

ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÃO DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

Autor: Rafael Basílio Medeiros

Orientadora: Cláudia Diavan Pereira

2013/2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÃO
DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS NA
REGIÃO METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

RAFAEL BASÍLIO MEDEIROS

FLORIANÓPOLIS, (SC)
MARÇO/2014

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE DE IMPLANTAÇÃO DE ESTAÇÃO
DE TRANSFERÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA REGIÃO
METROPOLITANA DE FLORIANÓPOLIS

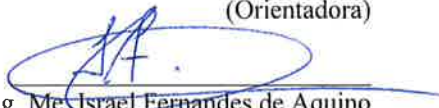
RAFAEL BASÍLIO MEDEIROS

Trabalho submetido à Banca
Examinadora como parte dos
requisitos para Conclusão do Curso
de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental–TCC II

BANCA EXAMINADORA:



Eng. Ma. Cláudia Diavan Pereira
(Orientadora)



Eng. Me. Israel Fernandes de Aquino
(Membro da Banca)



Eng. Dr. Marlon Capanema
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
MARÇO/2014

AGRADECIMENTOS

Pensei em aproveitar este espaço e citar, um a um, todos aqueles que contribuíram para a minha formação como engenheiro e para a conclusão deste trabalho. Entretanto, para tal seria impossível me limitar a poucas páginas. Correria o risco ainda de cometer injustiças e deixar de fora alguns nomes daqueles que me acompanharam em minha caminhada.

Fugindo à regra, quatro nomes não poderiam de forma alguma ser omitidos: meu pai José Wanderley, meu irmão Lucas, minha mãe Marisa e minha irmã Patrícia (em ordem alfabética, para não gerar conflitos). Os quatro alicerces da minha formação, educação e caráter, que me impulsionam e me dão a base à busca pelo crescimento contínuo e realização de meus sonhos.

Amigos, na distância dos familiares, acabaram assumindo tal papel. Amigos que se tornaram irmãos, com quem pude compartilhar risadas e as poucas preocupações que tenho na vida. Além desses, vários que acompanharam momentos marcantes e intensos de adrenalina, emoção, felicidade ou apreensão, seja numa prova de final de semestre, num campeonato de vôlei, congressos e viagens, nas mesas de bar ao redor da UFSC ou nas saudosas festas da universidade.

Há os que tanto contribuíram ao meu crescimento profissional e que abriram portas para a minha capacitação. No GTHidro, na SMHSA, na Terra, na Comcap e na DHI, nos grupos de estudo, nas aulas e corredores do ENS, encontrei pessoas dedicadas e apaixonadas pela engenharia que me levaram a buscar o sucesso e realização na minha carreira. Em especial, para a concepção e execução deste trabalho tenho que citar o professor Armando, a engenheira Claudia Pereira e o pessoal da COMCAP, como grandes colaboradores e inspiradores.

Há inclusive aqueles que talvez mal saibam que um dia, numa conversa rápida pela UFSC, durante uma aula ou num papo de almoço no RU, me inspiraram, me deram uma força para seguir em frente ou mudaram os rumos de minhas atitudes.

A todos exponho a minha profunda gratidão, por terem me proporcionado anos excepcionais durante a graduação e me preparado para o que há de vir pela frente.

“É homem, verdadeiramente, quem hoje se dedica ao serviço da humanidade inteira. Bem-aventurado e feliz é aquele que se levanta para promover os melhores interesses dos povos e raças da terra. Que não se vanglorie quem ama seu próprio país, mas sim, quem ama o mundo inteiro.”

Bahá'u'lláh

RESUMO

As Estações de Transferência são cada vez mais parte integrante dos sistemas atuais de gerenciamento de Resíduos Sólidos. Os extensos percursos dos centros de geração de resíduos aos locais de disposição final favorecem a implantação de tais empreendimentos. A fim de maximizar os consequentes benefícios, a implantação deve preferencialmente ser precedida de um estudo de viabilidade. Tal estudo irá apontar o local mais adequado para a instalação e dará embasamento técnico à concepção ideal do sistema. No Brasil tem-se observado nos últimos anos um aumento considerável da quantidade de estações de transferência. No entanto, poucas tiveram a viabilidade atestada por estudos técnicos. Tomando como exemplo a região metropolitana de Florianópolis, em Santa Catarina, foi aplicada metodologia pertinente para verificar ali a viabilidade da implantação de ETRS propostas. A análise nesta região foi feita na tentativa de propor possíveis alternativas que fossem vantajosas frente ao cenário atual. Por um método de análise gráfica verificou-se a partir de qual distância a existência de nova ETRS traria reduções aos custos atuais de transporte de RSU. Dentre as duas primeiras alternativas propostas identificou-se que ambas seriam inviáveis, por não apresentarem benefícios que justificassem a mudança da situação presente. Avaliou-se na sequência uma alternativa conceitual, na qual apresentou-se uma abordagem diferente à concepção de novas estações para o sistema da área em estudo. Este último cenário mostrou-se uma proposta mais interessante para o sistema de transporte de resíduos na região, podendo acarretar numa redução significativa de despesas com o transporte de RSU.

Palavras chave: Resíduos Sólidos Urbanos; Coleta e Transporte; Estação de Transferência; Estudo de Viabilidade.

ABSTRACT

Solid Waste Transfer Stations are increasingly making part of the current Waste Management systems. The long routs from the waste generation centers to the final disposal sites constitute a reason to the implementation of such structures. In order to maximize the resulting benefits, the implementation should preferably be preceded by a viability study. With this kind of study, it is possible to identify the ideal location for the installation and to provide a basis to an optimal system design. In Brazil it has been observed in recent years a considerable increase on the quantity of transfer stations. However, few of them had their viability attested by a technical study. In the metropolitan region of Florianópolis, Santa Catarina, Brazil, a suitable methodology was applied to verify the viability of the implementation of different transfer stations in the area. The analysis on this region was carried out in order to propose possible alternatives that could be advantageous against the current scenario. Through a graphical analysis method, the distance from which the existence of new proposed transfer stations would bring reductions to the current transport costs has been identified. For the first two alternatives proposed, it was verified that none of them would be feasible, because neither would bring enough advantages when compared to the current situation. Then, a theoretical alternative has been evaluated, which presented a different concept to the planning of the implementation of new transfer stations at the region under study. This last scenario proved to be suitable for the region, being capable of bringing significant reductions to the current costs related to waste transport.

Key words: Municipal Solid Waste; Collection and Transportation; Solid Waste Transfer Station; Viability Study.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de ETRS.....	36
Figura 2- Escolha racional de estações de transferência.	39
Figura 3 - Localização da Grande Florianópolis	43
Figura 4 - Delimitação da Área de Estudo	45
Figura 5 - Instalações do Sistema de transporte dos RSU da região	48
Figura 6 - Procedimento de transbordo	49
Figura 7 - Vista lateral da ETRS da Comcap	50
Figura 8 - Fluxograma da pesquisa	53
Figura 9 - Exemplo de gráfico para comparação entre cenários	55
Figura 10 - Esquema das distâncias percorridas na situação atual ...	58
Figura 11- Gráfico exemplo para a situação atual	59
Figura 12 - Esquema da Proposta 1 – Primeiro Cenário	60
Figura 13 - Exemplo de gráfico para situação proposta	61
Figura 14 - Esquema da situação proposta 2 – Segundo Cenário.....	62
Figura 15 - Esquema da situação proposta 3 – Terceiro cenário.....	64
Figura 16 - Variação da geração <i>per capita</i> versus população	71
Figura 17 – CG dos municípios e CM para 2011 e 2026.	83
Figura 18 – CMs comuns a Florianópolis e São José, em 2011 e 2026	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Projeções Populacionais para o município Águas Mornas	77
Gráfico 2 – Projeções Populacionais para o município Palhoça.....	77
Gráfico 3 – Projeções Populacionais para o município Santo Amaro da Imperatriz.....	78
Gráfico 4 – Projeções Populacionais para o município São José	78
Gráfico 5 – Projeções Populacionais para o município São Pedro de Alcântara.....	79
Gráfico 6 – Situação Atual no ano de 2011.....	105
Gráfico 7 – Gráfico da situação atual no ano de 2026.....	106
Gráfico 8 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 01, em 2011	107
Gráfico 9 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 01, em 2026	108
Gráfico 10 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 02, em 2011	110
Gráfico 11 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 02, em 2026	110
Gráfico 12 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 03, em 2011	112
Gráfico 13 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 03, em 2026	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos dos resíduos e sua importância.....	29
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Dados dos municípios, obtidos de IBGE (2010).	43
Tabela 2 - Compilação de Dados Populacionais de Cada Município	75
Tabela 3 – exemplo de dados de entrada para o método geométrico	67
Tabela 4– exemplo de projeção pelo método geométrico	68
Tabela 5- exemplo de aplicação do método da taxa média anual	68
Tabela 6 - exemplo de resultado da projeção com o método da taxa	68
Tabela 7– exemplo de resultado da projeção com o método previsão	69
Tabela 8 – resultado da projeção pelo método Crescimento	69
Tabela 9 – populações em 2011 e 2026.....	80
Tabela 10 – Gerações per capita para 2011 e 2026	80
Tabela 11 – Produções de RS em 2011 e 2026.....	81
Tabela 12 – CGs dos municípios e PRS para 2011 e 2026.....	82
Tabela 13– coordenadas dos Centros de Massa para 2011 e 2026...	82
Tabela 14 – CGs e PRS de Florianópolis e São José.....	84
Tabela 15 – coordenadas dos Centros de Massa para 2011 e 2026..	84
Tabela 16 – Percursos internos no Cenário de Base, para 2011	86
Tabela 17 – Percursos internos no Cenário de Base, para 2026	87
Tabela 18 – Percursos externos no Cenário de Base, para 2011	87
Tabela 19 – Percursos externos no Cenário de Base, para 2026	88
Tabela 20 – Percursos internos no Cenário 01, para 2011.....	89
Tabela 21 – Percursos internos no Cenário 01, para 2026.....	89
Tabela 22 – Percursos externos no Cenário 01, para 2011	89
Tabela 23 – Percursos externos no Cenário 01, para 2026.....	90
Tabela 24 – Percursos internos no Cenário 02, para 2011.....	91
Tabela 25 – Percursos internos no Cenário 02, para 2026.....	91
Tabela 26 – Percursos externos no Cenário 02, para 2011	91
Tabela 27 – Percursos externos no Cenário 02, para 2026.....	92
Tabela 28 – Percursos internos no Cenário 03, para 2011.....	93
Tabela 29 – Percursos internos no Cenário 03, para 2026.....	93
Tabela 30 – Percursos externos no Cenário 03, para 2011	94

Tabela 31 – Percursos externos no Cenário 03, para 2026.....	94
Tabela 32 – Produção máxima diária de RS nos CMs para cada Cenário	95
Tabela 33 – Pré-dimensionamento da ETRS do Cenário 01	96
Tabela 34 – Custo por massa de implantação para cada ETRS.....	100
Tabela 35 – Custo por massa para operação de cada ETRS.....	101
Tabela 36 – Custos por massa de construção e operação	101
Tabela 37 – Custos de Coleta para 2011, em R\$/ton.....	103
Tabela 38 – Percursos Totais (L0), custo/ton e equação da reta para a situação atual	104
Tabela 39 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 01	107
Tabela 40 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 02	109
Tabela 41 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 03	111

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AS	Aterro Sanitário
CG	Centro Geométrico
CM	Centro de Massa
COMCAP	Companhia de Melhoramentos da Capital
DF	Destinação Final
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
ETRS	Estação de Transferência de Resíduos Sólidos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPUF	Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis
NBR	Norma Brasileira
PEV	Ponto de Entrega Voluntária
PMF	Prefeitura Municipal de Florianópolis
PRS	Produção de Resíduos Sólidos
RS	Resíduos Sólidos
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SISNAMA	Sistema Nacional do Meio Ambiente
SNVS	Sistema Nacional de Vigilância Sanitária
SNIS	Sistema Nacional de Informações Sobre Saneamento
UNEP	United Nations Environment Programme
US EPA	United States Environmental Protection Agency

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	21
2.	OBJETIVO	23
2.1.	OBJETIVO GERAL.....	23
2.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
3.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	24
3.1.	Resíduos Sólidos Urbanos.....	24
3.1.1.	<i>Definição</i>	24
3.1.2.	<i>Classificação</i>	25
3.1.3.	<i>Caracterização</i>	27
3.2.	Coleta e Transporte de resíduos.....	30
3.3.	Estações de Transferência	33
3.4.	Estudos de localização e viabilidade de ETRS.....	37
4.	METODOLOGIA.....	42
4.1.	Contextualização	42
4.2.	Área de Estudo	42
4.3.	Situação atual da coleta e transporte de RSU na área de estudo	47
4.3.1.	Estação de Transferência no Itacorubi, Florianópolis ..	48
4.3.2.	Estação de Transferência na BR 282, Palhoça	51
4.4.	Descrição da Pesquisa	52
4.4.1.	Fluxograma.....	52
4.4.2.	Equações Utilizadas.....	56
4.4.3.	Cenários Considerados	58

4.4.3.1.	Situação Atual – Cenário de Base.....	58
4.4.3.2.	Situação Proposta 1 – Primeiro Cenário	59
4.4.3.3.	Situação Proposta 2 – Segundo Cenário	61
4.4.3.4.	Situação Proposta 3 – Terceiro Cenário	63
4.5.	Atividades Realizadas.....	64
4.5.1.	Coleta de dados.....	64
4.5.2.	Projeção da Produção de Resíduos Sólidos	66
4.5.3.	Centros de massa de Geração de RS.....	71
4.5.4.	Pré-dimensionamento das ETRS propostas	73
5.	RESULTADOS E DISCUSSÕES	75
5.1.	Projeção da Produção de RS.....	75
5.1.1.	Projeção Populacional	75
5.1.2.	Projeção da Geração de RS.....	80
5.2.	Centros de Massa.....	82
5.3.	Distâncias Percorridas	85
5.3.1.	Cenário de Base	86
5.3.2.	Cenário 01.....	88
5.3.3.	Cenário 02.....	90
5.3.4.	Cenário 03.....	92
5.4.	Pré-Dimensionamento e custos por tonelada das ETRS...95	
5.5.	Análise da Viabilidade das ETRS.....	102
5.5.1.	Situação Atual – Cenário de Base.....	103
5.5.2.	Estudo de Cenários – Comparação entre a Situação atual e as Alternativas	106
5.5.2.1.	Cenário 01.....	106

5.5.2.2.	Cenário 02	109
5.5.2.3.	Cenário 03	111
6.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	115
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
	ANEXOS	122

1. INTRODUÇÃO

A questão dos resíduos gerados pelas sociedades modernas, aglomeradas em centros urbanos, representa atualmente uma importante preocupação de cunho sanitário e ambiental em nosso país e, de modo geral, em todo o planeta. A falta ou a má operação de um sistema de gerenciamento de resíduos traz constantes riscos à saúde e ao meio ambiente, além de grandes prejuízos aos cofres públicos. As quantidades geradas de resíduos sólidos aumentam juntamente com o incremento dos padrões de consumo. Os problemas relacionados estão sendo ampliados pelo aumento das populações urbanas e pela diminuição, encarecimento e distanciamento das áreas destinadas à disposição final (BARROS, 2010).

De acordo com Vilhena (2010), o gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é o conjunto articulado de ações normativas, operacionais, financeiras e de planejamento que a administração pública municipal desenvolve para coletar, transportar, tratar e dispor os resíduos gerados na cidade. Tais etapas do sistema que envolve o gerenciamento dos RSU se tornaram um desafio aos responsáveis pelas tomadas de decisões, principalmente nas grandes cidades. Segundo UNEP (2005), o desafio é ainda maior para os países em desenvolvimento, caso do Brasil, onde os recursos financeiros e humanos são mais escassos.

A diretriz tradicional à gestão dos resíduos sólidos pelos municípios brasileiros é o afastamento do local onde há a geração, a partir do acondicionamento dos rejeitos pelo gerador, sua apresentação para a coleta pública ou privada, o transporte para áreas de transbordo ou diretamente ao local de disposição, e finalmente, o tratamento e disposição final (BARROS, 2010). É usual o transporte de resíduos para áreas distantes das concentrações urbanas, devido ao fato de a destinação final e o processamento dos resíduos gerarem inevitavelmente, algum tipo de poluição que ninguém quer por perto (Barba, 2002 apud DIAS, 2006). Além disso, a demanda de grandes áreas para a implantação de aterros sanitários e a supervalorização dos terrenos urbanos leva os mesmos a serem implantados cada vez mais distantes dos centros de geração de resíduos (MONTEIRO, 2001).

Neste contexto, o distanciamento cada vez maior dos locais de disposição final em relação aos centros de geração e coleta tem proporcionado algumas consequências significativas nos sistemas de gerenciamento de resíduos. Pode-se citar como uma das mais relevantes o alto custo para transportá-los, proporcional aos longos trajetos

percorridos até o aterro sanitário. Tais custos são repassados aos municípios e por fim acabam recaindo sobre os contribuintes.

A Estação de Transferência de Resíduos Sólidos (ETRS) vem se tornando uma parte integrante dos atuais sistemas de gestão municipal em resíduos sólidos (PEI; MANAF, 2008 apud PEREIRA, 2013). Trata-se de uma estação onde se faz a transferência dos volumes coletados por caminhões pequenos para caminhões de maior capacidade. Estes por sua vez transportam os resíduos para seu destino final. Desta maneira reduz-se o número de veículos em transporte e a quantidade de viagens.

Na Grande Florianópolis existem atualmente duas ETRS em funcionamento. No entanto, devido ao crescimento populacional e aumento na geração de resíduos, além das dificuldades de mobilidade urbana na região, nota-se a necessidade de implantação de novas ETRS. Este trabalho visa determinar se, dentro da região considerada, seria viável a concepção de novas estações, que viessem a complementar o sistema local de gerenciamento de RSU. Pretende-se, aplicando-se uma metodologia específica, definir posições geográficas onde os ganhos econômicos e ambientais para implantação sejam maximizados. Em seguida é feita uma análise da viabilidade de uma nova ETRS naquele local. A metodologia prática para implantação de ETRS aplicada neste estudo foi proposta primeiramente por Pereira (2013).

Objetiva-se apontar a importância da realização de estudos de viabilidade para a concepção e revisão da logística dos sistemas de gerenciamento de resíduos sólidos. Adicionalmente, pretende-se embasar estudos futuros para a região, analisando diferentes alternativas à situação atual em se tratando do transporte dos resíduos para seu destino final. Num ponto de vista mais amplo, espera-se que os resultados possam servir de inspiração aos gestores e tomadores de decisão nas áreas de estudo, para adotarem como via de regra o embasamento técnico nas questões que envolvam o gerenciamento de resíduos sólidos.

2. OBJETIVO

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a viabilidade da implantação de ETRS na região metropolitana de Florianópolis, como alternativas para o cenário atual de logística de coleta e transporte dos RSU na área em estudo, visando a otimização do sistema.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Aplicar uma metodologia proposta em um estudo de caso na região metropolitana de Florianópolis;
- Avaliar a necessidade da região metropolitana de Florianópolis em receber a implantação de uma nova Estação de Transferência e apontar quais os municípios mais propensos a utilizá-la;
- Realizar um estudo de cenários, comparando o sistema atual e as alternativas propostas em função da distância percorrida *versus* o custo/massa;

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Resíduos Sólidos Urbanos

3.1.1. Definição

Resíduo sólido é o termo técnico adotado para denominar aquilo que no senso comum é tratado como lixo. Lixo é conhecido como o material que não tem mais serventia ou valor econômico. Entretanto, é importante diferenciar os conceitos. Considera-se lixo ou rejeito aquilo que, depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresenta outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada (BRASIL, 2010), e no caso oposto considera-se resíduo sólido. De acordo com Monteiro (2001), quando fica clara a inexistência de mais alguém para reivindicar uma nova utilização dos elementos então descartados, os mesmos deverão ser conceituados como lixo. Do contrário, serão denominados resíduos.

De acordo com a Norma Brasileira NBR -10.004, resíduos sólidos são aqueles

nos estados sólidos e semissólidos que resultam da atividade da comunidade de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Considera-se, também, resíduo sólido os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornam inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d'água, ou exijam, para isso, soluções técnicas e economicamente inviáveis, em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Uma definição mais recente de resíduo sólido é apresentada pela Lei 12.305, sendo:

material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas

particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. (BRASIL,2010).

Percebe-se que esta última definição é mais abrangente que a anterior, sendo inclusive incluídos na descrição gases contidos em recipientes. Monteiro (2001) define resíduo sólido como todo material sólido ou semi-sólido indesejável que necessita ser removido por ter sido considerado inútil por quem o descarta, em qualquer recipiente destinado a este ato. Entretanto, o autor destaca a relatividade da característica inservível do resíduo, pois o material que para alguém não apresenta nenhuma serventia, para outro pode se tornar matéria-prima para um novo produto ou processo.

Nota-se que as definições citadas englobam uma grande pluralidade de resíduos, originados nas mais diversas fontes geradoras e tendo as mais diversificadas composições. Uma descrição mais específica dos resíduos sólidos de origem exclusivamente urbana (RSU) é apresentada por Castilhos Júnior (2003), sendo “aqueles produzidos pelas inúmeras atividades desenvolvidas nos municípios, abrangendo resíduos de diversas origens, como residencial, comercial, de estabelecimentos de saúde, industriais, de limpeza pública (varrição, capina, poda e outros), da construção civil e, finalmente, os agrícolas”.

3.1.2. Classificação

Devido a complexidade e diversidade dos RS, se faz necessária a divisão e classificação dos mesmos em categorias. São várias as maneiras de classificá-los, as mais comuns são quanto aos riscos potenciais de contaminação do meio ambiente e quanto à natureza ou origem.

- Segundo os riscos potenciais de contaminação do meio ambiente, de acordo com a NBR 10004 (ABNT, 2004):
 - Classe I – Inertes: São aqueles que, em função de suas características intrínsecas de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade, apresentam riscos à saúde pública através do aumento da mortalidade ou da morbidade, ou ainda provocam efeitos adversos ao meio ambiente quando manuseados ou dispostos de forma inadequada.

- Classe IIa – não inertes: Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou de resíduos classe II B – Inertes. São resíduos que podem apresentar as propriedades de solubilidade, biodegradabilidade ou combustibilidade, podendo trazer riscos à saúde e ao meio ambiente.
- Resíduos classe IIb –inertes: Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou deionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor.
- Segundo sua origem, de acordo com Recesa (2008), e Lei 12.305 (BRASIL,2010):
 - domiciliares: os originários de atividades domésticas em residências urbanas;
 - comercial;
 - público - provenientes da limpeza de logradouros públicos, tais como vias, praças e praias;
 - especiais - provenientes de unidades de serviços de saúde, indústrias, portos, aeroportos, terminais rodoviários e ferroviários, construção civil;
 - agrícolas (gerados pelas atividades produtivas nas zonas rurais, tais como os resíduos agrícolas, florestais e pecuários).
 - resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana;
 - resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços;
 - resíduos dos serviços públicos de saneamento básico;
 - industriais: os gerados nos processos produtivos e instalações industriais;
 - resíduos de serviços de saúde: os gerados nos serviços de saúde, conforme definido em regulamento ou em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama e do SNVS;
 - resíduos da construção civil: os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil,

- incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis;
 - agrossilvopastoris: os gerados nas atividades agropecuárias e silviculturais, incluídos os relacionados a insumos utilizados nessas atividades;
 - resíduos de serviços de transportes: os originários de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários e ferroviários e passagens de fronteira;
 - resíduos de mineração: os gerados na atividade de pesquisa, extração ou beneficiamento de minérios.
- Quanto à composição física, segundo EPE (2008):
 - inertes: vidros, metais, terras e cinzas e restos inertes;
 - materiais combustíveis: papéis, cartões, plásticos, madeira, gomas, couro, alimentos e outros.
- Conforme a composição química (RECESA, 2008)
 - orgânico (cascas de frutas);
 - inorgânico (vidro).

Resíduo Sólido Urbano é um termo usualmente aplicado a uma gama heterogênea de resíduos produzidos em áreas urbanas. A sua natureza varia de região para região. Suas características e quantidades não são apenas função dos padrões e modos de vida dos habitantes da região, mas também da abundância e dos tipos de recursos naturais disponíveis (UNEP, 2005).

3.1.3. Caracterização

Conforme já citado, os resíduos sólidos são provenientes das mais diversas fontes geradoras. Por esta razão, possuem características diferentes. Uns são mais volumosos, como o entulho da construção civil; outros apodrecem rapidamente, como é o caso de cascas de frutas e restos de alimentos; outros são tóxicos, como pilhas e baterias (RECESA, 2008).

Os resíduos sólidos possuem características quali-quantitativas que podem variar em função de aspectos, sociais, econômicos, culturais, geográficos e climáticos, ou seja, os mesmos fatores que também

diferenciam as comunidades entre si, (CASTILHOS JR et al 2003). Conhecer as propriedades e características dos resíduos é de fundamental importância para o bom gerenciamento deles (RECESA, 2008). A fim de se realizar um prognóstico para cenários futuros em um sistema de gerenciamento de resíduos, devem-se conhecer as características físico-químicas dos resíduos sólidos (D'ALMEIDA et al., 2000 apud PEREIRA, 2013).

