

RESILIÊNCIA APLICADA AO SISTEMA DE TRANSPORTES: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESILIENCE APPLIED TO THE TRANSPORT SYSTEM: A SYSTEMATIC REVIEW

MARCOS ANTÔNIO PEREIRA¹, ANA LÍDIA DA SILVA CASCALES CORRÊA^{2*}

1. Acadêmico de pós-graduação do curso de Engenharia de Infraestrutura de Transportes da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional - FEITEP; 2. Professora da Faculdade de Engenharia e Inovação Técnico Profissional - FEITEP, Maringá – PR.

* Rua Paranavaí, 1164, Parque Industrial Bandeirantes, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87070-130. prof.analidia@feitep.edu.br

Recebido em 05/05/2023. Aceito para publicação em 05/09/2023

RESUMO

A Resiliência das Cidades é definida como a capacidade que uma cidade e seus habitantes de se adaptarem, evoluírem e sobreviverem diante de alguns problemas relacionados a fatores de crescimento populacional ou catástrofes naturais sem que o funcionamento urbano e o fluxo de suas atividades corriqueiras sejam afetados. O presente trabalho tem seu objetivo amparado na definição conceitual sobre a Resiliência nos Sistemas Urbanos que se preocupa em avaliar os sistemas de transportes usados nas cidades e descrever os fluxos dos veículos ali utilizados, denotando suas respectivas mobilidades, fragilidades e possibilidades de repentinas mudanças. Tal instrumento de avaliação tem como resultado a análise do Sistema de transportes e apresentará as fragilidades com sugestões de medidas mitigatórias e estruturais a fim de amenizar impactos quando exposto a eventos extremos ou sazonais. Isto posto, este trabalho, através da Revisão Bibliográfica apontadas por autores que já discutem sobre o assunto, fará uma exposição teórica quanto aos seguintes questionamentos propostos: Qual a importância da cidade resiliente para o sistema urbano de transportes? O que são considerados modelos de resiliência urbana para o Sistema urbano de transportes?

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas de Transporte; Sistema Urbano; Transporte Resiliente; Transporte Sustentável; Transporte Inteligente.

ABSTRACT

The Resilience of Cities is defined as the capacity that a city and its inhabitants can have to adapt, evolve, and survive in the face of some problems related to population growth factors or natural disasters without the urban functioning and flow of its everyday activities being affected. The present work has its objective supported by the conceptual definition of Resilience in Transport Systems, which is concerned with evaluating the transport systems used in cities and describing the flows of vehicles used there, denoting their respective mobilities, weaknesses and possibilities of sudden changes in this environment. system. Such an evaluation instrument is aimed at analyzing a city's transport system and is attentive to identifying its weaknesses and suggesting structural or operational improvements to mitigate possible impacts arising from the increase in mass locomotion for concerts, events and/or large-scale demonstrations. public, as well as to reduce the damage caused by weather disasters of natural or

human origin in urban areas. That said, this work, through the Bibliographic Review pointed out by authors who already discuss the subject, will make a theoretical exposition about what it is and what is the importance of Resilience in Transport Systems, as well as its previous application in the urban perimeters considered as potentials.

KEYWORDS: Transport Systems; Resilience; Urban Areas; Cities.

1. INTRODUÇÃO

O termo resiliente, surge em meados dos anos 70, mais propriamente com o autor Holling (1973)¹, quando propõe em suas pesquisas, a necessidade de cidades estarem aptas ao retorno de sua normalidade padrão após enfrentamento de eventos extremos. E ainda, o termo pode estar associado a distintas áreas do conhecimento podendo ser aplicado com objetivos que busquem atender não somente às interações sociais e cotidianas, mas à ciência dos materiais, a psicologia, as ciências sociais e a Engenharia¹.

A Resiliência surgiu como uma alternativa aplicada aos sistemas de transportes para lidar com eventuais estresses pontuais nos perímetros urbanos cujos acontecimentos pudessem ocorrer e modificar todo o transporte de uma comunidade, ou seja, a Resiliência nos transportes são ações que resolvem em curtos prazos situações de pico no transporte urbano, sendo responsável por absorver todos esses impactos².

