

O PAPEL DO GERENCIAMENTO DE INCIDENTES DE TRÁFEGO NO ATENDIMENTO AOS OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

THE ROLE OF TRAFFIC INCIDENT MANAGEMENT IN COMPLYING WITH SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS

MARINA LEITE DE BARROS BALTAR, Me. | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

VICTOR HUGO SOUZA DE ABREU, Me. | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

ANDREA SOUZA SANTOS, Dra. | Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil

RESUMO

Um Sistema de Gerenciamento de Incidentes de Tráfego (SGIT) constitui-se em uma importante estratégia para redução dos impactos do setor de transportes rodoviário no desenvolvimento sustentável. Isso porque os incidentes de tráfego são eventos que geram congestionamentos não recorrentes que causam redução da capacidade viária, aumento do tempo de viagem, aumento da emissão de poluentes do ar e Gases de Efeito Estufa, redução da qualidade de vida da população urbana etc. Dessa forma, este estudo busca destacar, por meio de revisão da literatura e desenvolvimento de um fluxograma lógico, como um SGIT eficaz pode contribuir para o alcance de muitos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas metas da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Os resultados mostram que um bom SGIT é capaz de impactar positivamente 9 ODS e 25 metas da Agenda 2030, demonstrando assim que os governos devem investir em ações e políticas públicas que possam melhorar os SGIT.

PALAVRAS-CHAVE: Gerenciamento de tráfego; Incidente de tráfego; Impacto dos incidentes; Desenvolvimento Sustentável.

ABSTRACT

A Traffic Incident Management System (TIMS) is an important strategy for reducing road transport sector impacts on sustainable development. The reason is that the traffic incidents are events that generate non-recurring congestion that cause reduced road capacity, increased travel time and air pollutants emission and greenhouse gases, reduced life quality for the urban population, etc. Thus, this study seeks to highlight, through a literature review and development of a logical flowchart, how an effective TIMS can contribute to the achievement of many Sustainable Development Goals (SDG) and its targets of the 2030 Agenda for Sustainable Development. The results show that a good TIMS is capable of positively impacting 9 SDG and 25 targets of the 2030 Agenda, thus demonstrating that governments must invest in actions and public policies that can improve SGIT.

KEY WORDS: Traffic management; Traffic incident; Incident impact; Sustainable development.



1. INTRODUÇÃO

O congestionamento não recorrente causado por incidentes de tráfego é difícil de prever devido à sua natureza estocástica. Entretanto, deve ser tratado de maneira oportuna e eficaz para reduzir sua influência nas condições de tráfego, tais como a redução da capacidade das vias e o atraso no tempo de viagem entre origens e destinos (LI, PEREIRA e BEN-AKIVA, 2018). As perdas e a influência de um incidente são proporcionais à sua duração, sendo assim, uma detecção rápida e um atendimento eficaz podem reduzir consideravelmente seus impactos (YUAN & CHEU, 2003). Dessa forma, os órgãos de tráfego devem compreender os principais fatores que influenciam a duração do incidente de tráfego (ou seja, o tempo que leva para que todas as medidas de tráfego associadas ao incidente sejam suspensas) e prever sua duração com precisão para melhorar a eficiência do Sistema de Gerenciamento de Incidentes de Tráfego (SGIT).

Adler, Van Ommeren e Rietveld (2013), por exemplo, demonstraram que uma redução de duração de um minuto gera um ganho de € 57 por incidente (o que equivale atualmente a R\$ 378,35) e ganhos ainda consideravelmente maiores em locais com altos níveis de congestionamento recorrente (aproximadamente € 1200 - o que equivale a R\$ 7965,23 - por incidente por minuto em locais altamente congestionados). Entretanto, além do aspecto econômico, os incidentes de tráfego e os congestionamentos decorrentes deles afetam os demais âmbitos do desenvolvimento sustentável.

Por exemplo, no âmbito social, esses eventos acarretam o aumento do tempo de viagem entre pontos de origem e destino, que pode gerar ansiedade e estresse, maior inalação de poluentes atmosféricos e, conseqüentemente, perda da qualidade de vida da população urbana (BALTAR *et al.*, 2020a; 2021; BALTAR, ABREU e RIBEIRO, 2020). Já no âmbito ambiental, podem ser citados o aumento da emissão de poluentes atmosféricos, que acarretam problemas respiratórios na população urbana, e de Gases de Efeito Estufa (GEE), que intensificam o aquecimento global e, conseqüentemente, a mudança climática (BALTAR *et al.*, 2020b), o aumento da poluição sonora, em função dos altos níveis de ruído (KHAN *et al.*, 2018) e esgotamento dos recursos naturais em função de maior consumo de combustíveis fósseis (PAN *et al.*, 2013) etc.

Dessa forma, é necessário determinar como um SGIT eficaz pode contribuir positivamente

para alcance dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e suas metas da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (*United Nations*, 2015), dentre os quais se destacam: ODS 3 (Boa Saúde e Bem-estar), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e ODS 13 (Ação Climática).

Nesse sentido, este artigo busca encontrar relações entre um SGIT eficaz e o atendimento aos ODS e suas metas da Agenda 2030. Cabe destacar que durante as revisões bibliográficas não foram encontrados estudos que buscavam especificamente correlacionar o gerenciamento de tráfego com os ODS, apenas foram realizadas considerações simplistas sobre a temática para justificar alguma aplicação específica em transportes. Dessa forma, este estudo busca suprir essa lacuna literária relevante e atual sobre a temática.

Para alcançar seus objetivos, este estudo está estruturado da seguinte forma: a Seção 1 apresenta a contextualização do assunto, a problemática, os objetivos da pesquisa e a justificativa para realização do estudo. A Seção 2 apresenta e descreve o procedimento metodológico elaborado para alcançar os objetivos. A Seção 3 apresenta e discute os impactos ao desenvolvimento sustentável relacionados aos incidentes de tráfego. A Seção 4 busca relacionar as principais oportunidades encontradas na literatura com cada ODS e meta da Agenda 2030. Finalmente, a Seção 5 contém as considerações finais, que inclui recomendações para trabalhos futuros.

2. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

O procedimento metodológico deste artigo adota uma revisão da literatura, conforme apresentado na Figura 1, que está dividida em 4 fases, que são: (i) Definição dos critérios de inclusão e qualificação e método de busca; (ii) Coleta de estudos diretamente aplicáveis aos objetivos de pesquisa e triagens; (iii) Identificação dos principais custos/ impactos ao desenvolvimento sustentável; e (iv) Determinação das principais relações entre SGIT e os ODS e metas.

