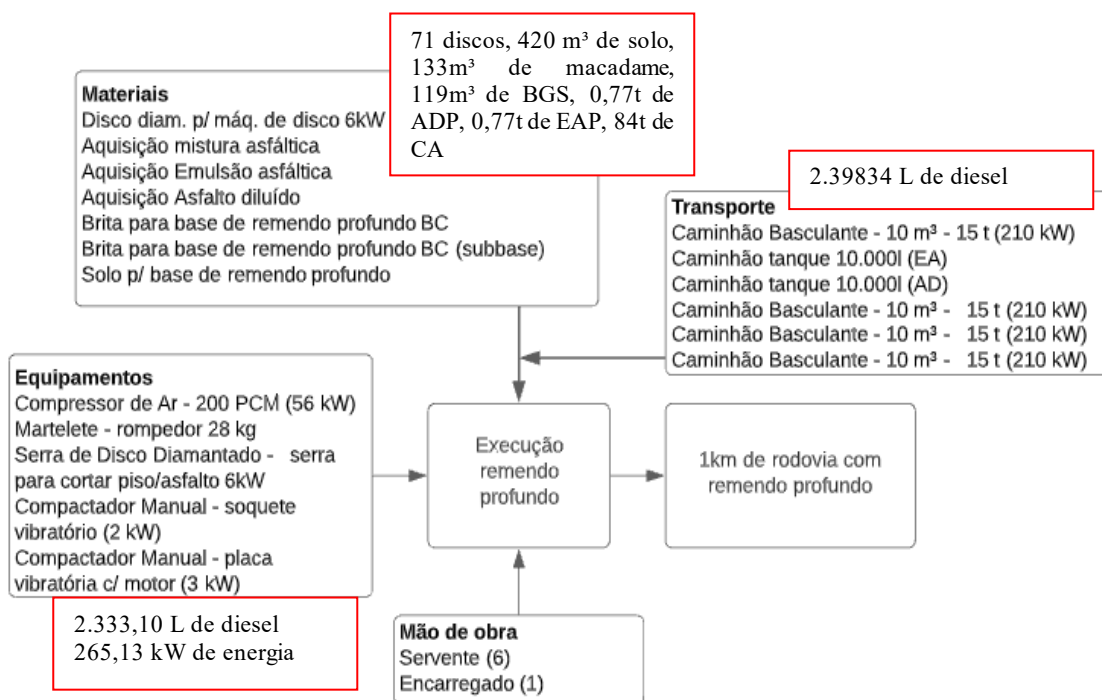
| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 2.100,0 | tkm | 5,6 |
| Caminhão tanque 10.000l (EA) | 273,4 | tkm | 5,9 |

2.10.RP: REPARO PROFUNDO

Considerou-se 10% da área do pavimento para a execução de remendos profundos. Para este serviço retira-se as camadas de Revestimento, base, sub-base e parte do subleito, de forma a reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento.

Após a retirada, deve-se efetuar a recomposição com material similar executando a compactação em camadas.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------------|---|------------|---------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 707,0 | m³ |
| Local | Aquisição mistura asfáltica | 84,0 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2.100,0 | tkm |
| Local | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,8 | t |
| Local | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 273,4 | tkm |
| Local | Aquisição Asfalto diluído | 0,8 | t |
| Local | Transporte asfalto diluído CM30 | 273,4 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 119,0 | m³ |
| Local | Transporte de brita para base | 6.545,0 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 133,0 | m³ |
| Local | Transporte de brita para sub-base | 6.982,5 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 420,0 | m³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 3.150,0 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quant | Prod | Horas trabalhadas |
|--|-------|------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 176,8 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 176,8 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 117,8 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 294,6 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 176,8 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|----------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de turma | 1 | 589,2 |
| Servente | 6 | 3535,0 |

Material

| Material | Quantidade | Unidade |
|---|------------|----------------|
| Disco diam. p/ máq. de disco 6kW | 71 | Unidade |
| Solo p/ base de remendo profundo | 420,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 133,0 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 119,0 | m ³ |
| Aquisição Asfalto diluído | 0,8 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 0,8 | t |
| Aquisição mistura asfáltica | 84,0 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 3.150,0 | tkm | 14,0 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.982,5 | tkm | 18,7 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 6.545,0 | tkm | 17,5 |
| Caminhão tanque 10.0001 (AD) | 273,4 | tkm | 5,9 |
| Caminhão tanque 10.0001 (EA) | 273,4 | tkm | 5,9 |
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 2.100,0 | tkm | 5,6 |

3. SC 114 L/OC

3.1. CARACTERÍSTICAS GERAIS E IMPLANTAÇÃO DA RODOVIA

A SC 114 trecho entre Lages e Otacílio Costa foi construída entre as décadas de 70 e 80 (projeto elaborado em 1977). Possui duas faixas de rolamento com 3,50 metros de largura cada, acostamento nas duas laterais com 1,20 metros de largura.

Para a modelagem das etapas construtivas e a quantificação foi considerado para a construção da referida rodovia, estrutura constituída com uma camada de reforço do subleito de 10 cm em cascalho, uma camada de sub-base com espessura média de 20 cm em macadame seco, uma camada de base com espessura média de 15 cm em BGS e uma camada de revestimento com espessura de 5 cm em CA. Como camada de regularização do subleito adotou-se camada de 60 cm em solo local.

Durante o processo de estudo para o projeto de restauração, obteve-se em campo a estrutura e materiais apresentados no Quadro 1.

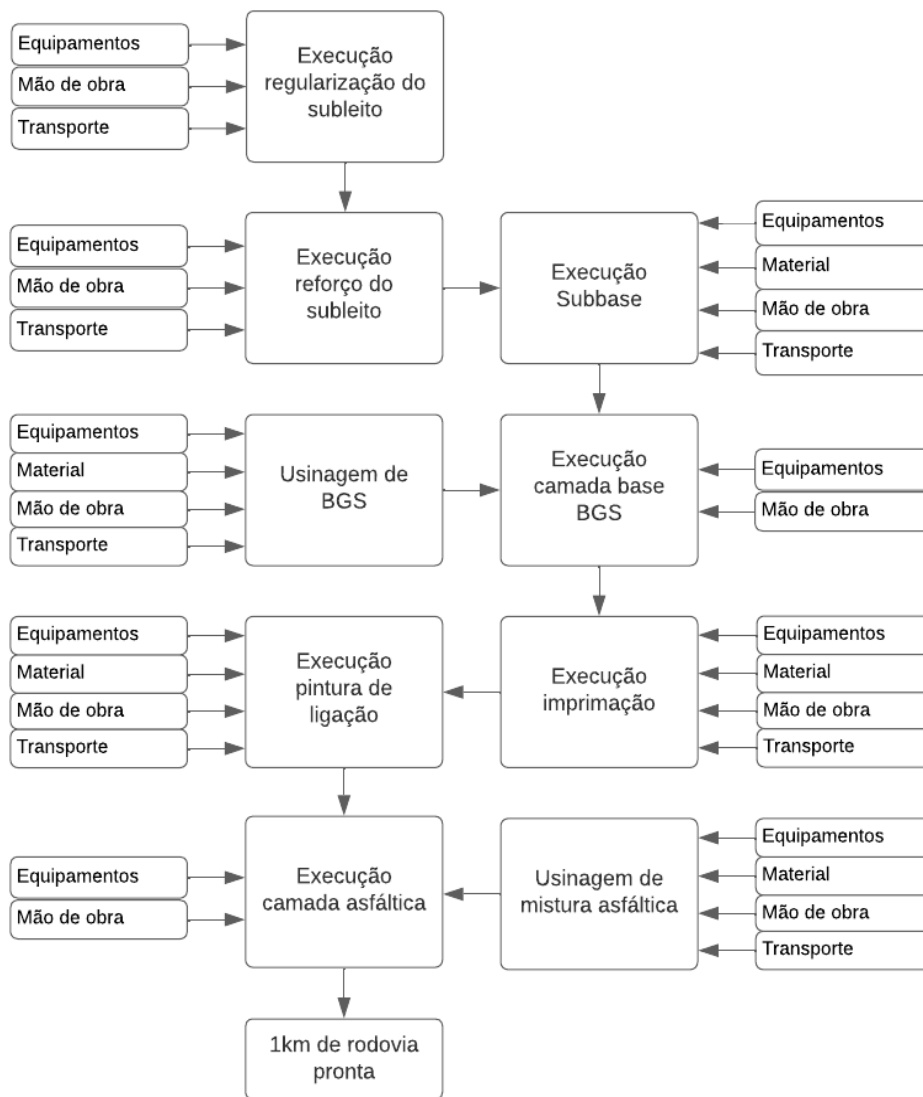
Quadro 85: Estrutura obtida no estudo para projeto de restauração

| Camada | Revestimento | Base | Sub-base |
|----------|--------------|------|----------|
| Material | CA | BGS | Macadame |
| Média | 13 | 16 | 19 |

A diferença na camada de revestimento entre o projetado e o obtido após 35 anos está ligada às manutenções efetuadas ao longo do tempo, com a execução de camadas de reforço ou recuperação da camada asfáltica.

A unidade funcional adotada para comparação das metodologias foi de 1 quilômetro de extensão de via pronta/restaurada.

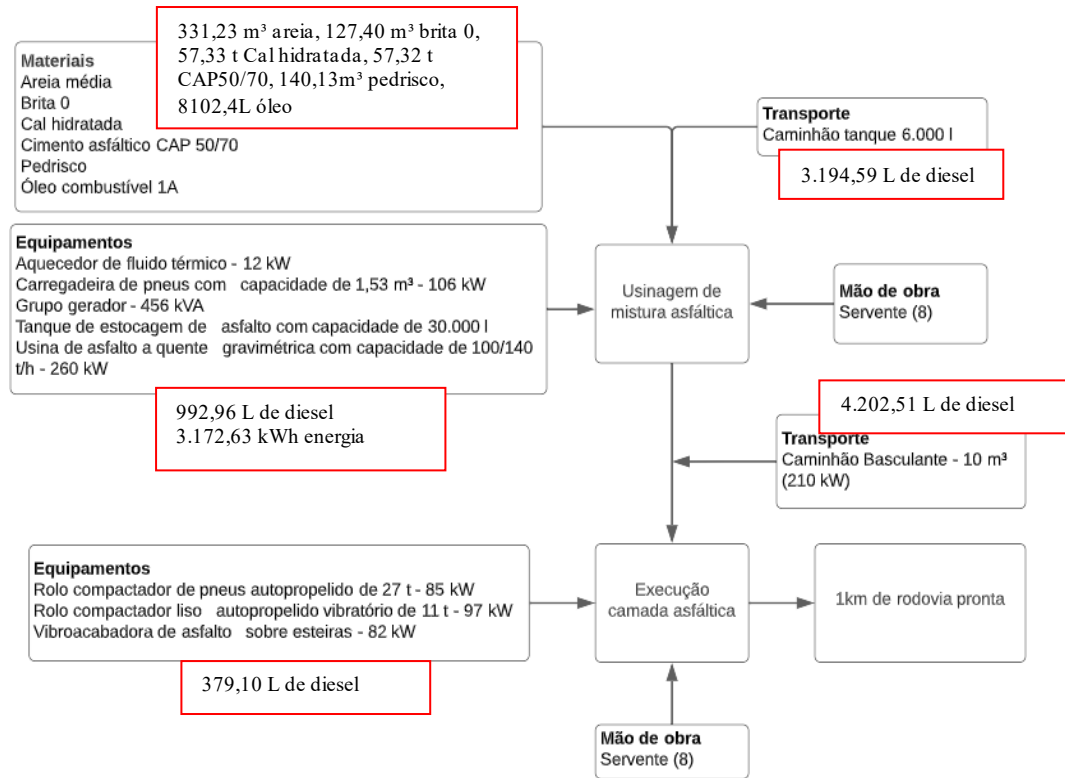
Diante do relatado, adotou-se para a modelagem da estrutura as seguintes considerações.



3.1.1. Revestimento em Concreto Asfáltico com espessura de 5 cm

A camada de revestimento nos acostamentos foram considerados com 3 cm de espessura, enquanto o revestimento nas faixas de rolamento foram de 5 cm. Densidade da mistura de 2,4 t/m³, com DMT de 350 km para o ligante asfáltico e 41km para a mistura asfáltica (usina localizada no município de Lages/SC). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h.

| Código | Descrição | Quantidade | Unidade |
|---------|---|------------|---------|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 172,80 | t |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 41524,80 | tkm |
| Local | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 55,70 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 19496,40 | tkm |



Equipamentos utilizados:

Foram considerados os equipamentos para a produção da massa asfáltica

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 12,20 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m ³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 6,96 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 12,20 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 24,40 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 12,20 |

Para execução da camada asfáltica

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 7,20 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 6,22 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 10,86 |

Mão de obra:

Foi considerada mão de obra para a produção da massa asfáltica

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 97,62 |

Para execução da camada asfáltica

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 97,62 |

Material:

Foram considerados os seguintes materiais para a mistura asfáltica

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Areia média | 331,23 | m ³ |
| Brita 0 | 127,40 | m ³ |
| Cal hidratada | 57328,30 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 57,32 | t |
| Pedrisco | 140,13 | m ³ |
| Óleo combustível 1A | 8102,40 | l |

Para o material mistura asfáltica, considerou-se separadamente os agregados e o ligante, adotando teor de ligante de 5,5%, com densidade de 2,4 t/m³.

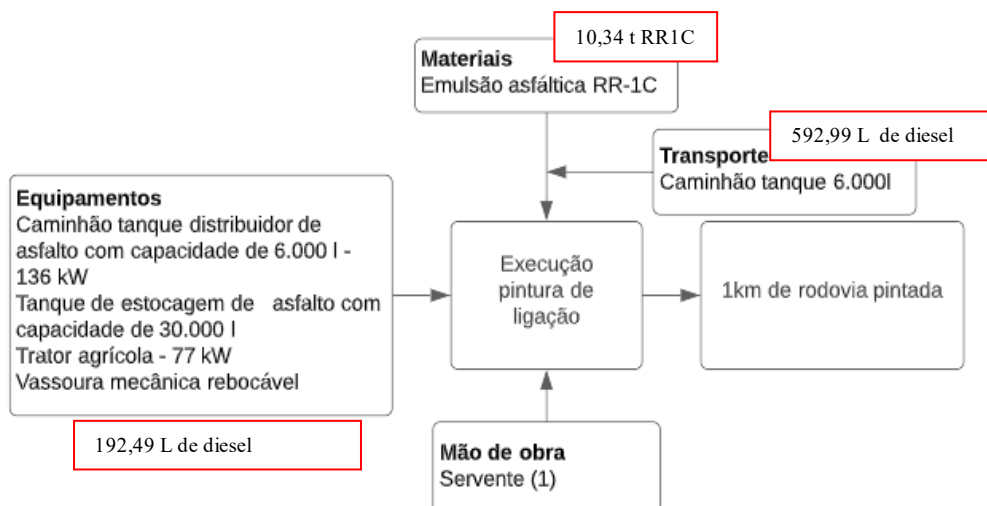
Transporte:

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|---|----------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000l - 136 kW | 19496,40 | tkm | 130,50 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 41524,80 | tkm | 111,18 |

3.1.2. Pintura de ligação com emulsão asfáltica

(taxa de aplicação 1,1 L/m²). A pintura de ligação foi considerada em uma camada, sendo entre a camada de imprimção e a camada de revestimento. Considerando densidade de 1 t/m³ e DMT de 350 km (refinaria de Araucária/PR). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h.

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação (acostamento) | 2400,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (faixa de rolamento) | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3619,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtividade | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 6,27 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 12,53 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 2,82 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 2,82 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 12,53 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 10,34 | t |

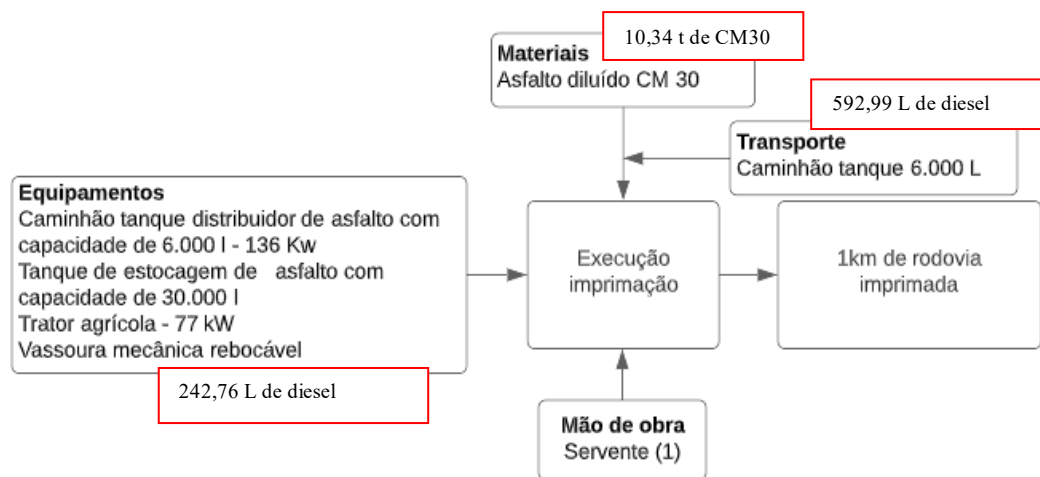
Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|---------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 3619,00 | tkm | 24,22 |

3.1.3. Imprimação com Asfalto diluído

(taxa de aplicação de 1,1 L/m²). A camada de imprimação foi considerada entre a camada de base e a camada de pintura de ligação, na largura das faixas de rolamento e acostamento. Considerando densidade de 1 t/m³ e DMT de 350 km (refinaria de Araucária/PR). Para o transporte do material asfáltico considerou-se velocidade de deslocamento de 60 km/h.

| | | | |
|---------|---------------------------------|---------|----------------|
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 9400,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 3619,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtividade | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 Kw | 1 | 1 | 8,36 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 1 | 1 | 8,36 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,33 | 2,76 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,33 | 2,76 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 16,71 |

Material

| Material | Quantidade |
|-----------------------|------------|
| Asfalto diluído CM 30 | 10,34 t |

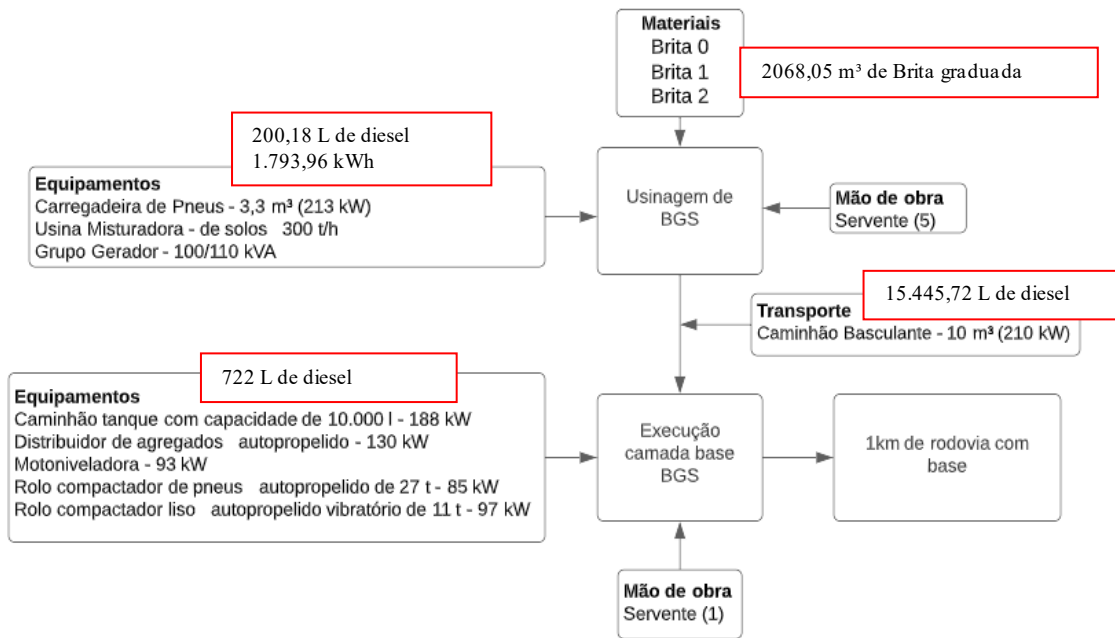
Transporte

| Transporte | Quantidade | Horas trabalhadas |
|--|-------------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 3619,00 tkm | 24,22 |

3.1.4. Base em brita graduada simples

com 15 cm de espessura, densidade solta de 2,2 t/m³ e DMT de 41 km (pedreira mais próxima, considerando brita comercial). A camada de base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| | | | |
|---------|--|-----------|----------------|
| 4011276 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1410,00 | m ³ |
| 5914374 | Transporte de brita graduada | 127182,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW | 1 | 0,34 | 4,24 |
| Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW | 1 | 0,8 | 9,97 |
| Motoniveladora - 93 kW | 1 | 0,52 | 6,48 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,65 | 8,10 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,52 | 6,48 |

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW | 1 | 0,79 | 9,84 |
| Grupo gerador - 100/110 kVA | 1 | 1 | 12,46 |
| Usina misturadora de solos com capacidade de 300 t/h | 1 | 1 | 12,46 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 5 | 62,29 |

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 1 | 12,46 |

Material

| Material | Quantidade | Produtiva |
|---|------------|-----------|
| Usinagem de brita graduada com brita comercial - 300t/h | 2.068,47 | m³ |

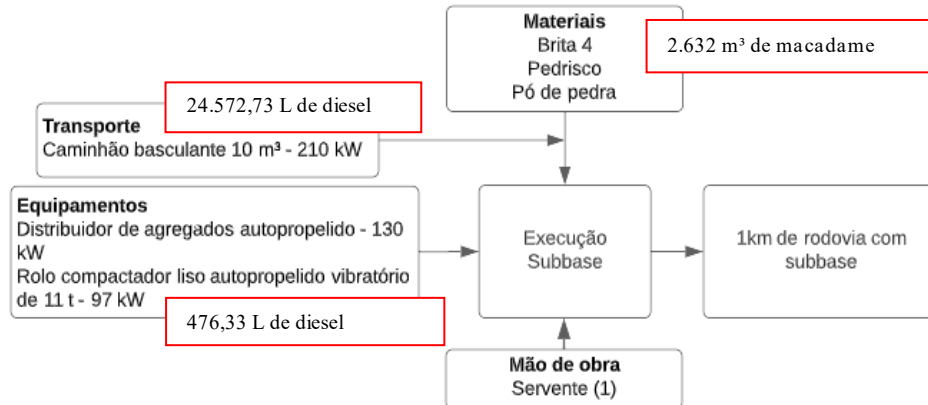
Transporte

| Transporte | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 210 kW | 127182,00 | tkm | 408,62 |

3.1.5. Sub-base em macadame seco

com 20 cm de espessura, densidade solta de 2,1 t/m³ e DMT de 41 km (pedreira mais próxima). A camada de sub-base contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| | | | |
|---------|---|-----------|----------------|
| 4011279 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1880,00 | m ³ |
| 5914359 | Transporte macadame seco | 161868,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Distribuidor de agregados autopropelido - 130 kW | 1 | 1 | 13,85 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,63 | 8,72 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 27,69 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------|------------|----------------|
| Brita comercial | 2.632 | m ³ |

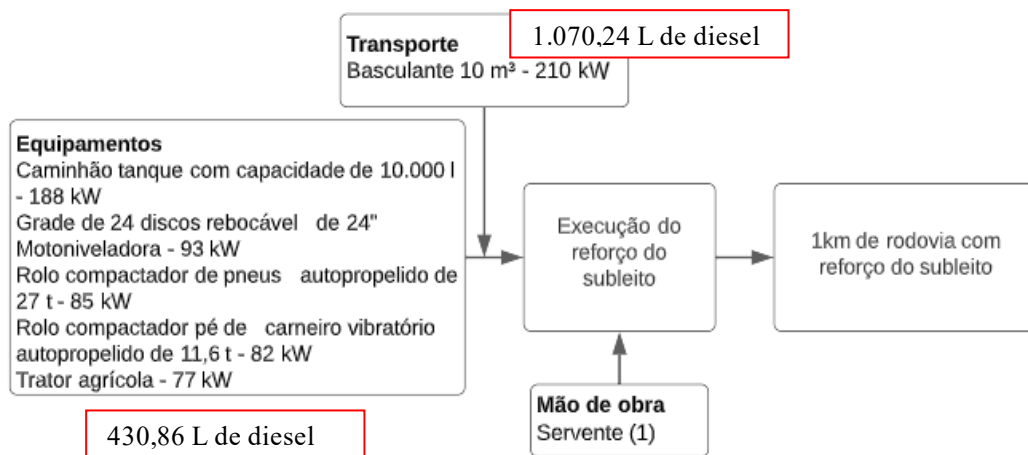
Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|-----------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 161868,00 | tkm | 650,07 |

3.1.6. Reforço do subleito

em solo tipo cascalho com 10 cm de espessura, densidade solta de 1,5 t/m³ e DMT de 5 km (jazida local). A camada de reforço do subleito contempla a largura das faixas de rolamento e acostamento.

| | | | |
|---------|--------------------------------|---------|----------------|
| 4011211 | Reforço do subleito | 940,00 | m ³ |
| 5914359 | Transporte material de reforço | 7050,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtividade | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW | 1 | 0,93 | 5,20 |
| Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 0,49 | 2,74 |
| Motoniveladora - 93 kW | 1 | 0,78 | 4,36 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,72 | 4,02 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW | 1 | 1 | 5,59 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,49 | 2,74 |

Mão de obra

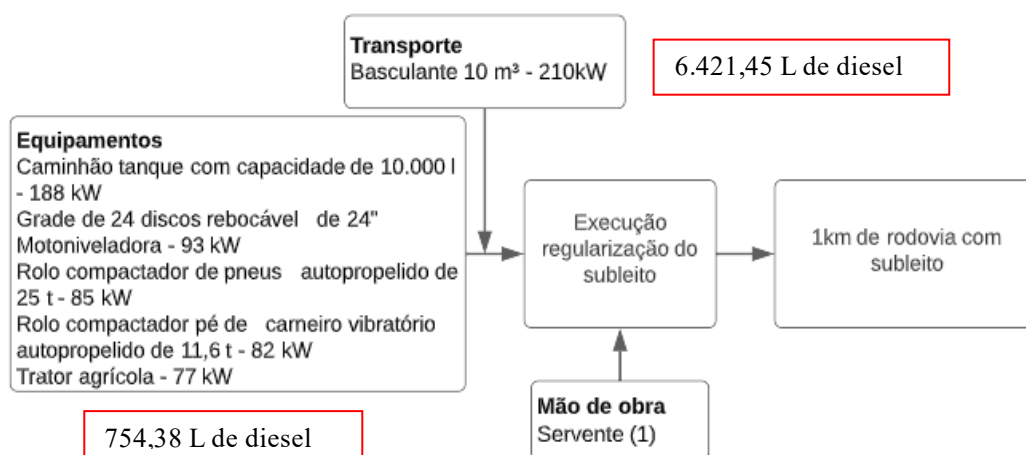
| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 1 | 5,59 |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Unidade | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 210 kW | 249 | tkm | 28,31 |
| | 7050,00 | tkm | |

Não foram consideradas as etapas de terraplenagem apenas a regularização do subleito, com 60 cm de espessura, densidade solta de 1,5 t/m³ e DMT de 5 km.

| | | | |
|---------|------------------------------|----------|----------------|
| 4011209 | Regularização do subleito | 9400,00 | m ² |
| 5914359 | Transporte material subleito | 42300,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW | 1 | 0,76 | 8,49 |
| Grade de 24 discos rebocável de 24" | 1 | 0,49 | 5,48 |
| Motoniveladora - 93 kW | 1 | 0,55 | 6,15 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,72 | 8,05 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW | 1 | 1 | 11,18 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,49 | 5,48 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 1 | 11,18 |

Transporte

| Transporte | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 210 kW | 42300,00 | tkm | 169,88 |

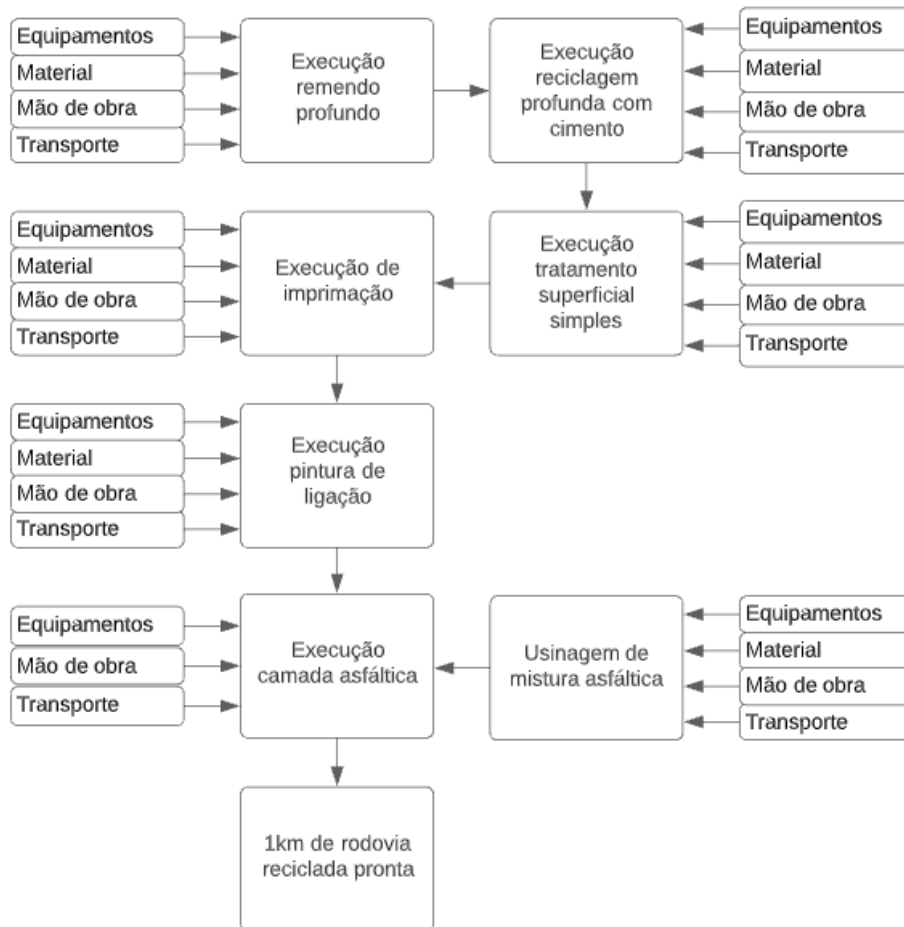
3.2. RECICLAGEM PROFUNDA COM ADIÇÃO DE CIMENTO (20 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (12CM)

Antes de iniciar a reciclagem profunda com adição de cimento foi considerado execução de remendo profundo em 15% da extensão da rodovia analisada. Desconsiderou-se o remendo superficial neste tipo de intervenção pois a técnica de reciclagem profunda tritura o revestimento danificado e mistura com a camada de base do pavimento, não sendo necessário recompor sua capacidade de suporte. No remendo profundo foi mantida a recomposição de todas as camadas do pavimento, visto que é necessário manter a proporção de material de base e material de revestimento na mistura estabilizada com cimento.