A resiliência dos meios de transportes é uma gama pertencente à Engenharia de Infraestrutura de Transportes e contém inúmeras atividades ligadas à prevenção, antecipação, mitigação e restauração de transportes empregados em grandes eventos sociais a fim de diminuir os impactos e garantir a sociedade o retorno da normalidade nos deslocamentos até o local em que tal fenômeno irá acontecer³.

No contexto urbano, a Resiliência no transporte foi criada para solucionar desafios de populações de diferentes localidades que cresceram e triplicaram o número de cidadãos de forma muito rápida e por isso, desorganizada o que gerou grandes desafios nessa crescente urbanização, não somente para as cidades brasileiras, mas em outros vários centros urbanos de diversos países⁴.

A criação da Resiliência urbana (CPRM, 2021)

surgiu para dar soluções rápidas a diferentes picos de locomoção existentes nos centros urbanos por várias razões distintas, como desastres naturais inesperados, eventos de grande porte ou manifestações populares com grande número de pessoas⁵.

O objetivo da resiliência dos transportes é amenizar, em outras palavras, os impactos que, não somente os grandes eventos, como shows, manifestações ou jogos esportivos podem causar ao fluxo normal dos transportes numa localidade, mas também evitar a ocorrência de eventos extremos naturais que têm ocorrido com maior frequência e de forma mais severa para as cidades e que possam causar transtornos como: perdas humanas, interrupção dos serviços públicos e problemas de fluxos como engarrafamentos e congestionamentos³.

Importante salientar que o crescimento populacional em áreas urbanas é fator que impulsiona os planejamentos ligados à Resiliência nos Transportes urbanos, uma vez que o aumento desenfreado da população somada à falta de uma Resiliência nos transportes urbanos pode colaborar para o agravamento dos impactos causados por fenômenos globais como mudanças climáticas, gestão ineficiente de serviços e recursos, terrorismos e crises econômicas².

Diversos serão os transtornos decorrentes da falta de planejamento antecipado na Resiliência de Transportes pela gestão urbana e administradores das cidades, seja a dificuldade no deslocamento em algumas regiões isoladas das comunidades, o comprometimento do desempenho do mercado de transbordo e escoamento de mercadorias, dos serviços de emergência e até danos à economia local; e por isso, a preocupação de estudiosos e pesquisadores acerca do Planejamento prévio inerente à Resiliência de Transportes em situações em que existam o aumento do número de pessoas e seus respectivos deslocamentos entre zonas de tráfego ou em detrimento de desastres como enchentes e deslizamentos⁶.

Dessa forma, a importância da Resiliência nos Transportes está na gestão do crescimento panorâmico das grandes cidades que sem um devido planejamento prévio que elabore alternativas eficientes de mobilidade urbana e estratégias que integrem os setores público e privado e garantam ações que minimizem os impactos dessa constante crescente populacional nos centros urbanos, as cidades virão a sofrer mais e mais com riscos de desastres e enfrentamento destes⁵.

Diante disso, o objetivo do presente artigo é descrever o que é a Resiliência no Sistema de Transportes e como ela deve ser aplicada em prol da sua proposta principal que é antever e planejar os deslocamentos de grandes números de veículos em ocasiões de aumentos de fluxo repentino nas cidades. E, ainda, descrever sobre a importância da cidade resiliente para o sistema urbano de transportes e o que são os modelos de resiliência urbana para o Sistema urbano de transportes.

Para tanto, será desenvolvida uma Revisão Teórica acerca do tema escolhido sendo a base a Metodologia

da Pesquisa Bibliográfica os acervos digitais da base de dados Capes, Science Direct, Web of Science e Scopus, a fim de averiguar o que os autores estudaram e propuseram, e compará-las com a real atribuição da Resiliência no Sistema de Transporte quanto aos seguintes questionamentos propostos: Qual a importância da cidade resiliente para o sistema urbano de transportes? O que são considerados modelos de resiliência urbana para o Sistema urbano de transportes?

2. MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo compreendeu uma pesquisa qualitativa com coleta de dados secundários, analisados segundo a contribuição metodológica da revisão sistemática da literatura. O levantamento bibliográfico foi realizado nas bases de dados científicas da Capes acesso cafe: Scopus, Web of Science; Science Direct.

Os artigos foram pesquisados até o dia 11 de maio de 2022, sendo utilizados os descritores “resilient city”, “extreme event”, “resilient transports”, e suas variantes em inglês, aplicando-se o uso do operador lógico “AND” e “OUR”. O recorte temporal abrangeu artigos publicados nos últimos cinco anos (2018-2022) para captar o que há de mais usual em estratégias e modelos aplicados pelas cidades. Porém, foram apresentados desde o início da utilização dos termos resiliência das cidades para transportes e modelos de resiliência disponibilizados integralmente em meio eletrônico, além de suporte da plataforma Sucupira para delimitar apenas os artigos classificados de A1 a B2 das bases de pesquisa, captando assim o que há de mais recente na literatura sobre o assunto, seja internacional ou nacionalmente, respectivamente.

O critério de inclusão dos artigos consistiu em verificar se abordavam a temática quanto à Resiliência no Sistemas de Transporte Urbano e suas condutas que priorizam a facilitação da mobilidade urbana nas situações em que possíveis eventos extremos ocorram e já tenham sido vivenciados pelas cidades, assim como a proposta de estratégias resilientes para lidar com tal risco.

Os artigos selecionados detinham seus respectivos descritores no título, resumo ou palavras-chave. Todos os artigos que não atenderam aos parâmetros descritos foram excluídos.

3. RESULTADOS

Este estudo compreendeu uma pesquisa em que, inicialmente, foram localizados 39 artigos nas bases: Web of Science, Scopus e Science Direct e utilizando as palavras-chaves: “Resilient”, “Transport resilient”, “Resilient City”. Realizou-se o recorte temporal, considerando o início das publicações utilizando-se o termo cidade resiliente para o ano de 1971, com o autor Holling (1973), quem o define. Foram selecionados 17 artigos observando sua relação com o tema proposto.

Hasselwander *et al.* (2021)⁷ destacaram que a pandemia da COVID-19 interferiu drasticamente na mobilidade humana com operações de bloqueios,

distanciamento social, quarentenas e suspensão do transporte. Demonstraram que os bloqueios afetaram de forma desproporcional os cidadãos mais dependentes do transporte público, e ainda, o transporte público não cumpriu sua função de serviço público, e desta forma, provocou uma mudança para a mobilidade ativa. Auad *et al.* (2021)⁸ estudaram a resiliência durante uma pandemia analisando sistemas de trânsito que combina uma rede de trens e ônibus de alta frequência com ônibus sob demanda (On-Demand Multimodal Transit Systems). O estudo concluiu que o ODMTS apresenta uma solução resiliente em termos de custo, conveniência e acessibilidade, se enquadrando em uma variedade de cenários.

Martins, Silva e Pinto (2019)⁹ apresentaram como proposta um método de avaliação de resiliência através da utilização de um conjunto de dados com a aplicação de matrizes origem-destino (OD), considerando a possibilidade, em caso de interrupção do sistema de mobilidade, de as viagens, realizadas em meios motorizados serem transferidas para modos ativos (a pé e de bicicleta). Analisaram a transferência de modo e a distribuição espacial de viagens considerando explicitamente a resiliência. De igual forma, também aplicando a matriz OD, Azolin, Silva e Pinto (2020)¹⁰ ofereceram como avaliação da resiliência a utilização da ferramenta de gerenciamento de mobilidade, matriz origem-destino, aplicando no cálculo da medida geral de resiliência. Considerando alguma interrupção no sistema de transporte, o método leva em conta a transferência de viagens de carro para modos ativos e rotas de transporte público.

O estudo desenvolvido por Santos *et al.* (2021)¹¹ apresenta sobre a vulnerabilidade de rede viária e sua relação com as características da cidade, verificando o nível de eficiência em estado normal não perturbado, a robustez da rede em diferentes cenários de ataques e os indicadores de eficiência e robustez de acordo com níveis de cidade. Saleem *et al.* (2022)¹² discutiram sobre a importância da redução do congestionamento do tráfego através de um sistema de controle de congestionamento de tráfego inteligente.