Para UNEP (2005), um conhecimento profundo da composição e caracterização dos resíduos é um elemento essencial para: a seleção do tipo de armazenamento e transporte mais apropriado; determinação do potencial de recuperação e reaproveitamento de recursos; escolha de um método adequado para disposição final; determinação do impacto ambiental que pode ocorrer devido ao mau gerenciamento dos resíduos em questão.

Segundo Monteiro (2001), para caracterizar os resíduos sólidos é necessário avaliar cinco parâmetros físicos essenciais (geração per capita, composição gravimétrica, peso específico aparente, teor de umidade e compressibilidade), quatro parâmetros químicos (poder calorífico, potencial hidrogeniônico (pH), composição química, relação carbono/nitrogênio (C:N)) e as características biológicas.

Análise de composição gravimétrica é uma razão entre o peso das frações constituintes dos resíduos sólidos (matéria orgânica putrescível, papel, plástico, metais, vidros, etc.) e o peso total dos resíduos, expressa em percentuais. Essa caracterização deve ocorrer em épocas diferentes ao longo de um ano, buscando abranger variações sazonais (RECESA, 2008).

Alguns parâmetros de importância determinados em métodos de caracterização são elencados no Quadro 01.

Quadro 1 - Parâmetros físico-químicos dos resíduos e sua importância

Parâmetro	Descrição	Importância
Geração per capita (kg/hab.dia)	Quantidade de RS gerada por habitante num período especificado; refere-se à massa efetivamente coletada e à população atendida.	Fundamental no dimensionamento de instalações e equipamentos
Composição física	Refere-se às porcentagens das várias frações do RS, tais como papel, papelão, plástico, matéria orgânica, vidro, madeira, trapo, borracha e outros.	Ponto de partida para estudos de aproveitamento das diversas frações e para compostagem
Densidade aparente	Relação entre a massa e o volume do RS; é calculada para as diversas fases do gerenciamento do RS.	Determina a capacidade volumétrica dos meios de coleta, transporte, tratamento e disposição final.
Teor de umidade	Quantidade de água contida na massa do RS.	Influencia a escolha da tecnologia de tratamento e equipamento de coleta.
Poder calorífico	Quantidade de calor gerada pela combustão de 1 kg de RS misto (e não somente dos materiais facilmente combustíveis).	Avaliação para instalações de incineração.
Composição química	Normalmente são analisados N, P, K, S, C, relação C/N, pH e sólidos voláteis.	Definição da forma mais adequada de tratamento e disposição final.
Teor de matéria orgânica	Quantidade de matéria orgânica contida no RS. Inclui matéria orgânica, não putrescível (papel, papelão etc.) e putrescível (verduras, alimentos, etc.)	Avaliação da utilização do processo de compostagem. Avaliação do estágio de estabilização do RS aterrado.

Fonte: (D'ALMEIDA, 2000 apud PEREIRA, 2013)

Existem diferentes métodos para realizar a composição gravimétrica dos resíduos sólidos. O método mais comum se baseia no quarteamento da amostra, conforme a NBR 10007 (ABNT, 1987), que fixa os requisitos exigidos para a amostragem de resíduos sólidos. No caso dos resíduos de origem domiciliar e comercial, normalmente dispostos em aterros, os componentes comumente discriminados na composição gravimétrica são: matéria orgânica putrescível, metais ferrosos, metais não ferrosos, papel, papelão, plásticos, trapos, vidro, borracha, couro, madeira, entre outros (RECESA, 2008).

3.2. Coleta e Transporte de resíduos

Segundo Castilhos (2007) os serviços de coleta e transporte são provavelmente os que apresentam as soluções mais satisfatórias em relação ao manejo dos RSU, mas dentro do sistema de limpeza urbana são os que mais demandam recursos.

De acordo com a NBR 12980 (ABNT, 1993), coleta de resíduos corresponde à remoção de lixo domiciliar, resíduos de varrição, de feiras, praias, resíduos de serviços de saúde. Para Vieira (1999), trata-se de um processo que engloba desde a saída do veículo, o roteiro de coleta até a estação de transbordo ou de transferência. Castilhos (2007) traz uma importante contribuição ao considerar o papel do gerador no acondicionamento dos resíduos, etapa fundamental para o funcionamento da coleta. Segundo o autor, entende-se como coleta de RSU “o recolhimento de resíduos sólidos acondicionados pelo gerador para posterior encaminhamento ao destino adequado, utilizando-se para isso meio de transporte compatível”.

Segundo Zveibil et al. (2005), o principal objetivo da remoção regular do lixo gerado pela comunidade é evitar a proliferação de vetores causadores de doenças. Ratos, baratas, moscas encontram nos restos do que consumimos as condições ideais para se desenvolverem. Por este motivo, Castilhos (2007) ressalta que a coleta regular se faz necessária para que não ocorra acúmulo de RSU nas residências e vias públicas, evitando justamente os problemas de saúde pública que certamente ocorrem pela permanência dos resíduos na cidade. O autor frisa a importância do programa de coleta ter como meta atender toda a população, pois na hipótese de não haver coleta em alguma região da cidade, os resíduos sólidos ali produzidos, invariavelmente, seriam lançados em terrenos baldios, junto às drenagens e outros locais impróprios.

De acordo com Abrelpe (2012), 6,2 milhões de toneladas de RSU deixaram de ser coletados no Brasil no ano de 2012 e, por consequência, tiveram destino impróprio. Esta quantidade é cerca de 3% menor do que a constatada em 2011. No mesmo período houve um aumento de 1,9% na quantidade de RSU coletados. A cobertura dos serviços de coleta de RSU chegou a 90,17%, o que indica que o país caminha rumo à universalização desses serviços.

Aquino (2012) elenca cinco fatores fundamentais para definição do método de coleta, sendo eles:

1. Frequência – coleta diária, em dias alternados ou uma vez por semana;
2. Horário – coleta diurna, matutina ou vespertina;
3. Ponto – ponto direto, sendo os resíduos colocados na calçada, no alinhamento do muro ao meio-fio ou ponto indireto, sendo colocados no pátio do próprio domicílio;
4. Forma – com segregação (Coleta Seletiva e Convencional) ou de resíduos misturados (apenas coleta Convencional).
5. Tipos de Coleta – coleta domiciliar, coleta de resíduos de serviços de saúde, coleta de resíduos comerciais, coleta dos serviços de varrição, coleta de resíduos especiais, industriais ou de feiras e similares.

É importante que a população saiba o dia e horário que o caminhão coletor passa, evitando assim que o resíduo permaneça por muito tempo exposto causando, consequentemente, a emissão de odores, proliferação de vetores e animais, entre outros problemas (CASTILHOS JUNIOR, 2007).

A respeito da forma de coleta, Comcap (2009), define o sistema de coleta comum ou convencional como “o recolhimento dos resíduos sólidos misturados, obedecendo a um roteiro regular para recolhimento nos domicílios, e que deve seguir dias e horários pré-estabelecidos”. Esta forma de coleta é, geralmente, feita de porta em porta ou ainda, em áreas de difícil acesso, por meio de pontos de coleta onde são colocados contêineres basculantes ou intercambiáveis. Já como coleta seletiva entende-se coleta de materiais segregados na fonte de geração passíveis de serem reutilizados, reciclados ou recuperados. Da mesma forma, pode ser realizada de porta em porta com veículos coletores apropriados ou por meio de Postos de Entrega Voluntária (PEVs) dos materiais segregados (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

O sistema de coleta requer um planejamento minucioso. Este planejamento da coleta requer uma série de informações que englobam as características físicas do município, sistema viário, tipos de pavimentação (ou a falta dela), intensidade de tráfego, número de habitantes, zoneamento do município, sazonalidade da produção de RSU, entre outras (CASTILHOS JUNIOR, 2007).

No mesmo sentido, Zveibil et al. (2005) relaciona os levantamentos prévios que devem ser executados para um planejamento adequado de coleta:

- características topográficas, declividade, sentido e intensidade de tráfego;
- definição das zonas de ocupação da cidade, indicação das concentrações comerciais, setores industriais, áreas de difícil acesso e/ou de baixa renda;
- dados sobre população total, urbana, quantidade média de moradores por residência e, caso houver, o número expressivo de moradores temporários;
- geração e a composição do lixo;
- costumes da população, onde deverão ser destacados os mercados e feiras livres, exposições permanentes ou em certas épocas do ano, festas religiosas e locais preferidos para a prática do lazer;
- disposição final do lixo.

Para Comcap (2009), o transporte de resíduos sólidos é a movimentação de resíduos entre os domicílios e o destino final por meio de veículos coletores. Vários tipos de veículos coletores podem ser utilizados nos sistemas de coleta e transporte. Dentre eles podem ser citados caminhões compactadores, caminhões basculantes, caminhões com carroceria de madeira aberta, veículos utilitários de médio porte, caminhões-baú ou carroças. A escolha do veículo coletor é feita considerando-se principalmente os seguintes critérios, elencados por Zveibil et al. (2005):

- a natureza e a quantidade do lixo;
- as condições de operação do equipamento;
- preço de aquisição do equipamento;
- mercado de chassis e equipamentos (facilidade em adquirir peças de reposição);
- os custos de operação e manutenção;

- as condições de tráfego da cidade.

De acordo com Castilhos Junior (2007) os caminhões caçamba têm uma vantagem substancial que é a possibilidade de serem utilizados para outros serviços do município. No entanto, é notável que os veículos compactadores são vantajosos na capacidade de carga de resíduos frente aos caminhões caçamba, além de terem uma baixa altura de carregamento (o que facilita o serviço da guarnição). Outra vantagem é a rapidez para descarregar. Sua desvantagem advém do alto custo, inclusive de manutenção.

3.3. Estações de Transferência

Nos Estados Unidos ocorreu um marco regulatório em 1991 que estabeleceu novas exigências para disposição final de resíduos e para o planejamento de aterros sanitários municipais (US EPA, 2002). Pode-se verificar que o mesmo aconteceu no Brasil, sendo a Política Nacional de Resíduos Sólidos – Lei 12.305 (BRASIL, 2010) o marco regulatório nacional. A Lei define metas e exige a extinção de lixões e disposições de resíduos com inconformidade sanitária. As novas exigências trarão diversos ganhos ao meio ambiente, mas também custos significativos ao poder público. Os novos padrões irão exigir o fechamento e monitoramento de lixões, projetos, construção e operação de novos Aterros Sanitários.

Conforme US EPA (2002), em se tratando da disposição final dos resíduos, a tendência nacional nos Estados Unidos tem sido no sentido de construir aterros cada vez maiores e mais remotos. Percebe-se a mesma tendência ocorrendo no Brasil. Para Pereira (2013), os aterros sanitários estão sendo implantados cada vez mais distantes dos centros de massa de geração de resíduos. Segundo a autora o motivo é que, nas cidades de médio e grande porte, há uma resistência da população em aceitar a implantação de empreendimentos ligados à disposição final de resíduos sólidos, além de grandes exigências ambientais e forte especulação imobiliária. Esses fatores combinados tornam os terrenos muito caros para localização de grandes aterros. Para os municípios nessa situação, a transferência de resíduos para um grande aterro regional é uma alternativa promissora. Para US EPA (2002) as estações de transferência desempenham um papel importante na gestão de resíduos em uma comunidade, servindo como elo entre o programa de coleta de resíduos sólidos e a instalação de disposição final de resíduos.

D'Almeida e Vilhena (2000 apud Halliday, 2003) definem Estações de Transferência de Resíduos Sólidos (ETRS) ou transbordos como pontos intermediários, onde o lixo coletado é passado de caminhões de médio porte (coletores) para veículos de maior porte, com capacidade de transportar o equivalente a cerca de três ou mais caminhões coletores até o local de destinação final. Simplificadamente é uma instalação que possibilita o transbordo dos resíduos sólidos domiciliares recolhidos por veículos ou equipamentos de coleta relativamente pequenos para outro meio de transporte de maior capacidade de carga (COSTA, 2005).

Na definição seguinte fica clara a importância da localização de uma ETRS, sendo que a mesma deve estar localizada próxima ao centro de massa de geração de resíduo. Este critério é considerado neste estudo, servindo como base para a seleção de uma região de implantação de ETRS.

Unidades instaladas próximas ao centro de massa de geração de resíduos para que os caminhões de coleta, depois de cheios, façam a descarga e retornem rapidamente para complementar o roteiro de coleta. O transporte para o aterro sanitário dos resíduos descarregados nas estações de transferência é feito por veículos ou equipamentos de maior porte e de menor custo unitário de transporte. (MONTEIRO, 2001).

Aquino (2012) indica que a implantação de uma ETRS se faz necessária quando a distância entre o Centro de Massa de coleta e o aterro sanitário é superior a 25 km.

Para D'Almeida e Vilhena (2000 apud Halliday, 2003) as ETRS são classificadas quanto ao:

- Meio de transporte (após a transferência): rodoviárias, ferroviárias ou hidroviárias;
- Modo de armazenagem: com fosso de acumulação ou sem fosso;
- Tratamento físico prévio: com sistema de redução de volume (compactação) ou simples transferência.

Ainda a respeito dos tipos de ETRS, Monteiro (2001) propõe uma classificação mais detalhada, sendo:

- **Transbordo Direto:** contam com um desnível entre os pavimentos, para que os caminhões de coleta, posicionados em uma cota mais elevada, façam o transbordo diretamente no veículo de transferência. Por não contarem com um local para armazenamento do lixo essas estações necessitam de uma frota maior de veículos de transferência para evitar a formação de filas de caminhões de coleta, aguardando para descarregar os resíduos.
- **Estações com Armazenamento:** na maioria das cidades os roteiros de coleta de lixo domiciliar são sempre iniciados em um mesmo horário, sendo provável que os veículos terminem seus roteiros e cheguem à estação de transferência em um mesmo intervalo de tempo. Esta chegada simultânea de veículos pode favorecer a disponibilização de um local para o armazenamento dos resíduos, com o intuito de absorver os chamados “picos” de vazamento. Além de absorver os “picos” possibilita a operação do sistema com um número menor de veículos e equipamentos;
- **Estações com compactação:** têm como principal objetivo obter o aumento da massa específica dos resíduos visando à redução das despesas com transporte;
- **Estações sem compactação:** nesses casos os resíduos são simplesmente transferidos, sem redução prévia. É comum que um equipamento do tipo escavadeira hidráulica retire os resíduos dos silos e faça o carregamento dos veículos de transferência. A adoção deste modelo para unidades de maior porte poderá onerar demasiadamente as obras civis.
- **Estações Marítimas ou Fluviais:** podem funcionar como as demais, entretanto o transbordo é realizado para embarcações.

Para Costa (2005) o transbordo se torna mais vantajoso quando existe a coleta seletiva dos resíduos, pois a quantidade de resíduos transferida é menor. Observa-se uma tendência de realização de reciclagem nas estações de transferência mais modernas, valorizando dessa forma a utilização de resíduos sólidos como matéria-prima (COSTA, 2005). Em cidades que não contam com a coleta seletiva, podem-se ter estações de transferência com triagem na chegada dos resíduos. Esse procedimento tem duas importâncias: separar materiais recicláveis do fluxo de resíduos e identificar quaisquer outros resíduos que possam ser inadequados para eliminação (PEREIRA, 2013). Essa triagem de resíduos é mais eficiente na estação de transferência do que o aterro sanitário (US EPA, 2002), porém tem-se como situação ideal a

prévia segregação dos resíduos na própria fonte geradora. Esse procedimento dá agilidade ao processo de triagem e oferece melhores condições de trabalho aos catadores. Um exemplo de ETRS é apresentado na Figura 01.

Figura 1 – Exemplo de ETRS.



Fonte: (COSTA, 1998 apud SILVESTRE, 2011)

UNEP (2005) ressalta os ganhos econômicos e ambientais que podem ser obtidos com a implantação de uma ETRS para compor sistemas de gerenciamento de RSU. Grandes distâncias dos pontos de geração de resíduos aos locais de disposição final sujeitam o sistema de gerenciamento de RSU à ineficiência e à disposições indesejáveis e ilegais. Segundo o mesmo autor, o período de tempo gasto transportando-se os resíduos em longas distâncias, combinado com a falta de ETRS, traz um significativo impacto negativo no custo total de coleta. Esta seria a principal justificativa para a implantação de uma ETRS. Sua presença tende a reduzir os custos de coleta e transporte e tende a trazer conveniências ao sistema. As economias são obtidas principalmente devido ao encurtamento das distâncias de transporte, mas também ao fato dos veículos de coleta (diferentemente dos veículos de

transporte) não serem os mais indicados para enfrentar grandes trajetos e trafegar a altas velocidades (UNEP, 2005).

Segundo Lillo (1996), além dos ganhos citados as principais vantagens de um sistema com estações de transferência são as seguintes:

- Redução dos custos globais de transporte e de horas improdutivas de mão de obra empregada na coleta;
- Redução do tempo improdutivo dos veículos de coleta gasto no trajeto ao local de disposição;
- Aumento da vida útil e diminuição dos custos de manutenção dos veículos coletores;
- Incremento da eficiência do serviço de coleta, por meio de uma cobertura mais homogênea e balanceada pelos roteiros de coleta;
- Maior regularidade do serviço de coleta, devido à redução de danos aos eixos, molas, pneus, suspensões e demais avarias sofridas pelos veículos nos grandes trajetos ao aterro;
- Redução da contaminação ambiental;
- Redução de impactos à saúde pública.

Acrescenta-se ainda um ganho significativo à mobilidade urbana, fator que deve ser levado em consideração em regiões como a Grande Florianópolis, local onde é reconhecida a baixa mobilidade e ocorrência de engarrafamentos rotineiros. A implantação de uma ETRS na região reduz a quantidade de caminhões em tráfego, o que sem dúvida traria impactos positivos à mobilidade e ao ambiente.

3.4. Estudos de localização e viabilidade de ETRS

De acordo com UNEP (2005), o local ideal para uma ETRS seria aquele onde o custo unitário é minimizado em função do balanço entre o tempo de percurso do veículo de coleta e o tempo gasto pelo veículo de transporte para trafegar da estação para o aterro. Em grandes cidades esta análise simplificada pode apontar diversas localidades ideais para implantação.

Chatzouridis e Komilis (2011) desenvolveram um método simplificado para a escolha de possíveis locais onde a implantação de ETRS se torna viável. Segundo os autores, a construção e operação de uma ETRS se torna viável quando a distância entre os pontos de geração e o local de disposição final excede determinado valor limite. Este valor limite seria variável conforme condições locais, como tipo de caminhões

utilizados ou preço do combustível. Sua metodologia propõe uma análise puramente geográfica, seguindo os seguintes passos:

- (i) Excluir as áreas impróprias para implantação;
- (ii) Localizar todas as possíveis ETRS nas áreas próprias, considerando um raio de alcance que não ultrapasse 16 km dos centros urbanos;
- (iii) Desenvolver uma função objetiva que minimize o custo total de coleta de resíduos;
- (iv) Aplicação de um modelo matemático utilizando o software Excel®.

No entanto, diversos outros fatores, além dos geográficos, são determinantes na escolha do local, como acesso, topografia, custos e aceitação social e ambiental (UNEP, 2005).

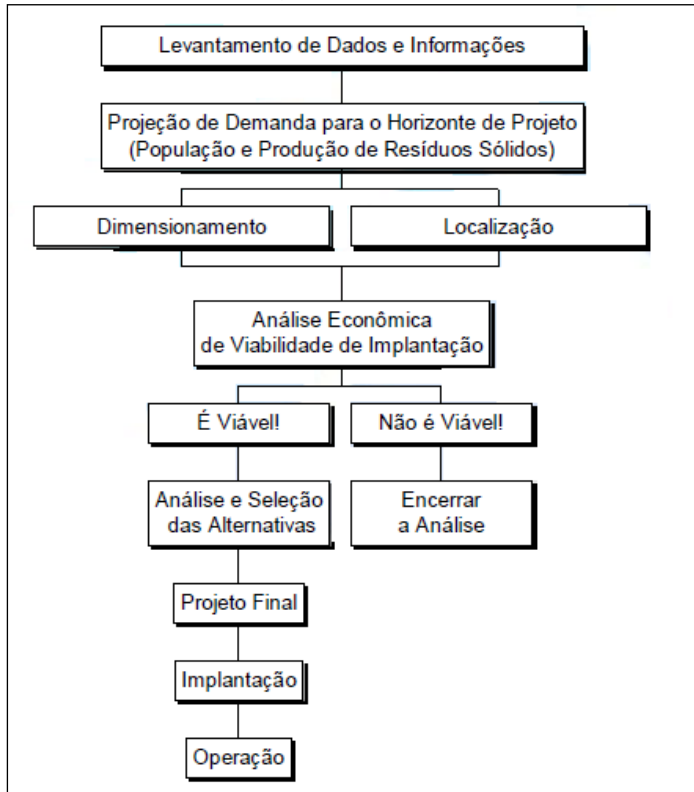
Segundo Costa (2005), para analisar a viabilidade de estações de transferência deve-se compor uma base de dados que possa caracterizar por completo toda a estrutura organizacional e operacional do sistema de coleta de resíduos domiciliares. As seguintes informações devem fazer parte desta base de dados: mapas digitais da cidade; população atual e dos últimos dez anos; densidade demográfica; localização da garagem e dos setores de coleta; localização e capacidade do local de destino dos resíduos; método de destino usado; número de componentes e jornada de trabalho da guarnição; costumes da população; zoneamento, topografia, tipos de calçamento e principais vias da região; horários e frequência das coletas; quantidade, tipo e capacidade dos veículos coletores; distância e tempo gastos na coleta; capacidade máxima de transporte permitida por lei; meios de transporte que poderão ser utilizados; planilha de custos do transporte direto.

A quantidade de resíduos coletada pode ser determinada com base em dados já existentes obtidos no setor responsável da Prefeitura Municipal ou empregando-se métodos estimativos baseados na expectativa de crescimento populacional, na produção per capita de resíduos sólidos e no crescimento da demanda dos serviços de limpeza urbana. Outra forma de obter essa informação é por meio de levantamentos de campo. Tais levantamentos podem ser feitos de diferentes formas, como: seleção de domicílios por classes socioeconômicas e pesagem das quantidades coletadas; seleção de áreas de coleta representativas, obtendo-se a carga transportada por cada veículo coletor em cada viagem realizada; medição por cubagem dos

resíduos coletados a cada viagem. Em qualquer uma dessas alternativas deve-se estabelecer o período de amostragem e a época do ano em que será efetuada e realizar o tratamento estatístico cabível dos dados obtidos (CASTILHOS JUNIOR, 2003).

Conforme a Figura 02, Costa (2005) propôs alguns procedimentos a serem seguidos para identificar a viabilidade de uma ETRS.

Figura 2- Escolha racional de estações de transferência.



Fonte: Costa (2005).

De acordo com US EPA (2002), os seguintes critérios devem ser considerados num estudo de localização de uma estação de transferência:

- O primeiro critério é o critério subjetivo e político que envolve a participação social, através dos representantes dos interesses da população;
- Exclusão de áreas impróprias – identificação de áreas ilegais ou proibidas, terrenos muito irregulares, pântanos, áreas de preservação ambiental, histórica ou arqueológica.
- Aspectos técnicos:
 - Localização central das rotas de coleta;
 - Acesso às rotas principais de transporte;
 - Exigências de área para a dimensão da estação;
 - Espaço suficiente para estradas locais, formação de filas e estacionamentos;
 - Compatibilidade com o tráfego e com os caminhões;
 - Disponibilidade de setores de expansão;
 - Espaços para reciclagem, compostagem e educação pública;
 - Terrenos de topografia levemente inclinada;
 - Acesso aos serviços públicos;
 - Concordância ao zoneamento municipal.

O processo para tomada de decisão e análise de uma estação de transferência ser apropriada para uma comunidade implica em determinar se os benefícios superam os custos. Os responsáveis pelos serviços devem analisar o planejamento, a implantação, a concepção e os custos operacionais de uma estação de transferência e confrontá-los com a redução nos custos de transporte (US EPA, 2002).

De acordo com UNEP (2005), apesar de o fato da implantação de uma ET oferecer potenciais economias em longo prazo, sua implantação e operação irão acarretar em custos adicionais ao sistema. O investimento associado à sua implantação deve ser recuperado, caso contrário, não faz sentido econômico optar pelo empreendimento. Uma escolha do local bem embasada tecnicamente é fator preponderante para a sustentabilidade financeira de um sistema que contenha uma ETRS.

Bridi (2008) acrescenta importante contribuição ao afirmar que “estações de transferência são unidades que devem estar instaladas próximas ao centro de massa de geração dos resíduos para, entre outros motivos, minimizar o custo do transporte”. A autora, em seu estudo para verificar a implantação de uma nova ETRS no município de Porto Alegre-RS, propõe uma metodologia para a identificação do Centro de Massa da Geração dos Resíduos de determinada região, e consequente identificação do local mais adequado para a implantação de uma ETRS.

Pereira (2013), na elaboração de sua própria metodologia, considera o mesmo critério para a determinação do local ideal para uma ETRS. Além disso, baseia-se na metodologia proposta por US EPA em 2002, na qual são necessários poucos dados de entrada num estudo de implantação de ETRS, sendo:

- Custo de construção, operação e manutenção da estação;
- Capacidade de carga dos caminhões de transporte direto e daqueles que realizam a coleta dos resíduos;
- Custo com o transporte: direto e com a transferência;
- Distância da geração até a destinação final.