A reciclagem profunda inicia com o espalhamento de material pétreo (15%) necessário para a adequação da granulometria, após o espalhamento do material aglomerante (3%), neste caso o cimento (CPII F32). Finalizada a distribuição dos materiais necessários para a adequação da mistura, efetua-se a reciclagem propriamente dita, com a adição de água para garantir a umidade ótima de compactação. Com a trituração da camada de revestimento, parte da camada de base e a mistura com os materiais adicionados, inicia a compactação da nova camada reciclada, garantindo o ganho de capacidade estrutural. Espessura de corte de 20 cm. Finalizada a camada reciclada, aplica-se o tratamento superficial simples com emulsão asfáltica polimérica e pedrisco. Passados 3 dias, libera-se o tráfego. Após o sétimo dia efetua-se a limpeza da superfície com vassoura mecânica, posterior aplica-se a imprimação com asfalto diluído e a pintura de ligação com emulsão asfáltica. Subsequente executa-se a camada antirreflexo de trincas (CA com 4 cm de espessura), aplica-se nova camada de pintura de ligação para possibilitar a aderência entre as camadas asfálticas, na sequência a última camada de revestimento com 8 cm de espessura, de forma a finalizar a reciclagem estrutural do pavimento.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|--|------------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1155,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5166,00 | tkm |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14206,50 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 18081,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4725,00 | tkm |

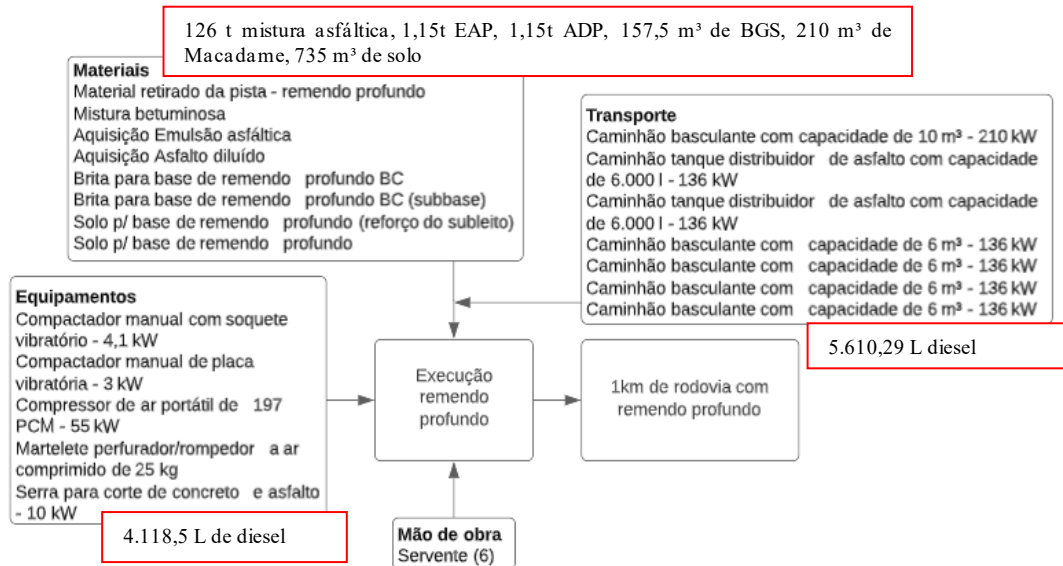
| | | | |
|---------|--|----------|----------------|
| 4011486 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1880,00 | m ³ |
| 5914389 | Transporte de brita para reciclagem | 25436,40 | tkm |
| 5914366 | Transporte de cimento para reciclagem | 22977,36 | tkm |
| 4011358 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9400,00 | m ² |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3619,00 | tkm |
| 5914389 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 6783,04 | tkm |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 9400,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 3619,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9400,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,04 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6314,00 | tkm |
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 902,40 | t |
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 1344,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 92102,40 | tkm |
| | Cimento asfáltico com borracha - 5,5% | 123,55 | t |
| 5914622 | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 43243,20 | tkm |



3.2.1. Remendo profundo

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|------------------------------------|------------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1155,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5166,00 | tkm |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t |

| | | | |
|---------|--|----------|-----|
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14206,50 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210,00 | m³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 18081,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4725,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compactador manual com soquete vibratório - 4,1 kW | 1 | 0,44 | 508,20 |
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,32 | 369,60 |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 0,27 | 311,85 |
| Marteleto perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg | 1 | 0,27 | 311,85 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,17 | 196,35 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 6930 |

Material

| Material | Quantidade | |
|--|------------|----|
| Material retirado da pista - remendo profundo | 1155 | m³ |
| Mistura betuminosa | 126 | t |
| Aquisição Emulsão asfáltica | 1,155 | t |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,155 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 157,5 | m³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210 | m³ |
| Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105 | m³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 630 | m³ |

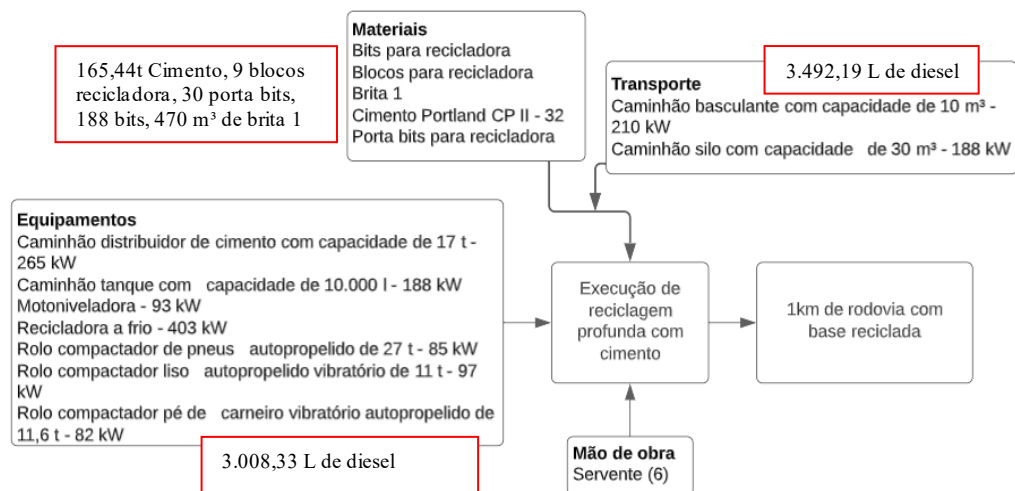
Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|----------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 5166,00 | tkm | 13,83 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 404,25 | tkm | 2,71 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 404,25 | tkm | 2,71 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 14206,50 | tkm | 76,07 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 18081,00 | tkm | 96,82 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 787,50 | tkm | 4,22 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 4725,00 | tkm | 25,30 |

3.2.2. Reciclagem com incorporação do revestimento asfáltico

à base com adição de 3% de cimento e de brita comercial

| | | | |
|---------|--|----------|----------------|
| 4011486 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1880,00 | m ³ |
| 5914389 | Transporte de brita para reciclagem | 25436,40 | tkm |
| 5914366 | Transporte de cimento para reciclagem | 22977,36 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão distribuidor de cimento com capacidade de 17 t - 265 kW | 1 | 0,5 | 10,18 |
| Caminhão tanque com capacidade de 10.000 l - 188 kW | 2 | 0,26 | 10,59 |
| Motoniveladora - 93 kW | 1 | 0,53 | 10,79 |
| Recicladora a frio - 403 kW | 1 | 1 | 20,36 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,8 | 16,29 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,64 | 13,03 |
| Rolo compactador pé de carneiro vibratório autopropelido de 11,6 t - 82 kW | 1 | 0,82 | 16,69 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 122,14 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Bits para recicladora | 188 | Unidade |
| Blocos para recicladora | 8,46 | Unidade |
| Brita 1 | 470 | m ³ |
| Cimento Portland CP II - 32 | 165440 | kg |
| Porta bits para recicladora | 30,08 | Unidade |

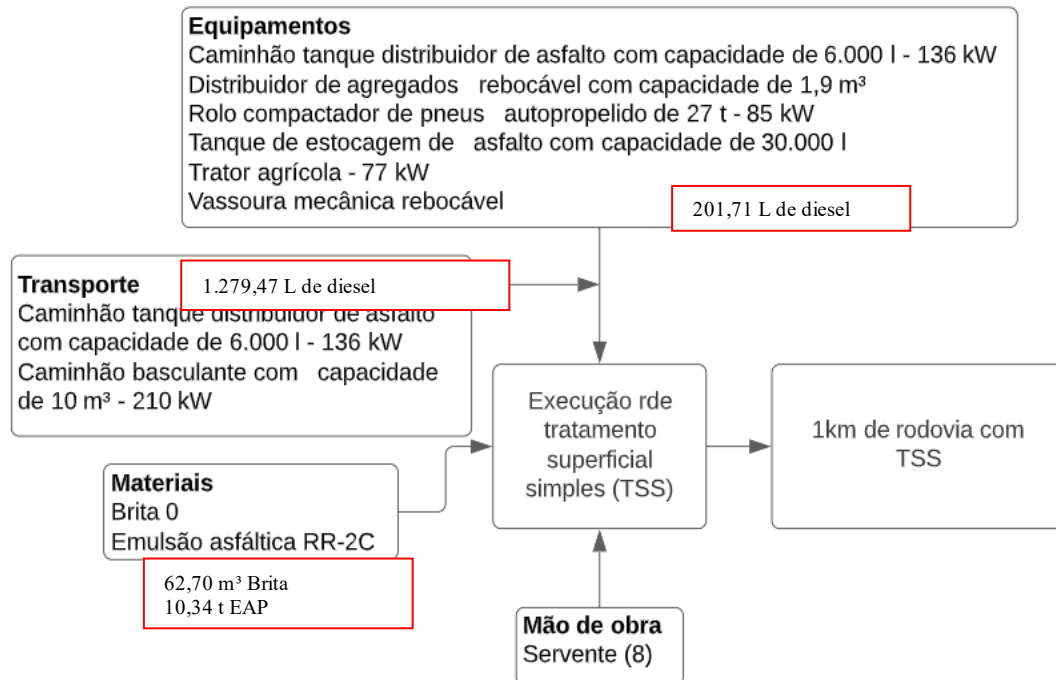
Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|----------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 25436,40 | tkm | 68,10 |
| Caminhão silo com capacidade de 30 m ³ - 188 kW | 22977,36 | tkm | 27,12 |

3.2.3. Tratamento superficial simples

com emulsão - brita comercial

| | | | |
|---------|--|---------|----------------|
| 4011358 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9400,00 | m ² |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3619,00 | tkm |
| 5914389 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 6783,04 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 5,03 |
| Distribuidor de agregados rebocável com capacidade de 1,9 m ³ | 1 | 0,33 | 1,66 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,53 | 2,67 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 10,07 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,54 | 2,72 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,54 | 2,72 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 40,27 |

Material

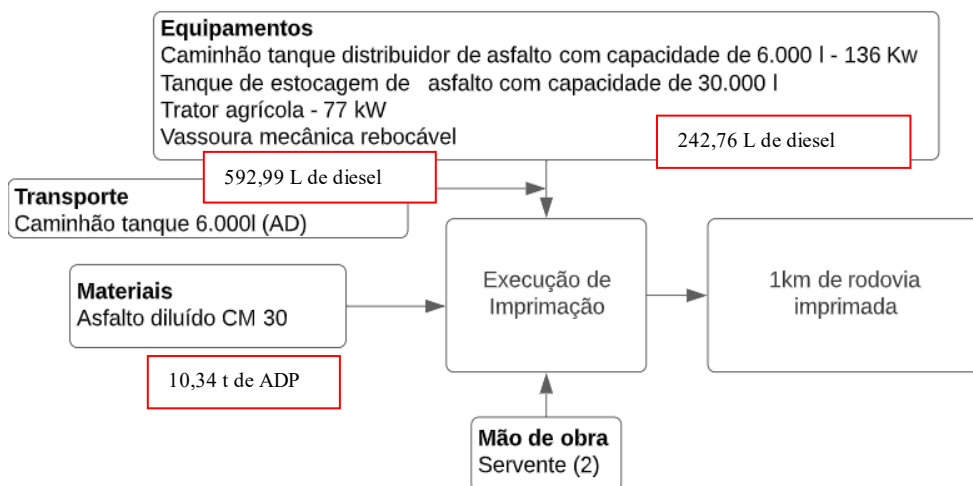
| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|----------------|
| Brita 0 | 62,698 | m ³ |
| Emulsão asfáltica RR-2C | 10,34 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 3619,00 | tkm | 24,22 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 6783,04 | tkm | 18,16 |

3.2.4. Imprimação com asfalto diluído

| | | | |
|---------|---------------------------------|---------|----------------|
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 9400,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 3619,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 Kw | 1 | 1 | 8,36 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 1 | 1 | 8,36 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,33 | 2,76 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,33 | 2,76 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 16,71 |

Material

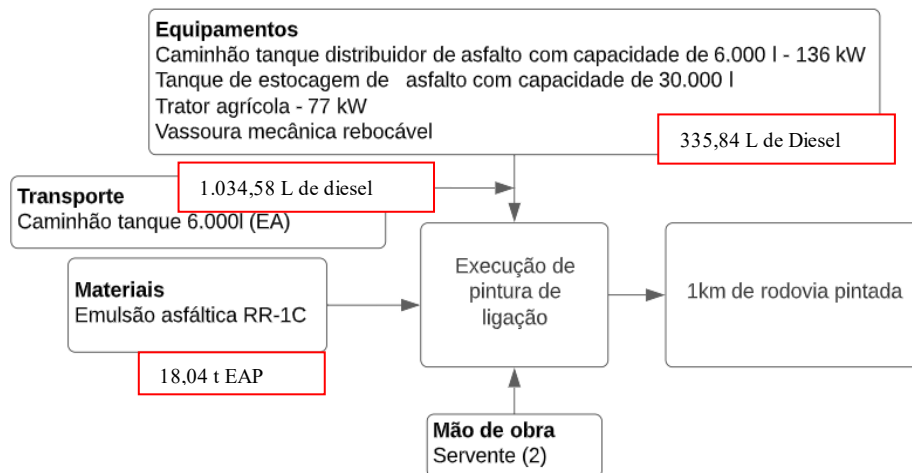
| Material | Quantidade | |
|-----------------------|------------|---|
| Asfalto diluído CM 30 | 10,34 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 3619,00 | tkm | 24,22 |

3.2.5. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9400,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,04 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6314,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 10,93 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 21,87 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 4,92 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 4,92 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 21,87 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 18,04 | t |

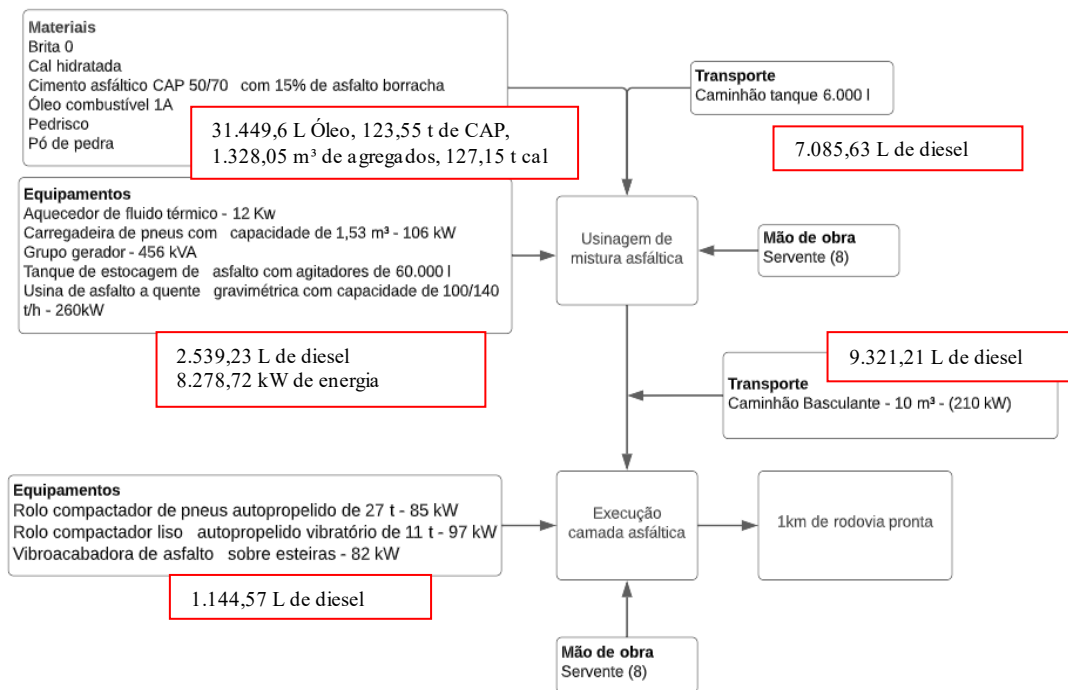
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000l - 136 kW | 6314,00 | tkm | 42,26 |

3.2.6. Concreto asfáltico com borracha

- Faixa C - brita comercial

| | | | |
|---------|---|----------|-----|
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 902,40 | t |
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 1344,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 92102,40 | tkm |
| | Cimento asfáltico com borracha – 5,5% | 123,55 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP-50/70 com borracha | 43243,20 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Aquecedor de fluido térmico - 12 Kw | 1 | 1 | 31,84 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,49 | 15,60 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 31,84 |
| Tanque de estocagem de asfalto com agitadores de 60.000 l | 2 | 1 | 63,68 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260kW | 1 | 1 | 31,84 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 1 | 31,84 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,54 | 17,19 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,76 | 24,20 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 254,73 |
| Servente | 8 | 254,73 |

Material

| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Brita 0 | 282,57 | m ³ |
| Cal hidratada | 127154,71 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 com 15% de asfalto borracha | 123,55 | t |
| Óleo combustível 1A | 31449,60 | L |
| Pedrisco | 310,81 | m ³ |
| Pó de pedra | 734,66 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 43243,20 | tkm | 289,45 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 92102,40 | tkm | 246,59 |

3.3. REFORÇO ESTRUTURAL EM CONCRETO ASFÁLTICO COM ESPESSURA DE 15 CM

Com a finalidade de reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento, propõem-se a execução de uma camada de reforço estrutural, para isso, deve-se aplicar pintura de ligação em toda área das faixas de rolamento. Seguindo com a aplicação da camada de reforço com CA.

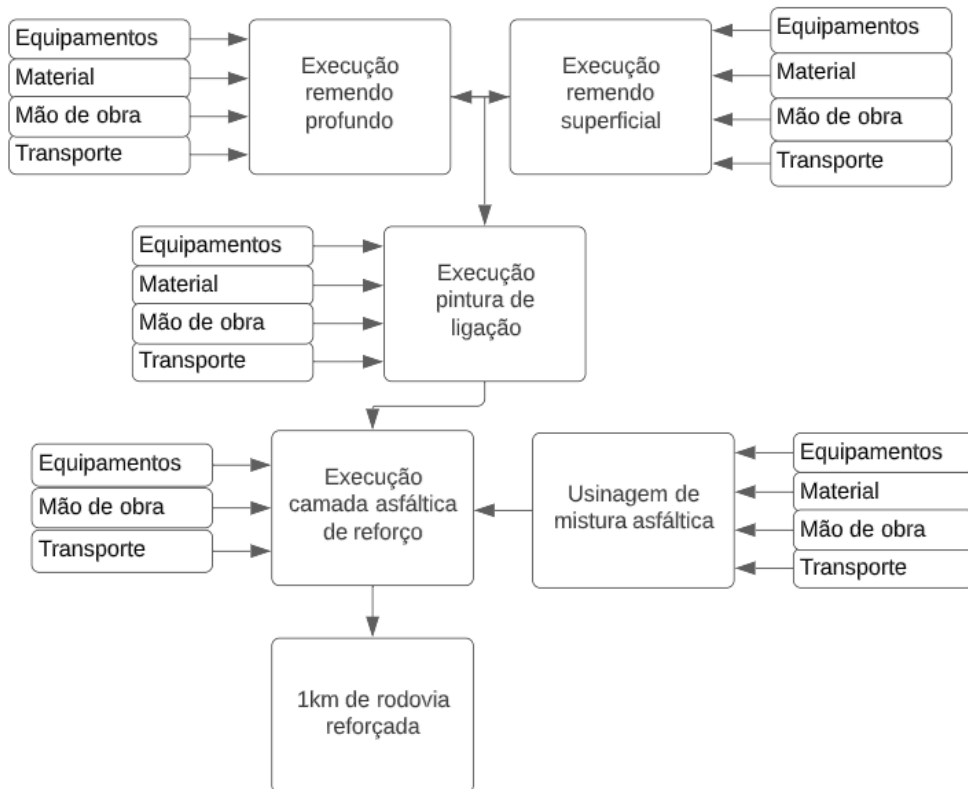
Vale salientar que para este procedimento é necessário efetuar remendos profundos e superficiais antes da execução do reforço estrutural.

Foi considerado 20% da superfície com execução de remendo superficial e 15% com remendo profundo.

Para o acostamento a espessura do revestimento será de 10 cm enquanto nas faixas de rolamento 15 cm.

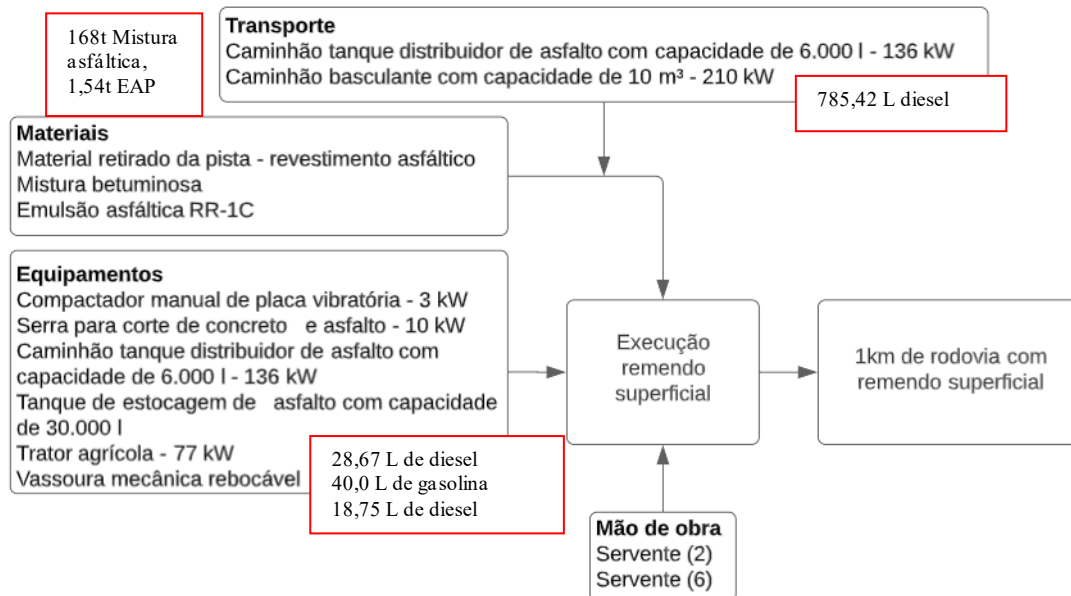
| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 70,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6888,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm |
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1155,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t |

| | | | |
|---------|---|-----------|----------------|
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5166,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação (remendo) | 1050,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído (remendo) | 1050,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14206,50 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 18081,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4725,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação (acostamento) | 2400,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (primeira camada) | 7000,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (Segunda camada) | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 18,04 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6314,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 576,00 | t |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 1680,00 | t |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 840,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 126936,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 170,28 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 59598,00 | tkm |



3.3.1. Reparo localizado

| | | | |
|---------|---------------------------------------|---------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 70,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6888,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,25 | 31,25 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,16 | 20 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,93 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 1,87 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,42 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,42 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 750 |
| Servente | 2 | 1,87 |

Material

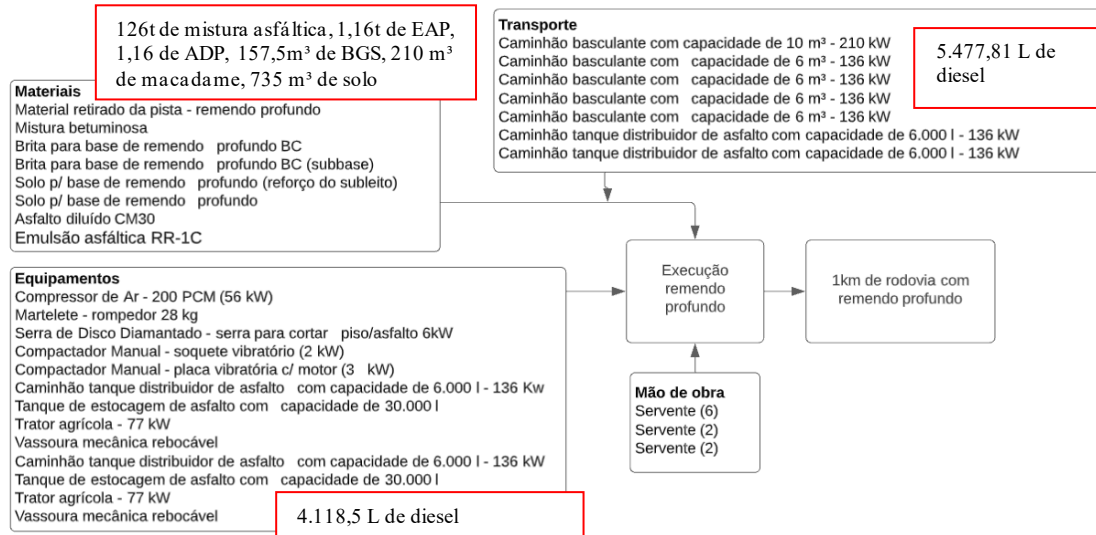
| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 1,54 | t |
| Material retirado da pista - revestimento asfáltico | 70 | m ³ |
| Mistura betuminosa | 70 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 6888,00 | tkm | 18,44 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 539,00 | tkm | 3,61 |

3.3.2. Reparo profundo

| | | | |
|---------|--|----------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1155,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5166,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação (remendo) | 1050,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído (remendo) | 1050,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14206,50 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 18081,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4725,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 0,3 | 264,83 |
| Martelete - rompedor 28 kg | 1 | 0,3 | 264,83 |
| Serra de Disco Diamantado - serra para cortar piso/asfalto 6kW | 1 | 0,2 | 176,55 |
| Compactador Manual - soquete vibratório (2 kW) | 1 | 0,5 | 441,38 |
| Compactador Manual - placa vibratória c/ motor (3 kW) | 1 | 0,3 | 264,83 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 Kw | 1 | 1 | 0,93 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 1 | 1 | 0,93 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,33 | 0,31 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,33 | 0,31 |

| | | | |
|--|---|------|------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,70 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 1,40 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,32 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,32 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 6930 |
| Servente | 2 | 1,87 |
| Servente | 2 | 1,40 |

Material

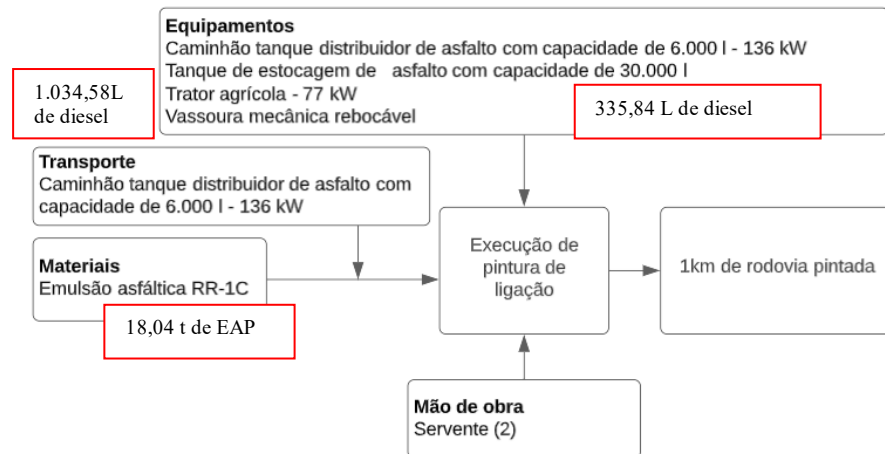
| Material | Quantidade | |
|--|------------|----------------|
| Material retirado da pista - remendo profundo | 1155 | m ³ |
| Mistura betuminosa | 126 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 157,5 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 210 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 630 | m ³ |
| Asfalto diluído CM 30 | 1,155 | t |
| Emulsão asfáltica RR-1C | 1,155 | t |

Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|----------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 404,25 | tkm | 2,71 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 5166,00 | tkm | 13,83 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 14206,50 | tkm | 76,07 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 18081,00 | tkm | 96,82 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 787,50 | tkm | 4,22 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 4725,00 | tkm | 25,30 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 404,25 | tkm | 2,71 |

3.3.3. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---------------------------------------|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação (acostamento) | 2400,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (primeira camada) | 7000,00 | m ² |
| 4011353 | Pintura de ligação (Segunda camada) | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 18,04 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6314,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 10,93 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 21,87 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 4,92 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 4,92 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 21,87 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 18,04 | t |

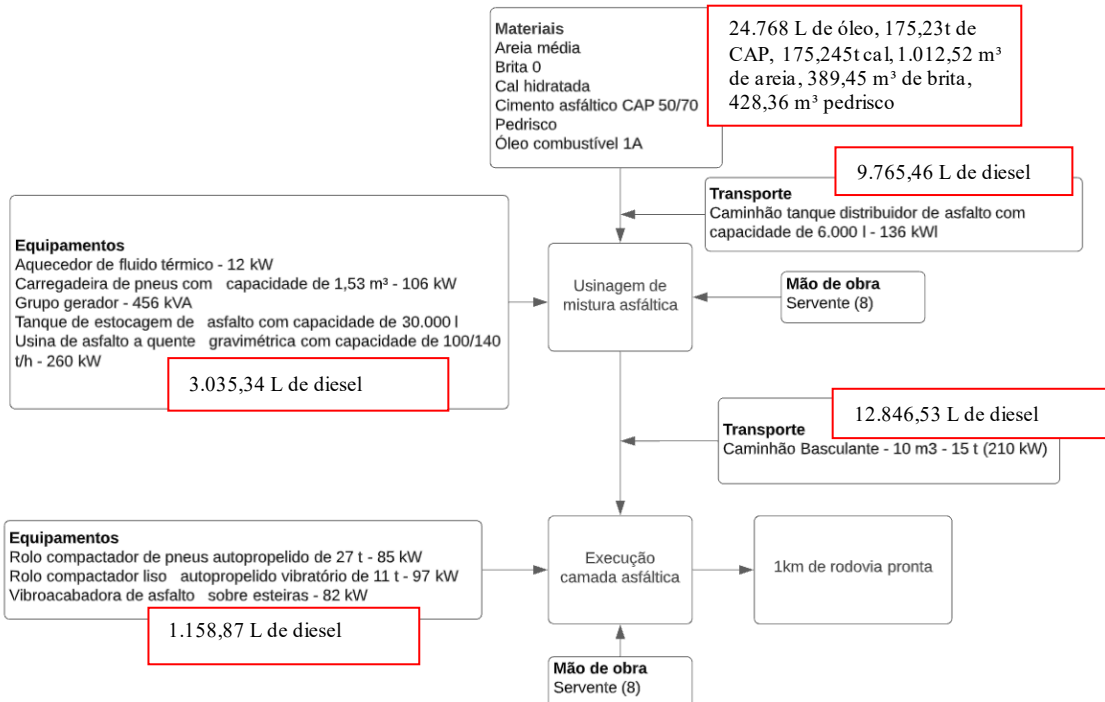
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 6314,00 | tkm | 42,26 |

3.3.4. Concreto asfáltico

- Faixa C - areia e brita comerciais

| | | | |
|---------|---|-----------|-----|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 576,00 | t |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 1680,00 | t |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 840,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 126936,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 170,28 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 59598,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 37,30 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 21,26 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 37,30 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 74,60 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 37,30 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 22,01 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 19,02 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 33,20 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 298,41 |
| Servente | 8 | 298,41 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----|
| Areia média | 1012,52 | m³ |
| Brita 0 | 389,45 | m³ |
| Cal hidratada | 175245,27 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 175,23 | t |
| Pedrisco | 428,36 | m³ |
| Óleo combustível 1A | 24768,00 | l |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão Basculante - 10 m ³ - 15 t (210 kW) | 126936,00 | tkm | 339,86 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000l - 136 kW | 59598,00 | tkm | 398,92 |

3.4. PAVIMENTO EM CONCRETO WHITETOPPING

Outra solução adotada para reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento, propõem-se a execução de uma camada em concreto de cimento Portland sobre a camada existente de pavimento flexível, chamada de Whitetopping.