Kurth *et al.* (2020)¹³ estudaram sobre as implicações econômicas resultantes de interrupções em sistemas viários urbanos e demonstraram como a resiliência pode ser integrada à modelagem macroeconômica, prevendo os impactos das interrupções no produto interno bruto. Obtiveram resultados em que o impacto econômico foi proporcional à magnitude das interrupções, e as perdas econômicas são maiores nas cidades economicamente mais produtivas e mais ricas.

Cardoso *et al.* (2021)¹⁴ apontaram que os indicadores de violência no transporte público afetam a mobilidade urbana. Apresentaram a proposta de analisar o nível de vulnerabilidade e resiliência do transporte público à partir das ocorrências criminais, observando as variáveis: população, emprego, deslocamento, ocorrências criminais e cobertura policial. Concluíram que a baixa renda da população

aumenta sua vulnerabilidade econômica e, conseqüentemente as pessoas ficam mais vulneráveis a ações criminosas. Desta forma, o nível de renda das regiões habitacionais possui intensa relação com sua resiliência e vulnerabilidade, e por conseqüência à sua dependência espacial.

Considerando a importância de empregar tecnologias inteligentes, preparando as cidades inteligentes para situações esperadas e inesperadas, tomando os transportes urbanos resilientes, o trabalho de Bellini *et al.* (2021)¹⁵ objetivou expor solução inovadora na exploração da Internet das Coisas e big data multimídia na gestão da resiliência de sistemas de transporte urbano. Martani *et al.* (2021)¹⁶ exemplificaram como usar uma diretriz na estimativa da resiliência e definir metas de resiliência em sistema de transporte em um curto período de tempo, mesmo com conhecimentos e informações limitadas. São utilizados indicadores de resiliência e estabelecimento de metas de resiliência considerando o custo-benefício na identificação dos indicadores a serem melhorados primeiramente.

Ribeiro *et al.* (2021)¹⁷ realizaram uma avaliação bibliométrica, identificando as métricas e os indicadores de mobilidade urbana mais utilizados e apontaram como as variáveis de desempenho estão sendo discutidas. Concluíram que a conquista de cidades inteligentes passa pela reorganização dos sistemas de transporte, alcançando a sustentabilidade por meio de implementação de tecnologias, com um planejamento de sistema de transportes que inclua a diversidade de modos e opções de viagens de acordo com as necessidades dos usuários. Braga *et al.* (2019)¹⁸ identificaram as métricas de mobilidade urbana mais usuais em uma análise bibliométrica. Constataram em sua pesquisa, a predominância de trabalhos nas perspectivas ambientais e de eficiência nos sistemas de transporte urbano, bem como desenvolvimento de novas abordagens, identificadas como mobilidade sustentável, transporte resiliente e mobilidade inteligente. Morelli e Cunha (2021)¹⁹ apresentaram uma métrica de avaliação conveniente para a verificação da vulnerabilidade de redes viárias a eventos extremos. Destacaram a eficiência da utilização da métrica alternativa, pois as obstruções nas vias, provocadas por desastres aumentam as distâncias no sistema de transporte.

Braga *et al.* (2019)¹⁸ realizaram uma verificação das produções científicas dos últimos anos constatando a predominância de trabalhos direcionados às perspectivas ambientais e de eficiência nos meios de transporte urbano. Além destes, notaram novas abordagens, tais como mobilidade sustentável, transporte resiliente e mobilidade inteligente.

O acelerado crescimento do meio urbano, e conseqüentemente o aparecimento de inúmeros problemas à sociedade, produzindo transtornos, tais como congestionamentos, aumento da poluição do ar devido a intensificação de veículos motores particulares em detrimento de um transporte público

adequado e de qualidade, provocaram sistemas de transporte e mobilidades insustentáveis no cenário urbano atual¹⁸. Por outro lado, os assentamentos humanos ao criar infraestruturas sofrem com as interferências das alterações climáticas, com fenômenos intensos e extremos, impactando no ambiente social e nas infraestruturas de transporte, e que, ao sofrer falhas nos sistemas, com bloqueios em redes de transportes, produzem efeitos negativos em cascata²⁰.