Esta abordagem é ideal para aplicação em localidades que possuam uma única região homogênea considerando a produção de resíduos sólidos. Em adaptação desta metodologia à sua própria, Pereira (2013) propõe a divisão da região de estudo em regiões limítrofes que sejam homogêneas entre si, considerando a produção e a taxa de crescimento anual de resíduos sólidos.

4. METODOLOGIA

4.1. Contextualização

No Brasil, percebe-se que ainda é raro observar nas companhias de gerenciamento de resíduos sólidos um monitoramento amplo de seus sistemas, principalmente em se tratando de dados detalhados de custos. Neste contexto, Pereira (2013) baseou-se na metodologia de US EPA (2002), que exige a adoção de poucos dados de entrada para a avaliação de implantação de ETRS. A contribuição principal da autora foi adaptar o método original para um no qual é possível fazer a divisão da região de produção de resíduos em diferentes regiões homogêneas. Sua proposta confere maior precisão aos resultados obtidos, além da capacidade extra de se apontar o local ideal para uma ETRS na região e verificar a viabilidade da implantação de instalações complementares no sistema estudado.

Pereira (2013) cita como recomendação em seu estudo a análise da viabilidade da implantação de ETRS para a região Sede Ilha: Centro / Sede continente conjuntamente com os municípios próximos, como São José e Palhoça. Este estudo visa dar continuidade ao tema, objetivando fornecer um resultado a tal recomendação, analisando-se a viabilidade de uma ETRS em uma região específica na Grande Florianópolis.

4.2. Área de Estudo

A área de pesquisa compreende alguns municípios da Grande Florianópolis, localizados no estado de Santa Catarina, região sul do Brasil. A Grande Florianópolis (ou região metropolitana de Florianópolis), de acordo com a Lei Complementar 495 de 26 de janeiro de 2010 (SANTA CATARINA, 2010) é composta pelos municípios de Águas Mornas, Antônio Carlos, Biguaçu, Florianópolis, Governador Celso Ramos, Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz, São José e São Pedro de Alcântara. O núcleo está em destaque na Figura 03.

Figura 3 - Localização da Grande Florianópolis



Fonte: Wikimedia

Alguns dados sobre os municípios que compreendem a região de estudo estão compilados na Tabela 01 (IBGE, 2010).

Tabela 1 - Dados dos municípios, da Grande Florianópolis.

MUNICÍPIO	HAB.	Área da Unidade Territorial (Km ²)	Densidade Demográfica (hab/Km ²)
FLORIANÓPOLIS	421.240	675,409	627,24
SÃO JOSÉ	209.804	152,387	1.388,17
PALHOÇA	137.334	395,133	347,68
BIGUAÇU	58.206	370,874	155,44
SANTO AMARO DA IMPERATRIZ	19.823	344,049	57,46

GOVERNADOR CELSO RAMOS	12.999	117,182	111,42
ANTÔNIO CARLOS	7.458	228,65	32,55
ÁGUAS MORNAS	5.548	327,358	16,99
SÃO PEDRO DE ALCÂNTARA	4.704	140,016	33,69

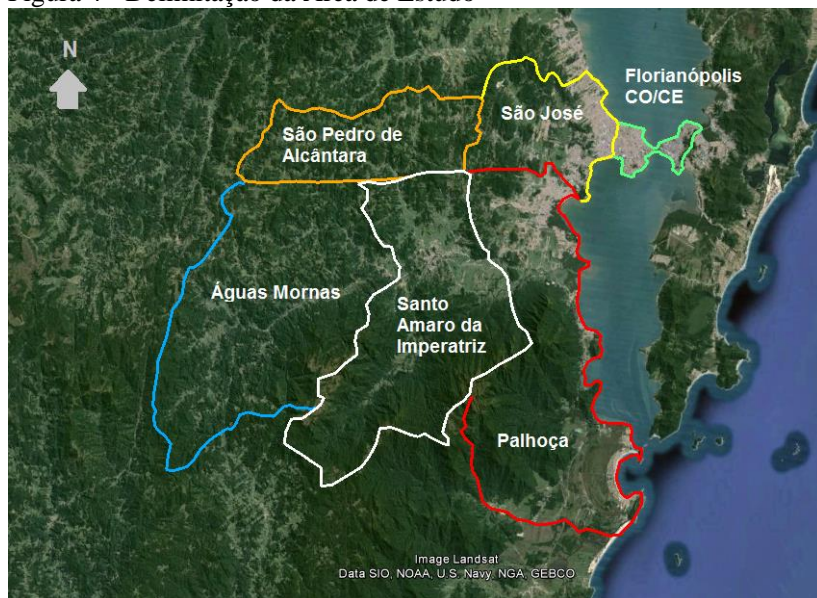
Fonte: produção do autor, com dados de IBGE (2010)

Percebe-se que, em se tratando de população e densidade demográfica, os municípios mais representativos são a capital do estado, Florianópolis, além de São José e Palhoça. Esta característica é decisiva para a escolha destes municípios para fazer parte do estudo. Sabe-se que o número de habitantes interfere diretamente na quantidade de resíduos gerados, ou seja, estes três municípios, sem dúvida, serão os de maior contribuição na geração de RSU na região. A capital Florianópolis apresenta uma característica particular. Seu território é constituído por uma parte insular (ocupando 97% de sua área) e por uma parte continental (3% da sua área) (PMF, 2009). Neste trabalho serão consideradas apenas as partes Centro- Ilha (bairro Centro) e parte Continental. Isto se deve ao fato de já existirem estudos de Implantação de ETRS com resultados concretos para outras regiões da parte insular. Além destes três municípios citados serão contemplados no estudo municípios que estejam em conformidade com os seguintes critérios:

- Proximidade geográfica ao centro geográfico da região de São José, Palhoça e parte continental de Florianópolis;
- Municípios que tenham como destino final dos RS o Aterro Sanitário de Biguaçu;
- Municípios que tenham distância considerável dos centros de coleta até o Aterro Sanitário de Biguaçu (consideradas distâncias maiores que 20 km).

Dentro destes critérios considerados, os municípios que compreendem o estudo são os seguintes: Florianópolis (parte continental e parte central), São José, Palhoça, São Pedro de Alcântara, Santo Amaro da Imperatriz e Águas Mornas. A delimitação dos municípios está representada na Figura 04.

Figura 4 - Delimitação da Área de Estudo



Fonte: Modificado de Imagem de Satélite Google Earth.

A região de estudo é bastante heterogênea, contendo municípios com características bem diferentes. Águas Mornas é conhecida por suas águas termominerais e atrai grande quantidade de turistas todos os anos às suas piscinas naturais de águas térmicas. Além do turismo, o município tem características essencialmente rurais. O mesmo acontece em São Pedro de Alcântara. Distante 32 km de Florianópolis, conserva as características de cidade rural e tem o desenvolvimento de sua economia centrado no turismo rural, ecoturismo, produção de hortigranjeiros e derivados de cana. O setor primário também é o principal estruturante da economia de Santo Amaro da Imperatriz. Além da agricultura, tem se destacado no turismo, devido a seu grande manancial natural e proximidade às praias do estado. São José, com pouca vocação turística em relação aos municípios vizinhos, tem sua economia baseada na indústria e comércio, ali bastante desenvolvidos. Já Palhoça apresenta um fluxo de turistas intenso, devido a sua parte litorânea. Além disso, a indústria e comércio do município vêm se desenvolvendo intensamente ano após ano.

As regiões central e continental de Florianópolis são aquelas que concentram a maior parte de sua população. O bairro Centro não possui grande variabilidade populacional sazonal, característica típica dos bairros mais próximos às praias. O comércio é a principal atividade, além de conter as instalações da administração pública municipal e estadual. Por outro lado, a região continental apresenta atividade industrial mais desenvolvida e tem grande concentração de comércio. A ocupação de ambas as regiões é bastante heterogênea, misturando-se setores residenciais e comerciais.

A heterogeneidade de características e atividades da região considerada reflete na composição e quantidade de resíduos sólidos urbanos gerados. Nas áreas comerciais de São José, Palhoça e Florianópolis, além das industriais, a composição gravimétrica tende a apresentar maiores quantidades de resíduos recicláveis, como plástico, papéis e papelão, o que fica bastante evidente nas coletas noturnas pós-expediente no centro de Florianópolis. Já nos municípios com características rurais, espera-se composição com maior participação de resíduos orgânicos e não recicláveis, com maior densidade volumétrica.

É importante observar que a região de estudo é cortada pela BR 101, no sentido norte-sul. A rodovia é rota de acesso para o sul do país, conecta importantes centros urbanos e tem fluxo diário intenso de automóveis e caminhões. Além disso, a aptidão turística da região atrai milhares de turistas todos os anos. Tais fatores, somados a um sistema viário mal planejado, geram tráfegos intensos na região, principalmente nas rotas de acesso entre os maiores municípios, São José, Palhoça e Florianópolis. Este fator é limitante para a agilidade de percursos de transporte e coleta de resíduos, e pode ser um ponto determinante na escolha da localização de uma ETRS e de outras instalações que compõem o sistema de gerenciamento de resíduos da região.

A área de estudo tem uma posição de destaque no Estado de Santa Catarina, influenciada principalmente pela capital Florianópolis. A cidade vem sendo reconhecida como uma das capitais com melhor qualidade de vida do país, tornando-se polo de migração para um grande número de pessoas buscando encontrar melhores condições de vida. A alta atratividade migratória do município é refletida em alguns municípios vizinhos, que acabam absorvendo parcela significativa dos fluxos migratórios. Além da beleza natural e qualidade de vida, os serviços de saúde, instituições de ensino superior e a concentração do aparelho administrativo estatal também contribuem para a relevância da região num contexto estadual e até mesmo nacional. Esta característica

se torna preocupante quando os serviços urbanos não acompanham o crescimento e se tornam defasados tanto quali como quantitativamente. Percebe-se a importância do planejamento e busca por alternativas que venham a ampliar e melhorar os sistemas que compõem os serviços de saneamento na região.

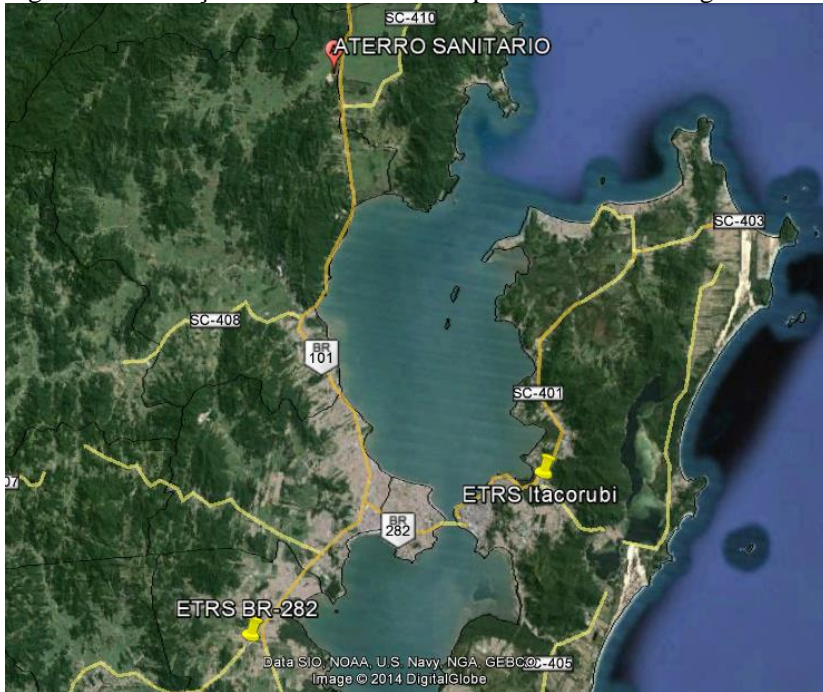
4.3. Situação atual da coleta e transporte de RSU na área de estudo

Cada município considerado neste estudo possui seu sistema próprio de gerenciamento de resíduos sólidos, cabendo aos órgãos da administração pública municipal a gestão do sistema. Em Florianópolis os serviços de limpeza pública e coleta de resíduos ficam a encargo de uma empresa de capital misto, a Comcap. No município de Águas Mornas a própria prefeitura realiza a coleta dos RSU. Nos demais municípios os mesmos serviços são prestados por empresas privadas. Por outro lado, tem-se uma única empresa privada prestando os serviços de transporte e destinação final dos RSU, comum a todos os municípios.

Todo o resíduo sólido domiciliar coletado na região, que não vai para reciclagem ou compostagem, tem como destinação final o Aterro Sanitário de Biguaçu, operado pela mesma empresa que efetua o transporte das ETRS até o aterro. O Aterro está localizado a cerca de 40 km de distância de Florianópolis.

Atualmente existem duas ETRS em operação na área de estudo, instalações intermediárias no caminho entre coleta e destinação final dos RSU. A primeira atende apenas as partes insular e continental da capital do estado e está localizada no bairro Itacorubi. Já a segunda, localizada na BR 282, em Palhoça, recebe resíduos dos outros cinco municípios além de diversos outros municípios próximos. Na Figura 05 pode-se visualizar a localização das instalações que fazem parte do sistema de transporte dos RSU da área de estudo.

Figura 5 - Instalações do Sistema de transporte dos RSU da região



Fonte: Modificado de Imagem de Satélite Google Earth.

4.3.1. Estação de Transferência no Itacorubi, Florianópolis

A ETRS que atende o município de Florianópolis está situada no bairro Itacorubi, onde funcionava o antigo lixão da cidade. Foi inaugurada no ano 2000, e é conhecida como CETReS – Centro de Transferência de Resíduos Sólidos de Florianópolis. A estação é do tipo direta, sem armazenamento e com compactação. A compactação das cargas é feita com dois braços mecânicos tipo retro-escavadeira, na própria carreta dos caminhões de transporte, após cada despejo dos resíduos que chegam dos caminhões de coleta. O local de despejo tem capacidade para duas carretas estacionadas simultaneamente, de capacidade de 22 toneladas cada uma e volume de carga de 40 m³ (PMF, 2009). Na Figura 06 pode-se notar o procedimento de transferência, quando um caminhão de coleta despeja seu conteúdo na carreta localizada em nível inferior, enquanto o braço mecânico faz a

compactação dos resíduos na carreta. Na Figura 07 tem-se uma vista lateral do local.

Figura 6 - Procedimento de transbordo



Fonte: produção do autor

Figura 7 - Vista lateral da ETRS da Comcap



Fonte: Comcap (2009)

Além das instalações próprias para o transbordo em si, o CETReS conta ainda com diversas outras instalações auxiliares. Próximo à entrada existem duas balanças para pesagem dos resíduos que chegam ao local. Atualmente apenas uma está em funcionamento, sendo que a mais antiga atua como reserva em caso de falha. Recentemente foi inaugurado um PEV – ponto de entrega voluntária, para recebimento de material reciclável. Há ainda um local com composteiras, instalações para lavagem dos caminhões de coleta, escritórios e instalações administrativas, além do Museu do Lixo.

Dentro da ETRS opera também a Associação de Coletores de Materiais Reciclados (ACMR), com cerca de 90 associados que

realizam atividades de triagem, preparação e comercialização de materiais recicláveis, trazidos ao local pela própria Comcap. Por fim, há no local um Centro de Treinamento e Educação Ambiental, em prédio próprio, no qual se recebem visitas de estudantes, da comunidade e demais interessados.

Percebe-se no local a importância do papel de uma ETRS não apenas como uma instalação funcional, mas como um verdadeiro centro de gerenciamento de resíduos, onde se agregam diversas atividades relacionadas que conferem maior eficiência e sustentabilidade ao sistema de gestão de RSU.

A distância viária da ETRS de Florianópolis até o local de destinação final dos resíduos é de 49,5 km.

4.3.2. Estação de Transferência na BR 282, Palhoça

Esta Estação, apesar de receber resíduos de diversos municípios diferentes, possui dimensões bem menores em relação à anterior, com pouco mais de 3500m² de área. Isto pelo fato de no local serem realizadas atividades exclusivas de transferência de resíduos. As instalações compreendem um pequeno prédio com escritório e centro administrativo, uma balança de pesagem dos caminhões e o local próprio para o transbordo. A estação é do mesmo tipo da anterior, de transferência direta e com compactação. No entanto, nesta tem-se espaço para somente uma carreta receber os resíduos despejados. Os caminhões de coleta fazem a transferência seguindo o mesmo procedimento, fazendo o despejo diretamente de um nível superior para os veículos de transporte no nível abaixo. As carretas são do mesmo tipo daquelas que transferem os RSU de Florianópolis (com capacidade para 22ton).

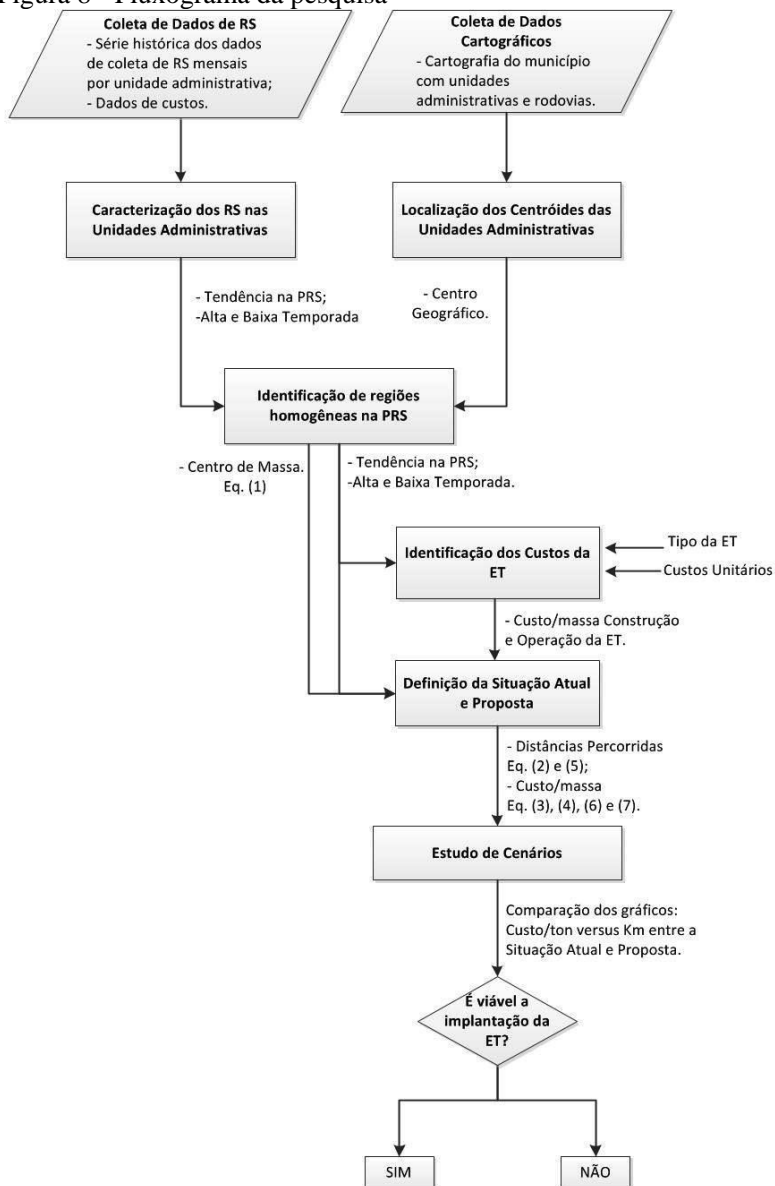
Os municípios de São José, Palhoça, São Pedro de Alcântara, Águas Mornas e Santo Amaro da Imperatriz levam seus resíduos coletados a esta Estação, e dali os mesmos seguem para o Aterro. A distância viária desta ETRS até o Aterro em Biguaçu é de aproximadamente 40 km.

4.4. Descrição da Pesquisa

4.4.1. Fluxograma

Neste trabalho a metodologia proposta por Pereira (2013) será aplicada em região específica, abordada no tópico anterior. A metodologia propõe uma análise da viabilidade da implantação de determinada ETRS comparando-se a distância percorrida para transporte de RSU versus o custo/massa de resíduo transportado. A sequência de atividades está ilustrada no fluxograma da Figura 08.

Figura 8 - Fluxograma da pesquisa



Fonte: Pereira (2013, p. 138)

Pereira (2013) fez uma avaliação para duas temporadas distintas – baixa e alta. Isto devido ao fato de sua área de estudo estar muito suscetível a mudanças sazonais. O mesmo não ocorre, em termos de volumes de RSU gerados, para a região de Florianópolis considerada neste estudo. Nos bairros do centro e continente a produção de resíduos não varia tão drasticamente em função da sazonalidade, por conterem na sua maior parte população fixa. Por outro lado, os municípios de Palhoça e São Pedro de Alcântara, principalmente, apresentaram diferenças consideráveis nas produções durante alta e baixa temporada.

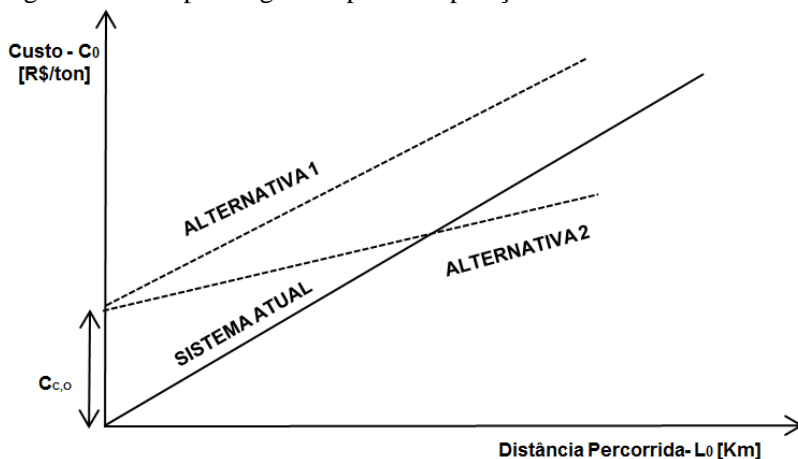
No entanto, devido à dificuldade de se obter uma série histórica de dados populacionais que fizessem a separação entre alta e baixa temporada, esta análise diferenciada tornou-se inviável ao analisar-se 6 municípios. Assim, neste estudo foi considerada uma produção média homogênea ao longo do ano, diferenciando-se desta maneira da metodologia original proposta por Pereira (2013).

Seguindo a linha proposta pelo fluxograma, planejou-se o desenvolvimento das seguintes atividades:

- i. Coleta de dados: produção de resíduos para cada município, capacidade de carga dos caminhões de coleta e transporte, custos para coleta e transporte de RSU, dados populacionais e mapas com delimitação dos municípios;
- ii. Projeção da geração de RSU: com os dados populacionais e de produção de RSU, foi possível projetar a geração de RSU para o horizonte de projeto (15 anos), a fim de obter a capacidade operacional da ETRS e os centros de massa de produção atual e futuro;
- iii. Definição de região apta para implantação de ETRS: feita a projeção e identificado o centro de massa, é possível determinar qual a região mais apta a receber uma nova ETRS;
- iv. Pré-dimensionamento da ETRS: tendo definida a capacidade operacional e quantidade total de resíduos que serão recebidos ao longo do horizonte de projeto, é possível fazer uma estimativa da dimensão da ETRS e custos envolvidos na implantação e operação;
- v. CG dos municípios: através do uso de um SIG, identifica-se o ponto (x,y) central de cada município;
- vi. Distâncias viárias percorridas: identificam-se as distâncias que separam os centros de geração de cada município, as ETRS existentes e o destino final dos RSU;

- vii. Custo por massa de resíduo versus a distância percorrida: esta atividade compreende a obtenção de um gráfico que irá evidenciar a viabilidade ou não da ETRS, comparando-se os custos versus as distâncias percorridas no sistema atual e sistemas propostos. O resultado é um gráfico no formato daquele apresentado na Figura 09.

Figura 9 - Exemplo de gráfico para comparação entre cenários



Fonte: Pereira (2013, p.79)

No eixo das ordenadas são plotados os custos por tonelada de resíduo. Este valor inclui, por exemplo, os valores gastos com combustível, manutenção do caminhão, pagamento de funcionários, dentre outros referentes aos custos para se coletar e transportar cada tonelada de resíduo. Além do custo por tonelada tem-se ainda neste eixo o valor $C_{c,o}$, ou custo para construção e operação da ETRS. Este custo estaria presente apenas para a alternativa proposta, ou seja, quando há a implantação de uma nova ETRS. Percebe-se que para o sistema atual, com estações já operantes, este valor é zero e a reta tem início na origem do gráfico, pois os custos com a operação da ETRS já estão incluídos nos custos de coleta.

Na abscissa tem-se o valor total das distâncias viárias percorridas em todo o sistema, tanto para coleta como para transporte dos resíduos de cada município. Verifica-se que, caso a inclinação da reta correspondente à alternativa proposta for menor que a do sistema atual, ou seja, caso as retas se interceptem, existe uma distância a partir da

qual a implantação de uma ET seria viável. Em contrapartida, para o exemplo da alternativa 1 que aparece no gráfico da Figura 09, o sistema proposto não seria viável, pois as retas não se cruzam.

4.4.2. Equações Utilizadas

Com o objetivo de gerar gráficos comparativos como aquele citado no tópico anterior, foram adotadas algumas hipóteses e aplicaram-se algumas equações, seguindo a linha metodológica de Pereira (2013).