Vale salientar que para este procedimento é necessário efetuar remendos profundos e superficiais antes da execução da nova camada. Foi considerado 20% da superfície com execução de remendo superficial e 15% com remendo profundo.

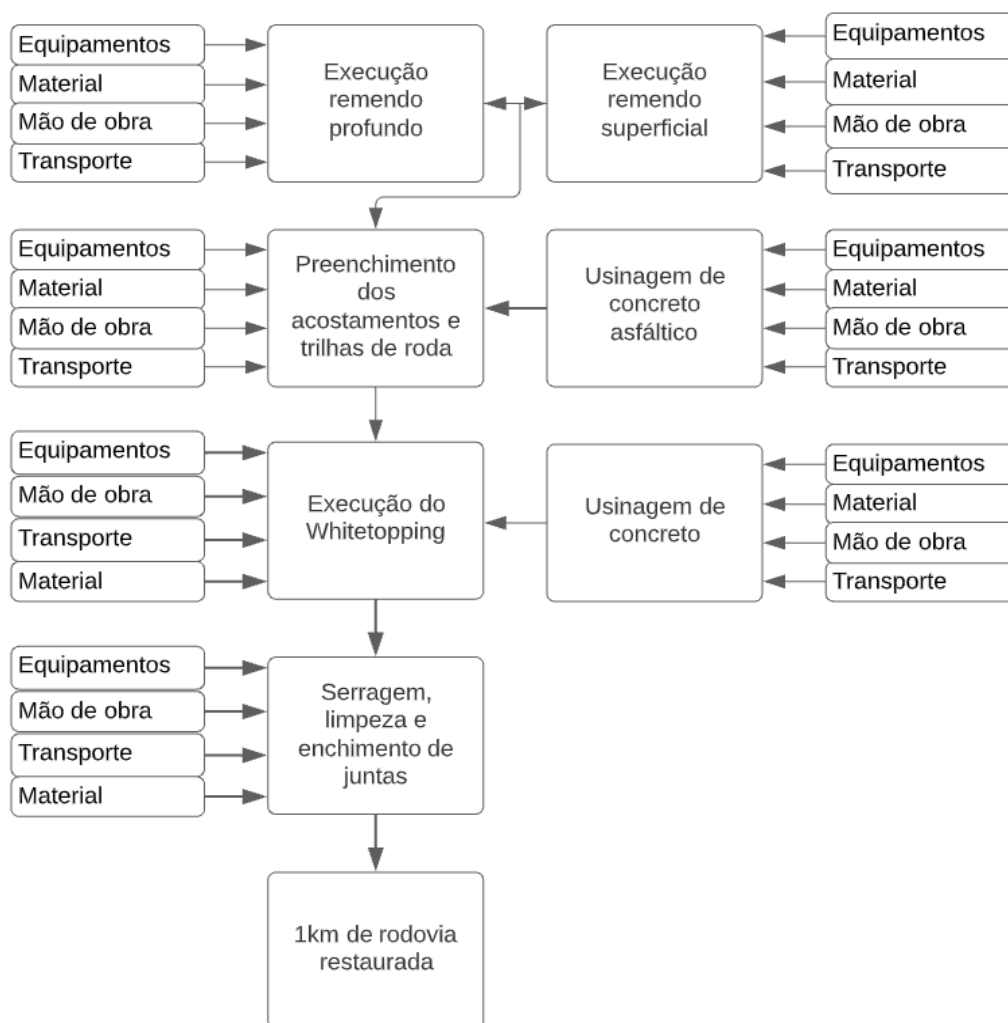
Para posterior execução da camada de concreto é necessário efetuar o nivelamento dos acostamentos, considerou-se desnível de 6 cm entre as faixas de rolamento e acostamento. Utilizou-se mistura asfáltica precedida de pintura de ligação.

O pavimento flexível existente apresentava trilhas de roda, as quais precisam ser preenchidas para posterior execução da camada de concreto de cimento Portland, para tanto, considerou-se largura de 80 cm e espessura de 2 cm ao longo da via nos dois sentidos de tráfego.

Para a execução da camada de concreto de cimento Portland (whitetopping) deve-se assentar filme plástico sobre a superfície, utilizou-se armadura em todas as juntas longitudinais e transversais. A espessura do pavimento de concreto será de 22 cm concretados com forma deslizante, cura química, serragem e preenchimento posterior a concretagem.

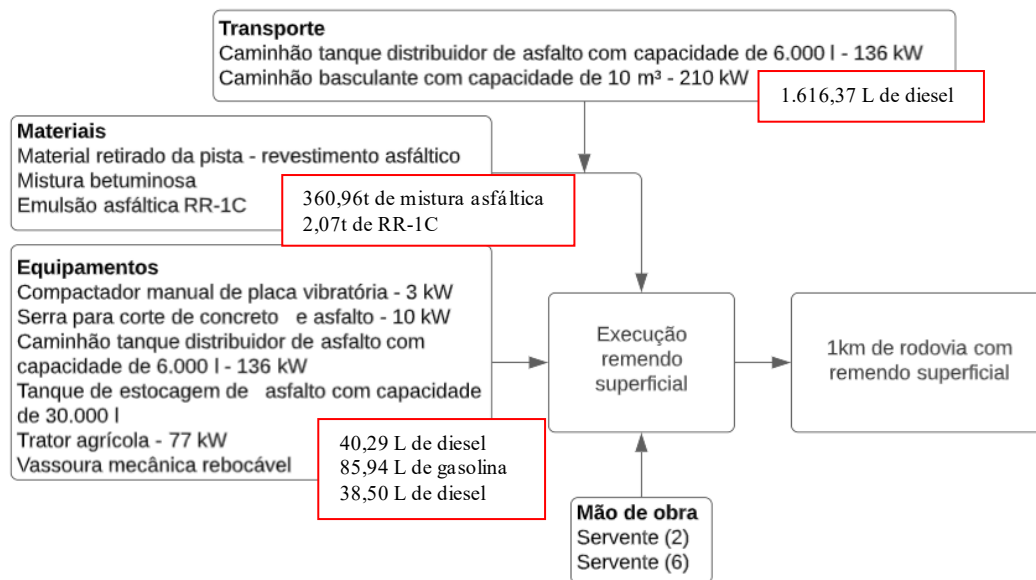
| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|--|------------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 150,40 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 360,96 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 14799,36 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1880,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,07 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 723,80 | tkm |
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1551,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 70,50 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 2890,50 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1410,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,55 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 542,85 | tkm |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 1410,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,55 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 542,85 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 211,50 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 19077,30 | tkm |

| | | | |
|-------------------------------------|--|-----------|----------------|
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 282,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 24280,20 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 141,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 1057,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (subleito) | 846,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 6345,00 | tkm |
| Nivelamento do acostamento | | | |
| 4011353 | Pintura de ligação | 2400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,64 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 924,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,40 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6494,40 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,71 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 3049,20 | tkm |
| Preenchimento trilha de roda | | | |
| 4011353 | Pintura de ligação | 3200,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 3,52 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 1232,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 153,60 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6297,60 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,45 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 2956,80 | tkm |
| Pavimento de concreto | | | |
| | Filme (lona) plástico | 9400,00 | m ² |
| | Aço CA-25 D: 25 mm (junta transversal) | 10706,87 | kg |
| | Aço CA-50 D: 10 mm (junta longitudinal) | 1813,98 | kg |
| | Arame recozido | 882,87 | kg |
| 5914479 | Transporte aço | 748,36 | tkm |
| | Apoio barra de transferência (Aço CA-50 D: 8mm) | 4414,36 | kg |
| 4011533 | Pavimento de Concreto acostamento | 528,00 | m ³ |
| 4011533 | Pavimento de Concreto pista | 1540,00 | m ³ |
| | Transporte de concreto | 4963,20 | tkm |
| 5914366 | Transporte de cimento | 196460,00 | tkm |
| 4011537 | Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio | 4889,40 | m |



3.4.1. Remendo superficial

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 150,40 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 360,96 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 14799,36 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1880,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,07 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 723,80 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,25 | 67,14 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,16 | 42,97 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 1,25 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 2,51 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,56 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,56 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 1611,43 |
| Servente | 2 | 2,51 |

Material

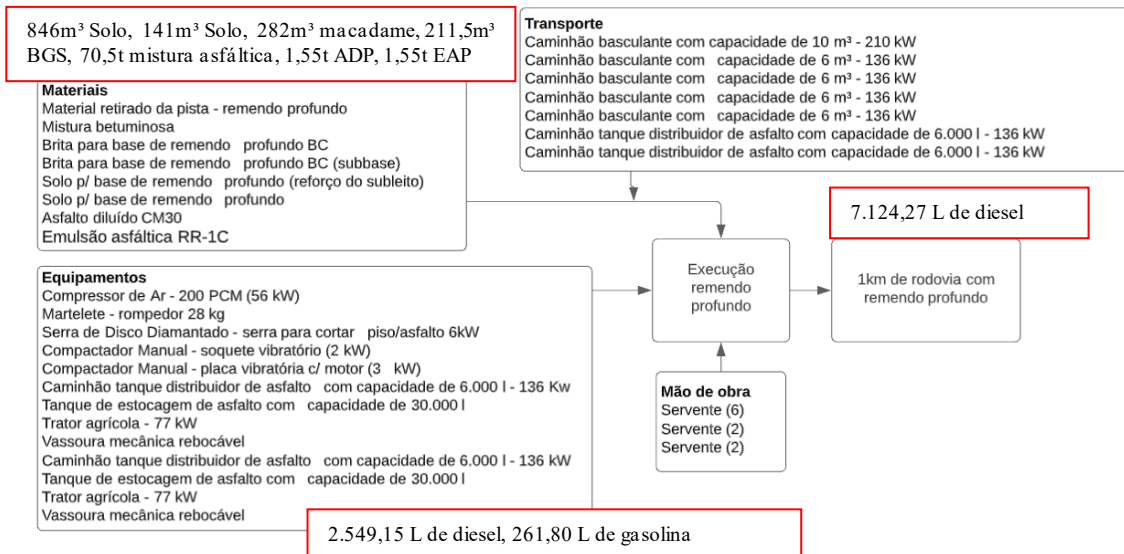
| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 2,068 | t |
| Material retirado da pista - revestimento asfáltico | 150,4 | m ³ |
| Mistura betuminosa | 360,96 | t |

Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|----------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 14799,36 | tkm | 39,62 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 723,80 | tkm | 4,84 |

3.4.2. Remendo profundo

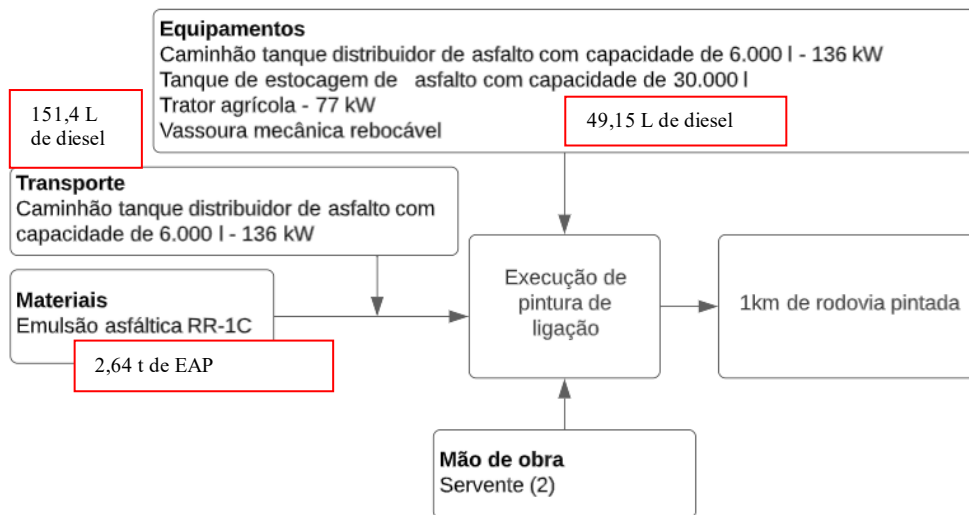
| | | | |
|---------|--|----------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1551,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 70,50 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 2890,50 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1410,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,55 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 542,85 | tkm |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 1410,00 | m ² |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,55 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 542,85 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 211,50 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 19077,30 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 282,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 24280,20 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 141,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 1057,50 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (subleito) | 846,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 6345,00 | tkm |



3.4.3. Preenchimento acostamentos

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 2400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,64 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 924,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,40 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6494,40 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,71 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 3049,20 | tkm |

Pintura de ligação



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 1,60 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 3,20 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,72 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,72 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 3,20 |

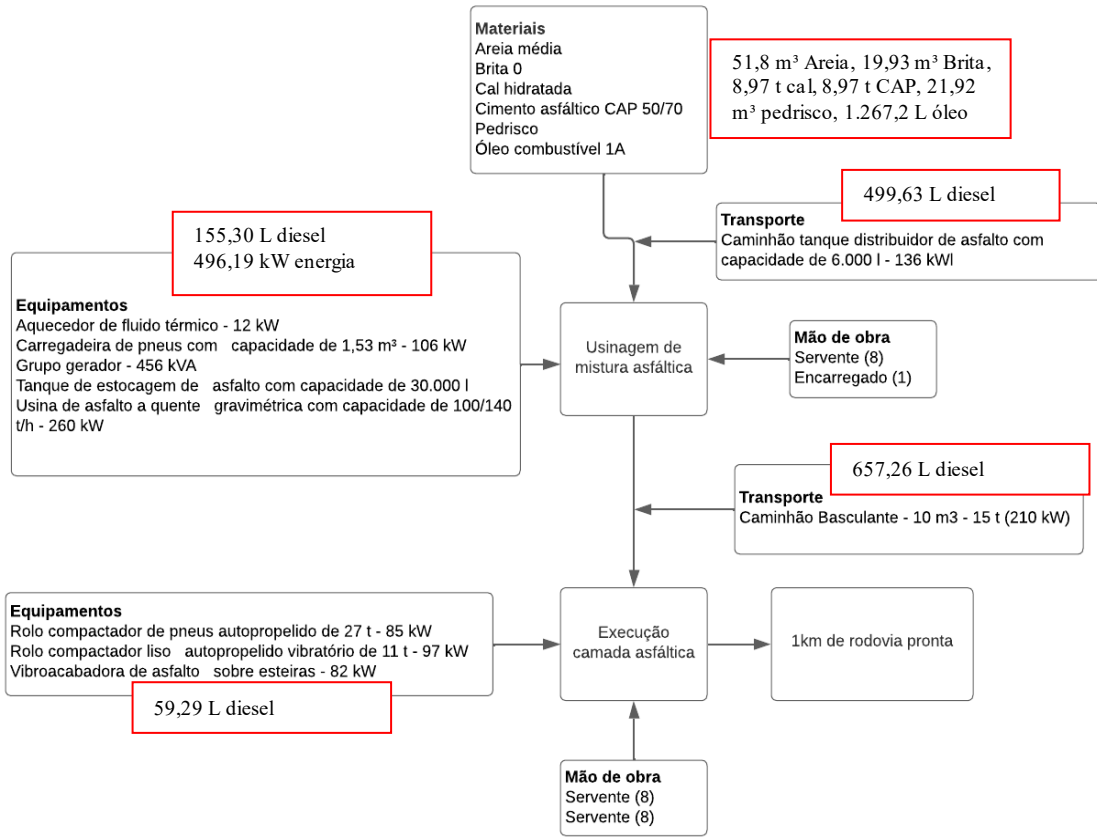
Material

| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 2,64 | t |

Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|--------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 924,00 | tkm | 6,18 |

Concreto asfáltico



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 1,13 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 0,97 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 1,70 |
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 1,91 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 1,09 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 1,91 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 3,82 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 1,91 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 15,27 |
| Servente | 8 | 15,27 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----|
| Areia média | 51,80 | m³ |
| Brita 0 | 19,93 | m³ |
| Cal hidratada | 8966,04 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 8,97 | t |
| Pedrisco | 21,92 | m³ |
| Óleo combustível 1A | 1267,20 | l |

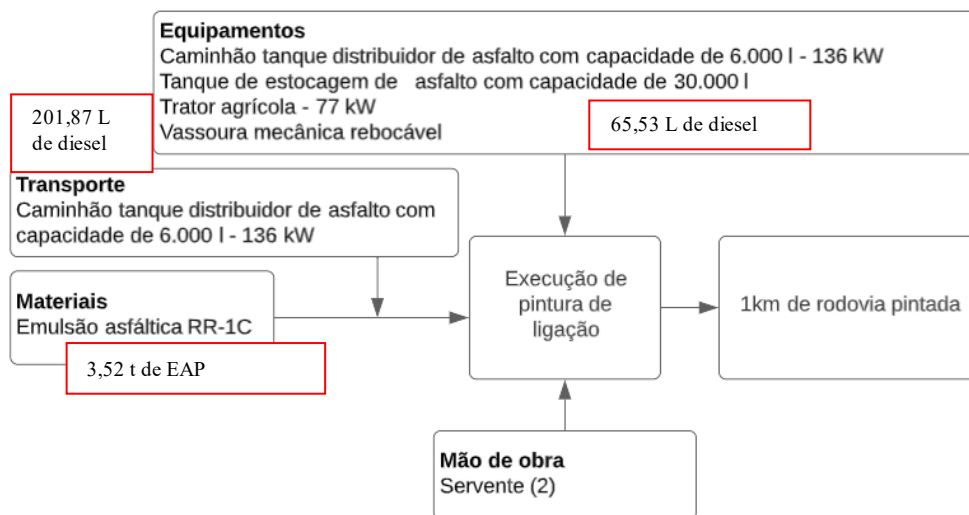
Transporte

| | | | |
|--|---------|-----|-------------------|
| Transporte | | | Horas trabalhadas |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 3049,20 | tkm | 20,41 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 6494,40 | tkm | 17,39 |

3.4.4. Preenchimento de trilhas de roda

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 3200,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 3,52 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 1232,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 153,60 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6297,60 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,45 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 2956,80 | tkm |

Pintura de ligação



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 2,13 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 4,27 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,96 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,96 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 4,27 |

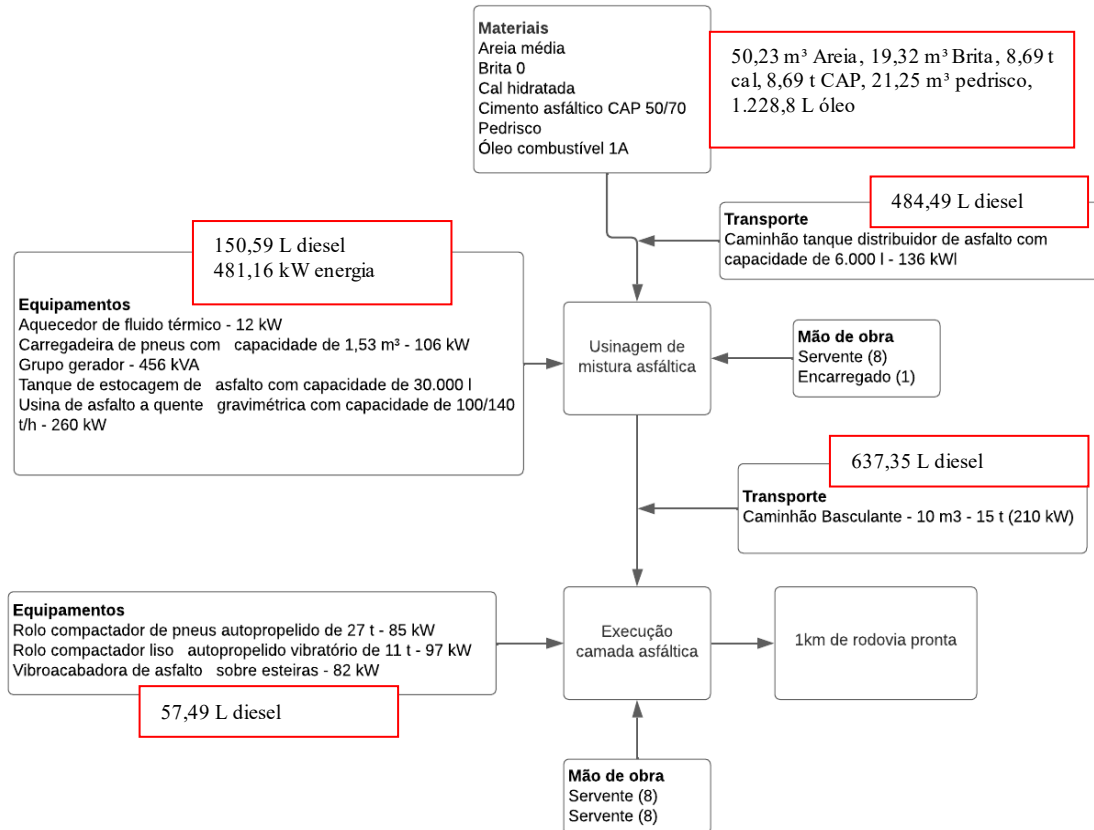
Material

| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 3,52 | t |

Transporte

| | | | |
|--|------|-----|-------------------|
| Transporte | | | Horas trabalhadas |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1232 | tkm | 8,25 |

Concreto asfáltico



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 1,09 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 0,94 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 1,65 |
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 1,85 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m ³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 1,05 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 1,85 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 3,70 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 1,85 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 14,80 |
| Servente | 8 | 14,80 |

Material

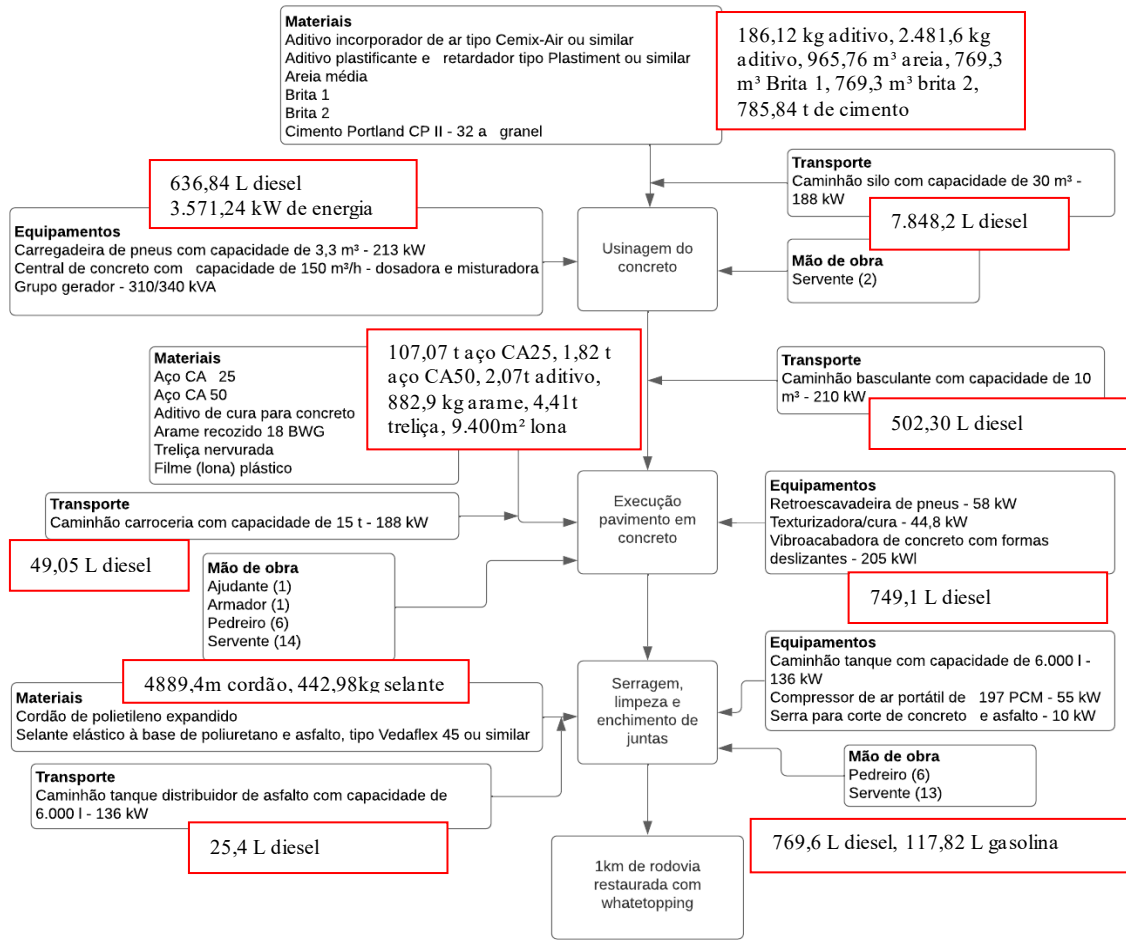
| Material | Quantidade | Unidade |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Areia média | 50,23 | m ³ |
| Brita 0 | 19,32 | m ³ |
| Cal hidratada | 8694,34 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 8,69 | t |
| Pedrisco | 21,25 | m ³ |
| Óleo combustível 1A | 1228,80 | l |

Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|---|--------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000l - 136 kW | 2956,8 | tkm | 19,79 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 6297,6 | tkm | 16,86 |

3.4.5. Whitetopping

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|--|------------|----------------|
| | Filme (lona) plástico | 9400,00 | m ² |
| | Aço CA-25 D: 25 mm (junta transversal) | 10706,87 | kg |
| | Aço CA-50 D: 10 mm (junta longitudinal) | 1813,98 | kg |
| | Arame recozido | 882,87 | kg |
| 5914479 | Transporte aço | 748,36 | tkm |
| | Apoio barra de transferência (Aço CA-50 D: 8mm) | 4414,36 | kg |
| 4011533 | Pavimento de Concreto acostamento | 528,00 | m ³ |
| 4011533 | Pavimento de Concreto pista | 1540,00 | m ³ |
| | Transporte de concreto | 4963,20 | tkm |
| 5914366 | Transporte de cimento | 196460,00 | tkm |
| 4011537 | Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio | 4889,40 | m |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtividade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------------|-------------------|
| Retroescavadeira de pneus - 58 kW | 1 | 0,83 | 13,79 |
| Texturizadora/cura - 44,8 kW | 1 | 0,72 | 11,96 |
| Vibroacabadora de concreto com formas deslizantes - 205 kW | 1 | 0,83 | 13,79 |
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,38 | 22,39 |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 0,38 | 22,39 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 1 | 58,91 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 3,3 m³ - 213 kW | 1 | 1 | 16,61 |
| Central de concreto com capacidade de 150 m³/h - dosadora e misturadora | 1 | 1 | 16,61 |
| Grupo gerador - 310/340 kVA | 1 | 1 | 16,61 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Ajudante | 1 | 16,61 |
| Armador | 1 | 16,61 |
| Pedreiro | 6 | 99,66 |
| Servente | 14 | 232,55 |
| Pedreiro | 6 | 353,45 |
| Servente | 13 | 765,81 |
| Servente | 2 | 33,22 |