As buscas foram realizadas na plataforma *Web of Science*, *Scopus* e *Science Direct*, utilizando inicialmente palavras-chave como “traffic incidents”, “impact analysis”, “incident management systems” e “incident detection”, e conforme os resultados iam sendo obtidos novas palavras-chave foram incluídas como “non-recurrent congestion”, “traffic delays” e

“decision support system”. Na Fase 1, os critérios de inclusão e qualificação (qualidade e aplicabilidade) foram escolhidos. Como critérios de inclusão tem-se: (i) tempo de cobertura: preferência para os últimos 10 anos (2011 - 2021); entretanto, alguns estudos mais antigos foram citados devido a sua relevância no tema; (ii) enquadramento com o objetivo proposto; (iii) fator de impacto do periódico; e (iv) tipos de documentos: somente artigos. Como critérios de qualificação tem-se: (i) a pesquisa apresenta uma revisão bibliográfica bem fundamentada? (ii) o estudo apresenta inovação técnica? (iii) as contribuições são discutidas? (iv) as limitações são explicitamente declaradas? e (v) os resultados e conclusões são consistentes com os objetivos pré-estabelecidos?

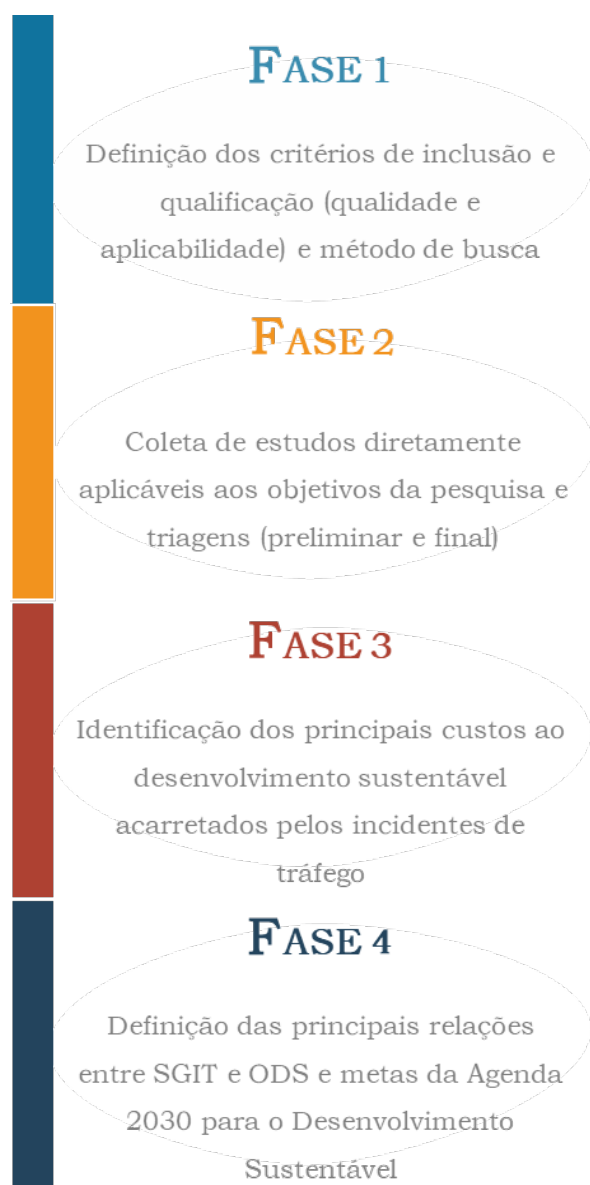


Figura 1 - Procedimento Metodológico.
Fonte: autores.

Além disso, também são estabelecidos os métodos de busca, que, no caso desta pesquisa, corresponderam a buscas diretas em bases de dados e em buscas cruzadas nos estudos incluídos na busca direta. Além disso, também foram realizadas buscas documentais para aumentar o arcabouço teórico sobre a temática.

Na Fase 2, buscou-se coletar um maior número de estudos relacionados ao assunto, bem como aplicar os critérios de inclusão e qualificação para triagem (preliminar e final) de artigos. Cabe mencionar que essa etapa apresenta uma leitura mais superficial dos estudos por meio do título, resumo e palavras-chave, e, após essa triagem preliminar, parte-se para leitura completa do artigo e, finalmente, triagem final.

Na Fase 3, ocorre a identificação dos principais impactos associados aos incidentes de tráfego tais como custo médico, de perda de produção e material, dentre outros, conforme discutido na Seção 3.

Na Fase 4, são expostos os principais resultados da pesquisa expressos em 4 estágios, conforme apresentado na Figura 2. Nesse sentido, na Seção 4, há a condução desses estágios com a apresentação de um fluxograma lógico para identificação das principais relações entre um SGIT eficiente e o possível atendimento aos ODS e suas metas.

3. IMPACTOS DOS INCIDENTES AO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Planejadores de cidades e formuladores de políticas públicas devem resolver, ou pelo menos minimizar, os impactos decorrentes da alta valorização dos veículos privados nas últimas décadas, que acarreta dependência do petróleo, poluição ambiental, congestionamentos diários, aumento das taxas de acidentes, esgotamento do espaço urbano etc. (SANTOS *et al.*, 2021).

Atrelado a isso, os altos volume de veículos nas vias e um gerenciamento inadequado do tráfego trazem uma maior ocorrência de incidentes de tráfego, que impactam nas três dimensões do desenvolvimento sustentável. Para quantificar esses impactos, é necessário considerar tanto os custos diretos, quanto os indiretos, para se ter uma noção mais exata do impacto real de um incidente. Grande parte deles são subvalorizados ou são considerados impossíveis de estimar, pois, por serem custos das externalidades relacionadas ao tráfego, não possuem valor de mercado (JAKOB CRAIG e FISHER, 2006).