Primeiramente, para obtenção dos valores do eixo das abcissas duas situações tiveram que ser consideradas:

- Percurso interno: as distâncias de coleta, ou seja, as distâncias viárias dos centros de produção de resíduos até as estações de transferência. Este trajeto é percorrido pelos caminhões de coleta, de pequeno porte. Adota-se como o centro de PRS o centro de massa de resíduos, conforme citado anteriormente. Para a identificação das coordenadas do centro de massa de cada município, aplicam-se as seguintes fórmulas:

$$CMx = \frac{\sum xi \times mi}{\sum mi} \text{ e } CMy = \frac{\sum yi \times mi}{\sum mi} \quad (1)$$

Onde:

xi : Centro Geográfico do município no plano x (km)

yi : Centro Geográfico do município no plano y (km)

mi : Massa de RSU produzida por dia em cada município (kg/dia).

As seguintes hipóteses simplificadoras foram utilizadas (PEREIRA, 2013):

- A PRS é considerada uniforme em cada município;
- O CM de cada município permanece na mesma posição com o passar do tempo;
- A taxa de aumento anual da PRS varia entre os municípios, ou seja, o CM do sistema total muda com o passar do tempo;
- O CM da situação atual e da proposta, para um mesmo ano, não muda, variando apenas o caminho percorrido nas duas situações;

- Percurso externo: referente às distâncias de transporte, ou seja, a distância viária percorrida desde a Estação de Transferência até o local de destinação final, o aterro sanitário. Este é o percurso realizado pelos caminhões de grande porte.

Após a determinação das distâncias percorridas no percurso interno e externo, aplicam-se os valores à equação 2, visando a obtenção da distância percorrida no percurso total. Este último valor será aquele plotado na abscissa do gráfico:

$$L_o = \left(\sum \frac{ma \times di}{c_{cp}} \right) + \left(\sum \frac{mb \times de}{c_{cg}} \right) \quad (2)$$

Onde:

Lo: Distância total percorrida em um sentido (km);

ma: massa de resíduo coletada em cada município, que segue para a ETRS (ton);

di: distância interna percorrida, desde o CM de cada município até a ETRS (km);

Ccp: capacidade de carga do caminhão pequeno (ton);

mb: massa de resíduo total transportada de cada ETRS até o Aterro (ton);

de: distância externa percorrida, de cada ETRS até o Aterro (km);

Ccg: capacidade de carga do caminhão de grande porte (ton).

Obtido o valor para o eixo X, parte-se para a determinação dos valores para o eixo das ordenadas, ou seja, os custos por tonelada. Para a obtenção de tais valores a seguinte equação é aplicada:

$$C_o = C_{c,o} + \frac{\sum L_{pi} \times C_{pi} + \sum L_{pe} \times C_{pe}}{(L_{pi} + L_{pe})} \quad (3)$$

Onde:

Co = Custo por massa do percurso interno e externo (R\$/ton);

Cpi: Custo por massa do percurso interno (R\$/ton);

Cpe: Custo por massa do percurso externo (R\$/ton);

Lpi: Distância total percorrida no percurso interno (km);

Lpe: Distância total percorrida no percurso externo (km);

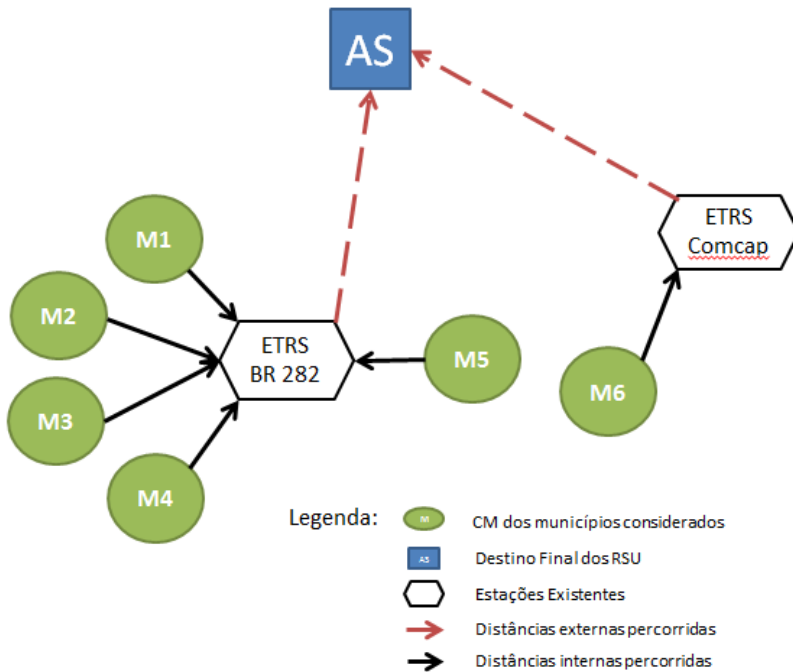
Cc,o: Custo por massa para construção e operação de uma ETRS proposta (R\$/ton). É importante lembrar que para a situação atual, com ETRSs já operantes, este valor é igual a zero.

4.4.3. Cenários Considerados

4.4.3.1. Situação Atual – Cenário de Base

O cenário de base, ou situação atual, é aquele no qual se considera a manutenção da situação que existe atualmente na área de estudo. Esta situação já foi descrita em tópico específico, mas para facilitar o entendimento foi elaborado um esquema descrevendo o sistema de funcionamento do transporte de RSU na região (Figura 10).

Figura 10 - Esquema das distâncias percorridas na situação atual



Fonte: produção do autor.

Nesta situação, ao aplicar-se a Equação (2), tem-se o seguinte:

- Seis distâncias internas percorridas, sendo 5 para a ETRS da BR 282 (São José, Palhoça, Sto Amaro, São Pedro de Alcântara e

Águas Mornas) e 1 para a ETRS da Comcap (Florianópolis- centro e continente).

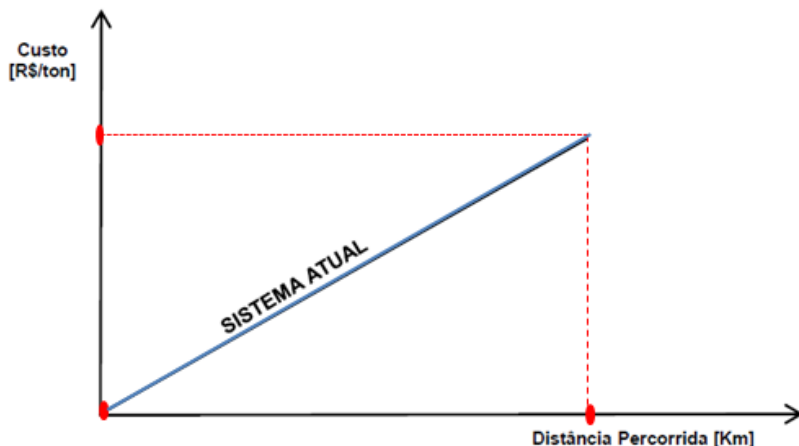
- Duas distâncias externas percorridas, sendo uma saindo da ETRS da BR 282 e outra da ETRS do Itacorubi, ambas tendo como destino o AS de Biguaçu.

Já para aplicação da equação 3, dos custos por massa, tem-se:

- $C_{c,o} = 0$. O custo de construção das ETRS atuais já foi amortizado ao longo dos anos. O custo de operação está incluso nos custos de coleta e transporte;
- Seis custos por massa diferentes para o percurso interno, pois cada município tem seu próprio custo de coleta;
- Um custo por massa para o percurso externo. Pelo fato de a mesma empresa prestar o serviço de transporte para a destinação final, este custo é comum a todos.

Como resultado para a situação atual, obtém-se um gráfico no formato daquele da Figura 11.

Figura 11- Gráfico exemplo para a situação atual



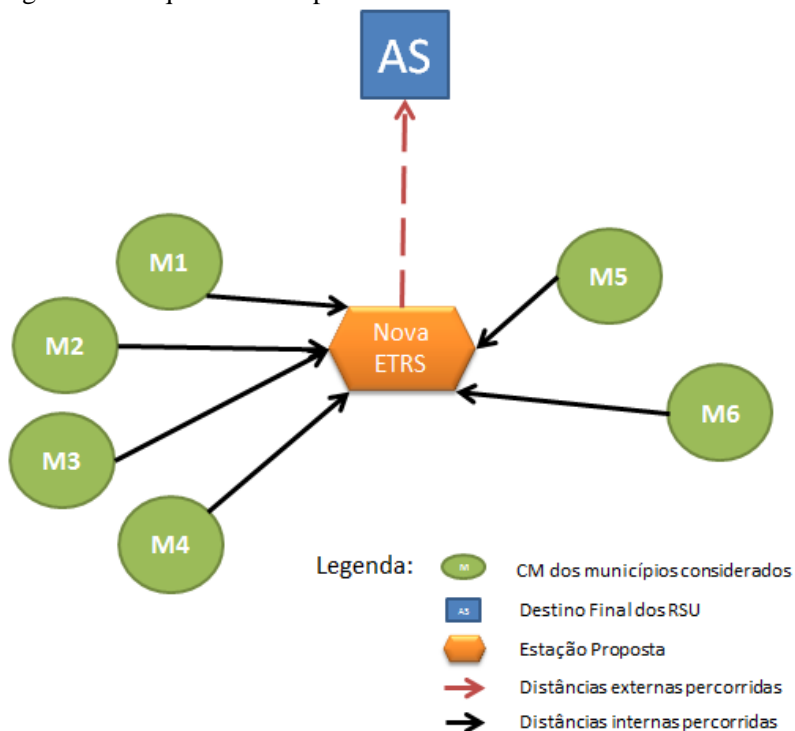
Fonte: Pereira (2013)

4.4.3.2. Situação Proposta 1 – Primeiro Cenário

Nesta segunda situação uma alteração significativa foi proposta em relação à situação atual. A alteração no sistema consistiria na

implantação de uma nova ETRS que atendesse a toda a área de estudo. Ou seja, uma ETRS localizada no CM total da região, recebendo resíduos dos seis municípios em estudo, de onde seriam transportados para o Aterro. A ETRS do Itacorubi continuaria sendo utilizada, mas para o recebimento dos resíduos provenientes dos outros bairros de Florianópolis, exceto Centro e Continente. Por outro lado, a ETRS da BR 282 seria desativada, sendo integralmente substituída pela nova proposta. Para melhor entendimento desta alternativa foi elaborado um esquema ilustrativo (Figura 12).

Figura 12 - Esquema da Proposta 1 – Primeiro Cenário



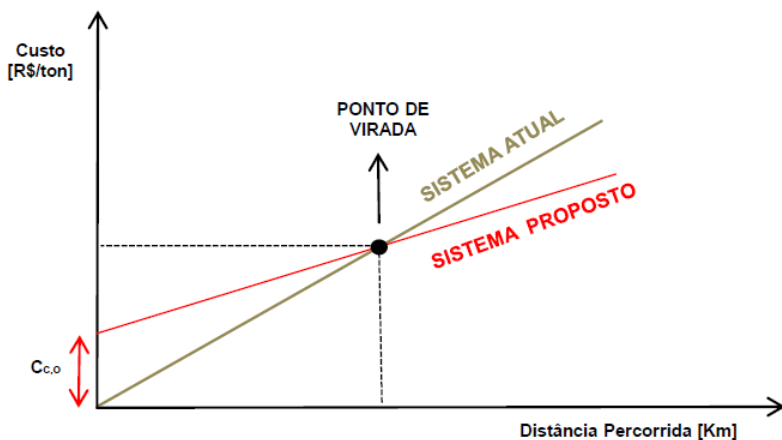
Fonte: produção do autor

Neste caso, ao aplicar-se a Equação 2, tem-se 6 distâncias internas, mas apenas uma distância a ser percorrida no percurso externo. O mesmo acontece para a Equação 3, na qual ter-se-iam 6 custos por

massa diferentes para coleta, e apenas um custo por massa para o transporte.

O que se espera nesta alternativa é uma redução do custo por massa de transporte dos RSU, pois haverá uma maior quantidade de resíduos a ser transportada com distâncias reduzidas. Os custos de operação e construção da nova Estação seriam compartilhados entre os municípios e sem dúvidas seriam custos reduzidos devido à partilha de serviços. Espera-se obter um gráfico como o seguinte:

Figura 13 - Exemplo de gráfico para situação proposta



Fonte: Pereira (2013)

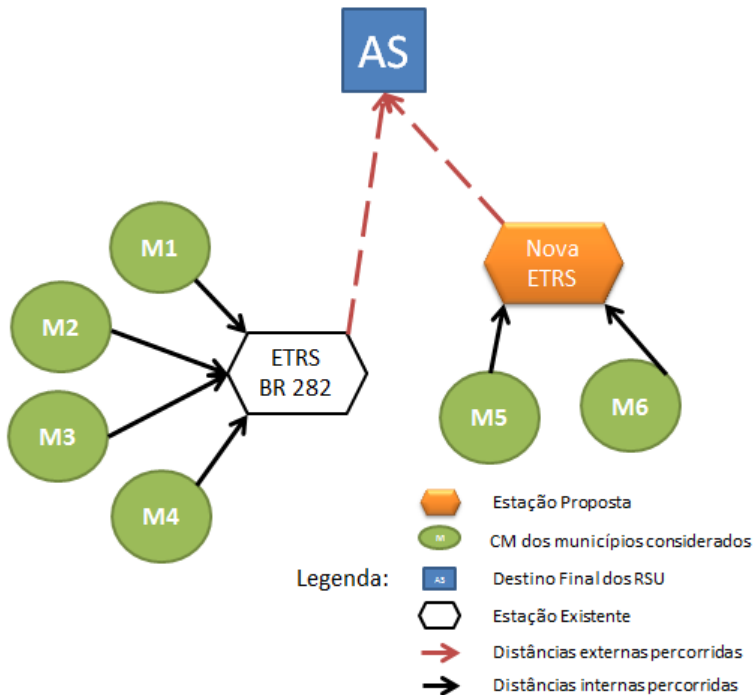
Este exemplo de gráfico ilustra uma situação que seria mais vantajosa em relação à situação atual. Nele, pode-se observar que existe um ponto de interseção, um ponto de virada a partir do qual a implantação da ETRS se torna viável. Em caso contrário, caso as retas não se cruzem, a situação proposta se provará desvantajosa.

4.4.3.3. Situação Proposta 2 – Segundo Cenário

Na segunda situação proposta tem-se novamente a implantação de uma nova ETRS. Neste caso, a nova estação atenderia dentro da área de estudo apenas os municípios Florianópolis e São José. Isto devido a sua proximidade física e grande parcela de contribuição no total de resíduos gerados na região. As duas Estações existentes continuariam operando, mas não receberiam mais os resíduos gerados por São José e Centro e

Continente de Florianópolis. Espera-se para este cenário uma redução significativa nas distâncias internas percorridas nos dois municípios, além da redução dos custos por massa, devido a maior quantidade de resíduos transportados e menores custos com combustível e funcionários. O esquema para esta situação segue na Figura 14.

Figura 14 - Esquema da situação proposta 2 – Segundo Cenário



Fonte: produção do autor

Para a aplicação das equações neste cenário, tem-se:

- Percurso interno: Somatório das 4 distâncias dos CMs dos municípios à ETRS da Br 282, para aqueles que continuariam utilizando-a, mais as 2 distâncias dos CMs à nova ETRS, para os outros dois outros municípios.
- Para o percurso externo haveria duas distâncias distintas, uma partindo da ETRS existente e outra da nova.

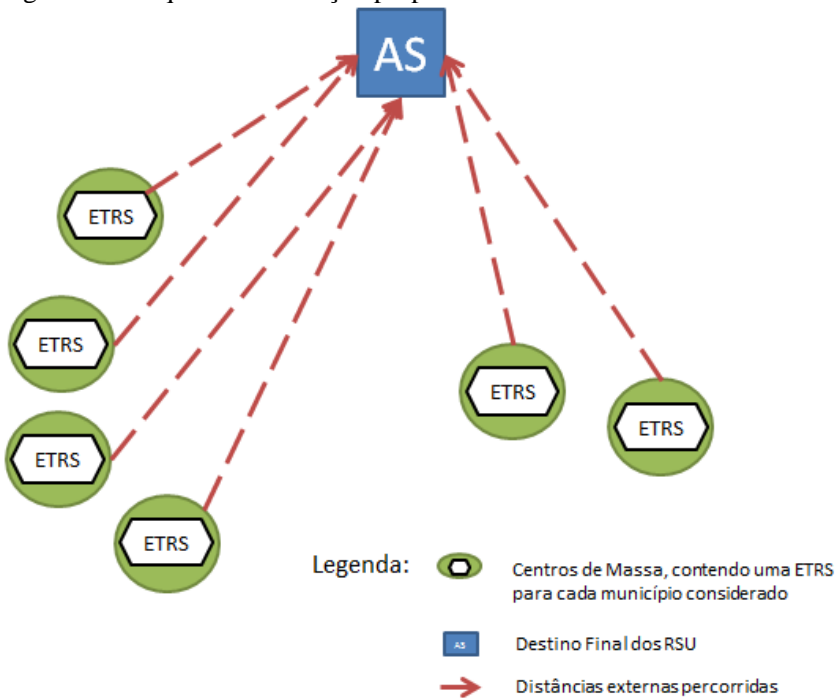
- Para os custos, aplicados na Equação 3, têm-se 6 custos de coleta distintos e 2 custos de transporte, o mesmo que acontece na situação atual.

O gráfico obtido como resultado é do mesmo formato daquele apresentado na situação anterior (Figura 13).

4.4.3.4. Situação Proposta 3 – Terceiro Cenário

Esta última situação proposta surgiu após a obtenção dos resultados dos cenários anteriores. Trata-se de uma situação conceitual extrema, na qual os percursos internos seriam reduzidos a valores mínimos, maximizando os percursos externos. Cada município teria sua própria ETRS, localizada em seu CM. Assim, as distâncias de coleta seriam bastante diminuídas, e por consequência as distâncias de transporte seriam significativamente aumentadas. Espera-se nesta situação favorecer o uso de caminhões de grande capacidade, reduzindo os custos de coleta e o tempo de uso dos caminhões de pequeno porte. As ETRS existentes seriam desativadas e não haveria uso compartilhado, cada município passaria a ser responsável pela sua própria Estação. A Figura 15 apresenta o esquema hipotético.

Figura 15 - Esquema da situação proposta 3 – Terceiro cenário



Fonte: produção do autor

Para esta situação prevê-se um elevado valor de construção e operação das novas Estações, pois cada município seria responsável pela sua própria ETRS.

4.5. Atividades Realizadas

4.5.1. Coleta de dados

O procedimento para obtenção dos dados (considerados dados secundários, pois já são dados prontos) consistiu em coleta direta junto aos responsáveis pelos sistemas de gerenciamento de RSU de cada município e outras fontes. De acordo com a metodologia proposta, os dados iniciais necessários para o estudo são:

- Dados de produção de resíduos para cada município: com o objetivo de realizar a projeção de produção de resíduos sólidos ao longo do horizonte de projeto, optou-se por trabalhar com histórico de dados de geração com periodicidade mensal, ao longo de no mínimo um ano;
- Capacidade média de carga dos caminhões de coleta e transporte;
- Custos para coleta e transporte de RSU, para cada município;
- Dados populacionais, que dão embasamento para a projeção populacional no horizonte de projeto;
- Mapas com delimitação dos municípios, para determinação dos Centros Geométricos, seguido dos Centros de Massa;

Num levantamento preliminar identificaram-se as fontes de consulta para coleta dos dados base para o estudo, sendo:

- Prefeituras de cada município;
- Concessionárias públicas ou privadas dos serviços de gerenciamento de RSU;
- Planos Municipais de Gerenciamento de Resíduos Sólidos ou Planos Municipais de Saneamento, quando existentes;
- Bases cartográficas (EPAGRI, IBGE);
- IBGE para os dados populacionais.

Na sequência, na tentativa de obtenção dos dados de geração e custos, foram contatados profissionais atuantes nas fontes citadas. Nesta etapa é importante ressaltar que os municípios selecionados deveriam, preferencialmente, possuir uma estrutura para que se pudesse realizar o levantamento das informações, como coleta e armazenamento de dados operacionais e de gestão, com maior facilidade de obtenção. No entanto, num contato inicial esbarrou-se na dificuldade em se obter dados relativos ao sistema, seja devido à burocracia praticada por muitas concessionárias e órgãos municipais responsáveis pelos serviços, ou pela indisponibilidade devido à falta de cadastro/controlado por parte das operadoras, ou até por sua inexistência. Nas concessionárias privadas a dificuldade se deu pelo motivo de optarem em manter alguns dados confidenciais ou limitados a acesso interno.

Numa segunda tentativa, foram elaborados ofícios direcionados a determinadas operadoras, em nome do departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFSC. Neste momento a resposta foi mais eficaz, resultando na obtenção de uma série histórica de geração para

todos os municípios, para o ano de 2011 (ANEXO 01). Além disso, foi organizada uma visita técnica à Estação de Transferência da BR 282, conduzida pelo coordenador das atividades na ETRS.

No entanto, em relação aos dados de custos de coleta e transporte, não foi possível acessá-los em certos municípios. Assim, estes valores foram complementados baseando-se em bibliografia pertinente.

O acesso a dados para a base cartográfica e dados populacionais foi facilitado pelo fato de estarem disponíveis em banco de dados online.

4.5.2. Projeção da Produção de Resíduos Sólidos

Para definição do horizonte de projeto, considerou-se o adotado na metodologia proposta por Pereira (2013), além do recomendado por Costa (2005), que indica um período de 10 a 20 anos para este tipo de estudo. Assim, o horizonte de projeto considerado para o estudo é de 15 anos. São aplicados estudos de previsão de população e estimativas de geração de resíduos, com o objetivo de identificar a geração per capita e volumes totais de geração ao longo do período adotado.

Para a projeção populacional foram utilizados dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que realiza censos e contagens periódicas da população brasileira. Tais dados dão embasamento à aplicação de métodos para estipular-se a evolução populacional ao longo dos anos. Neste estudo aplicaram-se quatro métodos de previsão, quais sejam: método geométrico, método da taxa de crescimento médio anual e as funções *previsão* (regressão linear) e *crescimento* (calcula o crescimento exponencial previsto) do software Excel.

Os valores para a taxa de crescimento anual não estavam disponíveis, e foram determinados pelo autor. Aplicou-se a seguinte equação, proposta pelo IBGE:

$$r = \left[\left(\sqrt[n]{\frac{Pt}{Po}} \right) - 1 \right] \times 100 \quad (5)$$

Onde:

r: incremento anual médio da população;

Pt: população final;

Po: população inicial;

n: intervalo do período, em anos.

Tendo um histórico de dados para cada município, foi possível dar início à aplicação dos métodos propostos para a projeção populacional.

i. Processo Geométrico

Este método considera para iguais períodos de tempo a mesma porcentagem de aumento da população, admitindo que o município cresça conforme uma progressão geométrica. As interações são feitas tendo como base os dados censitários. Conhecendo-se dois dados de população, P0 e P1, correspondentes respectivamente aos anos t0 e t1, calcula-se o crescimento geométrico, no período conhecido (q). As equações utilizadas para os cálculos do método geométrico são:

$$P1 = P0 \times e^{q \times (t1 - t0)} \quad (5)$$

$$q = \frac{\ln(P1) - \ln(P0)}{(t1 - t0)} \quad (6)$$

Na Tabela 02 é possível verificar um exemplo de dados de entrada para aplicação neste método.

Tabela 2 – exemplo de dados de entrada para o método geométrico

	RETA	t0	P0	t1	P1	q
AGUAS MORNAS	GEO 1	1991	4611	2010	5548	0.0097
	GEO 2	1996	4823	2010	5548	0.0100
	GEO 3	2000	5390	2010	5548	0.0029
	GEO 4	2007	4410	2010	5548	0.0765

Fonte: produção do autor

Aplicando-se os dados de entrada às equações, é possível chegar a uma estimativa populacional para cada ano dentro do horizonte de projeto. Um exemplo do que foi obtido para o município de Águas Mornas, utilizando-se os dados da Tabela 02, pode ser visto na Tabela 03.

Tabela 3– exemplo de projeção pelo método geométrico

ANO	Reta	2011	2013	2015	2019	2023	2025	2026
Pop	GEO1	5602	5712	5825	6056	6297	6420	6483
	GEO2	5604	5717	5833	6071	6318	6446	6511
	GEO3	5564	5596	5629	5694	5760	5794	5810
	GEO4	5989	6980	8134	11047	15002	17483	18874

Fonte: produção do autor

ii. Método da Taxa Média Anual

Neste método utiliza-se a previamente calculada (Tabela 02) taxa média de crescimento anual da população, aplicando-a ao longo dos 16 anos estipulados para este estudo. O processo é repetido para cada município. Novamente, nas Tabelas 04 e 05 é possível verificar um exemplo de aplicação do método, para o município de Águas Mornas.