Material

| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Aço CA 25 | 10706,87 | kg |
| Aço CA 50 | 1813,98 | kg |
| Aditivo de cura para concreto | 2068,00 | kg |
| Arame recozido 18 BWG | 882,87 | kg |
| Treliça nervurada com 3 barras longitudinais e 2 diagonais sinusoidais | 4414,36 | kg |
| Filme (lona) plástico | 9400,00 | m ² |
| Cordão de polietileno expandido | 4889,40 | m |
| Selante elástico à base de poliuretano e asfalto, tipo Vedaflex 45 ou similar | 442,98 | kg |
| Aditivo incorporador de ar tipo Cemix-Air ou similar | 186,12 | kg |
| Aditivo plastificante e retardador tipo Plastiment ou similar | 2481,60 | kg |
| Areia média | 965,76 | m ³ |
| Brita 1 | 769,30 | m ³ |
| Brita 2 | 769,30 | m ³ |
| Cimento Portland CP II - 32 a granel | 785840,00 | kg |

Transporte

| Transporte | | | Horas trabalhadas |
|--|-----------|-----|-------------------|
| Caminhão carroceria com capacidade de 15 t - 188 kW | 748,36 | tkm | 2,00 |
| Caminhão silo com capacidade de 30 m ³ - 188 kW | 196460,00 | tkm | 231,92 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 4963,20 | tkm | 13,29 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 155,04 | tkm | 1,04 |

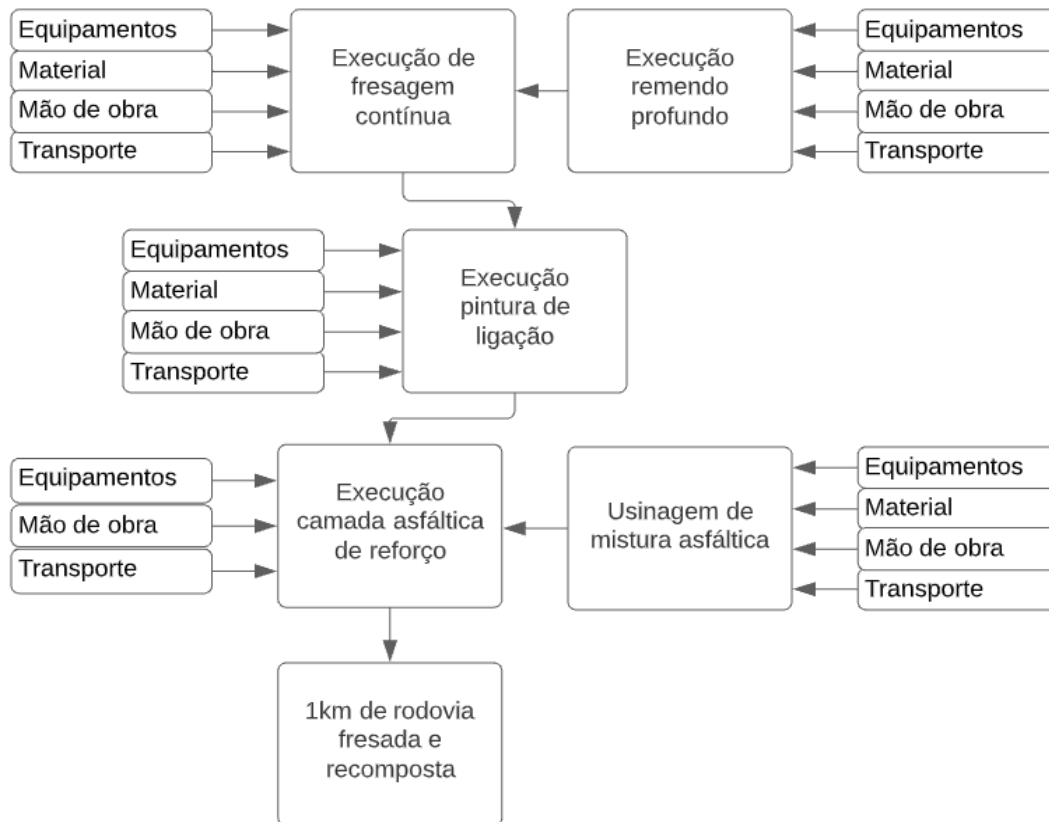
3.5. FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO (14 CM)

Como opção de restauração quando da adoção inicial de reforço da camada de revestimento, intercala-se com a fresagem contínua de 14 cm de espessura com recomposição de mesma espessura com mistura asfáltica.

Para tanto inicia-se com a fresagem da camada de revestimento asfáltico. Nos locais onde há necessidade de execução de remendo profundo, efetua-se o serviço ao mesmo tempo, para tanto considerou-se 20% da área com necessidade de atuação nas camadas inferiores. Após a execução do remendo profundo e da fresagem da camada de revestimento, aplica-se a camada de pintura de ligação (precedida por limpeza da superfície). Após a aplicação da pintura de ligação considerou-se a recomposição da camada de revestimento com 14 cm de espessura, dividida em duas camadas, portanto, necessária camada de pintura de ligação intermediária.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 0,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 0,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 0,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 0,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,00 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 0,00 | tkm |
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1540,00 | m ³ |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 539,00 | tkm |

| | | | |
|---------|---|----------|----------------|
| | Brita para base de remendo profundo BC | 210,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 8610,00 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 280,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 11480,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço subleito) | 140,00 | m ³ |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4900,00 | tkm |
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 980,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 4900,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 14000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5390,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2352,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 96432,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 129,36 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 45276,00 | tkm |

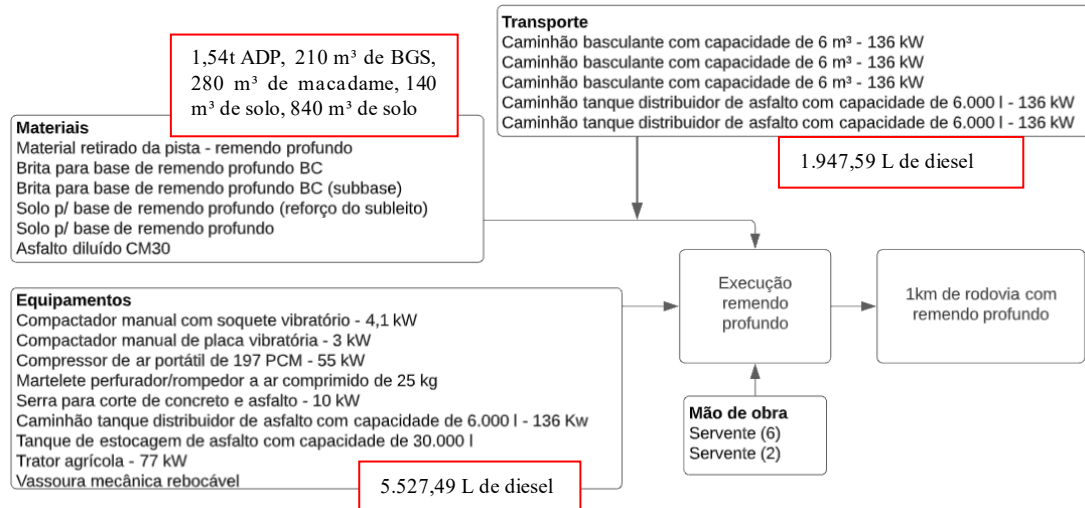


3.5.1. Remendo profundo

Devido a execução de fresagem contínua do revestimento, não será considerado no remendo profundo a execução da camada de revestimento e pintura de ligação, apenas as camadas inferiores e a imprimação.

| | | | |
|---------|--|---------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1540,00 | m ³ |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 539,00 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 210,00 | m ³ |

| | | | |
|---------|---|----------|----------------|
| 5914616 | Transporte de brita para base | 8610,00 | tkm |
| | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 280,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte de brita para sub-base | 11480,00 | tkm |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço subleito) | 140,00 | m ³ |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,00 | m ³ |
| 5914616 | Transporte solo | 4900,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compactador manual com soquete vibratório - 4,1 kW | 1 | 0,44 | 677,6 |
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,32 | 492,8 |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 0,27 | 415,8 |
| Marteleto perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg | 1 | 0,27 | 415,8 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,17 | 261,8 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 Kw | 1 | 1 | 1,24 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 1 | 1 | 1,24 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,33 | 0,41 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,33 | 0,41 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 9240 |
| Servente | 2 | 2,49 |

Material

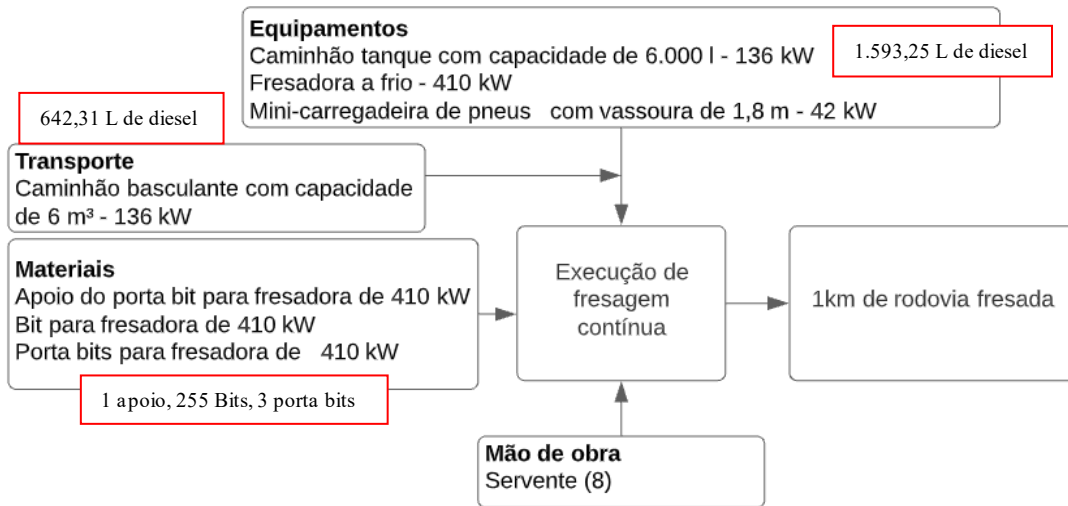
| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Material retirado da pista - remendo profundo | 1540 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC | 210 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 280 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo (reforço subleito) | 140 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo | 840 | m ³ |
| Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 539,00 | tkm | 3,61 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 8610,00 | tkm | 46,10 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 11480,00 | tkm | 61,47 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 4900,00 | tkm | 26,24 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 539,00 | tkm | 3,61 |

3.5.2. Fresagem contínua

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 980,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 4900,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,57 | 9,08 |
| Fresadora a frio - 410 kW | 1 | 1 | 15,93 |
| Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW | 2 | 0,81 | 25,81 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 127,46 |

Material

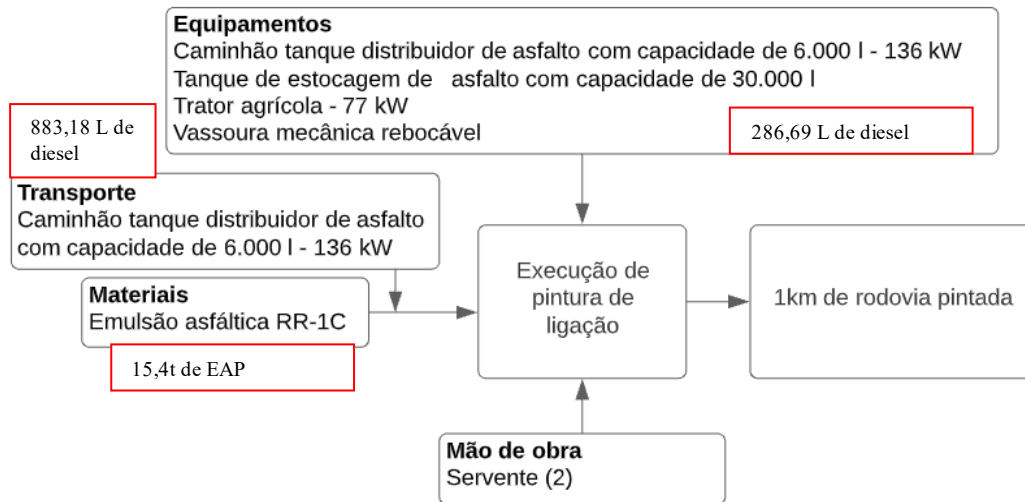
| Material | Quantidade | |
|---|------------|---------|
| Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW | 0,637 | Unidade |
| Bit para fresadora de 410 kW | 254,8 | Unidade |
| Porta bits para fresadora de 410 kW | 2,548 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 4900,00 | tkm | 26,24 |

3.5.3. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---------------------------------------|----------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 14000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5390,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 9,33 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 18,67 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 4,20 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 4,20 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 18,67 |

Material

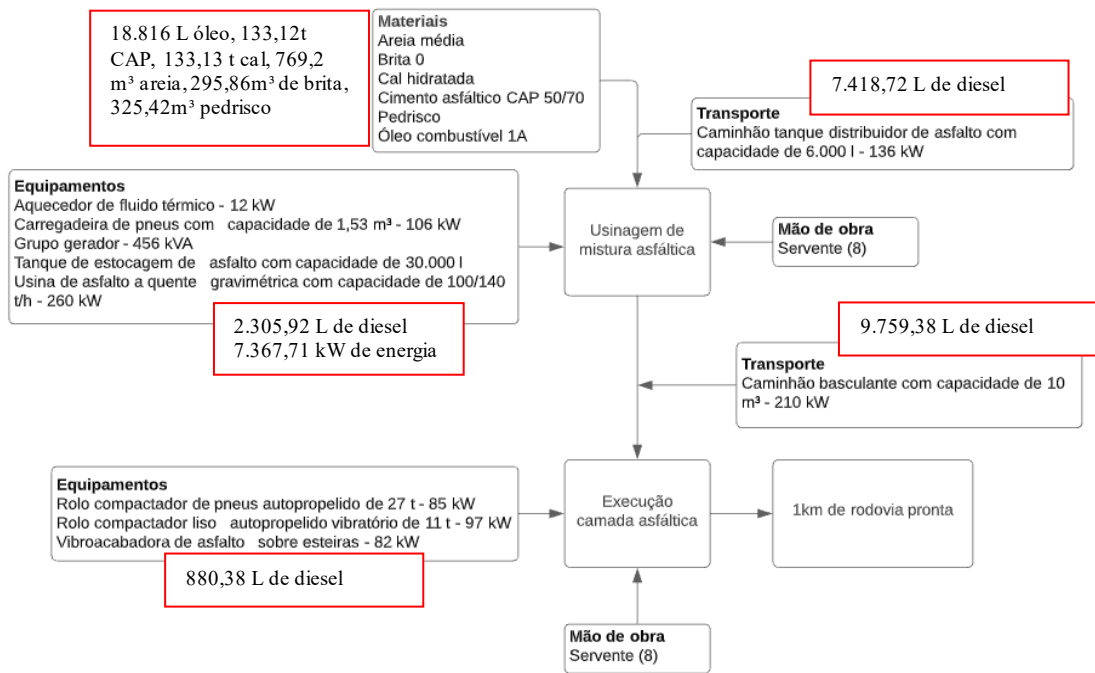
| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 15,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 5390,00 | tkm | 36,08 |

3.5.4. Revestimento Concreto asfáltico

| | | | |
|---------|---|----------|-----|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2352,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 96432,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 129,36 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 45276,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 16,72 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 14,45 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 25,22 |
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 28,34 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 16,15 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 28,34 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 56,67 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 28,34 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 226,699 |
| Servente | 8 | 226,699 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----|
| Areia média | 769,20 | m³ |
| Brita 0 | 295,86 | m³ |
| Cal hidratada | 133132,07 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 133,12 | t |
| Pedrisco | 325,42 | m³ |
| Óleo combustível 1A | 18816,00 | l |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 45276,00 | tkm | 303,05 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 96432,00 | tkm | 258,18 |

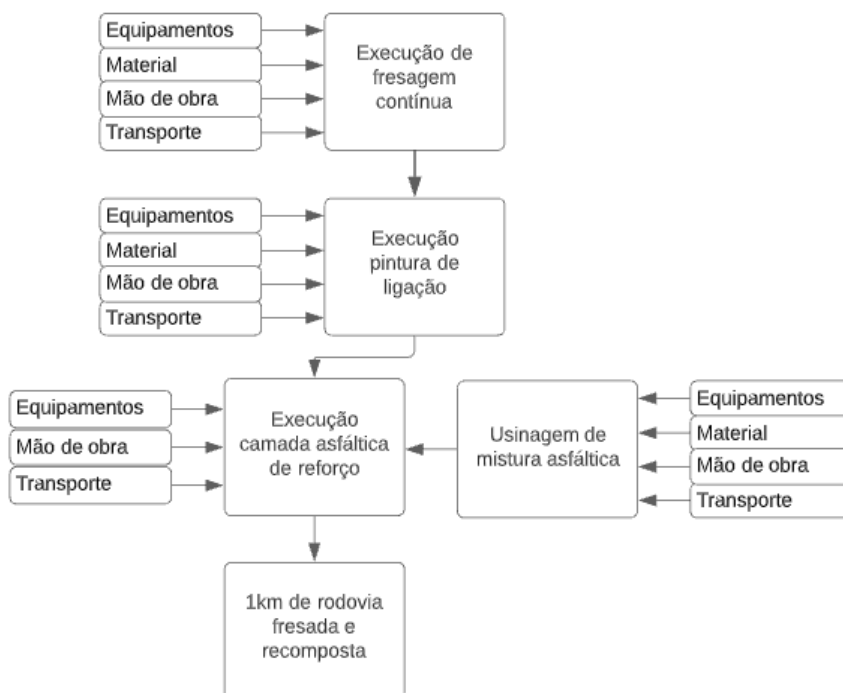
3.6. FRESAGEM CONTÍNUA (11 CM) E REVESTIMENTO EM CA-B (11 CM)

A reciclagem profunda com adição de cimento proporciona melhor desempenho estrutural ao pavimento, elevando a vida útil do mesmo. Porém esta camada estabilizada encontra-se na base do pavimento, sobre ela é executada uma camada de revestimento flexível, normalmente com CAP borracha ou modificado. Portanto esta camada superficial apresenta desempenho inferior à camada de base.

Para garantir a qualidade da estrutura quando executada com reciclagem profunda, adotou-se a execução de fresagem contínua de 11 cm de espessura com a recomposição da camada.

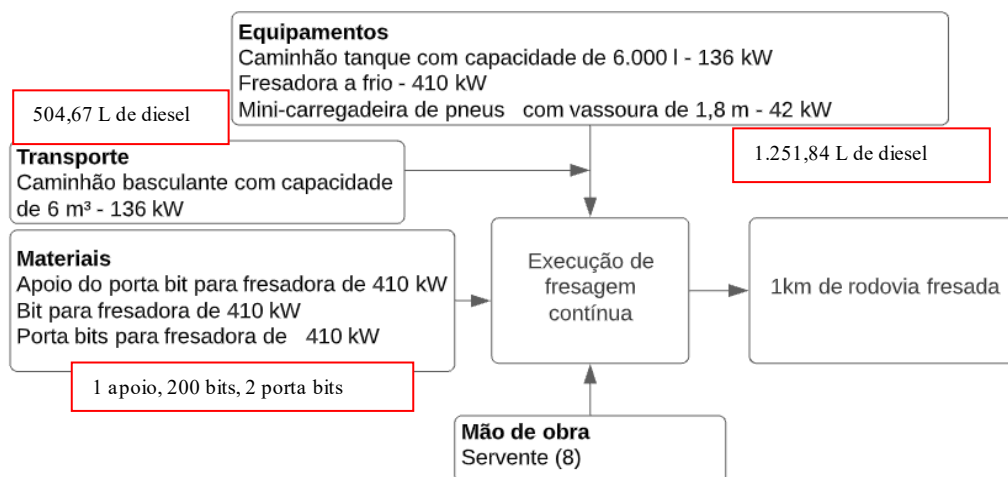
No caso da reciclagem não é recomendada efetuar remendo profundo, para tanto considerou-se apenas a fresagem com recomposição.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---|------------|----------------|
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 770,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 3850,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 7000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,70 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2695,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1848,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 75768,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 101,64 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 35574,00 | tkm |



3.6.1. Fresagem contínua do revestimento

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---|------------|---------|
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 770,00 | m³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 3850,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,57 | 7,14 |
| Fresadora a frio - 410 kW | 1 | 1 | 12,52 |
| Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW | 2 | 0,81 | 20,28 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 100,15 |

Material

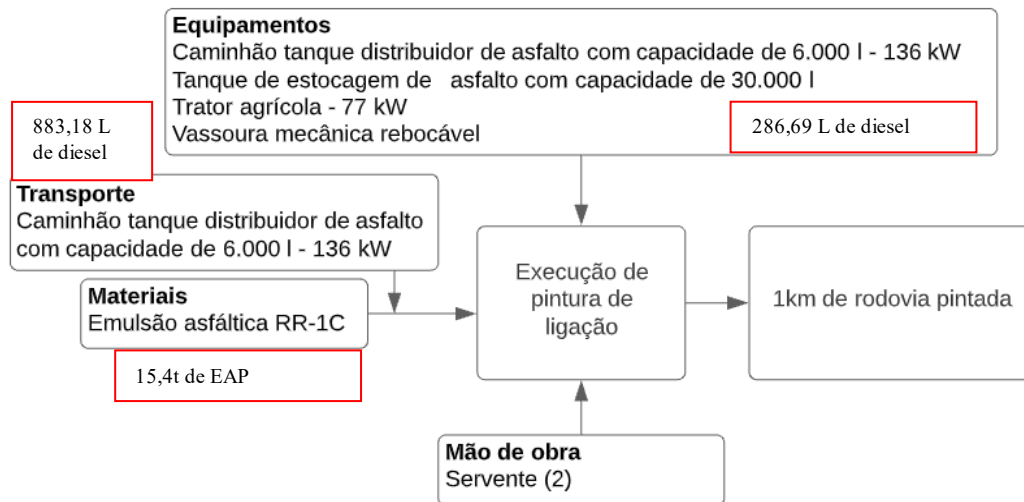
| Material | Quantidade | |
|---|------------|---------|
| Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW | 1 | Unidade |
| Bit para fresadora de 410 kW | 200 | Unidade |
| Porta bits para fresadora de 410 kW | 2 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 3850,00 | tkm | 20,62 |

3.6.2. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---------------------------------------|----------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 14000,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5390,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiv a | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------------|----------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 9,33 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 18,67 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 4,20 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 4,20 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 18,67 |

Material

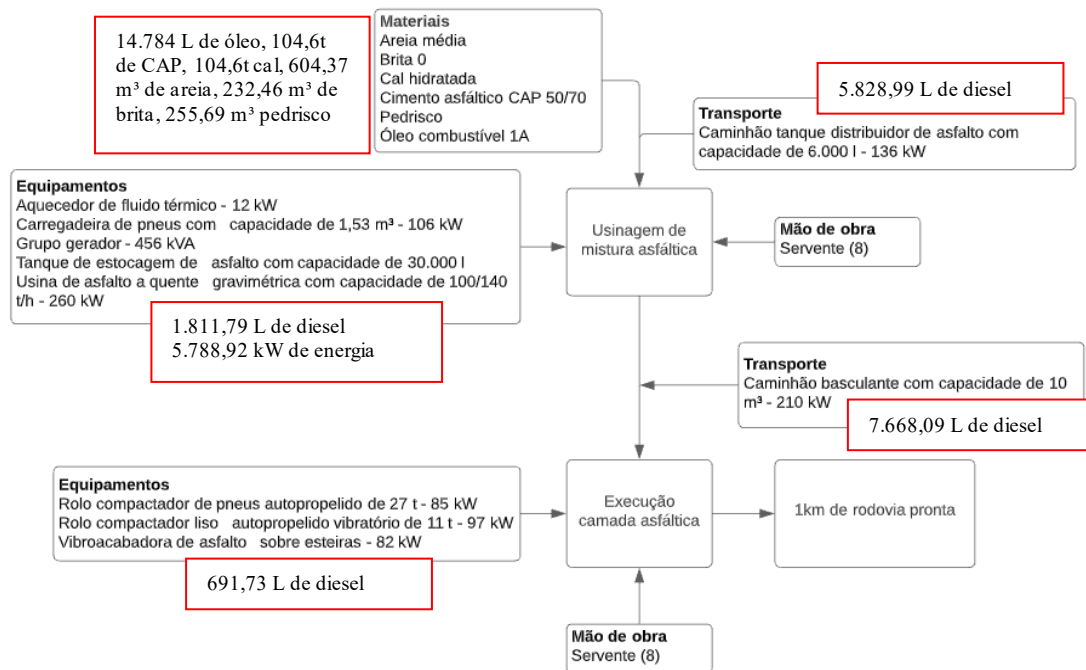
| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 15,4 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 5390 | tkm | 36,08 |

3.6.3. Revestimento Concreto asfáltico

| | | | |
|---------|---|----------|-----|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1848,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 75768,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 101,64 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 35574,00 | tkm |



Equipamentos

| Equipamentos | Quantidade | Produtividade | Horas trabalhadas |
|---|------------|---------------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 13,14 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 11,36 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 19,82 |
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 22,27 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 12,69 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 22,27 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 44,53 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 22,27 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 178,12 |
| Servente | 8 | 178,12 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Areia média | 604,37 | m ³ |
| Brita 0 | 232,46 | m ³ |
| Cal hidratada | 104603,77 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 104,60 | t |
| Pedrisco | 255,69 | m ³ |
| Óleo combustível 1A | 14784,00 | l |

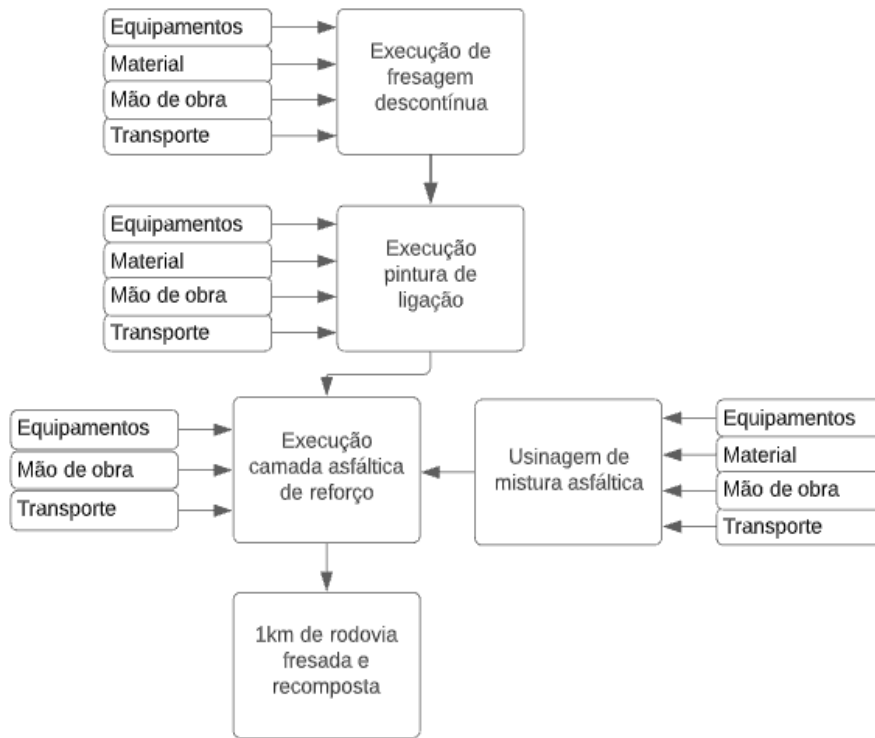
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 75768,00 | tkm | 202,86 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 35574,00 | tkm | 238,11 |

3.7. FD+RC: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM)

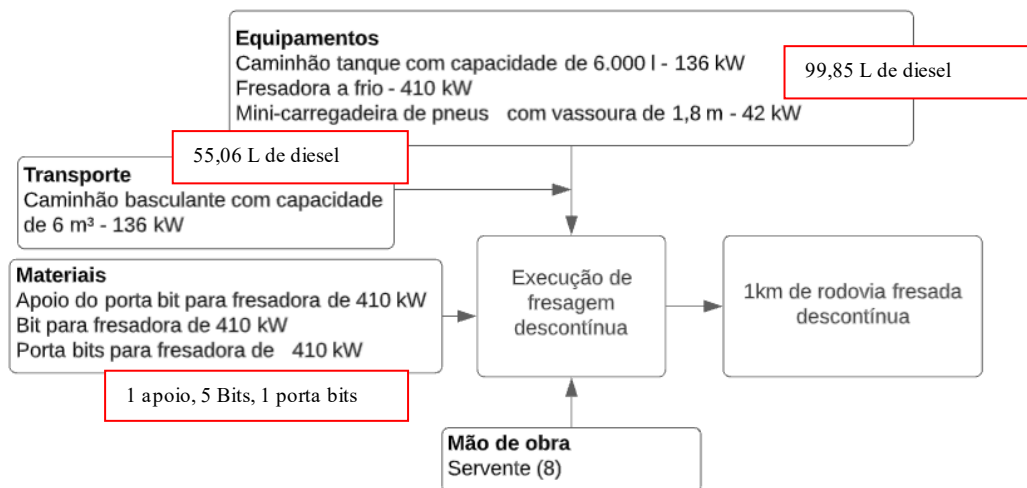
O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (10% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---|------------|----------------|
| 4011480 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 420,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 700,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 269,50 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 3444,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,62 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 1617,00 | tkm |



3.7.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|--|------------|---------|
| 4011480 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35,00 | m³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 420,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,28 | 0,32 |
| Fresadora a frio - 410 kW | 1 | 1 | 1,15 |
| Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW | 1 | 0,8 | 0,92 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 9,21 |