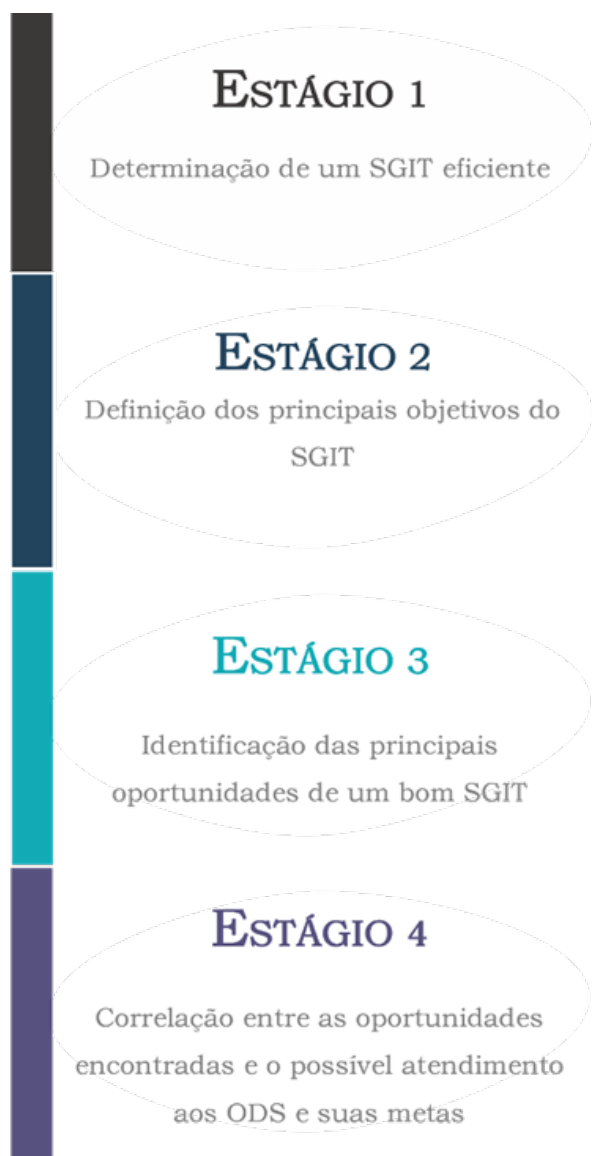


Figura 2 - Estágios para relação entre um bom SGIT e os ODS e suas metas.
Fonte: autores.

De acordo com Wit e Methorst (2012), existem seis impactos econômicos associados aos incidentes, que são: (i) Custo médico: gasto com hospital, por exemplo; (ii) Perda de produção, devido a doença, invalidez permanente ou morte; (iii) Custo intangível, como o sofrimento e a dor; (iv) Custo material, que inclui as perdas à propriedade e com consumo de combustível; (v) Custo do serviço de emergência, como bombeiros; e (vi) Custo do atraso, devido ao congestionamento de tráfego. Além deles, Antić *et al.* (2011) cita o custo com a administração de seguros, o custo do local de trabalho e o custo judicial devido aos processos decorrentes de acidentes de trânsito. Especificamente no Brasil, o custo dos acidentes com vítimas está ligado principalmente a perda de produção (42,8%), aos danos à propriedade (30%) e aos custos médico-

hospitalares (15,9%) (LIMA, 2003; IPEA, 2015). Outro aumento de custo é apontado por Brent e Beland (2020) ao examinar a relação entre o congestionamento do tráfego e os tempos de resposta a emergências. Os resultados do estudo mostraram que o congestionamento desacelera os veículos de socorro, como caminhões de bombeiros, que chegam ao local de uma emergência e aumenta o dano monetário médio dos incêndios, sendo esses efeitos altamente não lineares.

Quando se trata do impacto ambiental, é notório que os veículos são a fonte dominante de emissão de poluentes atmosféricos em áreas urbanas, que causam doenças no sistema respiratório (TRB, 2002; JOO *et al.*, 2017; BAI *et al.*, 2017; BALTAR *et al.*, 2020a; 2020b, 2021). Além disso, as taxas de emissão de poluentes atmosféricos de veículos que trafegam em canteiros de obras ou em incidentes aumentam significativamente (AVETISYAN *et al.*, 2014) e as emissões devido ao congestionamento não recorrente gerado são maiores, quando comparadas com as filas de congestionamento recorrente (ZHANG, BATTERMAN e DION, 2011). Estudos também indicam que os incidentes de tráfego e o congestionamento por eles gerados levam à maior emissão de GEE (AVETISYAN *et al.*, 2014; BARTH *et al.*, 2015; BALTAR *et al.*, 2020b). Esses gases intensificam o aquecimento global e, consequentemente, as mudanças climáticas, cujas ameaças, como precipitações intensas e ondas de calor, têm forte impacto na infraestrutura urbana, incluindo a infraestrutura de transportes, e na qualidade de vida da população (SANTOS, RIBEIRO e DE ABREU, 2020). Outra externalidade gerada pelos incidentes de tráfego é a poluição sonora. Muitos estudos afirmam que a exposição ao ruído é um importante determinante na redução da qualidade de vida da população nas cidades (VIJAY *et al.*, 2015; RIEDEL *et al.*, 2017; KHAN *et al.*, 2018).

Já os impactos sociais ficam claros ao observar que o acidente de tráfego representa uma das principais causas de morte mundiais, sendo a principal entre jovens. WHO (2018) afirma que aproximadamente 1,3 milhão de pessoas morrem a cada ano nas estradas do mundo e entre 20 e 50 milhões sofrem lesões não fatais. Além disso, os países de baixa e média renda possuem taxas de mortalidade por lesões no trânsito mais do que duas vezes superiores aos países de alta renda (OMS, 2015), deixando mais clara a disparidade de desenvolvimento entre eles. Outro impacto social, que também impacta no âmbito econômico, são os atrasos gerados pelos incidentes, conforme já mencionado anteriormente. Noland *et al.* (1998) mostram que

os tempos de viagem não confiáveis, acarretados por essas ocorrências imprevisíveis, afetam as pessoas por atrapalhar seu cronograma, podendo inclusive levar ao cancelamento de uma atividade. Além disso, a imprevisibilidade do tempo de viagem pode gerar alguma forma de ansiedade ou causar alguns impactos adicionais de planejamento. Reverberando a isso, KABIT *et al.* (2014) afirma que o atraso induzido por incidente é um dos indicadores mais importantes para quantificar os impactos dele no trânsito e ressalta que o custo do atraso é uma função do tempo do ocupante, despesas operacionais do veículo e custos externos, como poluição do ar. Nesse sentido, a Figura 3 traz um apanhado geral de alguns dos impactos que os incidentes de tráfego têm no desenvolvimento sustentável.