Tabela 4- exemplo de aplicação do método da taxa média anual

MUNICÍPIO	TAXA MÉDIA ANUAL
ÁGUAS MORNAS	0.98

Fonte: produção do autor

Tabela 5 - exemplo de resultado da projeção com o método da taxa

PROJEÇÃO para Águas Mornas										
ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
Pop	5548	5602	5712	5825	5939	6056	6175	6297	6420	6483

Fonte: produção do autor

iii. Função Previsão do Software Excel

Este método, disponível no software Excel, prevê um valor futuro usando uma série de valores existentes. O novo valor é previsto através de regressão linear. No caso de um estudo populacional, o valor previsto é o número de habitantes para um determinado ano. Aplicando-se a base de dados populacional do IBGE, apresentada anteriormente, foi possível obter por meio desta função o número de habitantes para os anos futuros em cada município. Um exemplo do resultado para o município de Águas Mornas é mostrado na Tabela 06.

Tabela 6– exemplo de resultado da projeção com o método previsão

MUNICIPIO	ANO	POPULAÇÃO TOTAL
Águas Mornas	1991	4611
	1996	4823
	2000	5390
	2007	4410
	2010	5548
	2011	5197
	2013	5244
	2015	5292
	2017	5339
	2019	5386
	2021	5433
	2023	5481
	2025	5528
2026	5551	

Fonte: produção do autor

iv. Função Crescimento do Software Excel

A função crescimento, disponível no mesmo programa, calcula o crescimento exponencial previsto utilizando dados existentes. Aplicada para um estudo populacional, fornece o crescimento da população através de uma base de dados dos censos populacionais. Novamente, aplicando os dados coletados para cada município, conseguiu-se obter por meio desta função a evolução populacional para o período de estudo estipulado.

Aplicando a função Crescimento no município de Águas Mornas, obteve-se a evolução populacional mostrada na Tabela 07.

Tabela 7 – resultado da projeção pelo método Crescimento

MUNICIPIO	ANO	POPULAÇÃO TOTAL
Águas Mornas	1991	4611
	1996	4823
	2000	5390
	2007	4410
	2010	5548
	2011	5167

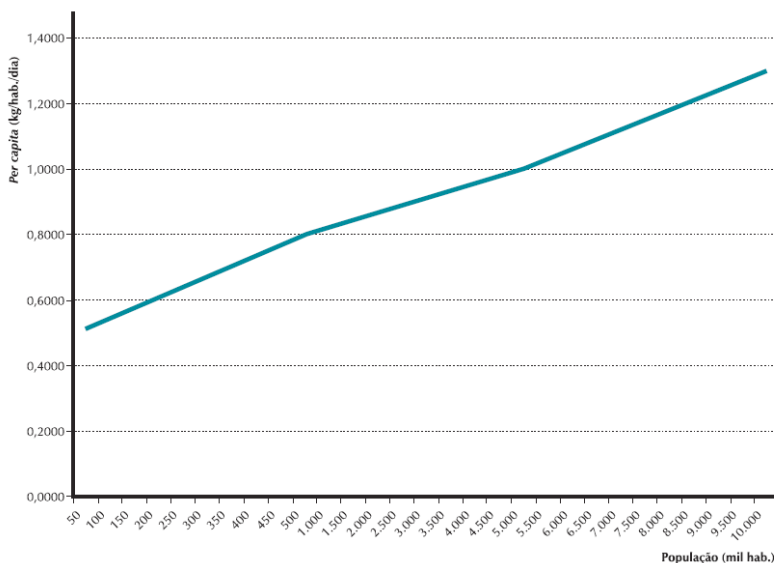
	2013	5214
	2015	5260
	2017	5308
	2019	5355
	2021	5403
	2023	5452
	2025	5501
	2026	5525

Fonte: produção do autor

Tais métodos foram aplicados para cada município em estudo. Na sequência seguiram-se determinados critérios para selecionar aquele que resultou na projeção mais adequada das populações municipais

Projetadas as populações ao longo dos anos dentro do horizonte de projeto, seguiu-se para as projeções das produções de RSU para o mesmo período. Após, obtidos os dados de geração de RS ao longo de 2011, percebeu-se a incapacidade de realizar uma projeção baseada em histórico de taxas de crescimento médias anuais. Sem um histórico de dados de produção não é possível extrapolar a produção para o horizonte de projeto. Assim, para estimar as gerações de RS, aplicou-se metodologia proposta por Monteiro (2001). O autor recomenda que, na ausência de dados mais precisos ou históricos para a geração *per capita*, podem ser realizadas estimativas baseadas em gráfico contendo faixas de variação médias no Brasil. Este gráfico pode ser conferido na Figura 16.

Figura 16 - Variação da geração *per capita* versus população



Fonte: Monteiro (2001)

Aplicando-se esta proposta para a estimativa das gerações, foram plotados no gráfico os valores para as populações projetadas ao longo dos 15 anos, obtendo-se os valores correspondentes para as gerações *per capita*.

Por fim, foi possível estimar a produção de resíduos total para cada ano do horizonte de projeto para cada município, multiplicando-se as populações projetadas pela correspondente geração *per capita* (Equação 04).

Equação 04

$$\text{Prod. Total (ton/ano)} = (\text{Prod. per Capita (kg/hab.dia)}) \times \text{Pop. no ano (hab)} \times \frac{365}{1000}$$

4.5.3. Centros de massa de Geração de RS

Esta etapa teve como atividade inicial a determinação dos Centros Geométricos (CG) de cada sub-região do estudo, ou seja, de cada município. Tendo sido obtidos na fase de coleta de dados mapas digitais georreferenciados contendo a delimitação dos municípios, aplicaram-se os mesmos a um software de SIG, o ArcGis, desenvolvido pela ESRI.

Pretendendo-se alcançar a identificação das coordenadas centrais de cada município (x,y) em UTM, aplicou-se o comando *features to point* do software.

Obtidos os CG dos municípios, partiu-se para a determinação dos respectivos Centros de Massa de Geração de RS. Neste caso, os Centros de Massa dos municípios são equivalentes aos seus CG. Isto se dá pelo fato dos dados de produção obtidos não terem uma distribuição espacial dentro dos limites de cada município. Isto seria possível caso os dados obtivessem uma separação de gerações por cada bairro dentro dos municípios, por exemplo. Ou seja, é considerada uma geração pontual, localizada geograficamente no mesmo ponto do CG.

Por outro lado, foi possível obter-se o Centro de Massa correspondente à área total em estudo. Com esta finalidade, aplicou-se a equação 1 com os dados já obtidos de coordenadas dos CG e as PRS para o ano inicial e final de estudo. Como resultado obteve-se o Centro de Massa do ano inicial (2011) e o Centro de Massa para o ano final (2026). Como mencionado anteriormente, este local geográfico equivale ao local mais recomendado para a implantação de uma ETRS na região considerada.

Definidas as coordenadas dos Centros de Massa de Geração de RS na área em estudo, para o início e final do horizonte de projeto, inseriram-se tais valores no software ArcGis. Após a localização espacial das coordenadas no mapa, através do comando *Map to kml* exportou-se o mapa e suas informações para programa *Google Earth*.

Por fim, tendo-se no programa *Google Earth* uma compilação das coordenadas obtidas e a localização das instalações que compõem o sistema de gerenciamento de RS, foi possível extrair as distâncias percorridas nos sistemas atuais e propostos, necessárias à aplicação das equações 2 e 3. A obtenção de tais distâncias é feita numa aplicação simples de ferramenta disponível no *Google Earth*, a opção *Rota*. Por este método foram identificadas:

- Distâncias viárias entre o CM de cada município e as ETRS (existentes e propostas)
- Distâncias viárias entre as ETRS (existentes e propostas) e o Aterro Sanitário.

Em certos casos os Centros de Massa estavam localizados fora de rotas viárias. Em tais situações foram utilizadas as menores distâncias

em linha reta entre a coordenada e a rota viária, somadas ao restante do percurso em rota normal.

4.5.4. Pré-dimensionamento das ETRS propostas

Na sequencia metodológica, identificado o ponto geográfico que indica o local mais propício à implantação de ETRS para cada cenário, foi possível realizar um pré-dimensionamento das mesmas.

US EPA (2002) determina os seguintes fatores para dimensionamento do tamanho e capacidade de uma ETRS:

- Definição da área de serviço. Deve-se considerar que a totalidade dos resíduos coletados diariamente na região irá passar pela estação;
- A quantidade de resíduos gerada na área de atendimento, considerando as alterações ao longo do horizonte de projeto, como crescimento populacional e programas de reciclagem;
- Tipos de veículos que transportarão os RSU para dentro e fora da ETRS;
- Tipos de resíduos que serão transferidos e sua composição e se há ou não compactação.
- Estimar a variação diária de chegadas de caminhões à ETRS

De acordo com Costa (2005), o tipo de ETRS mais comum no Brasil é do tipo indireta (com acumulação de RS) e com compactação. Assim, todas as ETRS propostas neste estudo foram consideradas sendo deste tipo.

De acordo com UNEP (2005) os investimentos tipicamente necessários para a implementação de uma ET incluem, dentre outros, o custo da área, estruturas, utilitários, equipamentos fixos e móveis. Segundo a mesma fonte, além dos custos de implantação os custos de operação incluem a manutenção associada à própria estação e os custos de transporte dos resíduos transferidos para a disposição final.

O pré-dimensionamento das estações teve como base o estudo de Poloni (2011), devido ao grande detalhamento técnico e econômico de seu estudo. A análise financeira para obtenção dos custos referentes à construção das ETRS foi baseada no mesmo estudo, do qual se retiraram os custos unitários adotados pela autora. Para os gastos relativos à compra de área para a implantação do empreendimento foram consultados corretores locais, que informaram os valores médios do metro quadrado de um terreno vazio, nas regiões consideradas.

O custo total de construção para cada ETRS dimensionada variou de acordo com sua capacidade operacional. Este último valor foi determinado tendo como parâmetro o maior valor de produção diária de RS ao longo do horizonte de projeto, que por sua vez pôde ser extraído da projeção da PRS, realizada em etapa anterior. A fim de projetar o custo por tonelada, foi verificada a massa total de RS que cada ETRS receberá ao longo dos 15 anos projetados (2011-2026). Dividiu-se o valor total de construção pela massa total e obteve-se o valor de custo por massa, em R\$ por tonelada.

Para a identificação do custo de operação das estações, foi feito um paralelo aos valores propostos por Poloni (2011). Foram estabelecidas relações entre a capacidade operacional da ETRS dimensionada pela autora e aquelas propostas neste estudo. O valor resultante desta relação foi multiplicado pelo custo de operação da ET de Poloni (2011) e assim obtiveram-se os custos referentes à operação das ETRS propostas.

Tendo o custo total de operação das ETRS fez-se necessário determinar o custo de operação com relação à massa de RS recebida por cada ETRS. Como os dados de operação são anuais, foi considerada a produção de RS anual do primeiro ano do horizonte de projeto (2011). É importante observar que os custos para operação da ETRS não serão constantes ao longo do horizonte de projeto. Tampouco o serão as quantidades de resíduos recebidas por ano, que assim como os custos tendem a aumentar. Assim, o valor de custo por massa para operação foi considerado constante. Sendo o resultado da divisão entre os valores de custo e massa recebida, resultará num valor praticamente estacionário considerando o crescimento de ambos ao longo dos anos.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Projeção da Produção de RS

5.1.1. Projeção Populacional

Conforme descrito na metodologia, o primeiro passo visando realizar a projeção da produção de resíduos sólidos é a projeção populacional para cada município considerado. Num primeiro momento, foram coletados no banco de dados do IBGE os dados referentes aos estudos populacionais previamente realizados pelo Instituto, Censos e Contagens populacionais. Os dados foram compilados em planilhas Excel, conforme a Tabela 08.

Tabela 8 - Compilação de Dados Populacionais de Cada Município

MUNICIPIO	ANO	POPULAÇÃO TOTAL	Taxa de Crescimento Anual
Aguas Mornas	1991	4611	
	1996	4823	0.90
	2000	5390	2.82
	2007	4410	-2.83
	2010	5548	7.95
	Média		0.98
Palhoça	1991	68430	
	1996	80905	3.41
	2000	102742	6.16
	2007	122471	2.54
	2010	137334	3.89
	Média		3.73
Sto Amaro	1991	13392	
	1996	14547	1.67
	2000	15708	1.94
	2007	17602	1.64
	2010	19823	4.04

	Média		2.09
Sao José	1991	139493	
	1996	149780	1.43
	2000	173559	3.75
	2007	196887	1.82
	2010	209804	2.14
	Média		2.17
Sao Pedro de Alcantara	1991	Indisponível	
	1996	Indisponível	
	2000	3584	
	2007	4765	4.15
	2010	4704	-0.43
	Média		2.76

Fonte: produção do autor, com base em dados do IBGE

Na sequencia foram aplicados os quatro métodos descritos na metodologia, para cada município pertinente. Criaram-se gráficos com uma compilação dos resultados obtidos. Cada gráfico foi elaborado contendo:

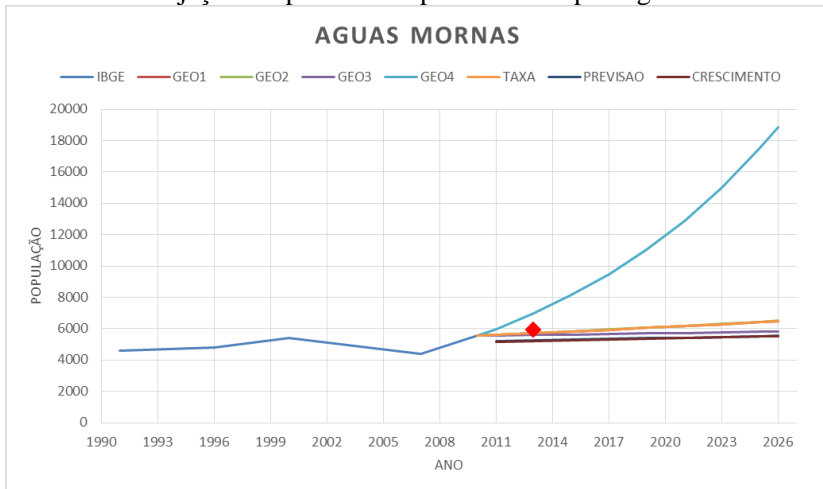
- A reta de crescimento referente aos dados do IBGE;
- Os resultados dos métodos de projeção, até o ano de 2026;
- O ponto (x,y) da população estimada para o ano de 2013, segundo o IBGE. Este ponto está representado em vermelho em cada gráfico.

Analisando-se tais gráficos foi possível a escolha da projeção mais adequada em cada caso. Os critérios para seleção do método mais próximo à realidade de cada município foram: a inclinação da reta da projeção deve ser coerente à inclinação da reta do histórico de dados do IBGE e a reta selecionada deve conter o ponto com o dado estimado de população para o ano de 2013.

Para o município de Florianópolis não foi necessário o cumprimento desta etapa. As projeções populacionais e de gerações de Resíduos haviam sido previamente realizadas, detalhadamente, por Pereira (2013). No ANEXO 2 podem ser verificadas as planilhas correspondentes à aplicação de cada método. Na sequencia seguem os

gráficos contendo as compilações dos resultados desta etapa do estudo, além da indicação dos resultados selecionados.

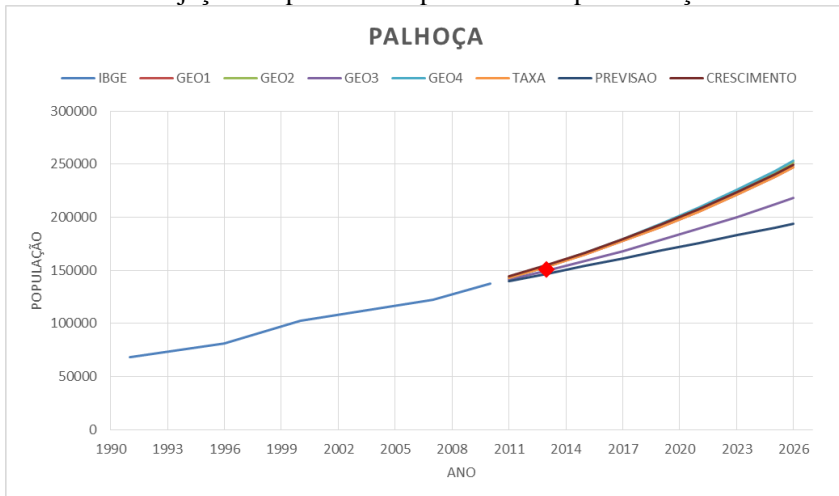
Gráfico 1 – Projeções Populacionais para o município Águas Mornas



Fonte: produção do autor

No caso de Águas Mornas selecionou-se a curva “TAXA”, seguindo os critérios determinados.

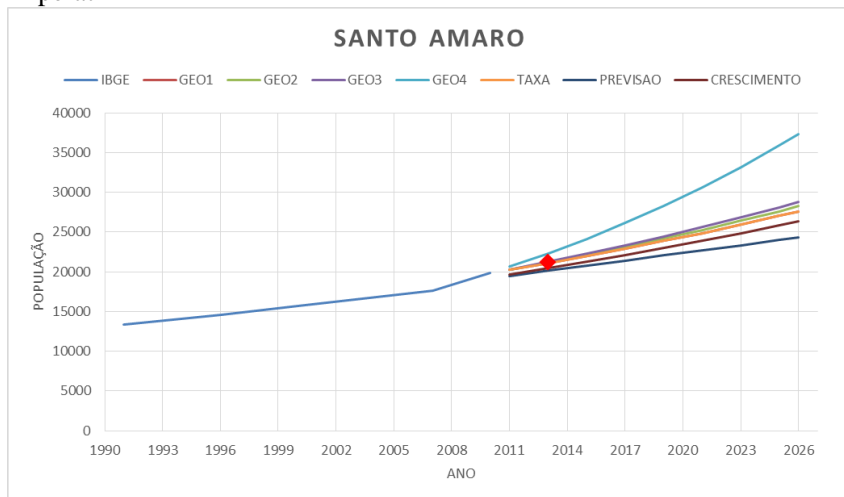
Gráfico 2 – Projeções Populacionais para o município Palhoça



Fonte: produção do autor

Para este município, a exemplo do anterior, selecionou-se o método “TAXA” como o mais representativo para a projeção populacional.

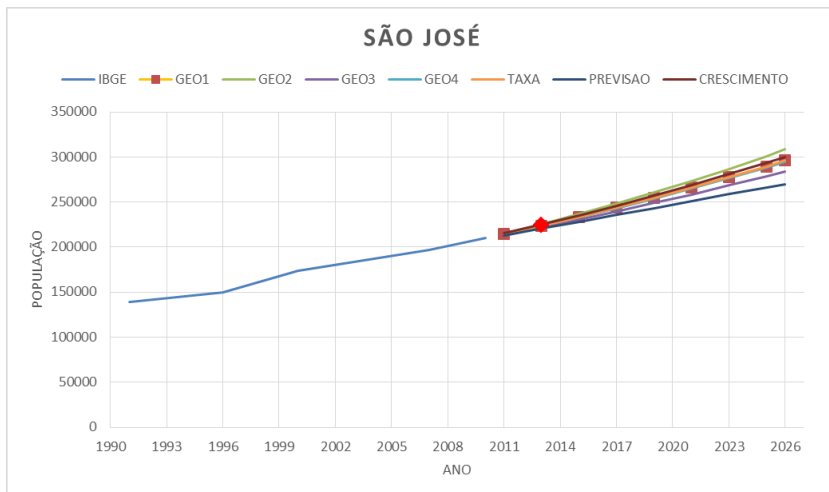
Gráfico 3 – Projeções Populacionais para o município Santo Amaro da Imperatriz



Fonte: produção do autor

Para este município foi selecionada a curva “GEO2”, referente aos dados da projeção populacional aplicando-se o método Geométrico. Geo2 equivale à aplicação do método extrapolando-se o crescimento verificado no período de 1996 a 2010 para os anos subsequentes.

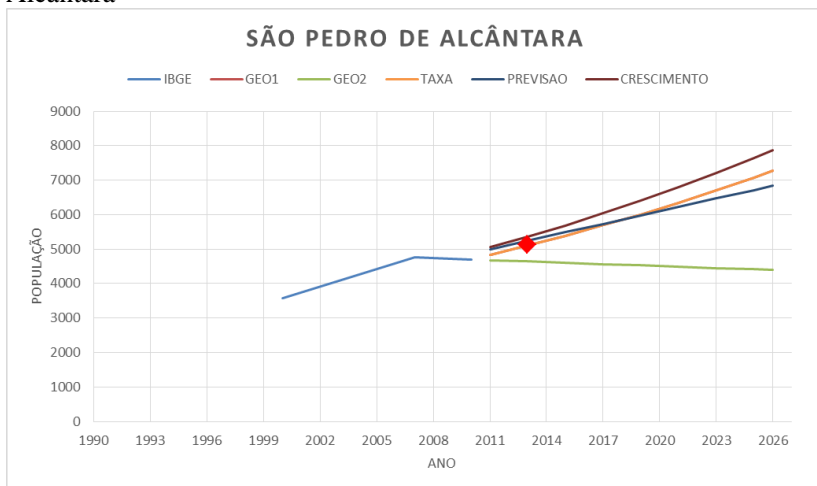
Gráfico 4 – Projeções Populacionais para o município São José



Fonte: produção do autor

Para São José a projeção definida como a mais adequada foi a “GEO1”. Nesta projeção considerou-se como base o crescimento médio anual do período de 1991 a 2010 para se estimar as populações nos anos contidos no horizonte de projeto.

Gráfico 5 – Projeções Populacionais para o município São Pedro de Alcântara



Fonte: produção do autor

Por fim, para São Pedro de Alcântara utilizaram-se os dados populacionais resultantes da projeção da função “Previsão”.

Selecionadas as séries de dados populacionais do período de 2011 a 2026, fez-se uma compilação dos resultados com o número de habitantes para cada ano. Na Tabela 09 seguem as populações para o ano inicial e ano final do estudo.

Tabela 9 – populações em 2011 e 2026

MUNICÍPIO	Nº Habitantes	
	2011	2026
Águas Mornas	5602	6483
Palhoça	142463	246912
Santo Amaro	20266	28234
São José	214360	295860
São Pedro de Alc	5002	6833

Fonte: produção do autor

5.1.2. Projeção da Geração de RS

Conforme mencionado, o método utilizado para a obtenção da projeção da geração de RS para o ano final do horizonte de projeto foi a aplicação do gráfico mostrado na Figura 16, retirado de Monteiro (2001). Tendo-se os valores da população para o ano 2026, verificou-se o valor correspondente de geração per capita. Os valores resultantes deste processo podem ser vistos na Tabela 10, além dos valores de geração per capita para o ano inicial, 2011. Estes últimos valores foram obtidos aplicando-se a Equação 04, com os valores de produção para 2011 extraídos do Quadro do ANEXO 01.

Tabela 10 – Gerações per capita para 2011 e 2026

MUNICÍPIO	Geração per capita kg/hab.dia	
	2011	2026
Águas Mornas	0.32	0.42
Palhoça	0.66	0.66

Santo Amaro	0.59	0.58
São José	0.66	0.67
São Pedro de Alc	0.28	0.42

Fonte: produção do autor

Finalmente, pela geração per capita foi possível determinar a produção total de resíduos para o ano de 2026. Estes valores são apresentados na Tabela 11. Na mesma tabela apresentam-se ainda valores da participação de cada município no total de resíduos gerados na área de estudo, para o ano inicial e final do estudo.

Tabela 11 – Produções de RS em 2011 e 2026

MUNICÍPIO	PRODUÇÃO ANUAL DE RS			
	2011 (ton)	%	2026 (ton)	%
Águas Mornas	650.9	0.3	993.9	0.4
Florianópolis	94421.4	50.7	114956.8	45.1
Palhoça	34345.5	18.4	59481.0	23.3
Santo Amaro	4356.6	2.3	5977.0	2.3
São José	51883.1	27.9	72352.6	28.4
São Pedro de Alc	510.5	0.3	1047.5	0.4
TOTAL	186168.3	100	254808.7	100

Fonte: produção do autor

Vale lembrar que os valores para a produção anual nos bairros Centro e Continente de Florianópolis, incluídos na Tabela 11, foram extraídos de Pereira (2013). Percebe-se, no ano de 2011, sua participação em pouco mais da metade dos resíduos totais gerados na área de estudo. É possível prever que o Centro de Massa total de geração, para este ano, deva estar bastante próximo do Centro Geométrico dessas duas regiões consideradas de Florianópolis. Já para o ano de 2026 pode-se observar uma pequena mudança neste cenário. Os municípios de São José e Palhoça, principalmente este último, seguindo seu padrão de crescimento, apresentam nesta situação uma participação mais considerável no total de produção de RS na região. Assim, é de se esperar que o Centro de Massa para o ano 2026 esteja um pouco mais próximo dos centros de geração desses dois municípios.

5.2. Centros de Massa

Conforme a metodologia descrita, pelos mapas georreferenciados no software ArcGis foi possível determinar as coordenadas (x,y) dos Centros Geométricos de cada município, equivalentes a seus Centros de Massa (Figura 17). Já para a obtenção do Centro de Massa de geração para toda a área (local de implantação da ETRS do Cenário 01), aplicou-se a Equação 1, que exige não só as coordenadas dos CGs, mas também as Produções de RS em kg/dia para os anos 2011 e 2026. Os dados de entrada para a equação podem ser visualizados na Tabela 12.