Eventos climáticos, que até então não estavam presentes em certas regiões e em assentamentos humanos, recaindo de forma intensa e extrema, provocando desastres naturais, podem se repetir, intensificar e até se tornar mais frequentes²¹. De outra forma, é de se constatar que mesmo que haja conhecimento dos riscos que tais eventos representam, e as experiências adquiridas com acontecimentos impactantes dos últimos anos, expõe de forma dramática o despreparo e incapacidade de comunidades em responder à suas vulnerabilidades, absorvendo, recuperando e aprendendo com as rupturas¹⁵. A resiliência comporta essa capacidade de preparação, mitigação, sobrevivência, resposta e recuperação a eventos perturbadores, conservando níveis de serviços e de operação dentro de um tempo admissível²².

O conhecimento e entendimento das causas que provocam os desastres são de grande relevância para uma cidade, e isso se torna possível quando se obtém a geração e análise de dados, possibilitando uma preparação para situações esperadas e inesperadas²³. Desta forma, em contrapartida, a nível global, há uma tendência de aumento nos investimentos para implementar cidades resilientes, contribuindo de forma significativa na implantação de tecnologias inteligentes, favorecendo no crescimento da conscientização e o controle sobre os eventos, deixando as cidades mais eficientes¹⁵. Por outro lado, devido as rápidas transformações e alterações no meio urbano, práticas empregadas de gerenciamento e de operacionalização manifestam deficiências, impondo desafios a serem superados²⁴. Impõe-se também a necessidade de um comportamento e mentalidade resiliente, que busque entender a complexidade do sistema, uma nova forma de gerenciar os recursos, e que se adapte continuamente aos ciclos de mudanças visando a sustentabilidade²⁵. Nesse ponto adequa-se o conceito de capacidade adaptativa aplicando-a à resiliência urbana, associando à adaptabilidade e flexibilidade²⁶.

No planejamento estratégico e operacional dos sistemas de transportes, e no gerenciamento de riscos, a análise dos níveis de resiliência são imprescindíveis²⁷, pois os sistemas de transporte são afetados por diversos tipos de adversidades, desde os impactos por alterações ambientais até mudanças sociais e econômicas²⁸. Essas adversidades a que estão submetidos aponta para o conceito de vulnerabilidade, sendo que um sistema de transporte é vulnerável por estar ligado às circunstâncias que o afeta, considerando que até

mesmo um pequeno incidente pode interferir e produzir impactos com implicações e consequências fatais²⁹.

Em eventos intensos e severos, exigindo ações e estratégias de enfrentamento e mitigação, como a pandemia da Covid 19, a manutenção e operacionalização do transporte público tornou-se um desafio diante da necessidade de efetuar cortes de linhas, redução de horários e de veículos em circulação, diminuição de passageiros e requisitos adicionais de segurança. Auad *et al.* (2021)⁸ abordaram sobre a resiliência de Sistemas de Trânsito Multimodal sob Demanda durante uma pandemia, e consideram que este, para ser resiliente, deve ser capaz de fornecer transporte público acessível com um alto nível de serviço, dentro de um orçamento esperado e adequado ao seu funcionamento.

Ainda durante a pandemia da Covid 19, Hasselwander *et al.* (2021)⁷ realizaram estudo em Metro Manila, Filipinas, apontaram como as ações de política de transporte atuam no desenvolvimento de megacidades, produzindo estratégias de resiliência e mitigação no enfrentamento de surtos de pandemia, e promovendo meios de transportes mais sustentáveis. Observaram que as pessoas mais dependentes de transporte público, sem acesso a veículos particulares, foram afetadas pelos bloqueios de forma muito desproporcional, e intensificando o acesso desigual ao transporte, e evidenciando que durante a pandemia, o transporte público não foi capaz de cumprir sua função social na mobilidade e atendimento ao público. Azolin *et al.* (2020)¹⁰ incorporaram metodologicamente o transporte público no cálculo do índice de resiliência da mobilidade urbana, considerando sua função social de proporcionar acessibilidade a todos as pessoas.