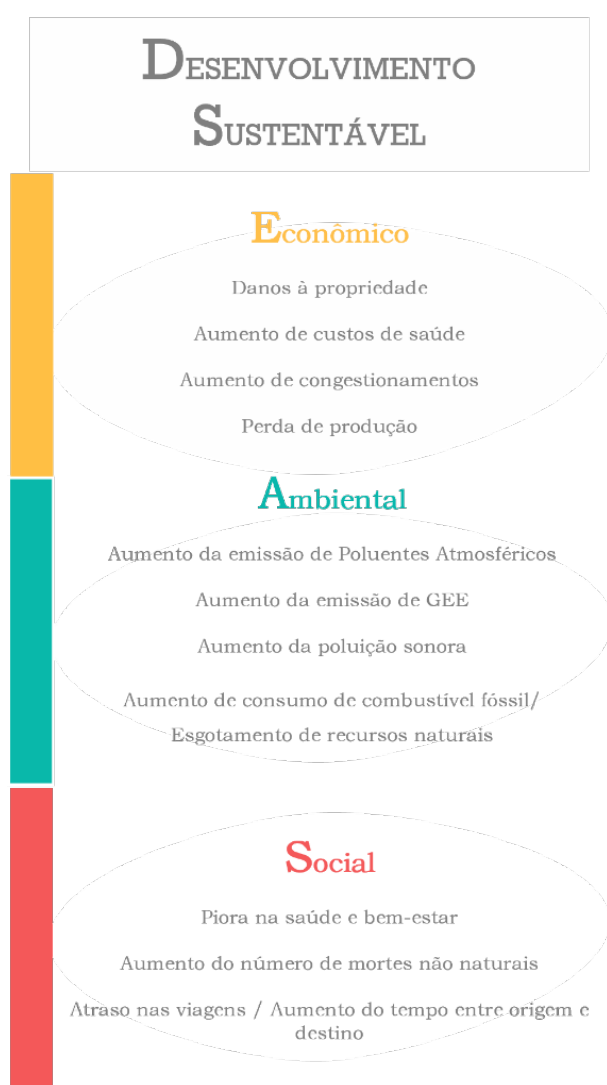


Figura 3 - Impactos ao desenvolvimento sustentável acarretados pelos incidentes de tráfego. Fonte: autores.

Jong *et al.* (2014) mostram que os investimentos em gerenciamento de incidentes

podem levar a benefícios adicionais devido à maior confiabilidade do tempo de viagem. Portanto, a detecção prematura de um incidente de tráfego é essencial para definir uma estratégia de resposta correta, que pode reduzir significativamente os atrasos nos tempos de viagem, melhorar a segurança no trânsito e otimizar o controle de tráfego em tempo real (YUAN e CHEU, 2003). Já os tempos de resposta e liberação de incidentes são frações do tempo total de incidentes que são impactadas diretamente pelas estratégias de resposta criadas pelos órgãos responsáveis por esse gerenciamento. Isso mostra a importância dos SGITs eficientes, a fim de tornar as cidades mais sustentáveis e resilientes.

4. RELAÇÃO ENTRE SGIT E OS ODS

Segundo Steenbruggen *et al.* (2013), a gestão de incidentes é um conjunto de estratégias que visa minimizar os efeitos negativos dos incidentes nas condições de segurança e no fluxo do tráfego, sendo de grande importância para as agências de transporte (ZOU *et al.*, 2018). Além dos ferimentos, mortes e dos custos médicos, os congestionamentos, os atrasos e a poluição causados por incidentes são um problema para os viajantes e para o meio ambiente.

Portanto, por meio de uma revisão da literatura, essa pesquisa mostra que o SGIT é uma importante ferramenta para ajudar a atingir os ODS, conforme pode ser observado na Figura 3. Cabe destacar que, para isso, deve haver um esforço constante para minimizar as causas dos incidentes e lesões potenciais, abordando em conjunto a segurança e o desenvolvimento sustentável.

Conforme fluxograma lógico da Figura 4, um SGTI eficiente (Estágio 1) tem como principais objetivos: (i) minimizar o impacto dos incidentes; e (ii) otimizar o uso da infraestrutura existente, conforme apresentado no Estágio 2. Os principais impactos negativos dos incidentes de acordo com os estudos atuais são: (i) aumento do número de acidentes, devido aos acidentes secundários (WANG *et al.*, 2016; YANG *et al.*, 2017; JUNHUA *et al.*, 2016); (ii) atrasos nos tempos de viagem (BARDAL e JORGENSEN, 2017; JAVID e JAVID, 2018; HOJATI *et al.*, 2016); (iii) os custos associados a eles devido ao congestionamento gerado (KABIT *et al.*, 2014); e (iv) problemas de saúde pública (CONDERINO *et al.*, 2017).