Tabela 12 – CGs dos municípios e PRS para 2011 e 2026

Município	C.G. x(m)	C.G. y(m)	PRS 2011 (kg/dia)	PRS 2026 (kg/dia)
Águas Mornas	704,311.6	6,930,975.3	1783	2723
Florianópolis	740,110.3	6,945,425.0	258689	314950
Palhoça	729,513.6	6,925,125.8	94097	162962
Santo Amaro da Imperatriz	717,757.1	6,929,203.7	11936	16375
São José	729,790.6	6,947,603.0	142146	198226
São Pedro de Alcântara	713,501.61	6,946,267.3	1399	2870

Fonte: produção do autor

Na sequencia aplicou-se a Equação 1, resultando nas coordenadas geográficas dos Centros de Massa, apresentadas na Tabela 13.

Tabela 13– coordenadas dos Centros de Massa para 2011 e 2026

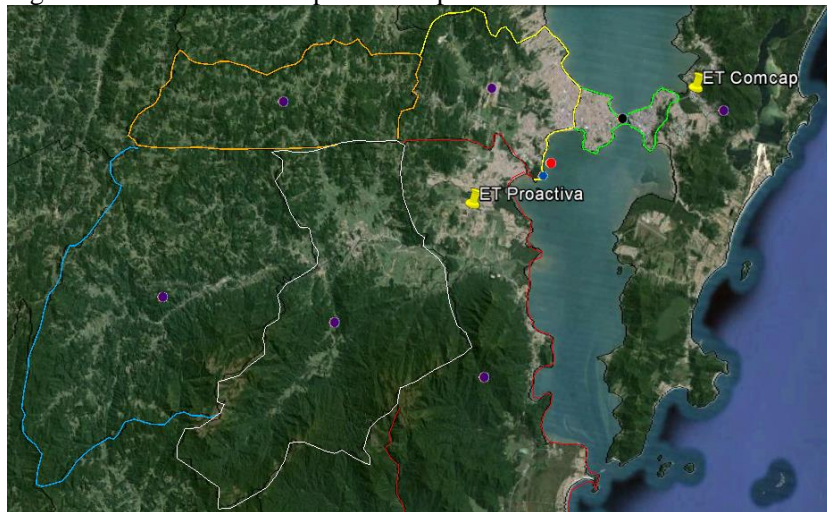
Centro de Massa (2011)		Centro de Massa (2026)	
Soma(x* massa)/ soma massa	Soma (y* massa)/ soma massa	Soma (x* massa)/ soma massa	Soma (y* massa)/ soma massa
734,558.16	6,941,859.27	733,933.11	6,940,871.56

Fonte: produção do autor

As coordenadas foram inseridas no programa *Google Earth*, juntamente com as demais informações obtidas nesta etapa. O que se

obtem como resultado pode ser visualizado na Figura 17, extraída do *Google Earth*.

Figura 17 – CG dos municípios e CM para 2011 e 2026.



Fonte: modificada de imagem de satélite Google Earth

Na imagem tem-se:

- Pontos de cor roxa: CG dos municípios, que equivalem a seus Centros de Massa;
- Ponto de cor preta: CG do Centro e Continente de Florianópolis, áreas do município pertinentes ao estudo;
- Ponto vermelho: Centro de Massa total para 2011;
- Ponto azul: Centro de Massa total para 2026.

Analisando a Figura, é possível verificar que, conforme esperado, o Centro de Massa para o ano de 2026 sofre um leve deslocamento em direção ao Centro Geométrico do município de Palhoça. Isto se dá devido ao crescimento populacional intenso previsto para aquele município, o que ficou comprovado que culminará no aumento de sua participação nas quantidades totais de RS geradas na região. Desta forma, o município traz o Centro de Massa de geração de RS para si, quando comparado ao ano de 2011.

Pode-se observar ainda a proximidade geográfica da Estação de Transferência atual, localizada dentro do município de Palhoça na BR 282, com o Centro de Massa para 2026. Isto comprova que a Estação

atual já está localizada numa região adequada dentro de toda a área considerada. Já para a Estação localizada no Bairro Itacorubi, em Florianópolis, há um distanciamento maior em relação ao Centro de Massa de 2026. Nota-se que o centro de geração fica na parte continental, assim como o Aterro Sanitário. Ou seja, da forma como funciona a logística atual, os resíduos coletados, que já estão próximos às rotas de acesso ao Aterro, retrocedem à região insular para, na sequência, repetir o percurso e seguir para o destino final. Numa análise inicial, imagina-se que uma ETRS no continente seja favorável frente a este cenário.

Obtido o Centro de Massa correspondente às gerações totais no ano de 2026, definiu-se este como sendo o local geográfico ideal para a implantação da ETRS proposta para o Cenário 01. Isto significa que este ponto foi considerado para a localização da ETRS que atenderia a todos os municípios em questão.

O mesmo procedimento de obtenção dos Centros de Massa e mapas foi seguido para a alternativa do Cenário 02. Nesta situação, conforme descrito, as ETRS existentes seriam mantidas e propõe-se uma adicional, a ser instalada no Centro de Massa da PRS dos municípios Florianópolis (Centro e Continente) e São José. Assim, pelo mesmo método obtiveram-se suas coordenadas (Tabelas 14 e 15).

Tabela 14 – CGs e PRS de Florianópolis e São José

Município	c.g. x(m)	c.g. y(m)	PRS 2011	PRS 2026
Florianópolis	740,110.37	6,945,425.00	258689	314950
São José	729,790.61	6,947,603.08	142146	198226

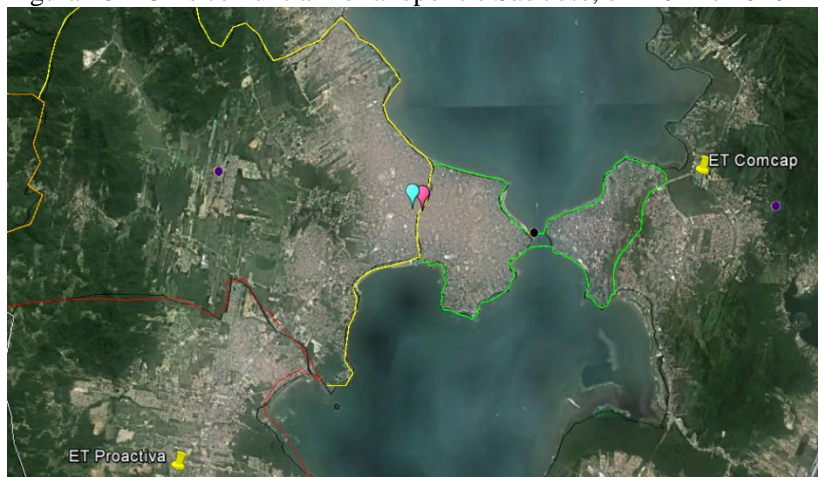
Fonte: produção do autor

Tabela 15 – coordenadas dos Centros de Massa para 2011 e 2026

Centro de Massa (2011)		Centro de Massa (2026)	
Soma (x* massa)/ soma massa	Soma (y* massa)/ soma massa	Soma (x* massa)/ soma massa	Soma (y* massa)/ soma massa
736,450.73	6,946,197.40	736,124.12	6,946,266.33

Fonte: produção do autor

Figura 18 – CMs comuns a Florianópolis e São José, em 2011 e 2026



Fonte: modificado de imagem de satélite Google Earth

Nesta última figura o balão de cor rosa representa o CM de 2011, e o de cor azul clara representa o de 2026. Nota-se que o centro de massa para 2026 se desloca sutilmente em direção ao centro de geração de São José. Isto se dá pelo fato deste município apresentar um crescimento mais acentuado na produção de resíduos que o considerado para o Centro e Continente de Florianópolis, que o leva a aumentar sua participação na produção total para a região.

5.3. Distâncias Percorridas

Tendo disponíveis no programa Google Earth todos os pontos geográficos pertinentes, aplicou-se repetidas vezes a ferramenta Rota, que forneceu as distâncias viárias entre os pontos. Isto foi feito para determinar os percursos internos e externos percorridos no sistema. Obtiveram-se os seguintes dados de distância, para cada Cenário:

- Origem: Centros de Massa de cada município; destino: ETRS atuais e propostas – Percurso Interno.
- Origem: ETRS atuais e propostas; destino: Aterro Sanitário – Percurso Externo.

Combinando os percursos internos e externos é possível determinar o Percurso Total L0 – através da Equação 02. Para aplicar a

equação fez-se necessário ainda determinar a capacidade de carga dos caminhões pequenos (de coleta) e dos caminhões grandes (de transporte). Neste sentido, os seguintes valores foram adotados:

- Caminhões de coleta: capacidade de 4,5 toneladas – média dos caminhões que fazem a coleta nos municípios em questão;
- Caminhões de transporte: 28 toneladas (PEREIRA, 2013). Sendo que a mesma empresa é responsável pela destinação final de resíduos de toda a região, assumiu-se que todos os caminhões de transporte seguem este padrão.

5.3.1. Cenário de Base

As distâncias obtidas e os resultados da aplicação da Equação 2 para a situação atual estão compilados na sequência. Os mesmos procedimentos foram seguidos para o ano inicial e para o ano final do horizonte de projeto. Na Tabela 16 têm-se os percursos internos para este Cenário e o resultado de seu somatório, para o ano de 2011. Na Tabela 17 os resultados para o ano 2026. Neste caso, como citado, adota-se “ccp”=4,5 toneladas.

Tabela 16 – Percursos internos no Cenário de Base, para 2011

Região	Massa de Resíduo coletado 2011 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS correspondente - <i>di</i> (km)	<i>(ma x di)/ccp (Km/d)</i>
AGUAS MORNAS	1,78	31,1	12,33
FLORIANÓPOLIS	258,69	11,0	632,35
PALHOÇA	94,10	16,0	334,57
STO AMARO	11,94	20,7	54,91
SÃO JOSE	142,15	14,4	454,87
SÃO PEDRO ALC	1,40	36,3	11,29
TOTAL	251,36		1500,30

Fonte: produção do autor

Tabela 17 – Percursos internos no Cenário de Base, para 2026

Região	Massa de Resíduo coletado 2026 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS correspondente - <i>di</i> (km)	$(ma \times di)/ccp$ (Km/d)
AGUAS MORNAS	2,72	31,1	18,82
FLORIANÓPOLIS	314,95	11,0	769,88
PALHOÇA	162,96	16,0	579,42
STO AMARO	16,38	20,7	75,33
SÃO JOSE	198,23	14,4	634,33
SÃO PEDRO ALC	2,87	36,3	23,14
TOTAL	383,156		2100,91

Fonte: produção do autor

É possível verificar que, devido ao aumento da produção de resíduos, o percurso interno mantendo-se a situação atual passaria de 1500,3 km/dia para 2100,9 km/dia em 2026. Um aumento de aproximadamente 40%, provocado pelo maior número de viagens que os caminhões devem realizar desde os centros de produção às ETRS existentes.

Nas Tabelas 18 e 19 tem-se o mesmo produto, desta vez para os percursos externos e seu somatório total, para 2011 e 2026 respectivamente. Nesta segunda situação aplica-se para “ccg” o valor de 28 toneladas.

Tabela 18 – Percursos externos no Cenário de Base, para 2011

E.T. ILHA até A.S. - de_1 (km)	Massa de Resíduo transbordado 2011 - mb (ton/dia)	$(mb \times de1)/ccg$ (Km/d)
49,50	258,69	457,33
E.T. 282 até A.S. - de_2 (km)	Massa de Resíduo transbordado 2011 - mb (ton/dia)	$(mb \times de2)/ccg$ (Km/d)
45,90	251,36	412,05
TOTAL		869,38

Fonte: produção do autor

Tabela 19 – Percursos externos no Cenário de Base, para 2026

E.T. ILHA até A.S. – de_1 (km)	Massa de Resíduo transbordado 2026 - mb (ton/dia)	$(mb \times de1)/ccg$ (Km/d)
49.50	314.95	556.79
E.T. 282 até A.S. – de_2 (km)	Massa de Resíduo transbordado 2026 - mb (ton/dia)	$(mb \times de2)/ccg$ (Km/d)
45.90	383.16	628.10
TOTAL		1,184.89

Fonte: produção do autor

Da mesma forma, acompanhando a lógica para o percurso interno, verifica-se um aumento nas distâncias percorridas no percurso externo, devido à maior quantidade de resíduos a serem transportados até o destino final.

Nota-se que os municípios mais distantes das ETRS no sistema atual são aqueles que coincidem com as menores produções – Águas Mornas e São Pedro de Alcântara. Com esta observação já é possível perceber que, pela maior proximidade das ETRS aos centros de maior produção, suas localizações, apesar de não terem contado com estudos de localização, não são inadequadas.

Ao final, efetua-se a soma do somatório do percurso interno e o do externo e chega-se ao valor do Percurso Total L0. Este último valor é aquele plotado na abscissa do gráfico de análise da viabilidade - custos por massa *versus* distâncias percorridas.

5.3.2. Cenário 01

Os mesmos procedimentos seguidos para o Cenário de Base são reproduzidos para os outros Cenários. Os resultados para o Cenário 01 seguem nas Tabelas 20 e 21 para os percursos internos, e nas Tabelas 22 e 23 para os percursos externos.

Tabela 20 – Percursos internos no Cenário 01, para 2011

Região	Massa de Resíduo coletado 2011 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - <i>di</i> (km)	<i>(ma x di)/ccp (Km/d)</i>
AGUAS MORNAS	1,78	39,40	15,61
FLORIANÓPOLIS	258,69	12,00	689,84
PALHOÇA	94,10	23,00	480,94
STO AMARO	11,94	31,00	82,22
SÃO JOSE	142,15	11,00	347,46
SÃO PEDRO ALC	1,40	33,00	10,25
Total	510,05		1626,34

Fonte: produção do autor

Tabela 21 – Percursos internos no Cenário 01, para 2026

Região	Massa de Resíduo coletado 2026 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - <i>di</i> (km)	<i>(ma x di)/ccp (Km/d)</i>
AGUAS MORNAS	2,72	39,40	23,844
FLORIANÓPOLIS	314,95	12,00	839,868
PALHOÇA	162,96	23,00	832,915
STO AMARO	16,38	31,00	112,808
SÃO JOSE	198,23	11,00	484,556
SÃO PEDRO ALC	2,87	33,00	21,036
TOTAL	698,11		2315,03

Fonte: produção do autor

Tabela 22 – Percursos externos no Cenário 01, para 2011

Região	Massa de Resíduo transbordado 2011 - <i>mb</i> (ton/dia)	Dist ETRS proposta até AS - <i>de</i> (km)	<i>(mb x de)/ccg (Km/d)</i>
TODAS	510,05	42,40	772,36

Fonte: produção do autor

Tabela 23 – Percursos externos no Cenário 01, para 2026

Região	Massa de Resíduo transbordado 2026 - mb (ton/dia)	Dist ETRS proposta até AS – de (km)	(mb x de)/ccg (Km/d)
TODAS	698,11	42,40	1057,13

Fonte: produção do autor

Neste caso considera-se que a ETRS proposta recebe e transfere a totalidade dos resíduos gerados na área de estudo.

A mesma observação feita para o Cenário de Base se repete. A diferença é que neste Cenário o aumento do percurso interno de 2011 para 2026 é da ordem de 43%.

Vale antecipar uma análise frente à implantação desta alternativa. Percebe-se que, tanto implantada em 2011 como em 2026, a ETRS não provoca diminuição dos percursos internos quando comparados ao Cenário de base. Em ambos os casos os percursos são superiores. A esta altura, este resultado não traz grandes expectativas quanto à viabilidade desta ETRS, pois se espera que para ser favorável frente à situação atual as distâncias de coleta teriam de ser reduzidas. Por outro lado, os percursos externos apresentam uma diminuição em relação à situação atual, pelo fato de todos os resíduos partirem de uma mesma ETRS. Este fator poderia vir a balancear o aumento dos percursos internos e tornar a nova ETRS viável. No entanto, esta análise será aprofundada através do gráfico de viabilidade apresentado na sequência.

5.3.3. Cenário 02

Para o Segundo Cenário as distâncias calculadas e percursos internos e externos seguem nas Tabelas 24, 25, 26 e 27. As distâncias internas para este caso apresentam mudança frente ao Cenário de Base apenas para Florianópolis e São José. Os resíduos gerados nestes dois municípios serão levados à ETRS proposta nesta alternativa.

Tabela 24 – Percursos internos no Cenário 02, para 2011

Região	Massa de Resíduo coletado 2011 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - <i>di</i> (km)	<i>(ma x di)/ccp</i> (Km/d)
AGUAS MORNAS	1,78	31,10	12,33
FLORIANÓPOLIS	258,69	5,10	293,18
PALHOÇA	94,10	16,00	334,57
STO AMARO	11,94	20,70	54,91
SÃO JOSE	142,15	10,50	331,67
SÃO PEDRO ALC	1,40	36,30	11,29
Total	510,05		1037,94

Fonte: produção do autor

Tabela 25 – Percursos internos no Cenário 02, para 2026

Região	Massa de Resíduo coletado 2026 - <i>ma</i> (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - <i>di</i> (km)	<i>(ma x di)/ccp</i> (Km/d)
AGUAS MORNAS	2,72	31,10	18,82
FLORIANÓPOLIS	314,95	5,10	356,94
PALHOÇA	162,96	16,00	579,42
STO AMARO	16,38	20,70	75,33
SÃO JOSE	198,23	10,50	462,53
SÃO PEDRO ALC	2,87	36,30	23,14
TOTAL	698,11		1516,18

Fonte: produção do autor

Tabela 26 – Percursos externos no Cenário 02, para 2011

Região	Massa de Resíduo transbordado 2011 - <i>mb</i> (ton/dia)	Dist ETRS proposta até AS - <i>de</i> (km)	<i>(mb x de)/ccg</i> (Km/d)
Todas, menos	109,22	45,90	179,03

FLP e SJ			
FLP e SJ	400,84	34,90	499,61
Total			678,65

Fonte: produção do autor

Tabela 27 – Percursos externos no Cenário 02, para 2026

Região	Massa de Resíduo transbordado 2026 - mb (ton/dia)	Dist ETRS proposta até AS – de (km)	<i>(mb x de)/ccg (Km/d)</i>
Todas, menos FLP e SJ	184,93	45,90	303,15
FLP e SJ	513,18	34,90	639,64
Total			942,79

Fonte: produção do autor

Nesta situação é possível ser mais otimista quanto à viabilidade desta proposição de ETRS. Isto pelo fato de tanto os percursos internos quanto externos terem sido reduzidos frente ao Cenário de Base. Esta redução se deve principalmente ao fato da logística dos resíduos de Florianópolis ter sido alterada. Em vez de um trajeto para a região do bairro Itacorubi, neste caso os resíduos seguem um caminho que faz parte da via de acesso para o destino final. Além disso, os resíduos combinados de Florianópolis e São José representam em média 75% dos resíduos totais coletados na região. Assim, qualquer alteração que venha a reduzir a distância viária nas coletas destes municípios terá grande interferência no percurso total percorrido no sistema.

5.3.4. Cenário 03

Este Cenário se difere dos anteriores pelo fato de neste caso ser proposta uma ETRS para cada município. Assim, adota-se uma distância fictícia para o cálculo dos percursos internos. A intenção é minimizar o quão possível for esta distância, a fim de reduzir os percursos internos e maximizar os externos, menos custosos para o sistema. O valor considerado para a distância dos Centros de Massa de Geração dos RS às ETRS é um valor simbólico, visando à análise desta situação extrema.

Os cálculos e resultados para os percursos podem ser vistos nas Tabelas 28, 29, 30 e 31.

Tabela 28 – Percursos internos no Cenário 03, para 2011

Região	Massa de Resíduo coletado 2011 - ma (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - di (km)	<i>(ma x di)/ccp (Km/d)</i>
AGUAS MORNAS	1,78	1,00	0,40
FLORIANÓPOLIS	258,69	1,00	57,49
PALHOÇA	94,10	1,00	20,91
STO AMARO	11,94	1,00	2,65
SÃO JOSE	142,15	1,00	31,59
SÃO PEDRO ALC	1,40	1,00	0,31
Total	510,05		113,35

Fonte: produção do autor

Tabela 29 – Percursos internos no Cenário 03, para 2026

Região	Massa de Resíduo coletado 2026 - ma (ton/dia)	Distância do C.M. até a ETRS Proposta - di (km)	<i>(ma x di)/ccp - (Km/d)</i>
AGUAS MORNAS	2,72	1,00	0,61
FLORIANÓPOLIS	314,95	1,00	69,99
PALHOÇA	162,96	1,00	36,21
STO AMARO	16,38	1,00	3,64
SÃO JOSE	198,23	1,00	44,05
SÃO PEDRO ALC	2,87	1,00	0,64
TOTAL	698,11		155,13

Fonte: produção do autor

Tabela 30 – Percursos externos no Cenário 03, para 2011

Região	Massa de RS coletado 2011 - ma (ton/dia)	Dist de cada ETRS ao AS - di (km)	(ma x di)/ccg - (Km/d)
AGUAS MORNAS	1,78	77,00	4,90
FLORIANÓPOLIS	258,69	37,80	349,23
PALHOÇA	94,10	58,60	196,93
STO AMARO	11,94	66,60	28,39
SÃO JOSE	142,15	41,2	209,16
SÃO PEDRO ALC	1,40	68,30	3,41
Total	510,05		792,03

Fonte: produção do autor

Tabela 31 – Percursos externos no Cenário 03, para 2026

Região	Massa de RS coletado 2026 - ma (ton/dia)	Dist de cada ETRS ao AS - di (km)	(ma x di)/ccg - (Km/d)
AGUAS MORNAS	2,72	77,00	7,49
FLORIANÓPOLIS	314,95	37,80	425,18
PALHOÇA	162,96	58,60	341,06
STO AMARO	16,38	66,60	38,95
SÃO JOSE	198,23	41,2	291,68
SÃO PEDRO ALC	2,87	68,30	7,00
TOTAL	698,11		1111,35

Fonte: produção do autor

Conforme o esperado, esta alternativa resulta numa significante redução dos percursos internos, quando comparada com a situação atual. Caso fossem implantadas no ano de 2011, as ETRS provocariam uma redução de 1500 para 113 km/dia no percurso interno. Nota-se ainda uma redução no percurso externo, de menor magnitude que a do percurso interno. Esta última se dá pelo fato de menores volumes de resíduos estarem sendo transportados de cada ETRS, sendo necessário menor número de viagens dos caminhões de transporte.

5.4. Pré-Dimensionamento e custos por tonelada das ETRS

Obtidos os Centros de Massa para cada Cenário, sendo os locais mais propensos à implantação das novas ETRS, foi possível realizar um pré-dimensionamento para cada uma das ETRS propostas. No total, sete ETRS foram dimensionadas, sendo: A ETRS para o Cenário 01, atendendo todos os municípios; a ETRS para o Cenário 02, atendendo ao centro e continente de Florianópolis e São José; e uma ETRS para cada município no Cenário 03. Neste último Cenário aproveitou-se um dimensionamento feito por Pereira (2013) para a ETRS proposta para Florianópolis.

As capacidades operacionais para cada estação foram determinadas com base no dia de maior produção de RS ao longo do horizonte de projeto. Como a produção é crescente, foram tomados os valores de produção diária do ano de 2026, correspondentes aos valores máximos. Na Tabela 32 pode-se verificar tais valores.

Tabela 32 – Produção máxima diária de RS nos CMs para cada Cenário

ETRS Dimensionada	Capacidade Operacional
	Ton/dia
Cenário 01	698.1
Cenário 02	513.2
Cenário 03 - ETRS Águas Mornas	2.7
Cenário 03 - ETRS Palhoça	163.0
Cenário 03 - ETRS Santo Amaro	16.4
Cenário 03 - ETRS São José	198.2
Cenário 03 - ETRS São Pedro	2.9

Fonte: produção do autor

De acordo com a metodologia descrita para esta etapa, o dimensionamento de cada estação foi feito considerando:

- Os tipos de serviços executados.
- Os valores unitários retirados de Poloni (2010), com correção para o ano de 2011, aplicando-se uma inflação média de 6%.
- Valor Total de cada item enumerado.
- O custo do metro quadrado para a região de implantação de cada ETRS.

Um exemplo desta aplicação pode ser visualizado na Tabela 33. O mesmo foi repetido para todas as ETRS propostas.