Material

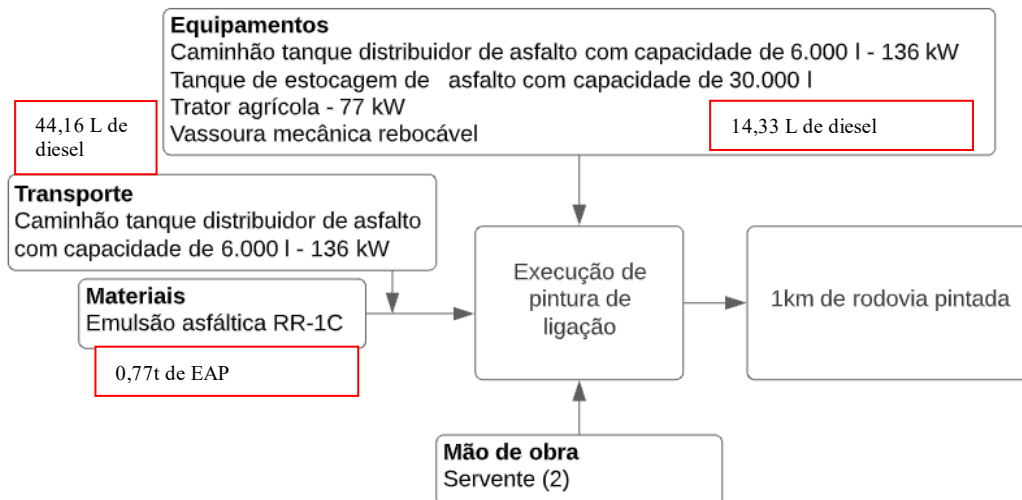
| Material | Quantidade | |
|---|------------|---------|
| Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW | 1 | Unidade |
| Bit para fresadora de 410 kW | 5 | Unidade |
| Porta bits para fresadora de 410 kW | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 420,00 | tkm | 2,25 |

3.7.2. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---------------------------------------|--------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 700,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 269,50 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiv a | Horas trabalhadas |
|--|------------|---------------|----------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,47 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 0,93 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,21 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,21 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 0,93 |

Material

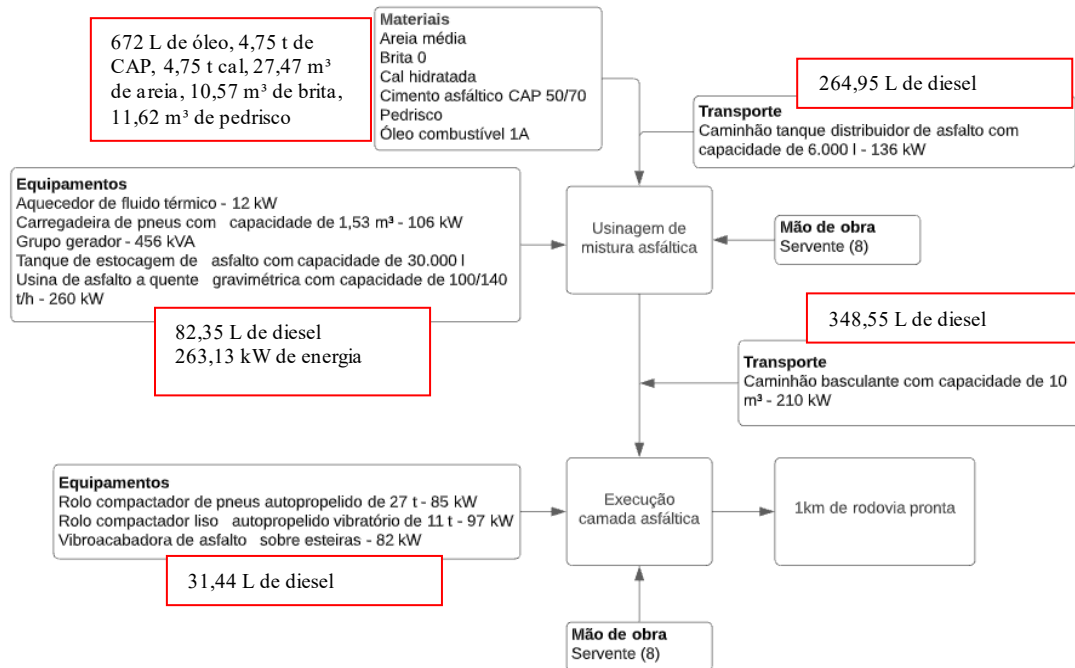
| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 0,77 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 269,50 | tkm | 1,80 |

3.7.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais

| | | | |
|---------|---|---------|-----|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 3444,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,62 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 1617,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 0,60 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 0,52 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 0,90 |
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 1,01 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 0,58 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 1,01 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 2,02 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 1,01 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 8,10 |
| Servente | 8 | 8,10 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Areia média | 27,47 | m ³ |
| Brita 0 | 10,57 | m ³ |
| Cal hidratada | 4754,72 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 4,75 | t |
| Pedrisco | 11,62 | m ³ |
| Óleo combustível 1A | 672,00 | l |

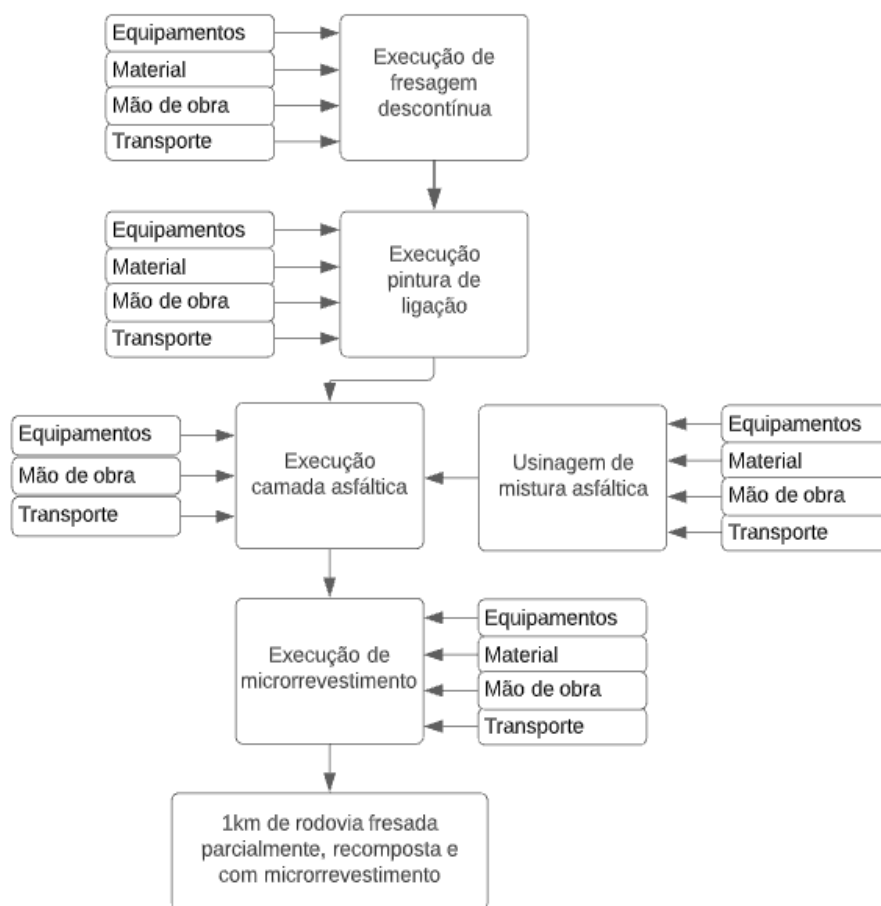
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 3444,00 | tkm | 9,22 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1617,00 | tkm | 10,82 |

3.8. FD+RC+M: FRESAGEM DESCONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO EM CA (COM ESPESSURA DE 5 CM) MAIS MICRORREVESTIMENTO

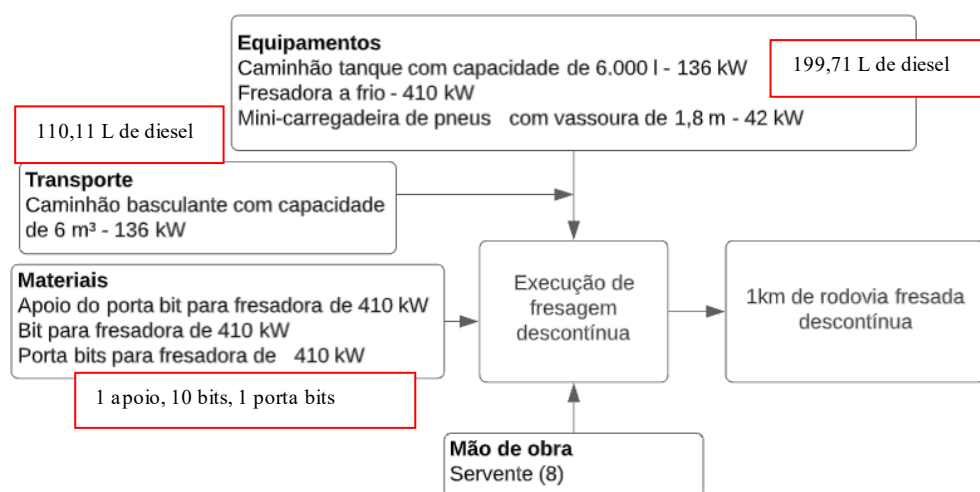
O processo ocorrerá com a fresagem descontínua (20% da faixa de rolamento). Após a retirada do material efetuar a limpeza da superfície e a preparação para receber a nova camada de revestimento, usar emulsão asfáltica para o processo de pintura de ligação. A camada de revestimentos em CA tem espessura igual a camada fresada, de forma não criar saliência na superfície do pavimento. Com a finalização do preenchimento do revestimento nos locais fresados, considerou a execução de uma camada de microrrevestimento em toda a faixa de rolamento.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---|------------|----------------|
| 4011480 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 840,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6888,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 9,24 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 3234,00 | tkm |
| 4011410 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7000,00 | m ² |
| 5914389 | Transporte agregado | 9901,50 | tkm |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 22,40 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 7840,00 | tkm |



3.8.1. Fresagem descontínua de revestimento asfáltico

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|--|------------|----------------|
| 4011480 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,00 | m ³ |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 840,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,28 | 0,64 |
| Fresadora a frio - 410 kW | 1 | 1 | 2,30 |
| Minicarregadeira de pneus com vassoura de 1,8 m - 42 kW | 1 | 0,8 | 1,84 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 18,43 |

Material

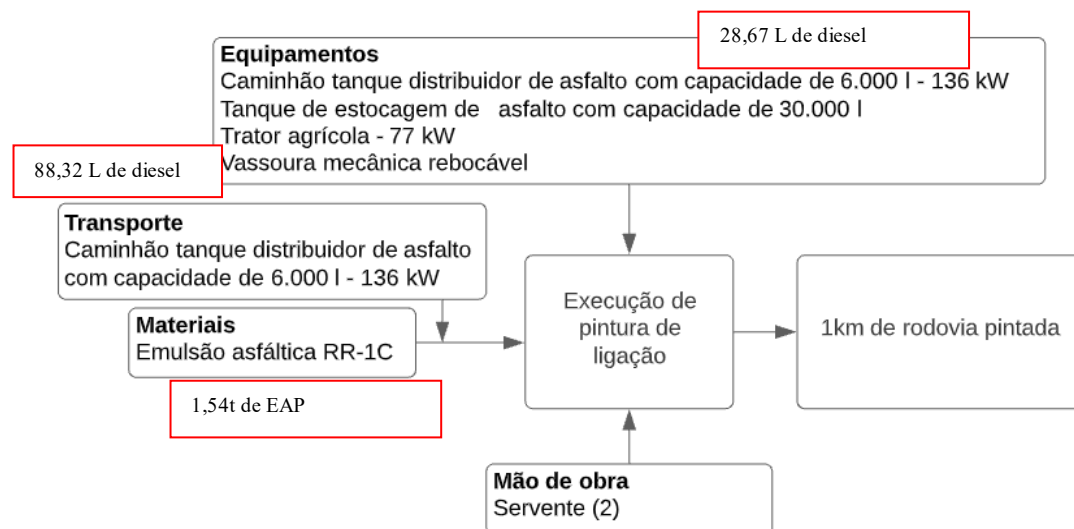
| Material | Quantidade | |
|---|------------|---------|
| Apoio do porta bit para fresadora de 410 kW | 1 | Unidade |
| Bit para fresadora de 410 kW | 10 | Unidade |
| Porta bits para fresadora de 410 kW | 1 | Unidade |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 840,00 | tkm | 4,50 |

3.8.2. Pintura de ligação

| | | | |
|---------|---------------------------------------|---------|----------------|
| 4011353 | Pintura de ligação | 1400,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,93 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 1,87 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,42 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,42 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 2 | 1,87 |

Material

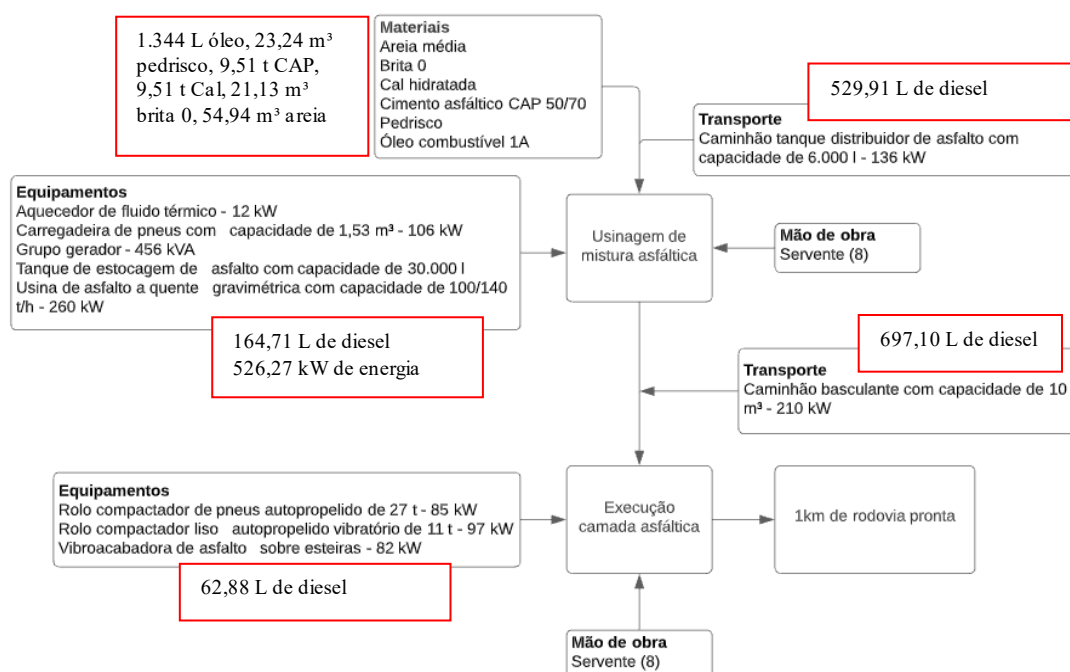
| Material | Quantidade | |
|-------------------------|------------|---|
| Emulsão asfáltica RR-1C | 1,54 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 539,00 | tkm | 3,61 |

3.8.3. Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais

| | | | |
|---------|---|---------|-----|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6888,00 | tkm |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 9,24 | t |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 3234,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Aquecedor de fluido térmico - 12 kW | 1 | 1 | 2,02 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m ³ - 106 kW | 1 | 0,57 | 1,15 |
| Grupo gerador - 456 kVA | 1 | 1 | 2,02 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 4,05 |
| Usina de asfalto a quente gravimétrica com capacidade de 100/140 t/h - 260 kW | 1 | 1 | 2,02 |
| Rolo compactador de pneus autopropelido de 27 t - 85 kW | 1 | 0,59 | 1,19 |
| Rolo compactador liso autopropelido vibratório de 11 t - 97 kW | 1 | 0,51 | 1,03 |
| Vibroacabadora de asfalto sobre esteiras - 82 kW | 1 | 0,89 | 1,80 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 8 | 1,87 |
| Servente | 8 | 16,19 |

Material

| Material | Quantidade | |
|-----------------------------|------------|----------------|
| Areia média | 54,94 | m ³ |
| Brita 0 | 21,13 | m ³ |
| Cal hidratada | 9509,43 | kg |
| Cimento asfáltico CAP 50/70 | 9,51 | t |
| Pedrisco | 23,24 | m ³ |
| Óleo combustível 1A | 1344,00 | l |

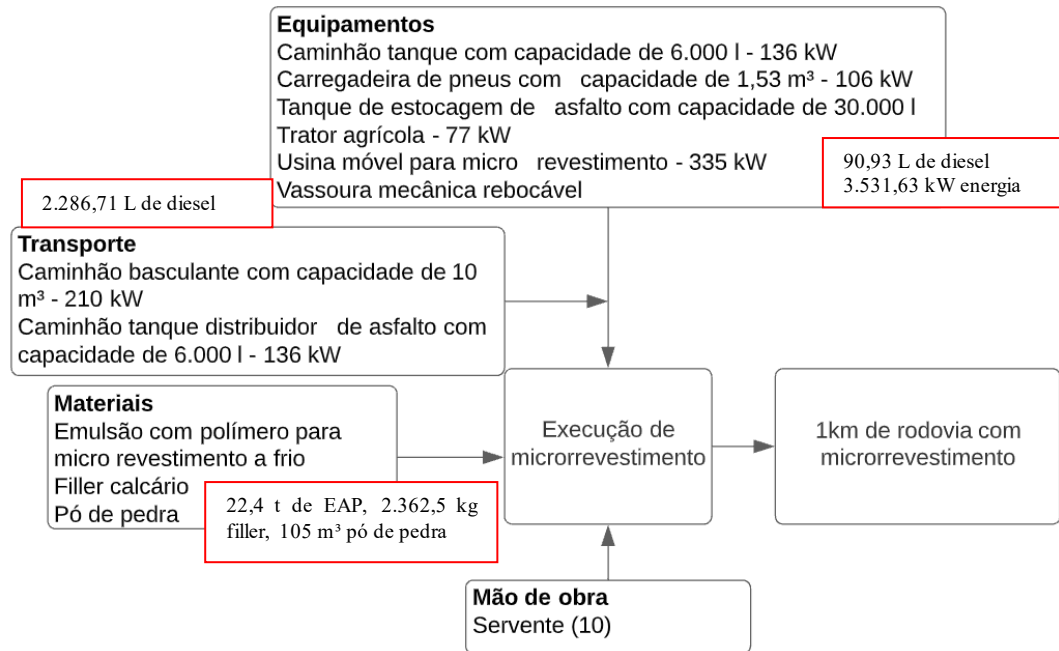
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000l - 136 kW | 3234,00 | tkm | 21,65 |
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 6888,00 | tkm | 18,44 |

3.8.4. Microrrevestimento a frio

com emulsão modificada com polímero de 1,5 cm - brita comercial

| | | | |
|---------|---|---------|----------------|
| 4011410 | Microrrevestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7000,00 | m ² |
| 5914389 | Transporte agregado | 9901,50 | tkm |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 22,40 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 7840,00 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,17 | 1,79 |
| Carregadeira de pneus com capacidade de 1,53 m³ - 106 kW | 1 | 0,09 | 0,95 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 21,08 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,19 | 2,00 |
| Usina móvel para micro revestimento - 335 kW | 1 | 1 | 10,54 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,19 | 2,00 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 10 | 105,42 |

Material

| Material | Quantidade | |
|---|------------|----|
| Emulsão com polímero para micro revestimento a frio | 22,4 | t |
| Filler calcário | 2362,5 | kg |
| Pó de pedra | 105 | m³ |

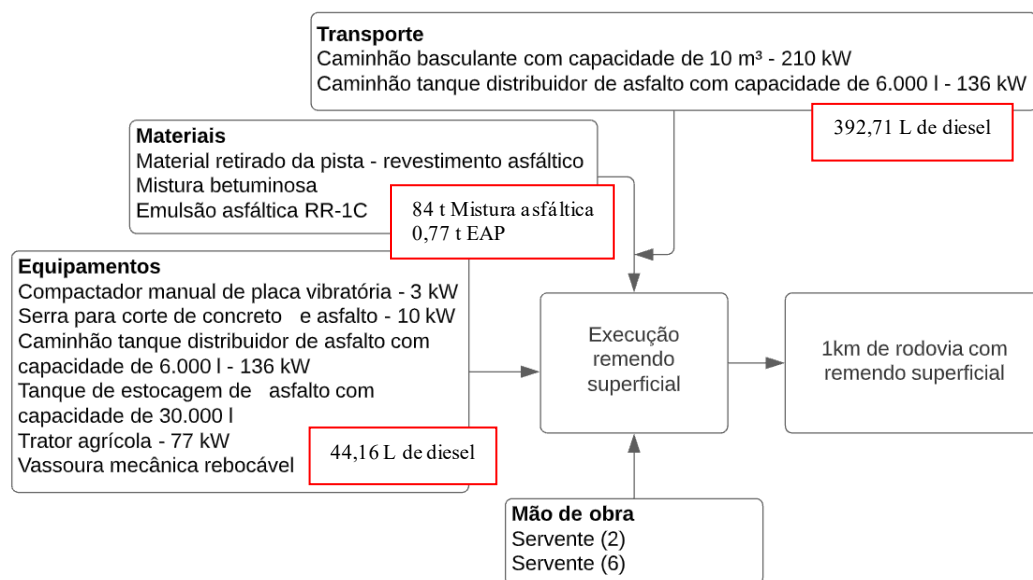
Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m³ - 210 kW | 9901,50 | tkm | 26,51 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 7840,00 | tkm | 52,48 |

3.9. RS: REPARO SUPERFICIAL

Considerou-se 10% de remendo superficial. A espessura cortada é igual a espessura da camada de rolamento da construção. Após o corte e retirada da camada de rolamento, considerou-se a limpeza, pintura de ligação e novo revestimento em CA.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------|---------------------------------------|------------|----------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CA | 35,00 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 84,00 | t |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 3444,00 | tkm |
| 4011353 | Pintura de ligação | 700,00 | m ² |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 269,50 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,47 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 0,93 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,21 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,21 |
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,25 | 15,625 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,16 | 10 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 375 |
| Servente | 2 | 1,87 |

Material

| Material | Quantidade | |
|---|------------|----------------|
| Material retirado da pista - revestimento asfáltico | 35 | m ³ |
| Mistura betuminosa | 84 | t |
| Emulsão asfáltica RR-1C | 0,77 | t |

Transporte

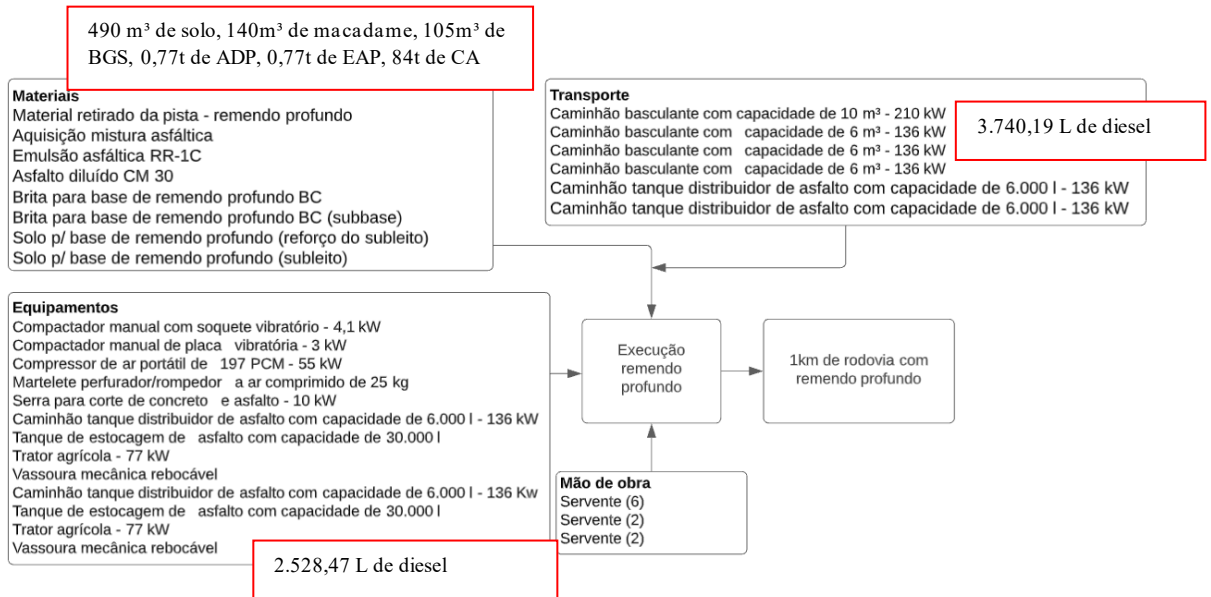
| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 3444,00 | tkm | 9,22 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 269,50 | tkm | 1,80 |

3.10.RP: REPARO PROFUNDO

Considerou-se 10% da área do pavimento para a execução de remendos profundos. Para este serviço retira-se as camadas de Revestimento, base, sub-base e parte do subleito, de forma a reestabelecer a capacidade estrutural do pavimento.

Após a retirada, deve-se efetuar a recomposição com material similar executando a compactação em camadas.

| | | | |
|---------------|---|--------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 706,2 | m ³ |
| | Aquisição mistura asfáltica | 142,56 | t |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4276,8 | tkm |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,726 | t |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm |
| | Aquisição Asfalto diluído | 0,726 | t |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 290,4 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 132 | m ³ |
| | Transporte de brita para base | 8712 | tkm |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 118,8 | m ³ |
| | Transporte de brita para sub-base | 7484,4 | tkm |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 396 | m ³ |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 2970 | tkm |



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Compactador manual com soquete vibratório - 4,1 kW | 1 | 0,44 | 308 |
| Compactador manual de placa vibratória - 3 kW | 1 | 0,32 | 224 |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 0,27 | 189 |
| Martelete perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg | 1 | 0,27 | 189 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 0,17 | 119 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 1 | 0,47 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 2 | 1 | 0,93 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,45 | 0,21 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,45 | 0,21 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 Kw | 1 | 1 | 0,62 |
| Tanque de estocagem de asfalto com capacidade de 30.000 l | 1 | 1 | 0,62 |
| Trator agrícola - 77 kW | 1 | 0,33 | 0,21 |
| Vassoura mecânica rebocável | 1 | 0,33 | 0,21 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 6 | 4200 |
| Servente | 2 | 0,93 |
| Servente | 2 | 1,24 |

Material

| Material | Quantidade | |
|--|------------|----------------|
| Material retirado da pista - remendo profundo | 700 | m ³ |
| Aquisição mistura asfáltica | 84 | t |
| Brita para base de remendo profundo BC | 105 | m ³ |
| Brita para base de remendo profundo BC (sub-base) | 140 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 70 | m ³ |
| Solo p/ base de remendo profundo (subleito) | 420 | m ³ |
| Emulsão asfáltica RR-1C | 0,77 | t |
| Asfalto diluído CM 30 | 0,77 | t |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----|-------------------|
| Caminhão basculante com capacidade de 10 m ³ - 210 kW | 3444,00 | tkm | 9,22 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 9471,00 | tkm | 50,71 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 12054,00 | tkm | 64,55 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 3675,00 | tkm | 19,68 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 269,50 | tkm | 1,80 |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 269,50 | tkm | 1,80 |

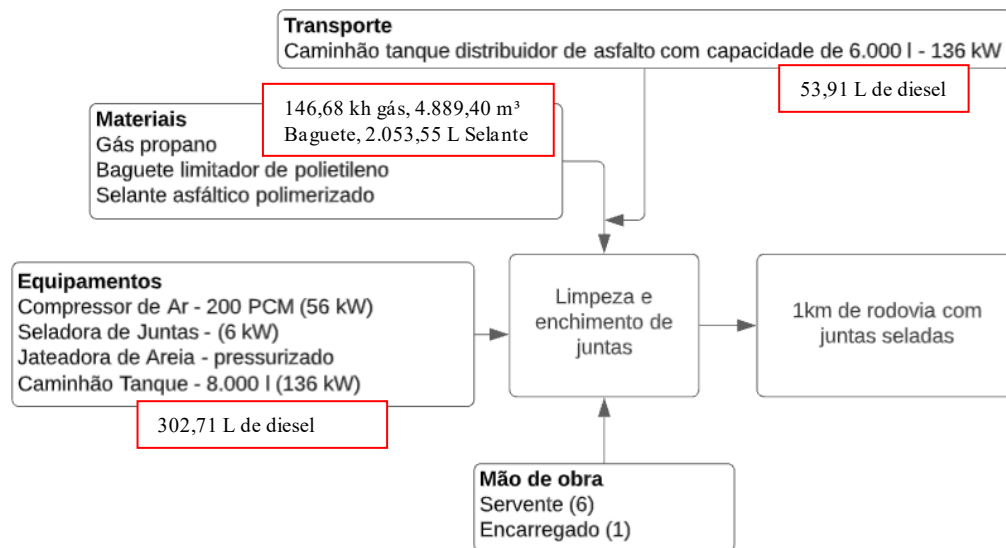
3.11.SELAGEM DE JUNTAS E TRINCAS

Considerou-se a limpeza e enchimento de 100% das juntas transversais e longitudinais do pavimento. Utilizando de uma jateadora de areia para a limpeza, posterior preenchimento das juntas com selante asfáltico polimerizado.

Para as trincas considerou-se 10% da área do pavimento, efetuando a serragem com serra de corte e limpeza com compressor de ar. O preenchimento foi efetuado com cordão de polietileno expandido e selante elástico.