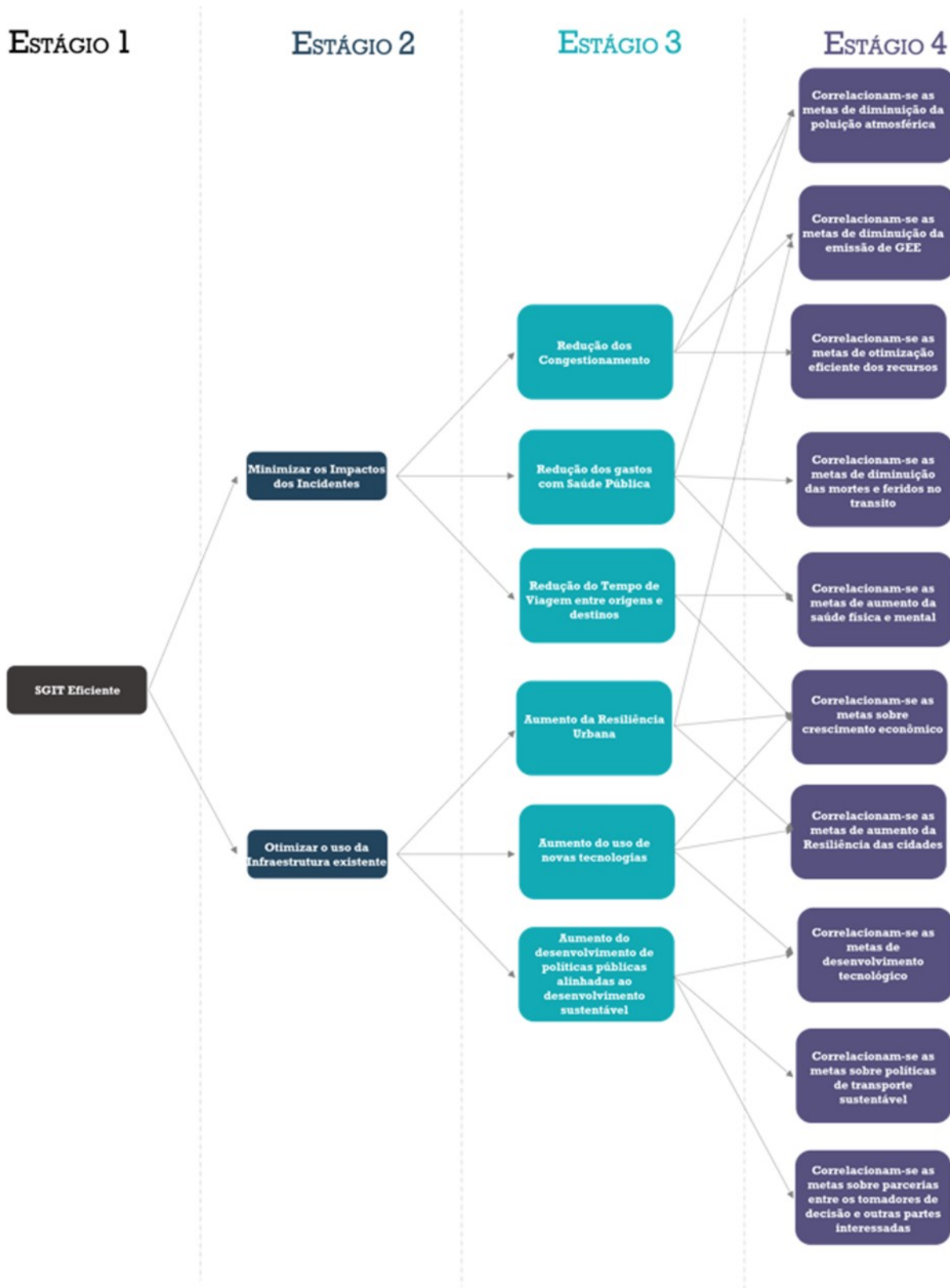


Figura 4 - Correlação entre um SGTI eficiente e os ODS.
 Fonte: autores.

4.1. Minimização dos impactos dos incidentes

No que tange especificamente a minimização do impacto dos incidentes (Estágio 2), um SGTI eficiente traz diversas oportunidades, conforme apresentado no Estágio 3: (i) redução dos congestionamentos; (ii) redução dos gastos com saúde pública; e (iii) redução do tempo de viagem entre origens e destinos. Além disso, cada uma destas oportunidade pode ser correlacionadas a diversas metas dos ODS, conforme Estágio 4, que apresenta às três mais relevantes, de acordo com as descrições apresentadas a seguir:

- A redução dos congestionamentos está diretamente relacionada às metas redução da emissão de poluentes atmosféricos (BALTAR *et al.*, 2020a) que tem a finalidade de melhorar qualidade do ar e saúde pública (doenças relacionadas a poluição) (Metas 3.4, 3.9, 3.d e 11.6) e a emissão de GEE (BALTAR *et al.*, 2020a) com a finalidade de tomar medidas urgentes para combater as mudanças climáticas e seus impactos, conforme proposto no ODS13 (Metas 13.2 e 13.b). Isso acontece porque os incidentes de tráfego geram interrupções viárias irregulares, mas frequentes, que intensificam os congestionamentos (BARTH e BORIBOONSOMSIN, 2008; CHUNG, CHO e CHOI, 2013; ZHANG, BATTERMAN e DION, 2011; SOOKUN, BOOJHAWON e RUGHOOPUTH, 2014) que, por sua vez, agravam as emissões em áreas urbanas (GROTE *et al.*, 2016). Além disso, essa oportunidade se correlaciona às metas de utilização eficiente dos recursos (Meta 12.2), já que a redução dos congestionamentos também reduz o gasto com combustíveis fósseis, que são recursos não renováveis.

- A redução dos gastos com saúde pública torna-se possível com o atendimento mais rápido dos incidentes primários, que possibilitam a redução dos acidentes secundários, que ocorrem principalmente devido as ondas de choque geradas pelo incidente primário (JUNHUA *et al.*, 2016). Um rápido atendimento também reduz os danos à saúde e a perda de vidas em acidentes de trânsito (KURECKOVA *et al.*, 2017). Além disso, o aumento dos congestionamentos gerado pelos incidentes é responsável pela piora da qualidade de vida da população e pelo desenvolvimento de diversas doenças, gerando um custo alto a saúde pública (LEVY BUONOCORE e VON STACKELBERG, 2010; REQUIA *et al.*, 2018). Requia *et al.* (2018) indicam que o congestionamento do tráfego tem um impacto substancial na saúde humana e na economia, especialmente no período mais congestionado.

Portanto, essa oportunidade pode ser relacionada às metas que preveem reduzir pela metade o número global de mortes e ferimentos nas estradas por acidentes de trânsito (Meta 3.6), aumento da saúde física e mental da população (Meta 3.4) e diminuição da poluição atmosférica, a fim de combater mudanças climáticas e seus impactos (Metas 13.3 e 13.b).

- A redução do tempo de viagem entre origens e destinos pode ser correlacionada às metas de aumento da saúde física e mental da população (Meta 3.4), pois, como dito anteriormente, esses atrasos geram custo para saúde pública (LEVY BUONOCORE e VON STACKELBERG, 2010; REQUIA *et al.*, 2018). Além disso, essa oportunidade pode ser correlacionada às metas que tratam de crescimento econômico (Metas 8.1 e 8.2) porque o tempo gasto no deslocamento dos usuários poderia ser convertido em tempo para realizar atividades essenciais (NOLAND *et al.*, 1998). Observa-se esse impacto econômico, ao analisar, por exemplo, o cálculo realizado pela Firjan (2014), que utiliza o valor da hora da população economicamente ativa para definir o custo da imobilidade devido os congestionamentos de tráfego. Em seu estudo, eles demonstraram que os custos do congestionamento da região metropolitana do Rio de Janeiro e de São Paulo tem valor superior ao Produto Interno Bruto (PIB) de 17 estados brasileiros.

4.2. Otimização do uso da infraestrutura existente

No que tange especificamente a otimização do uso da infraestrutura existente (Estágio 2) consideram-se as seguintes oportunidades, conforme apresentado no Estágio 3: (i) aumento da resiliência urbana; (ii) aumento do uso de novas tecnologias; e (iii) aumento do desenvolvimento de políticas públicas alinhadas ao desenvolvimento sustentável. Essas oportunidades estão relacionadas a diversas metas dos ODS (de acordo com a Estágio 4), conforme explicação a seguir:

- O aumento da resiliência urbana correlaciona-se as metas de redução de emissão (Metas 9.1, 13.3 e 13.b), aumento de resiliência das cidades (Meta 11.b) e crescimento econômico (Metas 8.1 e 8.2). Nota-se que construir novas infraestruturas não é viável quando se busca uma cidade sustentável, já que essa estratégia encoraja o uso do veículo particular e aumenta as emissões (HOFER, JÄGER e FÜLLSACK, 2018). Sendo assim, os SGTI trazem o aumento da resiliência urbana, visto que as políticas de gestão de tráfego são essenciais para a

sustentabilidade, já que tentam reduzir o impacto negativo no fluxo de tráfego usando as infraestruturas existentes (GUERRIERI e MAURO, 2016). Além disso, é importante reduzir o tempo de processamento do acidente para reduzir o risco de acidente secundário (JUNHUA *et al.*, 2016) e os custos, conforme descrito anteriormente.