Tabela 33 – Pré-dimensionamento da ETRS do Cenário 01

SERVIÇOS	UNI	QTDE	Custo Unitário (R\$)	Custo Total (R\$)
ÁREA				
Compra da área	m ²	20000	300	6000000
Serviços Preliminares				
Remoção de Vegetação	m ²	20000	0	4452
Limpeza da Área	m ²	20000	0	4876
Terraplenagem	m ²	20000	1	10176
Licenciamento Federal	vb	1	282	282
Licenciamento Ambiental				
Licença Prévia - LP	vb	1	70572	70572
Licença de Instalação - LI	vb	1	64523	64523
Licença de Operação - LO	vb	1	64523	64523
			SUBTOTAL	6219403
UNIDADE DE CONTROLE E PESAGEM				
Balança	unid.	2	46640	93280
			SUBTOTAL	93280
UNIDADE DE RECEPÇÃO				

Pátio de Armazenamento				
Área construída	m ²	3030	687	2081412
Piso estrutural	m ²	6521	74	483841
Silo de Descarga				
Escavação	m ³	1995	4	8246
Concreto Armado	m ³	28	901	24883
Equipamentos de Transferência				
Prensa	unid	4	67628	259404
Mecanismo Operacional Roll-on Roll-off mais compactadores estacionários	unid		106000	
Pá-carregadeira	unid	4	58300	223624
			SUBTOTAL	3081410
Veículos de Transporte				
Semi-reboque basculante de 50m ³	unid	8	116600	894496
Unidade tratora cavaleiro	unid	8	222600	1707675
Semi-reboque basculante de 30m ³	unid		79500	
			SUBTOTAL	2602171
CABINE DE CONTROLE				
Área da cabine (5m x 5m)	m ²	96	916	87823
Equipamentos da cabine:	unid	2	53000	106000

armário, mesa, cadeiras, computador, impressora				
			SUBTOTAL	193823
GERADOR DE ENERGIA EMERGENCIAL				
Motor gerador de 250 kVA	unid	4	159000	609884
Área do motor gerador (5m x 5m)	m ²	96	138	13214
			SUBTOTAL	623098
OFICINA DE MANUTENÇÃO				
Área (10m x 12m)	m ²	460	138	63428
			SUBTOTAL	63428
INSTALAÇÕES DE APOIO				
Cercamento				
Cercamento com tela de alambrado (malha de 0,05m x 0,05m)	m ²	1335	14	18394
Mourões de concreto (reto com base de 10 cm x 10 cm e altura de 2,50m)	unid	334	16	5306
Cortinamento vegetal				
Árvores de pequeno porte	unid	150	5	716
Árvores de médio porte	unid	100	7	689
Árvores de grande porte	unid	50	8	424
Comunicação				
Comunicadores tipo viva-voz	unid	12	318	3659

Semáforos	unid	10	1590	15900
Controle de Contaminação				
Hidrantes	unid	8	1060	8132
Reservatório de Água da chuva	unid	8	848	6505
Cisternas	unid	8	3869	29681
Extratores de ar e filtros	unid	8	318	2440
Instalações Sanitárias				
Área construída	m ²	138	1145	158082
Escritório				
Área construída	m ²	460	1145	526940
Equipamentos informática e mobiliário	unid	4	53000	203295
Estacionamento	m ²	460	318	146372
Instalações contra incêndios e raios	unid	96	106	10165
			SUBTOTAL	1136699
			TOTAL	14013312
TOTAL ACRESCIDO DE FATOR DE SEGURANÇA (10%)				15414643

Fonte: produção do autor, modificado de Poloni (2011)

Por este exemplo é possível verificar que a compra da área corresponde a uma parcela significativa do valor total do empreendimento. Isto se dá pelo fato da maioria das ETRS dimensionadas estarem localizadas em áreas urbanizadas e valorizadas. Isto não ocorre para Águas Mornas, Santo Amaro e São Pedro de Alcântara, onde o custo do metro quadrado para compra de um terreno é

bem inferior em relação aos outros municípios. Para o caso do Cenário 02, principalmente, o Centro de Massa está localizado em área densamente povoada. Ou seja, o custo de implantação é bastante elevado no local, e existem ainda os entraves para licenciamento devido aos impactos de vizinhança e políticas públicas de zoneamento urbano.

O custo de implantação de cada estação com relação à massa total de resíduos recebida durante o horizonte de projeto pode ser verificado na Tabela 34.

Tabela 34 – Custo por massa de implantação para cada ETRS

ETRS Dimensionada	Massa total de RS recebida de 2011 a 2026	Custo Total de Implantação	Custo por Massa
	Ton	R\$	R\$/ton
Cenário 01	3 505 806	15 414 643	4,4
Cenário 02	2 664 867	14 851 429	5,6
Cenário 03 - ETRS Águas Mornas	13 007	1 723 870	132,5
Cenário 03 - ETRS Palhoça	733 761	3 998 101	5,4
Cenário 03 - ETRS Santo Amaro	82 082	1 888 870	23,0
Cenário 03 - ETRS São José	985 228	6 602 114	6,7
Cenário 03 - ETRS São Pedro	13 007	1 723 870	132,5

Fonte: produção do autor

Percebe-se que, por razões óbvias, quanto maior for a capacidade operacional da ETRS menores serão os custos por tonelada para sua implantação. Verifica-se que para os municípios de menor tamanho e menores gerações a implantação de uma ETRS exclusiva se torna bastante dispendiosa. Isto porque os componentes básicos de uma estação devem, de toda maneira, estar presentes e a quantidade de resíduos recebida em tais estações é bastante reduzida quando comparada a Florianópolis e São José, por exemplo. Para Águas Mornas e São Pedro de Alcântara foi adotado o mesmo valor para o custo de implantação da ETRS, pelo fato de ambos os municípios terem valores de gerações bastante similares. Para Florianópolis utilizou-se o valor de

4,03 R\$/ton, retirado do estudo feito por Pereira (2013) para uma ETRS a ser construída na região continental do município.

Em seguida foram calculados os custos totais anuais operacionais para se manter cada estação em funcionamento. Estes custos, a massa de RS recebida no primeiro ano do projeto e os custos por massa são apresentados na Tabela 35.

Tabela 35 – Custo por massa para operação de cada ETRS.

ETRS Dimensionada	Massa total de RS recebida em 2011	Custo de Operação	Custo por Massa
	Ton	R\$/ano	R\$/ton
Cenário 01	188 634	5 791 728	30,7
Cenário 02	146 574	4 257 487	29,0
Cenário 03 - ETRS Águas Mornas	755	22 591	29,9
Cenário 03 - ETRS Palhoça	34 332	1 351 986	39,4
Cenário 03 - ETRS Santo Amaro	4 323	135 856	31,4
Cenário 03 - ETRS São José	52 152	1 509 935	29,0
Cenário 03 - ETRS São Pedro	755	22 591	29,9

Fonte: produção do autor

O custo total por massa para construção e operação de cada estação proposta é obtido somando-se os dois valores obtidos para cada. Estes valores totais são apresentados na Tabela 36.

Tabela 36 – Custos por massa de construção e operação

ETRS Dimensionada	Custo Total para Construção e Operação
	R\$/ton
Cenário 01	35,1
Cenário 02	34,6
Cenário 03 - ETRS Águas Mornas	162,5

Cenário 03 - ETRS Palhoça	44,8
Cenário 03 - ETRS Santo Amaro	54,4
Cenário 03 - ETRS São José	35,7
Cenário 03 - ETRS São Pedro	162,5
Cenário 03 – Florianópolis	23*

Fonte: produção do autor

*Fonte Pereira (2013)

Percebe-se que para as estações que recebem menores quantidades de resíduos o valor que mais influencia no custo total é o custo de implantação, devido ao elevado investimento inicial e longo período de retorno. Para aquelas com elevada quantidade de RSU recebidos o custo maior é o custo operacional (em relação ao custo de implantação), como é o caso das ETRS dos Cenários 01 e 02.

5.5. Análise da Viabilidade das ETRS

Finalmente, para a elaboração dos gráficos de análise de viabilidade fez-se necessário aplicar a Equação 03, visando obter os custos por massa de cada sistema. Para aplicar a equação determinaram-se os custos por massa do percurso interno, ou custos de coleta, e os custos por massa do percurso externo, ou custos de transporte.

Os custos referentes à coleta e ao transporte de RS nos municípios considerados foram retirados de diferentes fontes. Para o custo de coleta dos resíduos de Florianópolis adotou-se o valor utilizado por Pereira (2013). Em seu estudo a autora obteve o valor de 230 R\$/ton, valor este que já inclui os custos com operação da ETRS atual existente no Itacorubi. Para os municípios de Águas Mornas e São José, os custos foram retirados de um levantamento feito por SNIS (2012), no qual fez-se uma análise dos custos com o gerenciamento de resíduos sólidos em diversos municípios brasileiros, para o ano de 2010.

Sabe-se que os custos com a coleta são bastante variáveis, pois dependem das características geográficas, topográficas, frota disponível, valor de mão-de-obra, valores de combustível na região, dentre outros fatores. No entanto, na falta de dados para os municípios de Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara, por não terem participado de um levantamento detalhado, retiraram-se valores de médias nacionais elaboradas por IPEA (2012). Naquele estudo podem ser obtidos valores médios de custo com a coleta de resíduos,

relacionados com o tamanho dos municípios e quantidade de resíduos gerados. O estudo foi feito tendo como base o ano de 2008. Tanto para os montantes obtidos através de SNIS (2012) como para aqueles de IPEA (2012), fez-se uma correção considerando-se a inflação média para os períodos, até o ano de 2011, ano base do horizonte de projeto. O resultado é apresentado na Tabela 37.

Tabela 37 – Custos de Coleta para 2011, em R\$/ton

Município	2008*	2010**	2011
AGUAS MORNAS		111,60	132,92
FLORIANÓPOLIS			230,04
PALHOÇA	167,50		199,50
STO AMARO	75,00		89,33
SÃO JOSE		80,58	95,97
SÃO PEDRO ALC	75,00		89,33

Fonte: produção do autor

*Fonte: IPEA(2012)

**Fonte: SNIS (2012)

Para os custos por massa dos percursos externos, ou seja, para o transporte de resíduos, o valor considerado foi o mesmo para todos os municípios. Isto pelo fato da mesma empresa ser a responsável pelo transporte de todos os RS que partem das ETRS da região, e pela capacidade dos caminhões ser a mesma. Este custo foi retirado de Pereira (2013), que por sua vez obteve o valor através da empresa responsável pela gestão dos resíduos de Florianópolis. Este valor é de 22,6 R\$/ton.

Fazendo uma rápida comparação entre os valores de coleta e transporte já é possível verificar o porquê de uma ETRS vir a ser vantajosa. Os custos envolvidos com o transporte de RS são significativamente menores que aqueles para a coleta. Isto pelo fato da capacidade de carga ser maior e serem necessárias menor quantidade de viagens, menos mão-de-obra e menos manutenção para o transporte, dentre outros aspectos já comentados.

5.5.1. Situação Atual – Cenário de Base

Com os dados dos Percursos Internos, Externos e Totais, apresentados no tópico 5.3, têm-se disponíveis os valores para o eixo das

abscissas para geração do gráfico de viabilidade. Ainda, tais valores são necessários para aplicação da Equação 03 e obtenção dos valores para o eixo y. Foi possível desta forma obter a equação da reta e gerar gráficos para cada situação, considerando a implantação em 2011 ou em 2026. Para a situação atual vale lembrar que os valores de x e y iniciais são iguais a zero. Os resultados encontram-se na Tabela 38.

Tabela 38 – Percursos Totais (LO), custo/ton e equação da reta para a situação atual

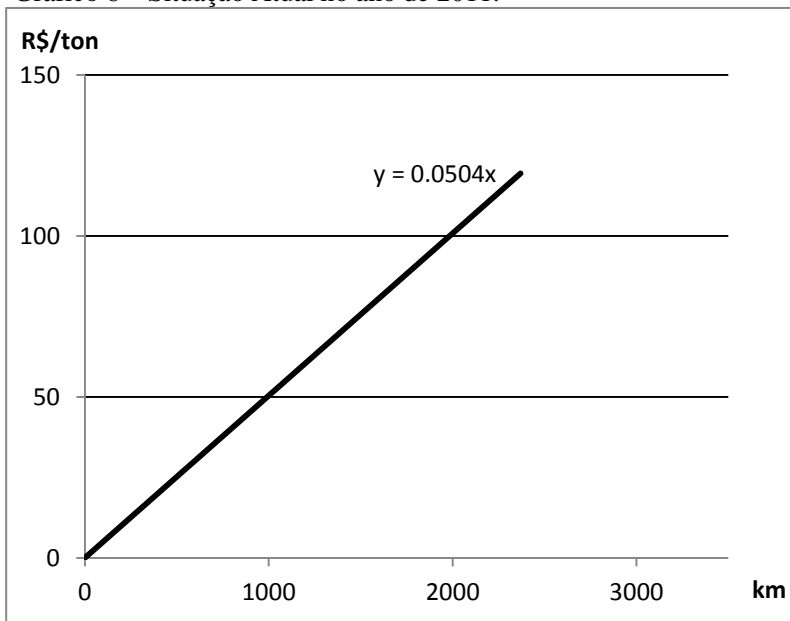
Ano	X (Km)	Y (R\$/ton)	Equação da Reta
2011	2369,68	119,45	$y = 0,050x$
2026	3285,80	119,19	$y = 0,0363x$

Fonte: produção do autor

Percebe-se de 2011 para 2026 um considerável aumento nas distâncias percorridas, devido ao aumento das gerações de resíduos que obrigam a realização de maior número de viagens para coleta e transporte. Por outro lado, os custos permanecem praticamente estáveis, pelo fato de ambas as despesas e as massas de resíduos aumentarem ao longo do horizonte de projeto.

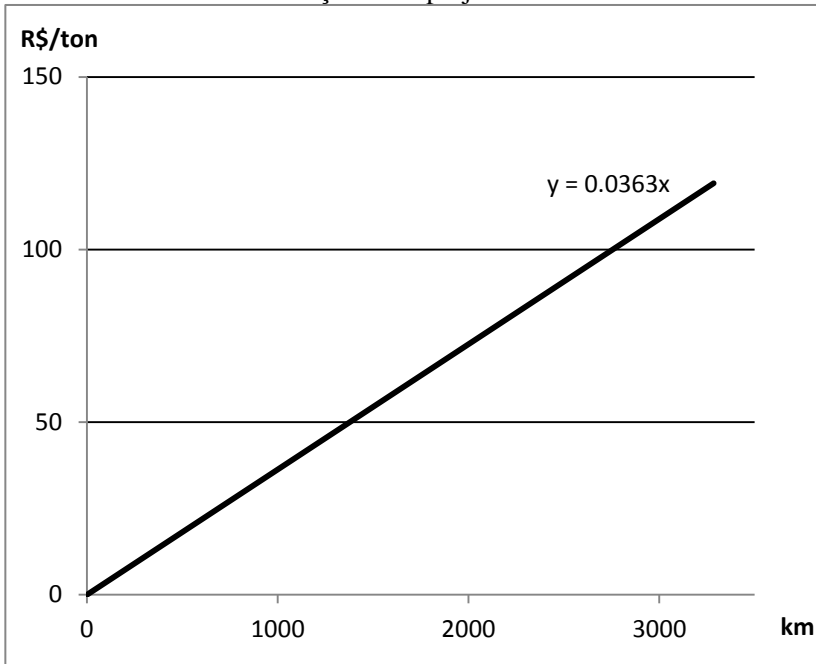
Por fim foi possível elaborar o gráfico que identifica o custo/ton versus a distância total percorrida para a situação atual, para 2011 (Gráfico 06) e para 2026 (Gráfico 07).

Gráfico 6 – Situação Atual no ano de 2011.



Fonte: produção do autor

Gráfico 7 – Gráfico da situação atual projetada no ano de 2026



Fonte: produção do autor

5.5.2. Estudo de Cenários – Comparação entre a Situação atual e as Alternativas

Pelo estudo de cenários foi possível analisar a viabilidade da implantação das ETRS propostas nas localidades determinadas neste estudo, para início e para fim de projeto. Isto foi feito comparando-se cada cenário com o cenário de base, ou situação atual.

5.5.2.1. Cenário 01

As coordenadas da reta - distâncias totais percorridas e custos por tonelada - assim como as equações da reta para esta situação são apresentadas na Tabela 39. Nesta alternativa o valor inicial para o eixo y é de 35,10 R\$/ton.

Tabela 39 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 01

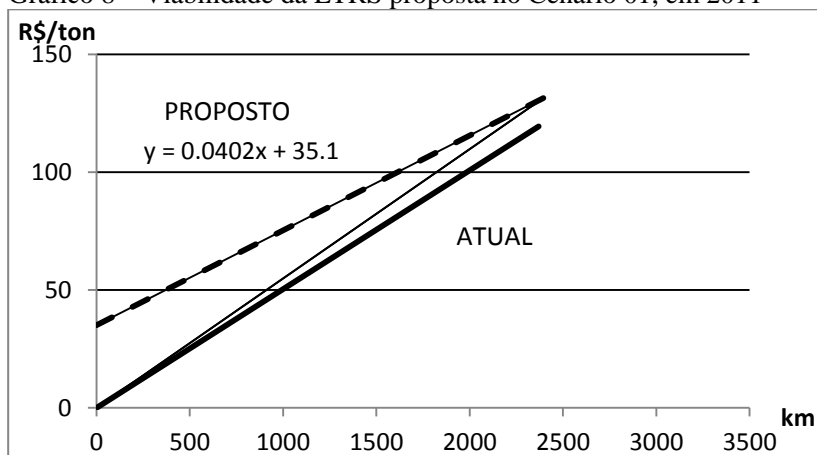
Ano	X (Km)	Y (R\$/ton)	Equação da Reta
2011	2398,71	131,64	$y = 35,1 + 0,040x$
2026	3372,16	131,93	$y = 35,1 + 0,029x$

Fonte: produção do autor

Verifica-se que assim como na situação atual as distâncias percorridas aumentam de 2011 para 2026 e os custos/ton mantêm-se praticamente constantes. O coeficiente angular (parâmetro que define a inclinação da reta) é menor para o ano final de projeto.

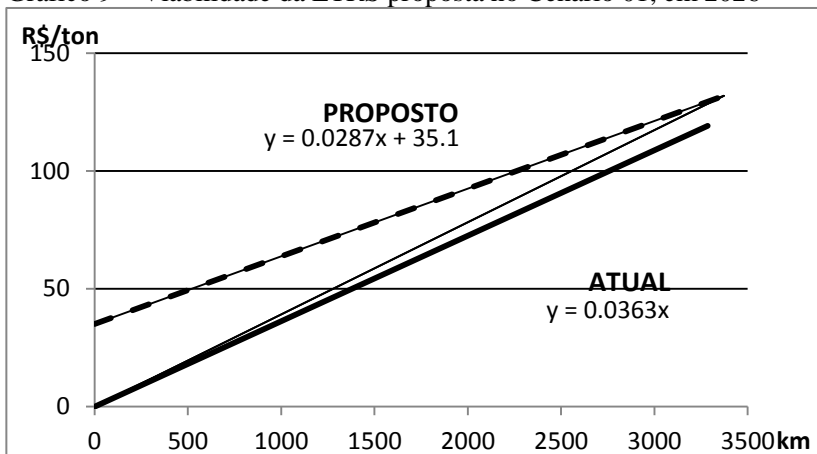
Quando comparados com a situação atual, estes valores indicam que a implantação desta ETRS dificilmente será viável. As distâncias percorridas e os custos por massa aumentaram em relação àquela situação, mas por outro lado os coeficientes angulares apresentaram redução. Analisando-se os Gráficos 8 e 9 foi possível ter um resultado mais conclusivo.

Gráfico 8 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 01, em 2011



Fonte: produção do autor

Gráfico 9 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 01, em 2026



Fonte: produção do autor

Ao comparar as situações fica comprovada a inviabilidade deste empreendimento, tanto para o início como para o final do horizonte de projeto. Verifica-se que não há intersecção entre as retas em nenhum dos casos, ou seja, não há ponto de virada para o qual a ETRS se tornaria viável. Percebe-se que a inclinação da reta do segundo gráfico (Gráfico 09) apresenta uma leve redução, mas não é o suficiente para tornar o empreendimento vantajoso no ano de 2026.

Este resultado comprova as expectativas iniciais de quando foram obtidas as distâncias internas e externas para este Cenário. Não se chegou a nenhuma redução de percurso interno significativa, que pudesse gerar expectativas quanto à vantagem desta alternativa. Os custos por massa por sua vez também não apresentaram redução visível.

Assim, é possível verificar que uma ETRS de grandes dimensões que atendesse a todos os municípios não seria vantajosa atualmente. Isto principalmente pelo fato de as distâncias internas para se chegar até ela, partindo dos centros de geração, serem significativas.

No entanto, as inclinações das retas para o Cenário 01 são menores que aquelas da situação atual. Ou seja, existirá, em determinado momento, uma distância a partir da qual o empreendimento se tornará viável. Caso ocorra uma mudança significativa no sistema de gerenciamento dos RS da região, como por exemplo uma alteração na localidade de Destino Final para uma área mais distante, é possível que esta ETRS viesse a se tornar viável. Outra possibilidade seria caso

ocorresse uma redução representativa nos custos de coleta ou transporte. Este fator poderia, da mesma forma, favorecer a implantação desta ETRS. Entretanto, nos moldes atuais fica comprovada a inviabilidade de tal instalação, na forma como foi proposta neste estudo.

5.5.2.2. Cenário 02

Após o resultado negativo para a viabilidade da estação anterior, foi proposta a estação do Cenário 02. Esta concepção foi criada na expectativa de obter uma redução no percurso interno e nos custos/tonelada para os dois municípios mais representativos nas quantidades de resíduos geradas, Florianópolis e São José. Esperava-se que estes fatores, aliados à manutenção das ETRS existentes como parte integrante do sistema, pudessem tornar esta alternativa viável. Os dados para a reta do Cenário 02 são apresentados na Tabela 40. Neste caso o valor inicial no eixo das ordenadas é de 34,62 R\$/ton, representando o custo por massa para construção e operação da ETRS.

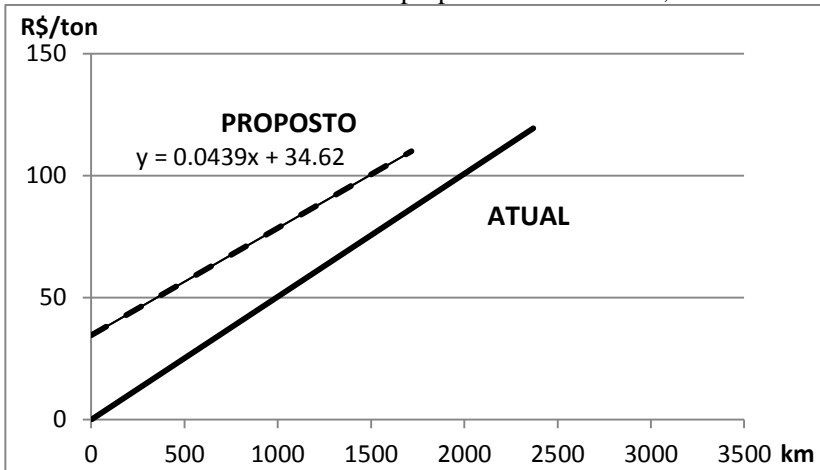
Tabela 40 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 02

Ano	X (Km)	Y (R\$/ton)	Equação da Reta
2011	1716,59	110,05	$y = 34,62 + 0,044x$
2026	2458,97	111,71	$y = 34,62 + 0,031x$

Fonte: produção do autor

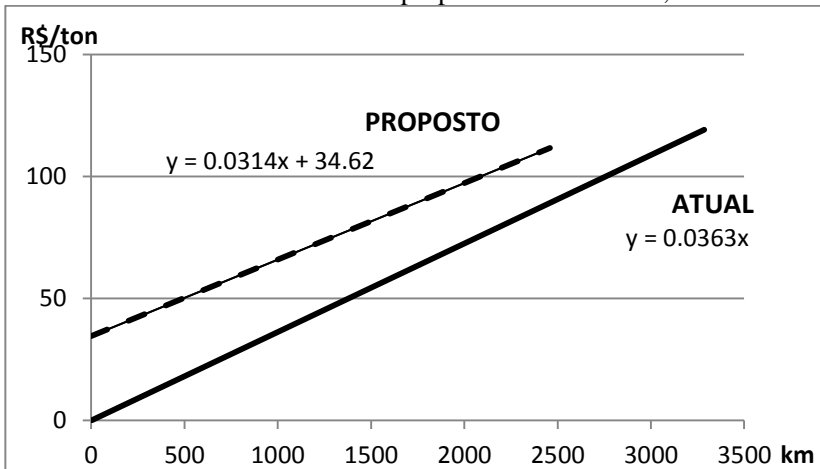
Numa análise prévia da reta para este Cenário é possível notar que, de fato, os percursos tanto internos quanto externos foram reduzidos quando comparados com a situação atual. A redução para o percurso total foi da ordem de 27% para 2011, e para 2026 foi cerca de 25%. Os custos por massa também acompanharam a redução, mas em menor escala. A redução dos custos ficou em torno de 8%. Verificou-se ainda redução nos coeficientes angulares de ambas as retas. Pela análise dos Gráficos 10 e 11 foi possível avaliar se tais reduções foram suficientes para comprovar a viabilidade desta alternativa.

Gráfico 10 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 02, em 2011



Fonte: produção do autor

Gráfico 11 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 02, em 2026



Fonte: produção do autor

Obtém-se resultado bastante semelhante com aquele observado para o Cenário 01. Novamente, nem para 2011 e tampouco para 2026 a implantação da ETRS é viável. As reduções obtidas para os custos e distâncias não foram significativas o bastante para balancear os investimentos iniciais e viabilizar este empreendimento. Verifica-se no

entanto que, assim como no Cenário 01 obteve-se uma redução na inclinação da reta para este Cenário, comparando-o à situação atual. Como já comentado, isto indica que em algum momento as retas virão a se cruzar. Mas isto não ocorre considerando a forma como a ETRS foi proposta no contexto atual.

A análise do gráfico é conclusiva e indica a inviabilidade desta ETRS na forma como foi concebida para a área de estudo. Interessante observar que em seu estudo, Pereira (2013) obteve resultado semelhante quando avaliou a viabilidade de uma ETRS na região continental para atender ao município de Florianópolis. Tais resultados vão contra a expectativa inicial de que se alterando a logística atual os resultados seriam positivos para o sistema de Florianópolis.