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade |
|---------------|--|------------|---------|
| 5 S 02 702 00 | Limpeza e enchimento de junta de pavimento de conc | 4889,40 | m |
| 4915694 | Limpeza, serragem e enchimento de trincas em pavimento de concreto com selante elástico a frio | 940,00 | m |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,94 | t |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-1C | 329,00 | tkm |

3.11.1. Limpeza e enchimento de juntas



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|------------------------------------|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de Ar - 200 PCM (56 kW) | 1 | 1 | 10,87 |
| Seladora de Juntas - (6 kW) | 1 | 1 | 10,87 |
| Jateadora de Areia - pressurizado | 1 | 1 | 10,87 |
| Caminhão Tanque - 8.000 l (136 kW) | 1 | 0,5 | 5,43 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-----------------------------|------------|-------------------|
| Encarregado de pavimentação | 1 | 10,87 |
| Servente | 6 | 65,19 |

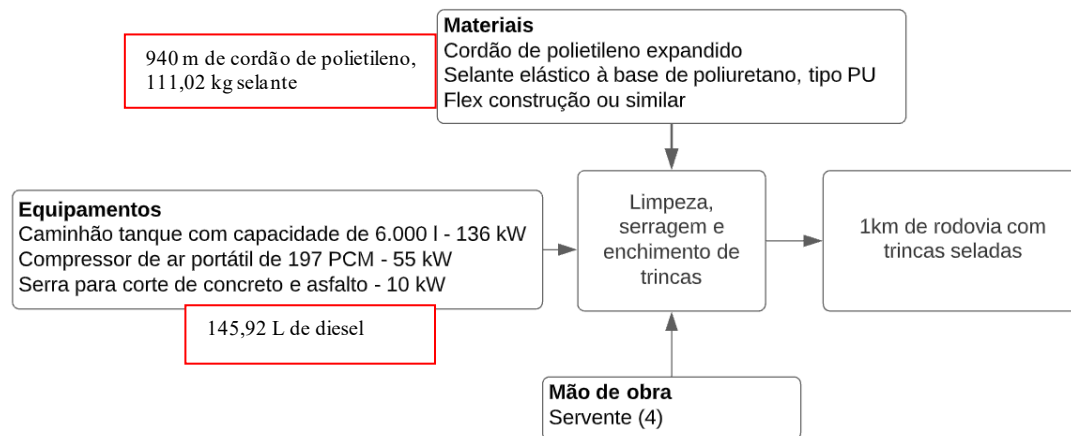
Material

| Material | Quantidade | |
|----------------------------------|------------|----------------|
| Gás propano | 146,68 | kh |
| Baguete limitador de polietileno | 4889,40 | m ³ |
| Selante asfáltico polimerizado | 2053,55 | l |

Transporte

| | | | |
|--|--------|-----|------|
| Transporte | 149,4 | tkm | |
| Caminhão tanque distribuidor de asfalto com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 329,00 | tkm | 2,20 |

3.11.2. Limpeza, serragem e enchimento de trincas



Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|--|------------|-----------|-------------------|
| Caminhão tanque com capacidade de 6.000 l - 136 kW | 1 | 0,21 | 2,64 |
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 0,45 | 5,66 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 1 | 1 | 12,58 |

Mão de obra

| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Servente | 4 | 50,33 |

Material

| Material | Quantidade | |
|--|------------|----|
| Cordão de polietileno expandido | 940,00 | m |
| Selante elástico à base de poliuretano, tipo PU Flex Construção ou similar | 111,02 | kg |

3.12. SUBSTITUIÇÃO DE JUNTAS DE DILATAÇÃO

Considerou-se substituição de 10% das juntas.

Equipamento

| Equipamentos | Quantidade | Produtiva | Horas trabalhadas |
|---|------------|-----------|-------------------|
| Compressor de ar portátil de 197 PCM - 55 kW | 1 | 1 | 40,75 |
| Martelete perfurador/rompedor a ar comprimido de 25 kg | 1 | 1 | 40,75 |
| Transportador manual carrinho de mão com capacidade de 80 l | 1 | 0,37 | 15,08 |
| Grupo gerador - 2,5/3 kVA | 0,60241 | 1 | 58,91 |
| Martelete perfurador/rompedor elétrico - 1,5 kW | 0,60241 | 1 | 58,91 |
| Serra para corte de concreto e asfalto - 10 kW | 0,40161 | 1 | 39,27 |

Mão de obra

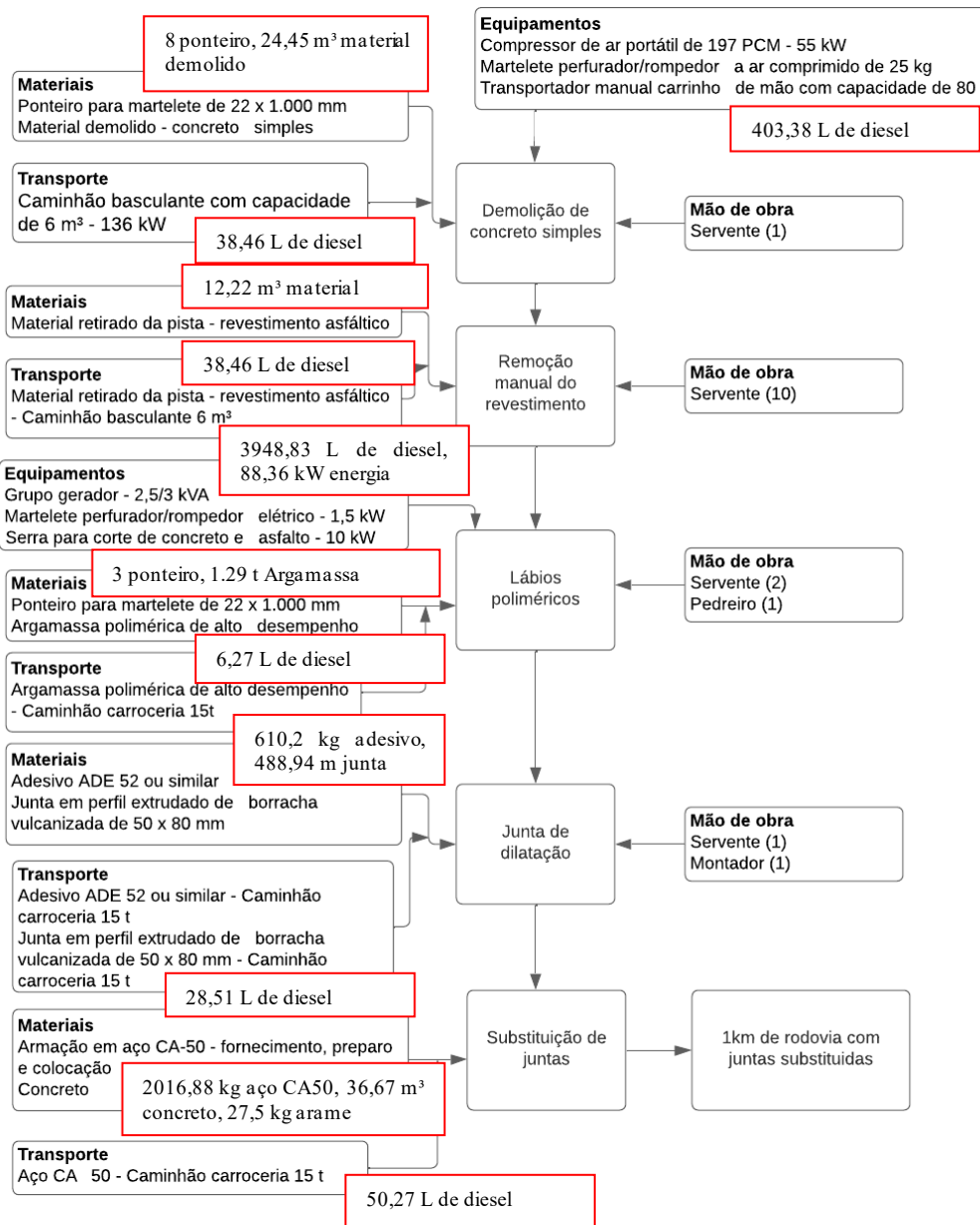
| Mão de obra | Quantidade | Horas trabalhadas |
|-------------|------------|-------------------|
| Ajudante | 0,09 | 165,017 |
| Armador | 0,09 | 165,017 |
| Servente | 1 | 40,75 |
| Pedreiro | 1 | 97,79 |
| Servente | 2 | 195,58 |
| Montador | 1 | 287,61 |
| Servente | 1 | 287,61 |
| Servente | 10 | 122,24 |

Material

| Material | Quantidade | |
|--|------------|----------------|
| Armação em aço CA-50 - fornecimento, preparo e colocação | 1833,53 | kg |
| Concreto | 36,67 | m ³ |
| Demolição de concreto simples com martelete | 24,45 | m ³ |
| Remoção manual de revestimento asfáltico | 12,22 | m ³ |
| Junta de dilatação em perfil extrudado de borracha vulcanizada de 50 x 80 mm - fornecimento e instalação | 488,94 | m |
| Lábios poliméricos 20 x 30 mm em junta de pavimento de concreto - confecção e assentamento | 488,94 | m |
| Aço CA 50 | 2016,88 | kg |
| Arame recozido 18 BWG | 27,50 | kg |
| Ponteiro para martelete de 22 x 1.000 mm | 7,33 | um |
| Material demolido - concreto simples | 24,45 | m ³ |
| Ponteiro para martelete de 22 x 1.000 mm | 2,44 | um |
| Argamassa polimérica de alto desempenho | 1283,26 | kg |
| Adesivo ADE 52 ou similar | 610,20 | kg |
| Junta em perfil extrudado de borracha vulcanizada de 50 x 80 mm | 488,94 | m |
| Material retirado da pista - revestimento asfáltico | 12,22 | m ³ |

Transporte

| Transporte | Quantidade | | |
|--|------------|-----|------|
| Aço CA 50 - Caminhão carroceria 15 t | 0,0011 | t | 2,02 |
| Arame recozido 18 BWG - Caminhão carroceria 15 t | 0,00002 | t | 0,04 |
| Caminhão basculante com capacidade de 6 m ³ - 136 kW | 293,364 | tkm | 1,57 |
| Argamassa polimérica de alto desempenho - Caminhão carroceria 15t | 0,00262 | t | 0,26 |
| Adesivo ADE 52 ou similar - Caminhão carroceria 15 t | 0,00125 | t | 0,36 |
| Junta em perfil extrudado de borracha vulcanizada de 50 x 80 mm - Caminhão carroceria 15 t | 0,0028 | t | 0,81 |
| Material retirado da pista - revestimento asfáltico - Caminhão basculante 6 m ³ | 293,364 | tkm | 1,57 |



APÊNDICE F – PLANILHAS ORÇAMENTÁRIAS

SC355 J/BR153

CONSTRUÇÃO

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|----------------|--------------|----------------|---------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 110 00 | Regularização do subleito | 9000 | m² | R\$ 4.713,76 | R\$ 518,70 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 80,45 | R\$ 5.312,92 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte material subleito | 40500 | tkm | R\$ 20.685,90 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.685,90 |
| 2 S 02 231 50 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1620 | m³ | R\$ 9.285,25 | R\$ 577,36 | R\$ 132.289,20 | R\$ 0,00 | R\$ 89,55 | R\$ 142.241,36 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte macadame seco | 102060 | tkm | R\$ 52.128,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 52.128,48 |
| 2 S 02 230 00 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1800 | m³ | R\$ 12.357,21 | R\$ 721,04 | R\$ 82.980,00 | R\$ 0,00 | R\$ 111,83 | R\$ 96.170,09 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte de brita graduada | 118800 | tkm | R\$ 60.678,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 60.678,65 |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9000 | m² | R\$ 1.254,65 | R\$ 387,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 60,14 | R\$ 1.702,56 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 9,9 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.180,20 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.180,20 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3960 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9000 | m² | R\$ 884,29 | R\$ 258,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 40,11 | R\$ 1.182,98 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 6000 | m² | R\$ 589,53 | R\$ 172,39 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 26,74 | R\$ 788,65 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 16,5 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.843,10 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.843,10 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6600 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.114,29 | R\$ 0,00 | R\$ 2.114,29 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 648 | t | R\$ 4.065,01 | R\$ 689,64 | R\$ 27.831,60 | R\$ 0,00 | R\$ 106,96 | R\$ 32.693,22 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 864 | t | R\$ 5.420,01 | R\$ 919,53 | R\$ 37.108,80 | R\$ 0,00 | R\$ 142,62 | R\$ 43.590,96 |
| | Aquisição agregados | 1428,84 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 100.018,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 100.018,80 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 45360 | tkm | R\$ 23.168,21 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 23.168,21 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 83,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 76.001,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 76.001,75 |
| | Transporte de CAP -5070 | 33264 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.656,04 | R\$ 0,00 | R\$ 10.656,04 |
| Total | | | | R\$ 195.230,95 | R\$ 4.245,01 | R\$ 485.253,46 | R\$ 14.038,91 | R\$ 658,40 | R\$ 699.426,73 |

| RESTAURAÇÃO - RECICLAGEM | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|--------------------------|--|------------|---------|---------------|---------------|----------------|---------------------|--------------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1059,3 | m² | R\$ 37.542,47 | R\$ 44.119,85 | R\$ 40.294,71 | R\$ 0,00 | R\$ 9.048,98 | R\$ 131.006,01 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 213,84 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62.990,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62.990,85 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6415,2 | tkm | R\$ 2.181,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.181,51 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,089 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 913,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 913,64 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 435,6 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,089 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.669,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.669,82 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 435,6 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 198 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.336,23 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.336,23 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13068 | tkm | R\$ 4.443,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.443,82 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 178,2 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.902,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.902,61 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 11226,6 | tkm | R\$ 3.817,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.817,64 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 594 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.713,39 | R\$ 0,00 | R\$ 4.713,39 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4455 | tkm | R\$ 2.518,16 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.518,16 |
| 5 S 02 993 10 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1620 | m³ | R\$ 32.896,29 | R\$ 1.329,19 | R\$ 103.516,57 | R\$ 0,00 | R\$ 272,62 | R\$ 138.014,66 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para reciclagem | 16038 | tkm | R\$ 5.453,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.453,78 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de cimento para reciclagem | 28440,72 | tkm | R\$ 9.671,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.671,37 |
| 2 S 02 500 51 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9000 | m² | R\$ 3.226,48 | R\$ 744,44 | R\$ 3.919,68 | R\$ 0,00 | R\$ 115,46 | R\$ 8.006,06 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 9,9 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.434,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.434,99 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3960 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|-------|-----|---------------|------------|----------------|---------------|------------|----------------|
| 5 S 09 002 91 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 9315 | tkm | R\$ 3.167,60 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.167,60 |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9000 | m² | R\$ 1.254,65 | R\$ 387,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 60,14 | R\$ 1.702,56 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 9,9 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.180,20 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.180,20 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3960 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 | R\$ 0,00 | R\$ 1.268,58 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9000 | m² | R\$ 884,29 | R\$ 258,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 40,11 | R\$ 1.182,98 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 6600 | m² | R\$ 648,48 | R\$ 189,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,41 | R\$ 867,52 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 17,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 21.553,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 21.553,99 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6864 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.198,87 | R\$ 0,00 | R\$ 2.198,87 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 648 | t | R\$ 4.065,01 | R\$ 689,64 | R\$ 27.831,60 | R\$ 0,00 | R\$ 106,96 | R\$ 32.693,22 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 792 | t | R\$ 4.968,34 | R\$ 842,90 | R\$ 34.016,40 | R\$ 0,00 | R\$ 130,73 | R\$ 39.958,38 |
| | Aquisição agregados | 567 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 39.690,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 39.690,00 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 43200 | tkm | R\$ 14.690,31 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.690,31 |
| | Cimento asfáltico com borracha – 5,5% | 79,2 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 125.991,36 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 125.991,36 |
| | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 31680 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.148,61 | R\$ 0,00 | R\$ 10.148,61 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 131.430,20 | R\$ 48.561,99 | R\$ 517.242,66 | R\$ 19.877,10 | R\$ 9.804,42 | R\$ 726.916,37 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - REFORÇO | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|-----------------------|---|------------|---------|---------------|---------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 112,2 | m² | R\$ 3.795,17 | R\$ 4.904,26 | R\$ 61,09 | R\$ 0,00 | R\$ 1.005,86 | R\$ 9.766,38 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 269,28 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 79.321,81 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 79.321,81 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 8078,4 | tkm | R\$ 2.747,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,452 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1059,3 | m² | R\$ 37.542,47 | R\$ 44.119,85 | R\$ 40.294,71 | R\$ 0,00 | R\$ 9.048,98 | R\$ 131.006,01 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 213,84 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62.990,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62.990,85 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6415,2 | tkm | R\$ 2.181,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.181,51 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,089 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 913,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 913,64 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 435,6 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,089 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.669,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.669,82 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 435,6 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 | R\$ 0,00 | R\$ 139,54 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 198 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.336,23 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.336,23 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13068 | tkm | R\$ 4.443,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.443,82 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 178,2 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.902,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.902,61 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 11226,6 | tkm | R\$ 3.817,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.817,64 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 594 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.713,39 | R\$ 0,00 | R\$ 4.713,39 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4455 | tkm | R\$ 2.518,16 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.518,16 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (acostamento) | 2400 | m² | R\$ 235,81 | R\$ 68,96 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10,70 | R\$ 315,46 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (primeira camada) | 6600 | m² | R\$ 648,48 | R\$ 189,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,41 | R\$ 867,52 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (segunda camada) | 6600 | m² | R\$ 648,48 | R\$ 189,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,41 | R\$ 867,52 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 17,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.396,83 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.396,83 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6864 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.198,87 | R\$ 0,00 | R\$ 2.198,87 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 288 | t | R\$ 1.806,67 | R\$ 306,51 | R\$ 12.369,60 | R\$ 0,00 | R\$ 47,54 | R\$ 14.530,32 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 792 | t | R\$ 4.968,34 | R\$ 842,90 | R\$ 34.016,40 | R\$ 0,00 | R\$ 130,73 | R\$ 39.958,38 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 792 | t | R\$ 4.968,34 | R\$ 842,90 | R\$ 34.016,40 | R\$ 0,00 | R\$ 130,73 | R\$ 39.958,38 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 1872 | t | R\$ 13.423,41 | R\$ 1.560,50 | R\$ 65.175,57 | R\$ 0,00 | R\$ 242,03 | R\$ 80.401,51 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 56160 | tkm | R\$ 19.097,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.097,40 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 102,96 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 163.788,77 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 163.788,77 |

| | | | | | | | | | |
|--|-------------------------|-------|-----|----------|----------|----------|---------------|----------|---------------|
| | Transporte de CAP -5070 | 41184 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.193,19 | R\$ 0,00 | R\$ 13.193,19 |
|--|-------------------------|-------|-----|----------|----------|----------|---------------|----------|---------------|

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 102.842,80 | R\$ 53.025,12 | R\$ 537.472,52 | R\$ 20.570,59 | R\$ 10.675,40 | R\$ 724.586,44 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTINUA COM RECOMPOSIÇÃO 9,0 cm | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|---|---|------------|---------|----------------|---------------|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1412,4 | m² | R\$ 50.056,63 | R\$ 58.826,46 | R\$ 53.726,28 | R\$ 0,00 | R\$ 12.065,31 | R\$ 174.674,68 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 285,12 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 83.987,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 83.987,80 |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 8553,6 | tkm | R\$ 2.908,68 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.908,68 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,452 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,452 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.226,43 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.226,43 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 580,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 264 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.114,97 | R\$ 0,00 | R\$ 19.114,97 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 17424 | tkm | R\$ 5.925,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.925,09 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 237,6 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17.203,48 | R\$ 0,00 | R\$ 17.203,48 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 14968,8 | tkm | R\$ 5.090,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.090,19 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 792 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.284,52 | R\$ 0,00 | R\$ 6.284,52 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 5940 | tkm | R\$ 3.357,55 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.357,55 |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 594 | m² | R\$ 32.553,54 | R\$ 1.856,84 | R\$ 20.356,93 | R\$ 0,00 | R\$ 380,84 | R\$ 55.148,15 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 7128 | tkm | R\$ 6.098,90 | R\$ 1.862,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 288,83 | R\$ 8.249,91 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 6600 | m² | R\$ 648,48 | R\$ 189,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,41 | R\$ 867,52 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,26 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.090,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.090,97 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2904 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1425,6 | t | R\$ 8.943,02 | R\$ 1.517,22 | R\$ 61.229,52 | R\$ 0,00 | R\$ 235,32 | R\$ 71.925,08 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1425,6 | t | R\$ 10.222,44 | R\$ 1.188,38 | R\$ 49.633,70 | R\$ 0,00 | R\$ 184,32 | R\$ 61.228,84 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 42768 | tkm | R\$ 14.543,41 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.543,41 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 78,408 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 124.731,45 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 124.731,45 |
| | Transporte de CAP -5070 | 31363,2 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.047,12 | R\$ 0,00 | R\$ 10.047,12 |
| Total | | | | R\$ 140.347,93 | R\$ 65.440,72 | R\$ 403.201,26 | R\$ 53.952,50 | R\$ 13.184,02 | R\$ 676.126,43 |

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTINUA COM RECOMPOSIÇÃO 7,5 cm | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|---|---|------------|---------|---------------|--------------|----------------|---------------------|------------|----------------|
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 495 | m² | R\$ 27.127,95 | R\$ 1.547,37 | R\$ 16.964,11 | R\$ 0,00 | R\$ 317,37 | R\$ 45.956,79 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 5940 | tkm | R\$ 5.082,41 | R\$ 1.551,83 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 240,69 | R\$ 6.874,93 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 6600 | m² | R\$ 648,48 | R\$ 189,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,41 | R\$ 867,52 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,26 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.090,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.090,97 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2904 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1188 | t | R\$ 7.452,52 | R\$ 1.264,35 | R\$ 51.024,60 | R\$ 0,00 | R\$ 196,10 | R\$ 59.937,56 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1188 | t | R\$ 8.518,70 | R\$ 990,32 | R\$ 41.361,42 | R\$ 0,00 | R\$ 153,60 | R\$ 51.024,03 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 35640 | tkm | R\$ 12.119,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.119,51 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% - Borracha | 65,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 103.942,87 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 103.942,87 |
| | Transporte de CAP -5070 | 26136 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.372,60 | R\$ 0,00 | R\$ 8.372,60 |
| Total | | | | R\$ 60.949,56 | R\$ 5.543,49 | R\$ 219.383,96 | R\$ 9.302,89 | R\$ 937,16 | R\$ 296.117,07 |

| FD + RC | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|---------------|--|------------|---------|---------------|--------------|---------------|---------------------|------------|---------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 33 | m² | R\$ 3.190,53 | R\$ 187,56 | R\$ 1.131,78 | R\$ 0,00 | R\$ 38,47 | R\$ 4.548,34 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 396 | tkm | R\$ 338,83 | R\$ 103,46 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16,05 | R\$ 458,33 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 660 | m² | R\$ 64,85 | R\$ 18,96 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2,94 | R\$ 86,75 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,726 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 609,10 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 609,10 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 290,4 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 93,03 | R\$ 0,00 | R\$ 93,03 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 79,2 | t | R\$ 496,83 | R\$ 84,29 | R\$ 3.401,64 | R\$ 0,00 | R\$ 13,07 | R\$ 3.995,84 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 79,2 | t | R\$ 567,91 | R\$ 66,02 | R\$ 2.757,43 | R\$ 0,00 | R\$ 10,24 | R\$ 3.401,60 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2376 | tkm | R\$ 807,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 807,97 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,356 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.981,04 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.981,04 |
| | Transporte de CAP -5070 | 1742,4 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 558,17 | R\$ 0,00 | R\$ 558,17 |
| Total | | | | R\$ 5.466,92 | R\$ 460,29 | R\$ 11.880,99 | R\$ 651,20 | R\$ 80,77 | R\$ 18.540,17 |
| FD+RC+M | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ e microrrevestimento | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 66 | m² | R\$ 6.381,07 | R\$ 375,12 | R\$ 2.263,56 | R\$ 0,00 | R\$ 76,94 | R\$ 9.096,69 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 792 | tkm | R\$ 677,66 | R\$ 206,91 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 32,09 | R\$ 916,66 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 1320 | m² | R\$ 129,70 | R\$ 37,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5,88 | R\$ 173,50 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,452 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.218,19 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 580,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 | R\$ 0,00 | R\$ 186,06 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 158,4 | t | R\$ 993,67 | R\$ 168,58 | R\$ 6.803,28 | R\$ 0,00 | R\$ 26,15 | R\$ 7.991,68 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 158,4 | t | R\$ 1.135,83 | R\$ 132,04 | R\$ 5.514,86 | R\$ 0,00 | R\$ 20,48 | R\$ 6.803,20 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4752 | tkm | R\$ 1.615,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.615,93 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,712 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 7.962,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 7.962,09 |
| | Transporte de CAP -5070 | 3484,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.116,35 | R\$ 0,00 | R\$ 1.116,35 |
| 5 S 02 511 52 | Micro-revestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 6600 | m² | R\$ 5.200,32 | R\$ 1.015,96 | R\$ 5.389,56 | R\$ 0,00 | R\$ 208,37 | R\$ 11.814,21 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte agregado | 6831 | tkm | R\$ 3.861,18 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.861,18 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 7,26 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.119,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.119,00 |
| | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 2904 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 | R\$ 0,00 | R\$ 930,29 |
| Total | | | | R\$ 19.995,35 | R\$ 1.936,54 | R\$ 38.270,54 | R\$ 2.232,69 | R\$ 369,91 | R\$ 62.805,03 |

SC 114 P/SJ

CONSTRUÇÃO

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|----------------|--------------|----------------|---------------------|------------|----------------|
| 2 S 02 110 00 | Regularização do subleito | 10000 | m² | R\$ 5.237,51 | R\$ 576,34 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 89,39 | R\$ 5.903,24 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte material subleito | 45000 | tkm | R\$ 22.984,34 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.984,34 |
| 2 S 02 231 50 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1900 | m² | R\$ 10.890,10 | R\$ 677,15 | R\$ 155.154,00 | R\$ 0,00 | R\$ 105,03 | R\$ 166.826,29 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte macadame seco | 99750 | tkm | R\$ 50.948,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 50.948,61 |
| 2 S 02 230 00 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1700 | m² | R\$ 11.670,70 | R\$ 680,98 | R\$ 78.370,00 | R\$ 0,00 | R\$ 105,62 | R\$ 90.827,30 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte de brita graduada | 93500 | tkm | R\$ 47.756,35 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 47.756,35 |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 10000 | m² | R\$ 1.394,06 | R\$ 430,84 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 66,82 | R\$ 1.891,73 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 11 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.866,89 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.866,89 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3905 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 10000 | m² | R\$ 982,54 | R\$ 287,31 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 44,56 | R\$ 1.314,42 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 11 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.228,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.228,73 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3905 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 216 | t | R\$ 1.355,00 | R\$ 229,88 | R\$ 9.277,20 | R\$ 0,00 | R\$ 35,65 | R\$ 10.897,74 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840 | t | R\$ 5.269,46 | R\$ 893,98 | R\$ 36.078,00 | R\$ 0,00 | R\$ 138,66 | R\$ 42.380,10 |
| | Aquisição agregados | 997,92 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 69.854,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 69.854,40 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 26400 | tkm | R\$ 13.484,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.484,14 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 58,08 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.080,59 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.080,59 |
| | Transporte de CAP -5070 | 20618,4 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.781,07 | R\$ 0,00 | R\$ 6.781,07 |
| Total | | | | R\$ 171.972,82 | R\$ 3.776,50 | R\$ 427.909,82 | R\$ 9.349,66 | R\$ 585,74 | R\$ 613.594,53 |

| RESTAURAÇÃO - RECICLAGEM | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total |
|--------------------------|--|------------|---------|---------------|---------------|----------------|---------------------|--------------|----------------|
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1060,5 | m² | R\$ 37.585,00 | R\$ 44.169,83 | R\$ 40.340,36 | R\$ 0,00 | R\$ 9.059,23 | R\$ 131.154,42 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 37.115,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 37.115,82 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 3150 | tkm | R\$ 1.071,17 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.071,17 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,155 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 969,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 969,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 410,025 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,155 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.771,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.771,02 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 410,025 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 178,5 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.924,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.924,33 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 9817,5 | tkm | R\$ 3.338,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.338,48 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 199,5 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.444,84 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.444,84 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 10473,75 | tkm | R\$ 3.561,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.561,64 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4725 | tkm | R\$ 2.670,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.670,78 |
| 5 S 02 993 10 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1850 | m² | R\$ 37.566,75 | R\$ 1.517,90 | R\$ 118.213,36 | R\$ 0,00 | R\$ 311,32 | R\$ 157.609,33 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para reciclagem | 15262,5 | tkm | R\$ 5.190,07 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.190,07 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de cimento para reciclagem | 26184,9 | tkm | R\$ 8.904,27 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.904,27 |
| 2 S 02 500 51 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 10000 | m² | R\$ 3.584,98 | R\$ 827,15 | R\$ 4.355,20 | R\$ 0,00 | R\$ 128,29 | R\$ 8.895,62 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 11 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.816,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.816,66 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3905 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|--------|-----|---------------|------------|----------------|---------------|------------|----------------|
| 5 S 09 002 91 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 4400 | tkm | R\$ 1.496,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.496,24 |
| 2 S 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 10000 | m² | R\$ 1.394,06 | R\$ 430,84 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 66,82 | R\$ 1.891,73 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 11 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29.700,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29.700,00 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3905 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 10000 | m² | R\$ 982,54 | R\$ 287,31 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 44,56 | R\$ 1.314,42 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,7 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 23.488,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 23.488,32 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6638,5 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.183,30 | R\$ 0,00 | R\$ 2.183,30 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 720 | t | R\$ 4.516,68 | R\$ 766,27 | R\$ 30.924,00 | R\$ 0,00 | R\$ 118,85 | R\$ 36.325,80 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 840 | t | R\$ 5.269,46 | R\$ 893,98 | R\$ 36.078,00 | R\$ 0,00 | R\$ 138,66 | R\$ 42.380,10 |
| | Aquisição agregados | 614,25 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.997,50 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.997,50 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 39000 | tkm | R\$ 13.262,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.262,09 |
| | Cimento asfáltico com borracha - 5,5% | 85,8 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 136.490,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 136.490,64 |
| | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 30459 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.017,49 | R\$ 0,00 | R\$ 10.017,49 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 131.081,95 | R\$ 49.094,41 | R\$ 543.629,07 | R\$ 20.038,13 | R\$ 9.898,93 | R\$ 753.742,50 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|--------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - REFORÇO | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|----------|-------------|---------------|---------------|---------------------|--------------|--------------|----------------|
| | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total | |
| 3 S 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 70 | m² | R\$ 2.367,75 | R\$ 3.059,70 | R\$ 38,12 | R\$ 0,00 | R\$ 627,54 | R\$ 6.093,11 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 49.487,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 49.487,76 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4200 | tkm | R\$ 1.428,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.428,22 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1060,5 | m³ | R\$ 37.585,00 | R\$ 44.169,83 | R\$ 40.340,36 | R\$ 0,00 | R\$ 9.059,23 | R\$ 131.154,42 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 37.115,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 37.115,82 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 3150 | tkm | R\$ 1.071,17 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.071,17 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,155 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 969,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 969,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 410,025 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,155 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.771,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.771,02 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 410,025 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 | R\$ 0,00 | R\$ 134,85 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 178,5 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.924,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.924,33 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 9817,5 | tkm | R\$ 3.338,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.338,48 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 199,5 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.444,84 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.444,84 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 10473,75 | tkm | R\$ 3.561,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.561,64 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 4725 | tkm | R\$ 2.670,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.670,78 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação (acostamento) | 3000 | m² | R\$ 294,76 | R\$ 86,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13,37 | R\$ 394,33 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 11 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.228,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.228,73 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3905 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 | R\$ 0,00 | R\$ 1.284,29 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 216 | t | R\$ 1.355,00 | R\$ 229,88 | R\$ 9.277,20 | R\$ 0,00 | R\$ 35,65 | R\$ 10.897,74 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840 | t | R\$ 5.269,46 | R\$ 893,98 | R\$ 36.078,00 | R\$ 0,00 | R\$ 138,66 | R\$ 42.380,10 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1056 | t | R\$ 7.572,18 | R\$ 880,28 | R\$ 36.765,70 | R\$ 0,00 | R\$ 136,53 | R\$ 45.354,70 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 26400 | tkm | R\$ 8.977,41 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.977,41 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 58,08 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.080,59 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.080,59 |