- Já o aumento do uso de novas tecnologias correlaciona-se às metas de crescimento econômico (Metas 8.1 e 8.2), resiliência da cidade (Metas 9.a e 11.b) e desenvolvimento econômico (Meta 8.3). Existem diversos Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) relacionados aos SGIT, que permitem, por exemplo, uma melhor coordenação entre os responsáveis pela gestão de incidentes e que permite aos motoristas a utilização dos serviços de assistência móvel nas estradas. De acordo com Chen, Cao e Ji (2010), a eficiência energética e a redução de emissões tornaram-se argumentos essenciais para os investimentos em ITS. Além disso, os autores indicam que, para cidades em países em desenvolvimento, o foco desses investimentos deve ser em infraestrutura básica, incluindo uma rede viária coerente e medidas básicas de gestão de tráfego. Portanto, o investimento em ITS é uma estratégia importante para reduzir as externalidades negativas geradas pelos incidentes, podendo ser citado como exemplo os sistemas de detecção automática de incidentes, que monitoram as condições incomuns de tráfego que podem indicar um incidente ou processam imagens de vigilância, observando possíveis incidentes (U.S. DOT, 2021), reduzindo assim o tempo total dos incidentes.

- E, finalmente, o aumento do desenvolvimento de políticas públicas alinhadas ao desenvolvimento sustentável se correlaciona às metas de desenvolvimento tecnológico (Metas 8.3, 9.4 e 9.b), às metas sobre política de transporte sustentável (Metas 11.2, 11.3 e 17.14) e à meta sobre parcerias entre os tomadores de decisão e outras partes interessadas (Meta 16.7), pois, como dito anteriormente, focar na gestão resulta em cidades mais sustentáveis.

Reafirmando o que foi demonstrado no presente estudo, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu o período de 2021 a 2030 como Segunda Década de Ação pela Segurança do Trânsito, cuja meta é a redução de 50% de lesões e mortes no trânsito em todo o mundo e uma das justificativas apresentadas por eles são exatamente os ODS (ONU, 2020). Isso mostra a ligação relevante entre acidentes de tráfego e as metas propostas para 2030. Sendo assim, pensar em uma cidade limpa, resiliente e sustentável também envolve políticas para reduzir o impacto

dos incidentes, entre elas pode-se citar atender os incidentes o mais rapidamente possível com o objetivo de reduzir os impactos sociais, ambientais e econômicos envolvidos no mesmo

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesta pesquisa, buscou-se demonstrar como as oportunidades acarretadas por um bom Sistema de Gerenciamento de Incidentes de Tráfego (SGIT) podem auxiliar no atendimento aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030. Com as correlações observadas, fica claro a importância das existências desses sistemas em cidades que buscam ter uma visão mais sustentável. Isso porque nota-se que um SGIT eficiente pode impactar positivamente direta ou indiretamente 9 ODS e 25 metas.

Acredita-se que os resultados encontrados nesse estudo podem favorecer um aprimoramento do arcabouço teórico sobre a importância de um bom SGIT por meio de políticas públicas e ações específicas que possam contribuir para minimizar os impactos das ocorrências e otimizar o uso da infraestrutura existente.

Este estudo é uma importante ferramenta para auxiliar os tomadores de decisão, responsáveis pelo gerenciamento de incidentes, no que diz respeito à concentração de esforços para melhorar a qualidade do serviço oferecido a sociedade, sendo possível: (i) garantir uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades, devido à minimização do impacto social causado pelos incidentes, como aumento do tempo de deslocamento, estresse, inalação de poluentes e outros; (ii) tornar as cidades e assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis, devido à resposta mais rápida aos incidentes, o que reduz os acidentes secundários, aumentando assim a segurança no trânsito; (iii) garantir padrões sustentáveis de produção e consumo, devido à redução do congestionamento que impacta o consumo de combustível; e (iv) tomar medidas urgentes para mitigar as mudanças climáticas e seus impactos.

Frente à necessidade de novos estudos sobre a temática, devem ser desenvolvidos mais estudos de revisão sobre a temática (inclusive com abordagens bibliométricas, por exemplo), bem como estudos de caso que analisem o desempenho de SGIT específicos em regiões problemáticas e os benefícios de certas estratégias na redução dos incidentes de tráfego.