5.5.2.3. Cenário 03

Após as frustradas proposições de alternativas para o sistema de transporte de RS da região, propôs-se um último Cenário, na tentativa de comprovar certas conclusões e direcionar trabalhos semelhantes na área em estudo. Na sequência às análises dos Cenários anteriores, percebe-se que alguns fatores são preponderantes para a viabilidade de implantação de uma ETRS. No Cenário 03 pretendeu-se gerar uma situação extrema, para verificar a importância de uma redução considerável das distâncias dos percursos internos do sistema para viabilizar uma estação de transferência. O Cenário, já descrito anteriormente, teve como base para a elaboração do gráfico os parâmetros apresentados na Tabela 41.

Para esta situação atípica, com uma ETRS para cada município, o eixo das ordenadas tem como coordenada inicial um valor bastante elevado, sendo 484,83 R\$/ton. Este custo representa o somatório dos custos por massa relativos à construção e operação de todos os empreendimentos.

Tabela 41 – Percurso Total (L0), custo/ton e equação da reta. Cenário 03

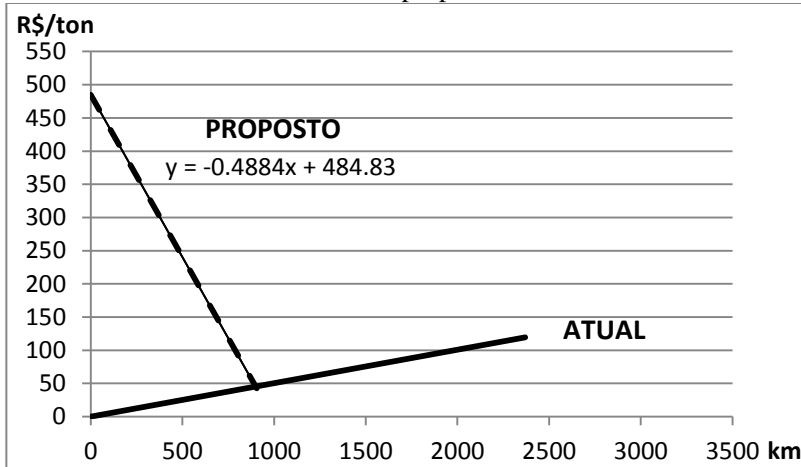
Ano	X (Km)	Y (R\$/ton)	Equação da Reta
2011	905,37	42,68	$y = 484,83 - 0,488x$
2026	1.266,49	41,95	$y = 484,83 - 0,35x$

Fonte: produção do autor.

Neste caso observa-se uma redução considerável nas distâncias percorridas e nos custos por massa. A redução dos custos é provocada pelos grandes trajetos com transporte menos custoso e reduzidas

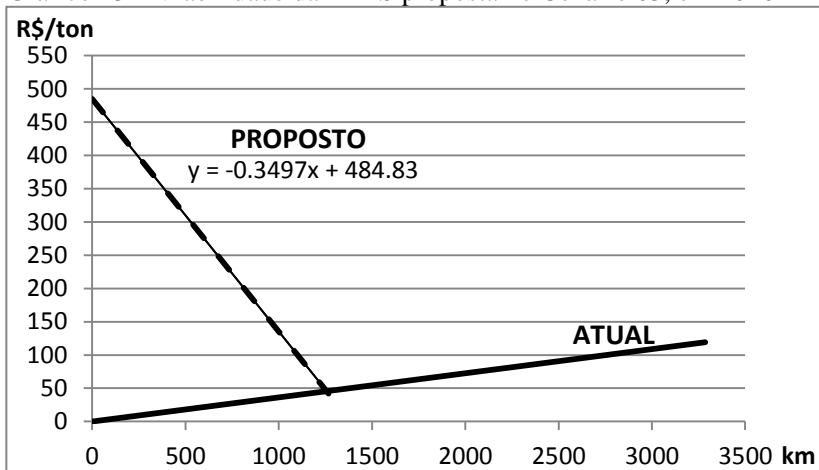
distâncias nos percursos internos. Comparando com a situação atual tem-se uma diminuição de pouco mais de 60% nos percursos totais, e de 65% nos custos totais. Nota-se que a equação da reta apresenta um coeficiente angular negativo, ou seja, a reta está inclinada para baixo. Isto pode ser visualizado nos Gráficos 12 e 13.

Gráfico 12 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 03, em 2011



Fonte: produção do autor.

Gráfico 13 – Viabilidade da ETRS proposta no Cenário 03, em 2026



Fonte: produção do autor.

Em ambas as situações percebe-se que as retas se interceptam. Comprova-se que uma concepção desse tipo seria viável para o sistema como um todo, resultando num rápido retorno dos elevados investimentos. No ano 2011 a implantação é mais vantajosa, sendo viável a partir de 899 km de distâncias percorridas. Para o ano de 2026 o empreendimento se torna viável a partir de 1211 km.

No entanto, é importante ressaltar que neste estudo considera-se a área de estudo como um todo. Ou seja, esta alternativa pode vir a ser vantajosa para o sistema visto de forma integral, mas pode não ser viável para os pequenos municípios como Águas Mornas e São Pedro de Alcântara. Isto pelo fato de o custo de construção e operação de tal empreendimento tornar-se demasiado para esses municípios. A alternativa se mostra vantajosa no geral, mas sobrecarrega os pequenos geradores.

Além disso, apesar de se mostrar viável num primeiro momento, esta abordagem pode apresentar alguns entraves. O fato de se implantar estações próximas aos centros de geração significa inserir o empreendimento em áreas densamente urbanizadas e com tráfego intenso. Estes fatores devem ser observados, pois podem vir a inviabilizar alternativas deste tipo. Os altos custos para obtenção de áreas nestas localidades, aliados aos impactos de vizinhança e influências no tráfego local são aspectos a ser considerados. Como solução podem ser planejadas estações compactas, sem armazenamento de resíduos e com medidas para redução de impactos sonoros. Dependendo de um projeto ideal para o layout da estação, um planejamento dos fluxos de caminhões e incentivos para a aquisição de áreas, tais empreendimentos poderiam tornar-se concebíveis.

É válido ressaltar que esta situação se mostrou viável dentro da metodologia proposta e adotando-se aproximações para gerar um cenário extremo. Para uma concepção real se faz necessário um estudo mais aprofundado, além de uma estimativa mais detalhada dos custos de construção e operação, que reflitam a realidade de cada município.

Pelos cálculos e gráficos para este Cenário fica comprovado, como afirmado previamente, que uma ETRS se torna viável o quão mais próxima estiver dos centros de produção de resíduos. Minimizando os trajetos percorridos pelos caminhões de pequeno porte tem-se uma redução dos custos e consequente aumento da sustentabilidade econômica do sistema. Ao contrário da proposta de ter-se uma estação de grandes proporções com gestão compartilhada entre os municípios, esta última alternativa mostra-se mais vantajosa para o sistema. Este pode ser um indicativo para futuros estudos de viabilidade, que

preferencialmente deveriam considerar a inclusão de diversas ETRS de pequenas proporções nos sistemas, o mais próximo possível dos centros de geração.

Pode-se verificar ainda que medidas que venham a reduzir os custos de coleta são bastante positivas ao sistema e tem grande interferência na viabilidade de uma ETRS. Alternativas às formas convencionais de se realizar os procedimentos de coleta, que venham a reduzir seus custos, trariam impactos positivos pois aproximariam tais custos aos baixos valores observados para os procedimentos de transporte.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Quando confrontada com duas possibilidades alternativas de concepção para o sistema de transferência de resíduos na área em estudo, verificou-se que o cenário atual manteve-se como o mais viável, considerando os critérios e formas de cálculo adotadas. Apesar de não ter tido o embasamento de estudos de viabilidade, nota-se que as ETRS existentes não foram implantadas em locais inadequados. No entanto, deve ser buscada a melhoria contínua do gerenciamento de resíduos na região, focada na redução dos impactos ambientais e dos custos, juntamente com o cumprimento das metas estabelecidas pela Política Nacional de Resíduos Sólidos. As projeções da geração de resíduos para a região alertam para a importância de se buscar novas alternativas ao cenário de base.

Pode-se verificar que a ideia de se planejar estações de grandes dimensões que atendam a diversos municípios pode não ser a mais adequada. Este conceito obrigatoriamente acabaria criando longos percursos internos desde os centros de geração de resíduos. Este fato dificilmente viabilizaria a implantação de tais empreendimentos. Em concordância com o que foi concluído por Pereira (2013), percebe-se a importância do encurtamento da distância viária do percurso interno como um fator determinante para a viabilidade de uma ETRS. Assim, deve-se pensar na concepção de diversas ETRS compactas e de pequenas dimensões, que deem agilidade aos processos de transferência e favoreçam a deslocamento por caminhões de grande capacidade para os longos trajetos.

Pela situação conceitual proposta para o terceiro cenário, pôde-se ter um exemplo de como se comportaria o sistema da área em estudo baseando-se nesta concepção. É importante observar que este tipo de alternativa pode encontrar entraves nos elevados custos iniciais e na dificuldade para encontrar áreas adequadas para a implantação.

Além disso, como alternativa para a região pode-se pensar na realização de transbordo marítimo, devido à proximidade com o mar e a possibilidade de encurtamento considerável das distâncias a percorrer. Esta poderia vir a ser uma interessante proposta para municípios como Florianópolis e São José, principalmente devido à problemática da mobilidade urbana na região. No Brasil tais sistemas são pouco usuais e se tem carência de estudos na área. Propõe-se para estudos futuros a verificação da viabilidade de tais empreendimentos.

Fica comprovada a aplicabilidade da metodologia proposta por Pereira (2013) para situações nas quais se faz necessária a obtenção de

poucos dados de entrada e quando se tem acesso limitado a eles. Recomenda-se para estudos mais aprofundados a análise de parâmetros adicionais, como:

- Condições de mobilidade das áreas de implantação;
- Tempos gastos nos percursos de coleta e transporte, que podem influenciar nos resultados devido aos altos custos com horas extras de funcionários, disponibilidade de caminhões para outros roteiros de coleta e impacto na eficiência de tais serviços;
- Verificar a influência do cumprimento às metas da Política Nacional de Resíduos Sólidos, Lei 12305 de 2010, voltadas à redução dos volumes de resíduos sólidos transportados a Aterros Sanitários.

A expectativa otimista, baseando-se na Lei 12.305, é o estabelecimento de políticas de redução da geração de resíduos e aumento do aproveitamento por reciclagem e reutilização. O cenário no qual o conceito da logística reversa seja aplicado satisfatoriamente torna-se diferente para a concepção de ETRS. Em tal situação, as estações deveriam contar com outras funções que não a transferência de resíduos, como centros de triagem e valorização de resíduos recicláveis. Esta abordagem já vem sendo aplicada em países como os Estados Unidos, onde a implantação de centro de reciclagem agregado à estações de transferência vem sendo difundida nos últimos anos.

Recomenda-se ainda uma análise mais profunda dos custos envolvidos na coleta de resíduos da região. Este é um parâmetro de grande importância para a metodologia e pode influenciar bastante o resultado final. Neste estudo, conforme comentado, os valores para os municípios de Palhoça, Santo Amaro da Imperatriz e São Pedro de Alcântara foram retirados de médias nacionais. Seria conveniente aprofundar tal estudo aplicando-se os custos reais de tais municípios. Entretanto percebe-se que o acesso aos dados não é tarefa fácil. Além disso, é importante verificar a interferência em se adotar o Centro Geométrico de cada município como seu Centro de Massa, aproximação que foi feita neste estudo. Recomenda-se que, para estudos mais aprofundados, sejam obtidas as distribuições de produção de RSU dentro de cada município. Desta forma é possível determinar um Centro de Massa com maior precisão e coerência com a realidade.

Por fim, ainda em relação aos custos de coleta, recomendam-se estudos que venham a propor a adoção de alternativas às tradicionais formas de se realizar a coleta de resíduos na região. Procedimentos de

coleta mecanizada, que exigem no máximo dois operadores por caminhão, ou coletas em pontos específicos em vez da “porta-a-porta” são exemplos que podem ser pensados, com o objetivo de reduzir os custos envolvidos na logística da coleta e transporte de resíduos.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 13221 - **Transporte Terrestre de Resíduos**. 2003

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Classificação de resíduos sólidos urbanos. NBR 10004**. São Paulo, 2004.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 12980 – **Coleta, varrição e acondicionamento de resíduos sólidos urbanos – Terminologia**. 1993

AQUINO, I. F.. Apresentação da aula ministrada na disciplina Resíduos Sólidos- Engenharia Sanitária e Ambiental- Universidade Federal de Santa Catarina, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil. São Paulo:ABRELPE, 2012. 114p.

BARROS, F. J. R.; GONÇALVES, M. C. N.; ROSA, R. A.; TSAY, G. **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**, 340 p. 2010.

BRASIL. LEI FEDERAL 12.305 de 2 de agosto de 2010. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Brasília: Diário Oficial da União, 2010.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (Org.). **Resíduos sólidos urbanos: aterro sustentável para municípios de pequeno porte**.1 a ed. Rio de Janeiro: ABES: Projeto Prosab. 2003. 294p.

CASTILHOS JÚNIOR, A. B. (Coord). **Curso de capacitação em saneamento ambiental : plano de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos** / organização Luciana Paulo Gomes ... [et. al.]. – Florianópolis, SC: UFSC, 2007.

CHATZOURIDIS, C.; KOMILIS, D. **A methodology to optimally site and design municipal solid waste transfer stations using binary programming**, Resources, Conservation and Recycling, Vol 60, 2012.

COMCAP. Companhia Melhoramentos da Capital. **Considerando mais o lixo**. 2. ed. Florianópolis, 2009.

COSTA, H.S. **Estação de transferência de resíduos sólidos domiciliares: Histórico e proposta de procedimentos para o seu planejamento e controle operacional**. HOLOS Environment, v.5, n.1, 2005.

DIAS, Fagner Pinto. **A incineração de Resíduos Sólidos: Análise Custo Benefício do Incinerador de RS do P-Sul – DF** [dissertação]. Brasília, DF. 2006. 81p.

EPA- United States Environmental Protection Agency. Solid Waste And Emergency Response. A Waste Transfer Station: A Manual for Decision-Making. Washington, 2002.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Nota Técnica DEN 06/08. Avaliação Preliminar do Aproveitamento Energético dos Resíduos Sólidos Urbanos de Campo Grande, MS. Série RECURSOS ENERGÉTICOS. Rio de Janeiro, 2008. 77p.

HALLIDAY, H.C. **Desafios logísticos da coleta e transporte de resíduos: Um estudo de caso do município do Rio de Janeiro**. 2003. 124 f. Dissertação (Mestrado)- Instituto COPPEAD, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. Diagnóstico dos RSU. Relatório de pesquisa. Brasília, 2012.

LILLO, J. C.; de la Torre, G. Q. **Estaciones de transferencia de residuos sólidos en áreas urbanas**. Instituto Nacional de Ecologia. México DF, julho de 1996.

MONTEIRO, José Henrique Penido *et al.* **Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos**. Rio de Janeiro: IBAM, 2001.

PEREIRA, Claudia Diavan. **Metodologia Prática para Implantação de Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos: Um exemplo de aplicação** [dissertação]. Florianópolis, SC, 2013. 144p.

POLONI, R.L (2011). **Proposta para Implantação de uma Estação de Transferência de Resíduos Sólidos Urbanos para o Município de Caxias do Sul - RS.** 26º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS . **Plano Municipal Integrado de Saneamento Básico.** Florianópolis, 2009.

RECESA. Resíduos Sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2 / Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org). – Salvador, 2008. 113p.

SILVESTRE, Victor. **Estudo de localização de estação de transferência de resíduos sólidos urbanos para o município de Florianópolis.** Florianópolis, 2011. 96p.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS. Diagnóstico do Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos – 2010. Brasília: MCIDADES.SNSA, 2012. 672p.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME - UNEP. **Solid Waste Management – Volume 1.** 2005.

VIEIRA, Sálvio José. **Seleção De Áreas Para O Sistema De Tratamento E Disposição Final Dos Resíduos Sólidos De Florianópolis/Sc.** 1999. 105 f. Tese (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

VILHENA, A. (Coord.). **Lixo Municipal: Manual de Gerenciamento Integrado.** 3. ed. São Paulo: Compromisso Empresarial para Reciclagem (CEMPRE), 2010. 350p.

Wikimedia. Região Metropolitana de Florianópolis. Disponível em <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SantaCatarina_Metro_Florianopolis.svg>. Acessado em 05/2013.

ZVEIBIL, V. Z.; MANSUR, G. L.; MONTEIRO, J. H. R. P.; BAHIA, S. R.. **Cartilha de limpeza urbana.** Ministerio da Ação Social.

Secretaria Nacional de Saúde; Instituto Brasileiro de Administração Municipal-IBAM; Brasil, 2005. 81 p.

ANEXOS

ANEXO 01 – Dados Obtidos de Geração de RS em cada Município, para o ano de 2011.

ESTABELECIMENTO	JANEIRO	FEVEREIRO	MARÇO	ABRIL
AGUAS MORNAS	61.51	55.19	55.78	49.61
FLORIANOPOLIS				
PALHOÇA	3,381.01	2,906.60	2,961.40	2,609.49
STO AMARO	366.34	344.63	370.83	323.03
SÃO JOSÉ (prefeitura)	4,454.46	4,236.72	4,629.47	4,210.69
SÃO PEDRO ALCANTARA	50.51	43.09	40.22	39.29

ESTABELECIMENTO	MAIO	JUNHO	JULHO	AGO	SET
AGUAS MORNAS	55.55	45.92	49.92	54.56	50.33
FLORIANOPOLIS					
PALHOÇA	2,576.5 8	2,490.1 7	2,652.8 0	2,752.0 2	2,654.4 9
STO AMARO	353.37	333.63	345.07	410.57	349.78
SÃO JOSÉ (prefeitura)	4,266.1 6	4,077.2 6	4,227.5 3	4,436.4 8	3,391.9 8
SÃO PEDRO ALCANTARA	39.67	37.6	38.23	41.85	38.39

ESTABELECIMENTO	OUTUBR O	NOVEMBR O	DEZEMBR O	TOTAL Ton
AGUAS MORNAS	47.19	61.41	64	651.0
FLORIANOPOLIS				94421
PALHOÇA	2,695.11	2,708.30	3,957.61	34345.6
STO AMARO	327.74	407.27	424.38	4356.6
SÃO JOSÉ (prefeitura)	4,265.73	4,510.99	5,175.67	51883.1
SÃO PEDRO ALCANTARA	38.6	47.78	55.36	510.6

ANEXO 02 – PLANILHAS DE PROJEÇÕES POPULACIONAIS

1 – Projeção pelo método geométrico

AGUAS MORNAS	RETA	t0	P0	t1	P1	q
	GEO 1	1991	4611	2010	5548	0.0097
	GEO 2	1996	4823	2010	5548	0.0100
	GEO 3	2000	5390	2010	5548	0.0029
	GEO 4	2007	4410	2010	5548	0.0765
PALHOÇA	RETA	t0	P0	t1	P1	q
	GEO 1	1991	68430	2010	137334	0.0367
	GEO 2	1996	80905	2010	137334	0.0378
	GEO 3	2000	102742	2010	137334	0.0290
	GEO 4	2007	122471	2010	137334	0.0382
STO AMARO	RETA	t0	P0	t1	P1	q
	GEO 1	1991	13392	2010	19823	0.0206
	GEO 2	1996	14547	2010	19823	0.0221
	GEO 3	2000	15708	2010	19823	0.0233
	GEO 4	2007	17602	2010	19823	0.0396
SAO JOSE	RETA	t0	P0	t1	P1	q
	GEO 1	1991	139493	2010	209804	0.0215
	GEO 2	1996	149780	2010	209804	0.0241
	GEO 3	2000	173559	2010	209804	0.0190
	GEO 4	2007	196887	2010	209804	0.0212
SAO PEDRO DE ALCANTARA	RETA	t0	P0	t1	P1	q
	GEO 1	1991	0	2010	4704	
	GEO 2	1996	0	2010	4704	
	GEO 3	2000	3584	2010	4704	0.0272
	GEO 4	2007	4765	2010	4704	-0.0043

AGUAS MORNAS	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
	Pop	5548	5602	5712	5825	5939	6056	6175	6297	6420	6483
		5548	5604	5717	5833	5950	6071	6193	6318	6446	6511
		5548	5564	5596	5629	5661	5694	5727	5760	5794	5810
		5548	5989	6980	8134	9479	11047	12873	15002	17483	18874
PALHOÇA	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
	Pop	137334	142463	153301	164965	177516	191022	205555	221194	238023	246912
		137334	142624	153823	165902	178928	192978	208131	224474	242100	251426
		137334	141378	149826	158779	168267	178322	188978	200271	212238	218487
		137334	142679	154001	166221	179411	193648	209014	225600	243502	252979
STO AMARO	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
	Pop	19823	20236	21089	21978	22904	23870	24876	25924	27017	27580
		19823	20266	21182	22140	23140	24186	25279	26422	27616	28234
		19823	20290	21256	22269	23329	24441	25605	26825	28102	28764
		19823	20624	22324	24165	26157	28313	30648	33174	35909	37360

SAO JOSE	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
	Pop	209804	214360	223770	233594	243849	254554	265729	277394	289572	295860
		209804	214916	225516	236638	248310	260557	273408	286893	301043	308377
		209804	213821	222087	230673	239591	248853	258474	268467	278846	284184
		209804	214295	223568	233243	243336	253866	264851	276312	288269	294440
SAO PEDRO DE ALCANTARA	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
	Pop	4704									
		4704									
		4704	4834	5104	5389	5690	6008	6344	6699	7073	7268
		4704	4684	4644	4604	4565	4526	4487	4449	4411	4392

2 – Projeção pela Função Crescimento do Excel

MUNICIPIO	ANO	POPULAÇÃO TOTAL
Aguas Mornas	1991	4611
	1996	4823
	2000	5390
	2007	4410
	2010	5548
	2011	5167
	2013	5214
	2015	5260
	2017	5308
	2019	5355
	2021	5403
	2023	5452
	2025	5501
2026	5525	

Palhoça	1991	68430
	1996	80905
	2000	102742
	2007	122471
	2010	137334
	2011	143988
	2013	154926
	2015	166695
	2017	179357
	2019	192982
	2021	207642
	2023	223415
	2025	240387
	2026	249350

Sto Amaro	1991	13392
	1996	14547
	2000	15708
	2007	17602
	2010	19823
	2011	19628
	2013	20416
	2015	21235
	2017	22088
	2019	22974
	2021	23897
	2023	24856
	2025	25854
	2026	26368

Sao José	1991	139493
	1996	149780
	2000	173559
	2007	196887
	2010	209804
	2011	215362
	2013	225112
	2015	235303
	2017	245956
	2019	257091
	2021	268730
	2023	280896
	2025	293613
	2026	300186

Sao Pedro de Alcantara	1991	
	1996	
	2000	3584
	2007	4765
	2010	4704
	2011	5052
	2013	5360
	2015	5687
	2017	6034
	2019	6401
	2021	6792
	2023	7206
	2025	7645
	2026	7874

3- Projeção pela função Previsão do Excel

MUNICIPIO	ANO	POPULAÇÃO TOTAL
Agua Mornas	1991	4611
	1996	4823
	2000	5390
	2007	4410
	2010	5548
	2011	5197
	2013	5244
	2015	5292
	2017	5339
	2019	5386
	2021	5433
	2023	5481
	2025	5528
2026	5551	

Palhoça	1991	68430
	1996	80905
	2000	102742
	2007	122471
	2010	137334
	2011	139414
	2013	146676
	2015	153939
	2017	161201
	2019	168463
	2021	175725
	2023	182988
	2025	190250
	2026	193881

Sto Amaro	1991	13392
	1996	14547
	2000	15708
	2007	17602
	2010	19823
	2011	19486
	2013	20127
	2015	20769
	2017	21410
	2019	22051
	2021	22693
	2023	23334
	2025	23976
	2026	24297

Sao José	1991	139493
	1996	149780
	2000	173559
	2007	196887
	2010	209804
	2011	212809
	2013	220437
	2015	228065
	2017	235694
	2019	243322
	2021	250950
	2023	258579
	2025	266207
	2026	270021

Sao Pedro de Alcantara	1991	
	1996	
	2000	3584
	2007	4765
	2010	4704
	2011	5002
	2013	5246
	2015	5490
	2017	5734
	2019	5978
	2021	6222
	2023	6467
	2025	6711
	2026	6833

4 – Projeção pelo método da Taxa Média Anual

MUNICÍPIO	TAXA MÉDIA ANUAL	ANO	2010	2011	2013	2015	2017	2019	2021	2023	2025	2026
ÁGUAS MORNAS	0.98	Pop	5548	5602	5712	5825	5939	6056	6175	6297	6420	6483
PALHOÇA	3.73		13733 4	14246 3	15330 1	16496 5	17751 6	19102 2	20555 5	22119 4	23802 3	24691 2
SANTO AMARO	2.09		19823	20236	21089	21978	22904	23870	24876	25924	27017	27580
SAO JOSE	2.17		20980 4	21436 0	22377 0	23359 4	24384 9	25455 4	26572 9	27739 4	28957 2	29586 0
SAO PEDRO	2.76		4704	4834	5104	5389	5690	6008	6344	6699	7073	7268