| | | | | | | | | | | |
|--|--|---------|-------------|---------------|----------------|-------------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| | Transporte de CAP -5070 | 20618,4 | tkm | | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.781,07 | R\$ 0,00 | R\$ 6.781,07 |
| Total | | | | | R\$ 76.179,63 | R\$ 49.520,99 | R\$ 302.813,51 | R\$ 13.513,92 | R\$ 10.042,18 | R\$ 452.070,23 |
| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO HIMA | | | | | | | | | | |
| | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | | | |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1414 | m² | R\$ 50.113,34 | R\$ 58.893,10 | R\$ 53.787,15 | R\$ 0,00 | R\$ 12.078,97 | R\$ | 174.872,56 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 49.487,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 49.487,76 |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4200 | tkm | R\$ 1.428,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 1.428,22 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 1.292,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ | 179,80 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.361,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 2.361,37 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ | 179,80 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 238 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17.232,44 | R\$ 0,00 | R\$ | 17.232,44 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13090 | tkm | R\$ 4.451,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 4.451,30 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 266 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.259,78 | R\$ 0,00 | R\$ | 19.259,78 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 13965 | tkm | R\$ 4.748,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 4.748,85 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 | R\$ 0,00 | R\$ | 6.665,40 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 6300 | tkm | R\$ 3.561,04 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 3.561,04 |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280 | m² | R\$ 15.345,10 | R\$ 875,28 | R\$ 9.595,86 | R\$ 0,00 | R\$ 179,52 | R\$ | 25.995,76 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 3360 | tkm | R\$ 2.874,90 | R\$ 877,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 136,15 | R\$ | 3.888,85 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ | 920,09 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ | 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,4 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.343,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 19.343,32 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.798,01 | R\$ 0,00 | R\$ | 1.798,01 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (SAMI) | 336 | t | R\$ 2.107,78 | R\$ 357,59 | R\$ 14.431,20 | R\$ 0,00 | R\$ 55,46 | R\$ | 16.952,04 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (CAUQ) | 672 | t | R\$ 4.215,56 | R\$ 715,19 | R\$ 28.862,40 | R\$ 0,00 | R\$ 110,93 | R\$ | 33.904,08 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1008 | t | R\$ 7.227,99 | R\$ 840,27 | R\$ 35.094,54 | R\$ 0,00 | R\$ 130,33 | R\$ | 43.293,12 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 25200 | tkm | R\$ 8.569,35 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 8.569,35 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 55,44 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 75.695,56 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 75.695,56 |
| | Transporte de CAP -5070 | 19681,2 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.472,84 | R\$ 0,00 | R\$ | 6.472,84 |
| Total | | | | | R\$ 106.019,00 | R\$ 62.961,47 | R\$ 289.951,17 | R\$ 51.788,08 | R\$ 12.753,74 | R\$ 523.473,46 |
| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 9 cm | | | | | | | | | | |
| | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total | | |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1470 | m² | R\$ 52.098,03 | R\$ 61.225,50 | R\$ 55.917,33 | R\$ 0,00 | R\$ 12.557,35 | R\$ | 181.798,21 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 302,4 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 89.077,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 89.077,97 |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 7560 | tkm | R\$ 2.570,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 2.570,80 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 1.292,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ | 179,80 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.361,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 2.361,37 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ | 179,80 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 238 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17.232,44 | R\$ 0,00 | R\$ | 17.232,44 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13090 | tkm | R\$ 4.451,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ | 4.451,30 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 266 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.259,78 | R\$ 0,00 | R\$ | 19.259,78 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|---------|-----|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|---------------|
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 13965 | tkm | R\$ 4.748,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.748,85 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 6300 | tkm | R\$ 3.561,04 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.561,04 |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 630 | m² | R\$ 34.526,48 | R\$ 1.969,38 | R\$ 21.590,68 | R\$ 0,00 | R\$ 403,92 | R\$ 58.490,46 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 7560 | tkm | R\$ 6.468,53 | R\$ 1.975,05 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 306,33 | R\$ 8.749,91 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,7 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2733,5 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1512 | t | R\$ 9.485,02 | R\$ 1.609,17 | R\$ 64.940,40 | R\$ 0,00 | R\$ 249,58 | R\$ 76.284,17 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1512 | t | R\$ 10.841,98 | R\$ 1.260,40 | R\$ 52.641,80 | R\$ 0,00 | R\$ 195,49 | R\$ 64.939,68 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 37800 | tkm | R\$ 12.854,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.854,02 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 83,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 76.001,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 76.001,75 |
| | Transporte de CAP -5070 | 29521,8 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.709,26 | R\$ 0,00 | R\$ 9.709,26 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 142.293,83 | R\$ 68.240,62 | R\$ 370.283,44 | R\$ 54.125,49 | R\$ 13.743,86 | R\$ 648.687,25 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO H | | | | | | | | | |
|--|---|---------|-------------|---------------|---------------|---------------------|---------------|---------------|----------------|
| | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total | |
| 3 S 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1414 | m³ | R\$ 50.113,34 | R\$ 58.893,10 | R\$ 53.787,15 | R\$ 0,00 | R\$ 12.078,97 | R\$ 174.872,56 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 302,4 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 89.077,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 89.077,97 |
| 5 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 7560 | tkm | R\$ 2.570,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.570,80 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 159,57 | R\$ 0,00 | R\$ 159,57 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.361,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.361,37 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 159,57 | R\$ 0,00 | R\$ 159,57 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 238 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17.232,44 | R\$ 0,00 | R\$ 17.232,44 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para base | 13090 | tkm | R\$ 4.451,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.451,30 |
| 3 S 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 266 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.259,78 | R\$ 0,00 | R\$ 19.259,78 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 13965 | tkm | R\$ 4.748,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.748,85 |
| 3 S 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte solo | 6300 | tkm | R\$ 3.561,04 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.561,04 |
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 280 | m² | R\$ 15.345,10 | R\$ 875,28 | R\$ 9.595,86 | R\$ 0,00 | R\$ 179,52 | R\$ 25.995,76 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 3360 | tkm | R\$ 2.874,90 | R\$ 877,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 136,15 | R\$ 3.888,85 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,7 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2733,5 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 797,87 | R\$ 0,00 | R\$ 797,87 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 768 | t | R\$ 4.817,79 | R\$ 817,36 | R\$ 32.985,60 | R\$ 0,00 | R\$ 126,77 | R\$ 38.747,52 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 768 | t | R\$ 5.507,04 | R\$ 640,20 | R\$ 26.738,69 | R\$ 0,00 | R\$ 99,30 | R\$ 32.985,23 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 19200 | tkm | R\$ 6.529,03 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.529,03 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP Hima – 5,5% | 42,24 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 57.672,81 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 57.672,81 |
| | Transporte de CAP Hima | 14995,2 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.376,87 | R\$ 0,00 | R\$ 4.376,87 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 101.206,97 | R\$ 62.304,86 | R\$ 279.971,57 | R\$ 48.651,51 | R\$ 12.651,90 | R\$ 504.786,82 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 7 cm | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|-------------|-------------|----------|---------------------|---------|-------|--|
| | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade a | FIC/FIT | Total | |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|---------|-----|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|---------------|
| 5 S 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 490 | m³ | R\$ 26.853,93 | R\$ 1.531,74 | R\$ 16.792,75 | R\$ 0,00 | R\$ 314,16 | R\$ 45.492,58 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 5880 | tkm | R\$ 5.031,08 | R\$ 1.536,15 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 238,26 | R\$ 6.805,48 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 7000 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 7,7 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.460,11 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 2733,5 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1176 | t | R\$ 7.377,24 | R\$ 1.251,58 | R\$ 50.509,20 | R\$ 0,00 | R\$ 194,12 | R\$ 59.332,14 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1176 | t | R\$ 8.432,65 | R\$ 980,31 | R\$ 40.943,63 | R\$ 0,00 | R\$ 152,05 | R\$ 50.508,64 |
| 5 S 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 29400 | tkm | R\$ 9.997,57 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.997,57 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 64,68 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 59.112,47 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 59.112,47 |
| | Transporte de CAP -5070 | 22961,4 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 7.551,65 | R\$ 0,00 | R\$ 7.551,65 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|---------------|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 58.380,25 | R\$ 5.500,90 | R\$ 173.818,17 | R\$ 8.450,65 | R\$ 929,78 | R\$ 247.079,75 |
|-------|--|--|--|---------------|--------------|----------------|--------------|------------|----------------|

| FD + RC | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|--------------|-------------|--------------|-------------------|-----------|--------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 35 | m² | R\$ 3.383,90 | R\$ 198,93 | R\$ 1.200,37 | R\$ 0,00 | R\$ 40,80 | R\$ 4.824,00 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 420 | tkm | R\$ 359,36 | R\$ 109,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17,02 | R\$ 486,11 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 700 | m² | R\$ 68,78 | R\$ 20,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3,12 | R\$ 92,01 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 646,01 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 646,01 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 273,35 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 89,90 | R\$ 0,00 | R\$ 89,90 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84 | t | R\$ 526,95 | R\$ 89,40 | R\$ 3.607,80 | R\$ 0,00 | R\$ 13,87 | R\$ 4.238,01 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 84 | t | R\$ 602,33 | R\$ 70,02 | R\$ 2.924,54 | R\$ 0,00 | R\$ 10,86 | R\$ 3.607,76 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 2100 | tkm | R\$ 714,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 714,11 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,62 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.222,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.222,32 |
| | Transporte de CAP -5070 | 1640,1 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 539,40 | R\$ 0,00 | R\$ 539,40 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|--------------|------------|---------------|------------|-----------|---------------|
| Total | | | | R\$ 5.655,43 | R\$ 488,19 | R\$ 12.601,05 | R\$ 629,30 | R\$ 85,66 | R\$ 19.459,63 |
|-------|--|--|--|--------------|------------|---------------|------------|-----------|---------------|

| FD+RC+M | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ e microrrevesti | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|--------------|--------------|--------------|-------------------|------------|---------------|
| 5 S 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70 | m² | R\$ 6.767,80 | R\$ 397,85 | R\$ 2.400,75 | R\$ 0,00 | R\$ 81,60 | R\$ 9.648,00 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 840 | tkm | R\$ 718,73 | R\$ 219,45 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 34,04 | R\$ 972,21 |
| 2 S 02 400 00 | Pintura de ligação | 1400 | m² | R\$ 137,56 | R\$ 40,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6,24 | R\$ 184,02 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.292,02 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 546,7 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 | R\$ 0,00 | R\$ 179,80 |
| 2 S 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168 | t | R\$ 1.053,89 | R\$ 178,80 | R\$ 7.215,60 | R\$ 0,00 | R\$ 27,73 | R\$ 8.476,02 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 168 | t | R\$ 1.204,66 | R\$ 140,04 | R\$ 5.849,09 | R\$ 0,00 | R\$ 21,72 | R\$ 7.215,52 |
| 2 S 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 4200 | tkm | R\$ 1.428,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.428,22 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 9,24 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.444,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.444,64 |
| | Transporte de CAP -5070 | 3280,2 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.078,81 | R\$ 0,00 | R\$ 1.078,81 |
| 5 S 02 511 52 | Micro-revestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7000 | m² | R\$ 5.515,49 | R\$ 1.077,53 | R\$ 5.716,20 | R\$ 0,00 | R\$ 221,00 | R\$ 12.530,22 |
| 3 S 09 002 06 | Transporte agregado | 6037,5 | tkm | R\$ 3.412,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.412,66 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 7,7 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.671,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.671,66 |
| | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 2733,5 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 | R\$ 0,00 | R\$ 899,01 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|---------------|
| Total | | | | R\$ 20.239,01 | R\$ 2.053,90 | R\$ 40.589,96 | R\$ 2.157,61 | R\$ 392,33 | R\$ 65.432,82 |
|-------|--|--|--|---------------|--------------|---------------|--------------|------------|---------------|

SC114 L/OC

CONSTRUÇÃO

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------|---|------------|---------|----------------|--------------|----------------|-------------------|-----------|----------------|
| 4011209 | Regularização do subleito | 9.400,00 | m² | R\$ 6.132,02 | R\$ 176,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,28 | R\$ 6.309,08 |
| 5914359 | Transporte material subleito | 42.300,00 | tkm | R\$ 28.824,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4,31 | R\$ 28.828,45 |
| 4011211 | Reforço do subleito | 940,00 | m³ | R\$ 3.293,49 | R\$ 88,39 | R\$ 0,00 | R\$ 3.405,74 | R\$ 0,75 | R\$ 6.788,37 |
| 5914359 | Transporte material de reforço | 7.050,00 | tkm | R\$ 4.804,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,72 | R\$ 4.804,74 |
| 4011279 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1.880,00 | m³ | R\$ 4.044,59 | R\$ 438,01 | R\$ 141.737,34 | R\$ 5.685,12 | R\$ 0,41 | R\$ 151.905,47 |
| 5914359 | Transporte macadame seco | 161.868,00 | tkm | R\$ 110.300,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16,51 | R\$ 110.316,88 |
| 4011276 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1.410,00 | m³ | R\$ 7.225,60 | R\$ 197,04 | R\$ 121.513,80 | R\$ 5.685,12 | R\$ 0,81 | R\$ 134.622,37 |
| 5914374 | Transporte de brita graduada | 127.182,00 | tkm | R\$ 69.331,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8,29 | R\$ 69.339,95 |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 9.400,00 | m² | R\$ 1.743,73 | R\$ 264,31 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,01 | R\$ 2.008,05 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.619,00 | tkm | R\$ 3.263,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.263,88 |
| 4011353 | Pintura de ligação (acostamento) | 2.400,00 | m² | R\$ 379,58 | R\$ 50,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 430,20 |
| 4011353 | Pintura de ligação (faixa de rolamento) | 7.000,00 | m² | R\$ 1.107,12 | R\$ 147,62 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.254,74 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.676,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.676,12 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3.619,00 | tkm | R\$ 3.263,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.263,88 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 172,80 | t | R\$ 722,62 | R\$ 263,43 | R\$ 0,00 | R\$ 17.685,53 | R\$ 0,07 | R\$ 18.671,65 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840,00 | t | R\$ 3.512,75 | R\$ 1.280,55 | R\$ 0,00 | R\$ 85.971,31 | R\$ 0,36 | R\$ 90.764,97 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 41.524,80 | tkm | R\$ 18.863,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.863,93 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 55,70 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 80.974,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 80.974,12 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 19.496,40 | tkm | R\$ 17.583,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17.583,30 |
| Total | | | | R\$ 284.396,69 | R\$ 2.906,74 | R\$ 381.497,03 | R\$ 118.432,82 | R\$ 32,53 | R\$ 787.265,81 |

RESTAURAÇÃO - RECICLAGEM

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------|--|------------|---------|---------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.155,00 | m³ | R\$ 55.897,80 | R\$ 109.606,96 | R\$ 0,00 | R\$ 116.583,80 | R\$ 4.104,52 | R\$ 286.193,08 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,14 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5.166,00 | tkm | R\$ 2.346,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.346,82 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm | R\$ 364,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 364,58 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm | R\$ 364,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 364,58 |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.740,05 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.740,05 |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14.206,50 | tkm | R\$ 9.739,49 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.739,49 |
| | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 210,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.504,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.504,30 |
| 5914616 | Transporte de brita para subbase | 18.081,00 | tkm | R\$ 12.395,71 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.395,71 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 606,01 | R\$ 0,00 | R\$ 606,01 |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm | R\$ 539,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 539,88 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.636,08 | R\$ 0,00 | R\$ 3.636,08 |
| 5914616 | Transporte solo | 4.725,00 | tkm | R\$ 3.239,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.239,30 |
| 4011486 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.880,00 | m³ | R\$ 29.049,45 | R\$ 1.931,87 | R\$ 125.283,23 | R\$ 4.130,83 | R\$ 8,32 | R\$ 160.403,70 |
| 5914389 | Transporte de brita para reciclagem | 25.436,40 | tkm | R\$ 11.555,28 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.555,28 |
| 5914366 | Transporte de cimento para reciclagem | 22.977,36 | tkm | R\$ 4.532,01 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.532,01 |
| 4011358 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9.400,00 | m² | R\$ 1.749,89 | R\$ 636,89 | R\$ 3.663,44 | R\$ 135,50 | R\$ 0,01 | R\$ 6.185,73 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.175,83 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.175,83 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3.619,00 | tkm | R\$ 3.263,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.263,88 |
| 5914389 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 15.600,99 | tkm | R\$ 7.087,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 7.087,24 |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 9.400,00 | m² | R\$ 1.743,73 | R\$ 264,31 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,01 | R\$ 2.008,05 |

| | | | | | | | | | |
|---------|---|-----------|-----|---------------|--------------|----------------|--------------|----------|----------------|
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 27.918,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 27.918,00 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.619,00 | tkm | R\$ 3.263,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.263,88 |
| 4011353 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9.400,00 | m² | R\$ 1.486,70 | R\$ 198,23 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.684,93 |
| 4011353 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 1.107,12 | R\$ 147,62 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.254,74 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,04 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.732,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.732,30 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6.314,00 | tkm | R\$ 5.694,43 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.694,43 |
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 902,40 | t | R\$ 4.698,15 | R\$ 1.618,44 | R\$ 100.218,38 | R\$ 6.581,20 | R\$ 0,56 | R\$ 113.116,73 |
| 4011471 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 1.344,00 | t | R\$ 6.997,24 | R\$ 2.410,44 | R\$ 149.261,41 | R\$ 9.801,79 | R\$ 0,83 | R\$ 168.471,72 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 92.102,40 | tkm | R\$ 41.840,38 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 41.840,38 |
| | Cimento asfáltico com borracha - 5,5% | 123,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 200.539,72 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 200.539,72 |
| 5914622 | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 43.243,20 | tkm | R\$ 38.999,92 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 38.999,92 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|
| Total | | | | R\$ 247.957,48 | R\$ 116.814,76 | R\$ 772.536,14 | R\$ 141.475,22 | R\$ 4.114,24 | R\$ 1.282.897,84 |
|-------|--|--|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|

| RESTAURAÇÃO - REFORÇO | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|-----------------------|---|------------|---------|----------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|------------------|
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 70,00 | m³ | R\$ 490,00 | R\$ 11.862,23 | R\$ 0,00 | R\$ 7.959,84 | R\$ 547,03 | R\$ 20.859,09 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 127.114,85 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 127.114,85 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6.888,00 | tkm | R\$ 3.129,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.129,09 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1.400,00 | m² | R\$ 221,42 | R\$ 29,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 250,95 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 486,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 486,11 |
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.155,00 | m³ | R\$ 55.897,80 | R\$ 109.606,96 | R\$ 0,00 | R\$ 116.583,80 | R\$ 4.104,52 | R\$ 286.193,08 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,14 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 5.166,00 | tkm | R\$ 2.346,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.346,82 |
| 4011353 | Pintura de ligação (remendo) | 1.050,00 | m² | R\$ 166,07 | R\$ 22,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 188,21 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm | R\$ 364,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 364,58 |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído (remendo) | 1.050,00 | m² | R\$ 194,78 | R\$ 29,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 224,30 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm | R\$ 364,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 364,58 |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.740,05 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.740,05 |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 14.206,50 | tkm | R\$ 9.739,49 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9.739,49 |
| | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 210,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.504,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.504,30 |
| 5914616 | Transporte de brita para subbase | 18.081,00 | tkm | R\$ 12.395,71 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.395,71 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 606,01 | R\$ 0,00 | R\$ 606,01 |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm | R\$ 539,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 539,88 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.636,08 | R\$ 0,00 | R\$ 3.636,08 |
| 5914616 | Transporte solo | 4.725,00 | tkm | R\$ 3.239,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.239,30 |
| 4011353 | Pintura de ligação (acostamento) | 2.400,00 | m² | R\$ 379,58 | R\$ 50,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 430,20 |
| 4011353 | Pintura de ligação (primeira camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 1.107,12 | R\$ 147,62 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.254,74 |
| 4011353 | Pintura de ligação (segunda camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 1.107,12 | R\$ 147,62 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.254,74 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 18,04 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.115,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.115,78 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6.314,00 | tkm | R\$ 5.694,43 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.694,43 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 576,00 | t | R\$ 2.408,74 | R\$ 878,09 | R\$ 0,00 | R\$ 58.951,76 | R\$ 0,25 | R\$ 62.238,84 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 1.680,00 | t | R\$ 7.025,50 | R\$ 2.561,10 | R\$ 0,00 | R\$ 171.942,62 | R\$ 0,72 | R\$ 181.529,94 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 840,00 | t | R\$ 3.512,75 | R\$ 1.280,55 | R\$ 0,00 | R\$ 85.971,31 | R\$ 0,36 | R\$ 90.764,97 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 126.936,00 | tkm | R\$ 57.664,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 57.664,63 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 170,28 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 247.527,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 247.527,52 |
| 5914622 | Transporte de CAP-5070 | 59.598,00 | tkm | R\$ 53.749,90 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.749,90 |
| Total | | | | R\$ 222.225,41 | R\$ 126.615,96 | R\$ 525.389,90 | R\$ 445.651,43 | R\$ 4.652,87 | R\$ 1.324.535,57 |

| RESTAURAÇÃO - Whitetopping | | | | | | | | | |
|----------------------------|--|------------|---------|---------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 4915757 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 150,40 | m² | R\$ 1.052,80 | R\$ 25.486,84 | R\$ 0,00 | R\$ 17.102,28 | R\$ 1.175,32 | R\$ 44.817,24 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 360,96 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 273.115,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 273.115,33 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 14.799,36 | tkm | R\$ 6.723,07 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.723,07 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1.880,00 | m² | R\$ 297,34 | R\$ 39,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 336,99 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,07 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.535,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.535,22 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 723,80 | tkm | R\$ 652,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 652,78 |
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.551,00 | m² | R\$ 75.062,76 | R\$ 147.186,49 | R\$ 0,00 | R\$ 156.555,38 | R\$ 5.511,79 | R\$ 384.316,42 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 70,50 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.342,84 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.342,84 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 2.890,50 | tkm | R\$ 1.313,10 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.313,10 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1.410,00 | m² | R\$ 223,01 | R\$ 29,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 252,74 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.901,42 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.901,42 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 542,85 | tkm | R\$ 489,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 489,58 |
| 4011351 | Imprimação com asfalto diluído | 1.410,00 | m² | R\$ 261,56 | R\$ 39,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 301,21 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.689,35 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.689,35 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 542,85 | tkm | R\$ 489,58 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 489,58 |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 211,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.765,21 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.765,21 |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 19.077,30 | tkm | R\$ 13.078,74 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.078,74 |
| | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 282,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.820,06 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.820,06 |
| 5914616 | Transporte de brita para subbase | 24.280,20 | tkm | R\$ 16.645,67 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.645,67 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 141,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 813,79 | R\$ 0,00 | R\$ 813,79 |
| 5914616 | Transporte material de reforço | 1.057,50 | tkm | R\$ 724,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 724,99 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (subleito) | 846,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.882,74 | R\$ 0,00 | R\$ 4.882,74 |
| 5914616 | Transporte solo | 6.345,00 | tkm | R\$ 4.349,91 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.349,91 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 2.400,00 | m² | R\$ 379,58 | R\$ 50,61 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 430,20 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,64 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.236,46 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.236,46 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 924,00 | tkm | R\$ 833,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 833,33 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 316,80 | t | R\$ 1.324,81 | R\$ 482,95 | R\$ 0,00 | R\$ 32.423,47 | R\$ 0,14 | R\$ 34.231,36 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 12.988,80 | tkm | R\$ 5.900,57 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.900,57 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 17,42 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.328,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.328,40 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 6.098,40 | tkm | R\$ 5.499,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.499,99 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 3.200,00 | m² | R\$ 506,11 | R\$ 67,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 573,59 |
| *faixa de rolame | Aquisição Emulsão asfáltica | 3,52 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.315,27 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.315,27 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 1.232,00 | tkm | R\$ 1.111,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.111,11 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 153,60 | t | R\$ 642,33 | R\$ 234,16 | R\$ 0,00 | R\$ 15.720,47 | R\$ 0,07 | R\$ 16.597,02 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6.297,60 | tkm | R\$ 2.860,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.860,88 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 8,45 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.280,44 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.280,44 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 2.956,80 | tkm | R\$ 2.666,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.666,66 |
| | Filme (lona) plástico | 9.400,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.570,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.570,00 |
| | Aço CA-25 D: 25 mm (junta transversal) | 10.706,87 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.410,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.410,97 |
| | Aço CA-50 D: 10 mm (junta longitudinal) | 1.813,98 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.711,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.711,00 |
| | Arame recozido | 882,87 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.071,81 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.071,81 |
| 5914479 | Transporte aço | 748,36 | tkm | R\$ 305,47 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 305,47 |
| | Apoio barra de transferência (Aço CA-50 D: 8mm) | 4.414,36 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.331,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.331,37 |
| 4011533 | Pavimento de Concreto acostamento | 528,00 | m³ | R\$ 2.392,40 | R\$ 1.664,55 | R\$ 3.821,45 | R\$ 116.727,47 | R\$ 0,40 | R\$ 124.606,28 |
| 4011533 | Pavimento de Concreto pista | 1.540,00 | m³ | R\$ 6.977,83 | R\$ 4.854,95 | R\$ 11.145,90 | R\$ 340.455,12 | R\$ 1,18 | R\$ 363.434,97 |
| | Transporte de concreto | 4.963,20 | tkm | R\$ 2.254,69 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.254,69 |
| 5914366 | Transporte de cimento | 196.460,00 | tkm | R\$ 38.749,35 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 38.749,35 |
| 4011537 | Serragem de juntas em pavimento de concreto, limpeza e enchimento com selante a frio | 4.889,40 | m | R\$ 5.916,38 | R\$ 19.833,62 | R\$ 18.074,00 | R\$ 9,13 | R\$ 0,00 | R\$ 43.833,13 |

| | | | | | | | |
|-------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|
| Total | | R\$ 199.686,39 | R\$ 199.970,67 | R\$ 551.466,51 | R\$ 684.689,85 | R\$ 6.688,90 | R\$ 1.642.502,31 |
|-------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|

RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 14 cm

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------|---|------------|----------------|---------------|----------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| 4915746 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.540,00 | m ² | R\$ 74.530,40 | R\$ 146.142,61 | R\$ 0,00 | R\$ 155.445,06 | R\$ 5.472,70 | R\$ 381.590,77 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 486,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 486,11 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.663,18 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.663,18 |
| 5914622 | Transporte asfalto diluído CM30 | 539,00 | tkm | R\$ 486,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 486,11 |
| | Brita para base de remendo profundo BC | 210,00 | m ³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.653,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.653,40 |
| 5914616 | Transporte de brita para base | 18.942,00 | tkm | R\$ 12.985,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.985,99 |
| | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 280,00 | m ³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.672,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.672,40 |
| 5914616 | Transporte de brita para subbase | 24.108,00 | tkm | R\$ 16.527,62 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.527,62 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo (reforço subleito) | 140,00 | m ² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 808,02 | R\$ 0,00 | R\$ 808,02 |
| 4915621 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,00 | m ² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.848,11 | R\$ 0,00 | R\$ 4.848,11 |
| 5914616 | Transporte solo | 7.350,00 | tkm | R\$ 5.038,91 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.038,91 |
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 980,00 | m ² | R\$ 15.884,16 | R\$ 2.015,93 | R\$ 7.143,15 | R\$ 3.880,80 | R\$ 0,00 | R\$ 28.924,04 |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 11.760,00 | tkm | R\$ 8.062,25 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.062,25 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 14.000,00 | m ² | R\$ 2.214,24 | R\$ 295,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.509,48 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5.390,00 | tkm | R\$ 4.861,10 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.861,10 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,00 | t | R\$ 9.835,70 | R\$ 3.585,54 | R\$ 0,00 | R\$ 240.719,67 | R\$ 1,00 | R\$ 254.141,91 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 96.432,00 | tkm | R\$ 43.807,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 43.807,24 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 129,36 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 188.044,16 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 188.044,16 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 45.276,00 | tkm | R\$ 40.833,25 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 40.833,25 |

| | | | | | | | |
|-------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|
| Total | | R\$ 235.553,08 | R\$ 152.039,31 | R\$ 255.943,55 | R\$ 405.701,67 | R\$ 5.473,70 | R\$ 1.054.711,31 |
|-------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|--------------|------------------|

RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 11 cm

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------|---|------------|----------------|---------------|--------------|----------------|-------------------|----------|----------------|
| 4011479 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 770,00 | m ² | R\$ 12.480,41 | R\$ 1.583,94 | R\$ 5.612,47 | R\$ 3.049,20 | R\$ 0,00 | R\$ 22.726,03 |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 9.240,00 | tkm | R\$ 6.334,63 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.334,63 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 14.000,00 | m ² | R\$ 2.214,24 | R\$ 295,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.509,48 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5.390,00 | tkm | R\$ 4.861,10 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.861,10 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,00 | t | R\$ 7.728,05 | R\$ 2.817,21 | R\$ 0,00 | R\$ 189.136,89 | R\$ 0,79 | R\$ 199.682,93 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 75.768,00 | tkm | R\$ 34.419,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 34.419,97 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 101,64 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 147.748,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 147.748,99 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 35.574,00 | tkm | R\$ 32.083,27 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 32.083,27 |

| | | | | | | | |
|-------|--|----------------|--------------|----------------|----------------|----------|----------------|
| Total | | R\$ 100.121,67 | R\$ 4.696,39 | R\$ 172.240,78 | R\$ 192.186,09 | R\$ 0,79 | R\$ 469.245,72 |
|-------|--|----------------|--------------|----------------|----------------|----------|----------------|

MANUTENÇÃO

| FD + RC | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------|---|------------|----------------|--------------|-------------|------------|-------------------|----------|--------------|
| 4011480 | Fresagem descontinua e recomposição em CAUQ | 35,00 | m ² | R\$ 1.045,41 | R\$ 145,72 | R\$ 127,72 | R\$ 138,60 | R\$ 0,00 | R\$ 1.457,46 |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 420,00 | tkm | R\$ 287,94 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 287,94 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 700,00 | m ² | R\$ 110,71 | R\$ 14,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 125,47 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 943,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 943,97 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 269,50 | tkm | R\$ 243,06 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 243,06 |

| | | | | | | | | | |
|----------------|--|-------------------|----------------|----------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,00 | t | R\$ 351,28 | R\$ 128,05 | R\$ 0,00 | R\$ 8.597,13 | R\$ 0,04 | R\$ 9.076,50 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 3.444,00 | tkm | R\$ 1.564,54 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.564,54 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,62 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.715,86 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.715,86 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 1.617,00 | tkm | R\$ 1.458,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.458,33 |
| Total | | | | R\$ 5.061,27 | R\$ 288,54 | R\$ 7.787,55 | R\$ 8.735,73 | R\$ 0,04 | R\$ 21.873,13 |
| FD+RC+M | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ e microrrevestimento | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 4011480 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,00 | m³ | R\$ 2.090,83 | R\$ 291,45 | R\$ 255,45 | R\$ 277,20 | R\$ 0,00 | R\$ 2.914,92 |
| 5914616 | Transp. local material para remendos | 840,00 | tkm | R\$ 575,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 575,88 |
| 4011353 | Pintura de ligação | 1.400,00 | m² | R\$ 221,42 | R\$ 29,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 250,95 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 486,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 486,11 |
| 4011463 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,00 | t | R\$ 702,55 | R\$ 256,11 | R\$ 0,00 | R\$ 17.194,26 | R\$ 0,07 | R\$ 18.152,99 |
| 5914389 | Transporte mistura asfáltica | 6.888,00 | tkm | R\$ 3.129,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.129,09 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 9,24 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.431,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.431,73 |
| 5914622 | Transporte de CAP -5070 | 3.234,00 | tkm | R\$ 2.916,66 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.916,66 |
| 4011410 | Micro-revestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,00 | m² | R\$ 5.956,93 | R\$ 1.667,38 | R\$ 5.726,73 | R\$ 199,41 | R\$ 0,07 | R\$ 13.550,52 |
| 5914389 | Transporte agregado | 9.901,50 | tkm | R\$ 4.498,06 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.498,06 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 7,70 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.556,47 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10.556,47 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 2.695,00 | tkm | R\$ 2.430,55 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.430,55 |
| Total | | | | R\$ 23.008,08 | R\$ 2.244,46 | R\$ 31.858,30 | R\$ 17.670,87 | R\$ 0,14 | R\$ 74.781,85 |
| SJT | Selagem de juntas e trinças | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 5 5 02 702 00 | Limpeza e enchimento de junta de pavimento de conc | 4.889,40 | m | R\$ 1.344,04 | R\$ 731,02 | R\$ 9.461,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.536,54 |
| 4915694 | Limpeza, serragem e enchimento de trinças em pavimento de concreto com selante elástico a frio | 940,00 | m | R\$ 1.117,54 | R\$ 796,11 | R\$ 4.491,35 | R\$ 2,45 | R\$ 0,00 | R\$ 6.407,45 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,94 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.152,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.152,37 |
| 5914622 | Transporte de emulsão asfáltica RR-1C | 329,00 | tkm | R\$ 296,72 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 296,72 |
| Total | | | | R\$ 2.758,30 | R\$ 1.527,13 | R\$ 15.105,20 | R\$ 2,45 | R\$ 0,00 | R\$ 19.393,08 |
| | Substituição de juntas | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 3006409 | Substituição de junta de dilatação - fornecimento e instalação | 488,94 | m | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 |
| Total | | | | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 |

SC114 L/OC SICRO2

CONSTRUÇÃO

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|-----------------------|---------------------|-----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|
| 2 5 02 110 00 | Regularização do subleito | 9.400,00 | m² | R\$ 4.923,26 | R\$ 541,76 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 84,03 | R\$ 5.549,04 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte material subleito | 42.300,00 | tkm | R\$ 21.605,28 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 21.605,28 |
| 2 5 02 100 00 | Reforço do subleito | 940,00 | m³ | R\$ 3.833,86 | R\$ 271,20 | R\$ 0,00 | R\$ 3.807,00 | R\$ 42,06 | R\$ 7.954,12 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte material de reforço | 7.050,00 | tkm | R\$ 3.600,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.600,88 |
| 2 5 02 231 50 | Base ou sub-base de macadame seco com brita comercial | 1.880,00 | m³ | R\$ 10.775,47 | R\$ 670,03 | R\$ 153.520,80 | R\$ 0,00 | R\$ 103,92 | R\$ 165.070,22 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte macadame seco | 161.868,00 | tkm | R\$ 82.676,19 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 82.676,19 |
| 2 5 02 230 00 | Base ou sub-base de brita graduada com brita comercial | 1.410,00 | m³ | R\$ 9.679,82 | R\$ 564,82 | R\$ 65.001,00 | R\$ 0,00 | R\$ 87,60 | R\$ 75.333,23 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte de brita graduada | 127.182,00 | tkm | R\$ 64.959,87 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 64.959,87 |
| 2 5 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9.400,00 | m² | R\$ 1.310,42 | R\$ 404,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62,81 | R\$ 1.778,22 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.619,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação Acostamento | 2.400,00 | m² | R\$ 235,81 | R\$ 68,96 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10,70 | R\$ 315,46 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação faixa de rolamento | 7.000,00 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.676,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.676,12 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 3.619,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 172,80 | t | R\$ 1.084,00 | R\$ 183,91 | R\$ 7.421,76 | R\$ 0,00 | R\$ 28,52 | R\$ 8.718,19 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 840,00 | t | R\$ 5.269,46 | R\$ 893,98 | R\$ 36.078,00 | R\$ 0,00 | R\$ 138,66 | R\$ 42.380,10 |
| | Aquisição agregados | 398,79 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.622,26 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.622,26 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 41.524,80 | tkm | R\$ 21.209,33 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 21.209,33 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 55,70 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 80.974,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 80.974,12 |
| | Transporte de CAP -5070 | 19.496,40 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.433,20 | R\$ 0,00 | R\$ 6.433,20 |
| Total | | | | R\$ 231.851,42 | R\$ 3.800,76 | R\$ 405.889,71 | R\$ 12.628,51 | R\$ 589,50 | R\$ 654.759,90 |

RESTAURAÇÃO - RECICLAGEM

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|--|------------|---------|---------------|---------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| 3 5 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.155,00 | m³ | R\$ 40.934,16 | R\$ 48.105,75 | R\$ 43.935,05 | R\$ 0,00 | R\$ 9.866,49 | R\$ 142.841,45 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,64 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 5.166,00 | tkm | R\$ 1.756,72 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.756,72 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.403,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.403,82 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para base | 14.206,50 | tkm | R\$ 4.830,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.830,97 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 210,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 18.081,00 | tkm | R\$ 6.148,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.148,51 |
| | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m³ | R\$ 428,25 | R\$ 30,29 | R\$ 0,00 | R\$ 425,25 | R\$ 4,70 | R\$ 888,49 |
| | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm | R\$ 445,13 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 445,13 |
| 3 5 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte solo | 4.725,00 | tkm | R\$ 2.670,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.670,78 |
| 5 5 02 993 10 | Reciclagem c/ cimento e brita e incorp. rev. | 1.880,00 | m³ | R\$ 38.175,94 | R\$ 1.542,52 | R\$ 120.130,34 | R\$ 0,00 | R\$ 316,37 | R\$ 160.165,16 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para reciclagem | 25.436,40 | tkm | R\$ 8.649,74 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.649,74 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de cimento para reciclagem | 22.977,36 | tkm | R\$ 7.813,53 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 7.813,53 |
| 2 5 02 500 51 | Tratamento superficial simples com emulsão - brita comercial | 9.400,00 | m² | R\$ 3.369,88 | R\$ 777,52 | R\$ 4.093,89 | R\$ 0,00 | R\$ 120,59 | R\$ 8.361,88 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.175,83 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.175,83 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 3.619,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de agregado para Tratamento superficial | 15.600,99 | tkm | R\$ 5.305,17 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.305,17 |
| 2 5 02 300 00 | Imprimação com asfalto diluído | 9.400,00 | m² | R\$ 1.310,42 | R\$ 404,99 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62,81 | R\$ 1.778,22 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|-----------|-----|---------------|--------------|----------------|---------------|------------|----------------|
| | Aquisição Asfalto diluído | 10,34 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.595,65 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 3.619,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 | R\$ 0,00 | R\$ 1.194,16 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação (Imprimação e primeira camada) | 9.400,00 | m² | R\$ 923,59 | R\$ 270,08 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 41,89 | R\$ 1.235,56 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação (Primeira e segunda camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 18,04 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.732,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 24.732,30 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RL-1C c/3% SBS | 6.314,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.083,42 | R\$ 0,00 | R\$ 2.083,42 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 902,40 | t | R\$ 5.660,90 | R\$ 960,39 | R\$ 38.758,08 | R\$ 0,00 | R\$ 148,96 | R\$ 45.528,33 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico com borracha - faixa C - brita comercial | 1.344,00 | t | R\$ 8.431,13 | R\$ 1.430,37 | R\$ 57.724,80 | R\$ 0,00 | R\$ 221,85 | R\$ 67.808,15 |
| | Aquisição agregados | 884,52 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 56.830,41 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 56.830,41 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 92.102,40 | tkm | R\$ 31.319,74 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31.319,74 |
| | Cimento asfáltico com borracha - 5,5% | 123,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 200.539,72 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 200.539,72 |
| | TRANSPORTE DE CAP-50/70 COM BORRACHA | 43.243,20 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.268,90 | R\$ 0,00 | R\$ 14.268,90 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| Total | | | | R\$ 168.862,33 | R\$ 53.723,04 | R\$ 711.624,95 | R\$ 24.431,71 | R\$ 10.814,86 | R\$ 969.456,89 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|

| RESTAURAÇÃO - REFORÇO | | | | | | | | | |
|-----------------------|---|------------|---------|---------------|---------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 3 5 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 70,00 | m² | R\$ 2.367,75 | R\$ 3.059,70 | R\$ 38,12 | R\$ 0,00 | R\$ 627,54 | R\$ 6.093,11 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 168,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 127.115,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 127.115,52 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6.888,00 | tkm | R\$ 2.342,29 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.342,29 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 |
| 3 5 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.155,00 | m² | R\$ 40.934,16 | R\$ 48.105,75 | R\$ 43.935,05 | R\$ 0,00 | R\$ 9.866,49 | R\$ 142.841,45 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 126,00 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,64 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 95.336,64 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 5.166,00 | tkm | R\$ 1.756,72 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.756,72 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.415,95 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 404,25 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,16 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.747,39 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 404,25 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 | R\$ 0,00 | R\$ 133,39 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 157,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.403,82 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.403,82 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para base | 14.206,50 | tkm | R\$ 4.830,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.830,97 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 210,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 18.081,00 | tkm | R\$ 6.148,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.148,51 |
| | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 105,00 | m³ | R\$ 428,25 | R\$ 30,29 | R\$ 0,00 | R\$ 425,25 | R\$ 4,70 | R\$ 888,49 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte material de reforço | 787,50 | tkm | R\$ 445,13 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 445,13 |
| 3 5 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 630,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 | R\$ 0,00 | R\$ 4.999,05 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte solo | 4.725,00 | tkm | R\$ 2.670,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.670,78 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação (acostamento) | 2.400,00 | m² | R\$ 235,81 | R\$ 68,96 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10,70 | R\$ 315,46 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação (primeira camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação (segunda camada) | 7.000,00 | m² | R\$ 687,78 | R\$ 201,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 31,19 | R\$ 920,09 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 18,04 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.115,78 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.115,78 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 6.314,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.083,42 | R\$ 0,00 | R\$ 2.083,42 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (acostamento) | 576,00 | t | R\$ 3.613,34 | R\$ 613,02 | R\$ 24.739,20 | R\$ 0,00 | R\$ 95,08 | R\$ 29.060,64 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (primeira camada) | 1.680,00 | t | R\$ 10.538,91 | R\$ 1.787,97 | R\$ 72.156,00 | R\$ 0,00 | R\$ 277,31 | R\$ 84.760,19 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 840,00 | t | R\$ 5.269,46 | R\$ 893,98 | R\$ 36.078,00 | R\$ 0,00 | R\$ 138,66 | R\$ 42.380,10 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 3.096,00 | t | R\$ 22.200,25 | R\$ 2.580,83 | R\$ 107.790,36 | R\$ 0,00 | R\$ 400,29 | R\$ 132.971,72 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 126.936,00 | tkm | R\$ 43.165,03 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 43.165,03 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 - 5,5% | 170,28 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 276.384,87 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 276.384,87 |
| | Transporte de CAP - 5070 | 59.598,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 19.665,47 | R\$ 0,00 | R\$ 19.665,47 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|
| Total | | | | R\$ 148.322,91 | R\$ 57.542,74 | R\$ 838.349,71 | R\$ 27.617,82 | R\$ 11.483,15 | R\$ 1.083.316,33 |
|-------|--|--|--|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|------------------|

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 14 cm | | | | | | | | | |
|--|--|------------|---------|-------------|-------------|----------|-------------------|---------|-------|
| | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |

| | | | | | | | | | |
|---------------|---|-----------|-----|----------------|---------------|----------------|---------------|---------------|----------------|
| 3 5 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.540,00 | m³ | R\$ 54.578,88 | R\$ 64.141,00 | R\$ 58.580,06 | R\$ 0,00 | R\$ 13.155,32 | R\$ 190.455,26 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.663,18 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.663,18 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 539,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 210,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 | R\$ 0,00 | R\$ 15.205,09 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para base | 18.942,00 | tkm | R\$ 6.441,29 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.441,29 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 280,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.273,46 | R\$ 0,00 | R\$ 20.273,46 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 24.108,00 | tkm | R\$ 8.198,01 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.198,01 |
| | Solo p/ base de remendo profundo (reforço subleito) | 140,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.110,90 | R\$ 0,00 | |
| 3 5 02 200 00 | Solo p/ base de remendo profundo | 840,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 | R\$ 0,00 | R\$ 6.665,40 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte solo | 7.350,00 | tkm | R\$ 4.154,55 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.154,55 |
| 5 5 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 980,00 | m² | R\$ 53.707,86 | R\$ 3.063,48 | R\$ 33.585,50 | R\$ 0,00 | R\$ 628,32 | R\$ 90.985,16 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 11.760,00 | tkm | R\$ 10.062,15 | R\$ 3.072,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 476,51 | R\$ 13.610,96 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 14.000,00 | m² | R\$ 1.375,56 | R\$ 402,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62,39 | R\$ 1.840,19 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5.390,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.778,53 | R\$ 0,00 | R\$ 1.778,53 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 2.352,00 | t | R\$ 14.754,48 | R\$ 2.503,16 | R\$ 101.018,40 | R\$ 0,00 | R\$ 388,24 | R\$ 118.664,27 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 2.352,00 | t | R\$ 16.865,31 | R\$ 1.960,63 | R\$ 81.887,25 | R\$ 0,00 | R\$ 304,09 | R\$ 101.017,28 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 96.432,00 | tkm | R\$ 32.792,04 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 32.792,04 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 129,36 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 209.966,80 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 209.966,80 |
| | Transporte de CAP -5070 | 45.276,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.939,66 | R\$ 0,00 | R\$ 14.939,66 |
| Total | | | | R\$ 202.930,12 | R\$ 75.142,80 | R\$ 509.468,45 | R\$ 60.328,74 | R\$ 15.014,87 | R\$ 861.774,09 |

| RESTAURAÇÃO - FRESAGEM CONTÍNUA COM RECOMPOSIÇÃO 11 cm | | | | | | | | | |
|--|---|------------|---------|----------------|--------------|----------------|-------------------|--------------|----------------|
| | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 5 5 02 990 11 | Fresagem contínua do revest. betuminoso | 770,00 | m² | R\$ 42.199,03 | R\$ 2.407,02 | R\$ 26.388,61 | R\$ 0,00 | R\$ 493,68 | R\$ 71.488,34 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 9.240,00 | tkm | R\$ 7.905,98 | R\$ 2.413,95 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 374,40 | R\$ 10.694,33 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 14.000,00 | m² | R\$ 1.375,56 | R\$ 402,24 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 62,39 | R\$ 1.840,19 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 15,40 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 18.879,32 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 5.390,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.778,53 | R\$ 0,00 | R\$ 1.778,53 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 1.848,00 | t | R\$ 11.592,80 | R\$ 1.966,76 | R\$ 79.371,60 | R\$ 0,00 | R\$ 305,05 | R\$ 93.236,21 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ | 1.848,00 | t | R\$ 13.251,31 | R\$ 1.540,49 | R\$ 64.339,98 | R\$ 0,00 | R\$ 238,93 | R\$ 79.370,72 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 75.768,00 | tkm | R\$ 25.765,17 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.765,17 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% - Borracha | 101,64 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 164.973,92 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 164.973,92 |
| | Transporte de CAP -5070 | 35.574,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 11.738,30 | R\$ 0,00 | R\$ 11.738,30 |
| Total | | | | R\$ 102.089,86 | R\$ 8.730,47 | R\$ 353.953,43 | R\$ 13.516,83 | R\$ 1.474,45 | R\$ 479.765,03 |

| MANUTENÇÃO | | | | | | | | | |
|---------------|---|------------|---------|--------------|-------------|--------------|-------------------|-----------|--------------|
| FD + RC | | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| 5 5 02 990 12 | Fresagem descontinua e recomposição em CAUQ | 35,00 | m² | R\$ 3.383,90 | R\$ 198,93 | R\$ 1.200,37 | R\$ 0,00 | R\$ 40,80 | R\$ 4.824,00 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 420,00 | tkm | R\$ 359,36 | R\$ 109,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 17,02 | R\$ 486,11 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 700,00 | m² | R\$ 68,78 | R\$ 20,11 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3,12 | R\$ 92,01 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,77 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 943,97 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 943,97 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 269,50 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 88,93 | R\$ 0,00 | R\$ 88,93 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 84,00 | t | R\$ 526,95 | R\$ 89,40 | R\$ 3.607,80 | R\$ 0,00 | R\$ 13,87 | R\$ 4.238,01 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 84,00 | t | R\$ 602,33 | R\$ 70,02 | R\$ 2.924,54 | R\$ 0,00 | R\$ 10,86 | R\$ 3.607,76 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 3.444,00 | tkm | R\$ 1.171,14 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.171,14 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 4,62 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.715,86 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.715,86 |
| | Transporte de CAP -5070 | 1.617,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 533,56 | R\$ 0,00 | R\$ 533,56 |

| | | | | | | | |
|-------|--|--------------|------------|---------------|------------|-----------|---------------|
| Total | | R\$ 6.112,46 | R\$ 488,19 | R\$ 15.392,55 | R\$ 622,49 | R\$ 85,66 | R\$ 22.701,35 |
|-------|--|--------------|------------|---------------|------------|-----------|---------------|

| FD+RC+M | Fresagem descontínua e recomposição em CAUQ e microrrevestimento | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|--|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------------|------------|---------------|
| 5 5 02 990 12 | Fresagem descontínua de revestimento asfáltico | 70,00 | m² | R\$ 6.767,80 | R\$ 397,85 | R\$ 2.400,75 | R\$ 0,00 | R\$ 81,60 | R\$ 9.648,00 |
| 1 A 00 002 03 | Transp. local material para remendos | 840,00 | tkm | R\$ 718,73 | R\$ 219,45 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 34,04 | R\$ 972,21 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 1.400,00 | m² | R\$ 137,56 | R\$ 40,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6,24 | R\$ 184,02 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,54 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.887,93 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 539,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 | R\$ 0,00 | R\$ 177,85 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 168,00 | t | R\$ 1.053,89 | R\$ 178,80 | R\$ 7.215,60 | R\$ 0,00 | R\$ 27,73 | R\$ 8.476,02 |
| 1 A 01 390 02 | Usinagem de CBUQ (capa de rolamento) | 168,00 | t | R\$ 1.204,66 | R\$ 140,04 | R\$ 5.849,09 | R\$ 0,00 | R\$ 21,72 | R\$ 7.215,52 |
| 2 5 09 001 91 | Transporte mistura asfáltica | 6.888,00 | tkm | R\$ 2.342,29 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.342,29 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 9,24 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.431,73 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 13.431,73 |
| | Transporte de CAP -5070 | 3.234,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.067,12 | R\$ 0,00 | R\$ 1.067,12 |
| 5 5 02 511 52 | Micro-revestimento a frio - Microflex 1,5 cm BC | 7.000,00 | m² | R\$ 5.515,49 | R\$ 1.077,53 | R\$ 5.716,20 | R\$ 0,00 | R\$ 221,00 | R\$ 12.530,22 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte agregado | 9.901,50 | tkm | R\$ 5.596,77 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.596,77 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica com polímero | 20,30 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 27.830,69 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 27.830,69 |
| | Transporte de emulsão asfáltica com polímero | 7.105,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.344,43 | R\$ 0,00 | R\$ 2.344,43 |
| Total | | R\$ 23.337,18 | R\$ 2.053,90 | R\$ 64.331,99 | R\$ 3.589,40 | R\$ 392,33 | R\$ 93.704,80 | | |

RESTAURAÇÃO - Whitetopping

| Código | Serviço | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
|---------------|---|------------|---------|---------------|---------------|----------------|-------------------|---------------|----------------|
| 3 5 08 109 04 | Reparo Localizado c/ CBUQ | 150,40 | m² | R\$ 5.087,28 | R\$ 6.573,98 | R\$ 81,89 | R\$ 0,00 | R\$ 1.348,32 | R\$ 13.091,48 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 360,96 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 273.116,77 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 273.116,77 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 14.799,36 | tkm | R\$ 5.032,57 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 5.032,57 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 1.880,00 | m² | R\$ 184,72 | R\$ 54,02 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8,38 | R\$ 247,11 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,07 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.535,22 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.535,22 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 723,80 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 238,83 | R\$ 0,00 | R\$ 238,83 |
| 3 5 08 101 03 | Remendo prof.com demol.mec.e serra | 1.551,00 | m² | R\$ 54.968,73 | R\$ 64.599,15 | R\$ 58.998,49 | R\$ 0,00 | R\$ 13.249,29 | R\$ 191.815,66 |
| | Aquisição mistura asfáltica | 70,50 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.343,12 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 53.343,12 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 2.890,50 | tkm | R\$ 982,92 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 982,92 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 1.410,00 | m² | R\$ 138,54 | R\$ 40,51 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6,28 | R\$ 185,33 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 1,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.901,42 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.901,42 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 542,85 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,12 | R\$ 0,00 | R\$ 179,12 |
| | Imprimação com asfalto diluído | 1.410,00 | m² | R\$ 196,56 | R\$ 60,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 9,42 | R\$ 266,73 |
| | Aquisição Asfalto diluído | 1,55 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.689,35 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.689,35 |
| | Transporte asfalto diluído CM30 | 542,85 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 179,12 | R\$ 0,00 | R\$ 179,12 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC | 211,50 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 15.313,70 | R\$ 0,00 | R\$ 15.313,70 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para base | 19.077,30 | tkm | R\$ 6.487,30 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.487,30 |
| 3 5 02 230 50 | Brita para base de remendo profundo BC (subbase) | 282,00 | m³ | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 20.418,27 | R\$ 0,00 | R\$ 20.418,27 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte de brita para subbase | 24.280,20 | tkm | R\$ 8.256,57 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 8.256,57 |
| | Solo p/ base de remendo profundo (reforço do subleito) | 141,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.118,84 | R\$ 0,00 | R\$ 1.118,84 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte material de reforço | 1.057,50 | tkm | R\$ 597,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 597,75 |
| | Solo p/ base de remendo profundo (subleito) | 846,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.713,01 | R\$ 0,00 | R\$ 6.713,01 |
| 3 5 09 002 06 | Transporte solo | 6.345,00 | tkm | R\$ 3.586,48 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.586,48 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 2.400,00 | m² | R\$ 235,81 | R\$ 68,96 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 10,70 | R\$ 315,46 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 2,64 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.236,46 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 3.236,46 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 924,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 304,89 | R\$ 0,00 | R\$ 304,89 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais | 316,80 | t | R\$ 1.987,34 | R\$ 337,16 | R\$ 13.606,56 | R\$ 0,00 | R\$ 52,29 | R\$ 15.983,35 |
| 5 5 09 002 91 | Transporte mistura asfáltica | 12.988,80 | tkm | R\$ 4.416,89 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.416,89 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 17,42 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.328,40 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25.328,40 |

| | | | | | | | | | |
|---------------|--|-------------------|----------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------|
| | Transporte de CAP -5070 | 6.098,40 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.012,28 | R\$ 0,00 | R\$ 2.012,28 |
| 2 5 02 400 00 | Pintura de ligação | 3.200,00 | m² | R\$ 314,41 | R\$ 91,94 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14,26 | R\$ 420,61 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 3,52 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.315,27 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 4.315,27 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-2C | 1.232,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 406,52 | R\$ 0,00 | R\$ 406,52 |
| 2 5 02 540 01 | Concreto asfáltico - faixa C - areia e brita comerciais (segunda camada) | 153,60 | t | R\$ 963,56 | R\$ 163,47 | R\$ 6.597,12 | R\$ 0,00 | R\$ 25,35 | R\$ 7.749,50 |
| | Transporte mistura asfáltica | 6.297,60 | tkm | R\$ 2.141,52 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 2.141,52 |
| | Aquisição Cimento asfáltico CAP 50/70 – 5,5% | 8,45 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.280,44 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 12.280,44 |
| | Transporte de CAP -5070 | 2.956,80 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 975,65 | R\$ 0,00 | R\$ 975,65 |
| | Filme (lona) plástico | 9.400,00 | m² | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.570,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 14.570,00 |
| | Aço CA-25 D: 25 mm (junta transversal) | 10.706,87 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.410,98 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 42.410,98 |
| | Aço CA-50 D: 10 mm (junta longitudinal) | 1.813,98 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.711,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 6.711,00 |
| | Arame recozido | 882,87 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.071,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 22.071,75 |
| 1 A 00 002 90 | Transporte aço | 748,36 | tkm | R\$ 245,42 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 245,42 |
| | Apoio barra de transferência (Aço CA-50 D: 8mm) | 4.414,36 | kg | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.331,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 16.331,37 |
| 2 5 02 606 50 | Pavimento de Concreto acostamento | 528,00 | m³ | R\$ 2.987,04 | R\$ 516,24 | R\$ 134.589,62 | R\$ 0,00 | R\$ 80,07 | R\$ 138.172,97 |
| 2 5 02 606 50 | Pavimento de Concreto pista | 1.540,00 | m³ | R\$ 8.712,20 | R\$ 1.505,69 | R\$ 392.553,07 | R\$ 0,00 | R\$ 233,53 | R\$ 403.004,49 |
| | Transporte de concreto | 4.963,20 | tkm | R\$ 1.687,75 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.687,75 |
| | Transporte de cimento | 236.786,00 | tkm | R\$ 77.651,88 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 77.651,88 |
| Total | | | | R\$ 186.863,24 | R\$ 74.011,86 | R\$ 1.088.268,30 | R\$ 47.860,23 | R\$ 15.037,90 | R\$ 1.412.041,53 |
| SJT | Selagem de juntas e trincas | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| | Limpeza e enchimento de junta de pavimento de conc | 4.889,40 | m | R\$ 1.344,04 | R\$ 731,02 | R\$ 9.461,48 | R\$ 0,00 | R\$ 113,38 | R\$ 11.649,92 |
| | Limpeza, serragem e enchimento de trincas em pavimento de concreto com selante elástico a frio | 940,00 | m | R\$ 1.137,44 | R\$ 3.813,06 | R\$ 3.474,77 | R\$ 1,76 | R\$ 0,00 | R\$ 8.427,03 |
| | Aquisição Emulsão asfáltica | 0,94 | t | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.152,37 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 1.152,37 |
| | Transporte de emulsão asfáltica RR-1C | 329,00 | tkm | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 108,56 | R\$ 0,00 | R\$ 108,56 |
| Total | | | | R\$ 2.481,48 | R\$ 4.544,08 | R\$ 14.088,63 | R\$ 110,32 | R\$ 113,38 | R\$ 21.337,89 |
| | Substituição de juntas | Quantidade | Unidade | Equipamento | Mão de obra | Material | Serviço/Atividade | FIC/FIT | Total |
| | Substituição de junta de dilatação - fornecimento e instalação | 488,94 | m | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 |
| 1 A 00 002 90 | Transporte aço | 77,01 | tkm | R\$ 25,25 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 25,25 |
| | Transporte de concreto | 88,01 | tkm | R\$ 29,93 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 29,93 |
| | Transporte material demolido | 458,38 | tkm | R\$ 155,87 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 155,87 |
| Total | | | | R\$ 211,06 | R\$ 0,00 | R\$ 0,00 | R\$ 566.494,40 | R\$ 0,00 | R\$ 566.705,46 |