REFERÊNCIAS

- ADLER, Martin W.; VAN OMMEREN, Jos; RIETVELD, Piet. Road congestion and incident duration. **Economics of transportation**, v. 2, n. 4, p. 109-118, 2013. doi:10.2139/ssrn.2294408
- ANTIĆ, Boris *et al.* Estimation of the traffic accidents costs in Serbia by using dominant costs model. **Transport**, v. 26, n. 4, p. 433-440, 2011. doi:10.3846/16484142.2011.635425
- AVETISYAN, Hakob G. *et al.* Effects of vehicle technologies, traffic volume changes, incidents and work zones on greenhouse gas emissions production. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 26, p. 10-19, 2014. doi:10.1016/j.trd.2013.10.005
- BAI, Xue *et al.* Evaluating lane reservation problems by carbon emission approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 53, p. 178-192, 2017. doi:10.1016/j.trd.2017.04.002
- BALTAR, Marina Leite *et al.* Evaluating Impacts of Traffic Incidents on CO2 Emissions in Express Roads. In: **LCA Based Carbon Footprint Assessment**. Springer, Singapore, 2021. p. 35-53. doi:10.1007/978-981-33-4373-3_2
- BALTAR, Marina *et al.* Multi-objective model for the problem of locating tows for incident servicing on expressways. **Top**, v. 29, p. 58-77, 2020a. doi:10.1007/s11750-020-00567-w
- BALTAR, Marina *et al.* Um Modelo de Minimização de Emissão de CO2 para o Problema de Localização de Reboques que realizam Atendimentos a Incidentes em Vias Expressas. **XXXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, 2020b.
- BALTAR, Marina; ABREU, Victor Hugo; RIBEIRO, Glaydston. O Impacto dos Enguiços Mecânicos no Tempo de Viagem em uma Área Urbana: O Caso do Rio de Janeiro. **XVII Rio de Transportes**, 2020.
- BARDAL, Kjersti Granås; JØRGENSEN, Finn. Valuing the risk and social costs of road traffic accidents-Seasonal variation and the significance of delay costs. **Transport Policy**, v. 57, p. 10-19, 2017. doi:10.1016/j.tranpol.2017.03.015
- BARTH, Matthew; BORIBOONSOMSIN, Kanok. Real-world carbon dioxide impacts of traffic congestion. **Transportation Research Record**, v. 2058, n. 1, p. 163-171, 2008. doi:10.3141/2058-20
- BRENT, D., BELAND, L. P. "Traffic congestion, transportation policies, and the performance of first responders." **Journal of Environmental Economics and Management**, v. 102339, 2020. doi: 10.1016/j.jeem.2020.102339.
- CHEN, Lairong; CAO, Yuan; JI, Ronghua. Automatic incident detection algorithm based on support vector machine. In: **2010 Sixth International Conference on Natural Computation**. IEEE, 2010. p. 864-866. doi:10.1109/ICNC.2010.5583920
- CHUNG, Younshik; CHO, Hanseon; CHOI, Keechoo. Impacts of freeway accidents on CO2 emissions: A case study for Orange County, California, US. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 24, p. 120-126, 2013. doi:10.1016/j.trd.2013.06.005
- CONDERINO, Sarah *et al.* Linkage of traffic crash and hospitalization records with limited identifiers for enhanced public health surveillance. **Accident Analysis & Prevention**, v. 101, p. 117-123, 2017. doi:10.1016/j.aap.2017.02.011.
- FIRJAN - FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO. Os custos da mobilidade nas regiões metropolitanas do Rio de Janeiro e São Paulo, 2014. Disponível em: [https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/os-custos-da- mobilidade-nas-regioes-metropolitanas-do-rio-de-janeiro-e-sao-paulo.htm#:~:text=Ambiente%20de%20Neg%C3%B3cios-,Os%20custos%20da%20\(i\)mobilidade%20nas%20regi%C3%B5es%20metropolitanas%20do%20Rio,e%20os%20altos%20custos%20derivados.](https://www.firjan.com.br/publicacoes/publicacoes-de-economia/os-custos-da- mobilidade-nas-regioes-metropolitanas-do-rio-de-janeiro-e-sao-paulo.htm#:~:text=Ambiente%20de%20Neg%C3%B3cios-,Os%20custos%20da%20(i)mobilidade%20nas%20regi%C3%B5es%20metropolitanas%20do%20Rio,e%20os%20altos%20custos%20derivados.) Acessado em maio de 2021.
- GUERRIERI, Marco; MAURO, Raffaele. Capacity and safety analysis of hard-shoulder running (HSR). A motorway case study. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 92, p. 162-183, 2016. doi:doi.org/10.1016/j.tra.2016.08.003
- GROTE, Matt *et al.* Including congestion effects in urban road traffic CO2 emissions modelling: Do Local Government Authorities have the right options?. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 43, p. 95-106, 2016. doi:10.1016/j.trd.2015.12.010
- HOFER, Christian; JÄGER, Georg; FÜLLSACK, Manfred. Large scale simulation of CO2

emissions caused by urban car traffic: An agent-based network approach. *Journal of Cleaner Production*, v. 183, p. 1-10, 2018. doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.113

HOJATI, Ahmad Tavassoli *et al.* Modelling total duration of traffic incidents including incident detection and recovery time. *Accident Analysis & Prevention*, v. 71, p. 296-305, 2014. doi:10.1016/j.trc.2016.06.013

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Estimativa dos custos dos acidentes de trânsito no Brasil com base na atualização simplificada das pesquisas anteriores do IPEA. Brasília: IPEA, 2015. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/160516_relatorio_estimativas.pdf. Acessado em maio de 2021.

JAVID, Roxana J.; JAVID, Ramina Jahanbakhsh. A framework for travel time variability analysis using urban traffic incident data. *IATSS Research*, v. 42, n. 1, p. 30-38, 2018. doi:10.1016/j.iatssr.2017.06.003

JAKOB, Astrid; CRAIG, John L.; FISHER, Gavin. Transport cost analysis: a case study of the total costs of private and public transport in Auckland. *Environmental Science & Policy*, v. 9, n. 1, p. 55-66, 2006. doi:10.1016/j.envsci.2005.09.001

JONG, Gerard *et al.* New SP-values of time and reliability for freight transport in the Netherlands. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, v. 64, p. 71-87, 2014. doi:10.1016/j.tre.2014.01.008

JOO, Shinye *et al.* Assessing the impact of traffic crashes on near freeway air quality. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, v. 57, p. 64-73, 2017. doi:10.1016/j.trd.2017.09.013

JUNHUA, Wang *et al.* Modeling secondary accidents identified by traffic shock waves. *Accident Analysis & Prevention*, v. 87, p. 141-147, 2016. doi:10.1016/j.aap.2015.11.031

KABIT, Mohamad Raduan bin *et al.* Modelling major traffic incident impacts and estimation of their associated costs. *Transportation Planning and Technology*, v. 37, n. 4, p. 373-390, 2014. doi:10.1080/03081060.2014.897130

KHAN, Jibran *et al.* Road traffic air and noise pollution exposure assessment-A review of tools and techniques. *Science of The Total Environment*, v. 634, p. 661-676, 2018. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.3

KURECKOVA, Veronika *et al.* First aid as an important traffic safety factor-evaluation of the experience-based training. *European Transport Research Review*, v. 9, n. 1, p. 5, 2017. doi:10.1007/s12544-016-0218-4

LEVY, Jonathan I.; BUONOCORE, Jonathan J.; VON STACKELBERG, Katherine. Evaluation of the public health impacts of traffic congestion: a health risk assessment. *Environmental Health*, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2010. doi: 10.1186/1476-069X-9-65

LI, Ruimin; PEREIRA, Francisco C.; BEN-AKIVA, Moshe E. Overview of traffic incident duration analysis and prediction. *European Transport Research Review*, v. 10, n. 2, p. 1-13, 2018. doi:10.1186/s12544-018-0300-1

LIMA, R. R. A. **Impactos sociais e econômicos dos acidentes de trânsito nas aglomerações urbanas brasileiras: relatório executivo.** Brasília: IPEA, 2003. Disponível em: http://files-server.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2012/11/15/2880DE31-C357-44E2-8B67-780173C6F88C.pdf. Acessado em maio de 2021.

UN - UNITED NATIONS. **Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development - A/RES/70/1**, 2015. Disponível em: <https://sdgs.un.org/2030agenda>. Acessado em maio de 2021.

NOLAND, Robert B. *et al.* Simulating travel reliability. *Regional Science and Urban Economics*, v. 28, n. 5, p. 535-564, 1998. doi:10.1016/S0166-0462(98)00009-X

OMS - ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE. **Relatório global sobre o estado da segurança viária 2015**, 2015. Disponível em: https://www.who.int/violence_injury_prevention/road_safety_status/2015/Summary_GSRR_S2015_POR.pdf. Acessado em maio de 2021.

PAN, Bei *et al.* Forecasting spatiotemporal impact of traffic incidents on road networks. In: **2013 IEEE 13th International Conference on Data Mining**. IEEE, 2013. p. 587-596. doi:10.1109/icdm.2013.44

REQUIA, Weeberb J. *et al.* The health impacts of weekday traffic: A health risk assessment of PM2. 5 emissions during congested periods. *Environment international*, v. 111, p. 164-176, 2018. doi:10.1016/j.envint.2017.11.025

SANTOS, Andrea Souza *et al.* An Overview on Costs of Shifting to Sustainable Road Transport: A Challenge for Cities Worldwide. **Carbon Footprint Case Studies**, p. 93-121, 2021. doi:10.1007/978-981-15-9577-6_4

SANTOS, Andrea Souza; RIBEIRO, Suzana Kahn; DE ABREU, Victor Hugo Souza. Addressing Climate Change in Brazil: Is Rio de Janeiro City acting on adaptation strategies?. In: **2020 International Conference and Utility Exhibition on Energy, Environment and Climate Change (ICUE)**. IEEE, 2020. p. 1-11. doi:10.1109/ICUE49301.2020.9307010

SOOKUN, Anand; BOOJHAWON, Ravindra; RUGHOPUTH, Soonil DDV. Assessing greenhouse gas and related air pollutant emissions from road traffic counts: A case study for Mauritius. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 32, p. 35-47, 2014. doi:10.1016/j.trd.2014.06.005

STEENBRUGGEN, John *et al.* Data from telecommunication networks for incident management: An exploratory review on transport safety and security. **Transport Policy**, v. 28, p. 86-102, 2013. doi:10.1016/j.tranpol.2012.08.006

TRB - TRANSPORTATION RESEARCH BOARD The congestion mitigation and air quality improvement program, assessing 10 years of experience. **Transportation Research Board**, v. 1, p. 60-64, 2002. doi:10.17226/10350

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION - DOT. **TM08: Traffic Incident Management System**, 2021. Disponível em: <https://local.iteris.com/arc-it/html/servicepackages/sp127.html#tab-3>. Acessado em abril de 2021

VIJAY, Ritesh *et al.* Assessment of honking impact on traffic noise in urban traffic environment of Nagpur, India. **Journal of Environmental Health Science and Engineering**, v. 13, n. 1, p. 1-10, 2015. doi:10.1186/s40201-015-0164-4

WANG, Junhua *et al.* Identification of freeway secondary accidents with traffic shock wave detected by loop detectors. **Safety Science**, v. 87, p. 195-201, 2016. doi:10.1016/j.ssci.2016.04.015

WIT, Marien; METHORST, Robert. Kosten verkeersongevallen in Nederland: ontwikkelingen 2003-2009. Ministerie van Infrastructuur en Milieu Directoraat-generaal Rijkswaterstaat, 2012. Disponível em: <https://puc.overheid.nl>. Acessado em maio de 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **“Global status report on road safety 2018”**. 2018. Disponível em: <https://www.who.int/publications-detail/global-status-report-on-road-safety-2018>. Acessado em maio de 2021.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. **74/299. Improving global road safety, Resolution adopted by the General Assembly on 31 August 2020**, 2020. Disponível em: <https://undocs.org/en/A/RES/74/299>. Acessado maio de 2021.

YANG, Hong *et al.* Use of ubiquitous probe vehicle data for identifying secondary crashes. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 82, p. 138-160, 2017. doi:10.1016/j.trc.2017.06.016

YUAN, Fang; CHEU, Ruey Long. Incident detection using support vector machines. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 11, n. 3-4, p. 309-328, 2003. doi:10.1016/s0968-090x(03)00020-2

ZHANG, Kai; BATTERMAN, Stuart; DION, François. Vehicle emissions in congestion: Comparison of work zone, rush hour and free-flow conditions. **Atmospheric Environment**, v. 45, n. 11, p. 1929-1939, 2011. doi:10.1016/j.atmosenv.2011.01.030

ZOU, Yajie *et al.* Jointly analyzing freeway traffic incident clearance and response time using a copula-based approach. **Transportation Research Part C: Emerging Technologies**, v. 86, p. 171-182, 2018. doi:10.1016/j.trc.2017.11.004

AUTORES

ORCID: 0000-0002-2557-2721

VICTOR HUGO SOUZA DE ABREU (VHSA), MSc. | Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro | Engenharia de Transportes | Av. Horácio Macedo, 2030, 101 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro, RJ, Brasil | e-mail: victor@pet.coppe.ufrj.br

ORCID: 0000-0003-3132-780X

MARINA LEITE DE BARROS BALTAR (MLBB), MSc. | Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro | Engenharia de Transportes | Av. Horácio Macedo, 2030, 101 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro, RJ, Brasil | e-mail: mabaltar@gmail.com

ORCID: 0000-0002-5984-6313

ANDREA SOUZA SANTOS (ASS), Dra. | Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio de Janeiro | Engenharia de Transportes | Av. Horácio Macedo, 2030, 101 - Cidade Universitária - Rio de Janeiro, RJ, Brasil | E-mail: andrea.santos@pet.coppe.ufrj.br

COMO CITAR ESSE ARTIGO

ABREU, Victor Hugo Souza de; BALTAR, Marina Leite de Barros; SANTOS, Andrea Souza. O Papel do Gerenciamento de Incidentes de Tráfego no Atendimento aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. *MIX Sustentável*, v. 8, n. 3, p. 67-78, mai. 2022. ISSN-e: 24473073. Disponível em: <<http://www.nexos.ufsc.br/index.php/mixsustentavel>>. DOI: <http://dx.doi.org/10.29183/2447-3073.MIX2022.v8.n3.67-78>.

Submetido em: 20/05/2021

Aprovado em: 28/09/2021

Publicado em: 31/05/2022

Editora Responsável: Lisiane Ilha Librelotto

Registro da contribuição de autoria:

Taxonomia CRediT (<http://credit.niso.org/>)

MLBB; VHSA: conceituação, metodologia, escrita - rascunho original, escrita - revisão e edição, validação, visualização.

ASS: administração do projeto, escrita - revisão e edição, validação.

Declaração de conflito: nada foi declarado.