Cardoso *et al.* (2021)¹⁴ identificaram que o conceito de resiliência discutidos na literatura relacionados ao transporte público fazem referência as consequências de desastres naturais ou falhas técnicas no sistema. Perceberam, portanto, uma lacuna com a não indicação da segurança pública, propuseram mensurar o nível de resiliência e vulnerabilidade a partir da violência urbana, identificando como a violência pode afetar a mobilidade no ambiente urbano. Newton (2014)³⁰ destaca que a violência promove o aumento da exclusão social ao afetar o transporte público, infringindo no direito a mobilidade, causando prejuízo na obtenção de saúde pública e interferindo na qualidade do serviço de transporte.

Em referência aos aspectos econômicos por decorrência dos impactos que um sistema de transporte por estar submetido, as interrupções na rede podem acarretar uma variedade de aumentos nos custos de transporte. As perdas relacionadas as interrupções nos meios de transporte podem apresentar dimensão e magnitude maior do que a dimensão da própria interrupção. E ainda, quando um sistema de transporte não se recupera rapidamente de interrupções, sofrendo com eventos imprevisíveis, as consequências dos atrasos podem ser desproporcionalmente maiores do que a extensão da interrupção¹³.

Em seus estudos, Tatano & Tsuchiya (2007)³¹ desenvolveram um modelo de equilíbrio geral computável objetivando realizar uma estimativa das perdas econômicas decorrentes de interrupção do fluxo de transporte, tanto de cargas, quanto de passageiros, como resultantes de terremotos, utilizando como referência no estudo o terremoto de 2004 em Niigata-Chuetsu no Japão, medindo as perdas econômicas do comércio interno e externo. Pelling *et al.* (2002)³² afirmam que os desastres impactam negativamente nas relações comerciais afetando a cadeia de produção, distribuição, comercialização e consumo dos mercados.

Analisando o setor de produção e distribuição de gás natural liquefeito Al-Haidous *et al.* (2021)³³ apontaram a importância de se desenvolver cadeias resilientes de abastecimento de GNL, pois à medida que a demanda por GNL aumenta, também crescem os níveis de riscos e incertezas da cadeia produtiva. A construção de sistemas resilientes acontece a medida em que vão sendo observados os acidentes que interferiram e afetaram a cadeia de abastecimento. Ao examinar tais acidentes, adquire-se aprendizados e experiências, obtendo insights sobre perdas financeiras, técnicas e ambientais, possibilitando conhecimentos que direcionem para reações diante de possíveis acidentes semelhantes no futuro, e mitigando riscos potenciais. Gatto *et al.* (2020)³⁴ destacam que as organizações necessitam verificar a resiliência de suas cadeias de suprimentos almejando a continuidade, garantindo que o fornecimento de suprimentos seja consistente e estável.

Na literatura acadêmica tem surgido diversos estudos que objetivam a minimização ou extinção de transtornos através de adoção de sistemas resilientes. Diversas abordagens sugerem a conscientização e ação dos usuários no intuito de estimular os gestores no desenvolvimento de soluções que considere os fatores climáticos e ambientais em sua relação com os meios de transporte³⁵. O trabalho de Roth & Kåberger (2002)³⁶ propõe a utilização de métricas e indicadores de desempenho como ferramentas que proporcionam mensurar e avaliar os sistemas de transporte e mobilidade urbana e ainda contribuem com os gestores na tomada de decisão. Os indicadores apontam para subsistemas, indicando quais estão adequados e os que necessitam de melhores investimentos. Desta forma, as métricas e indicadores favorecem na gestão dos recursos e otimização dos espaços urbanos, permitindo a sustentabilidade no acesso dos recursos naturais e na melhoria das condições de vida.

O desenvolvimento de cidades inteligentes implica na conquista de um ambiente sólido e confiável para os cidadãos, incluindo infraestruturas urbanas e sistemas de transportes com ofertas de serviços eficientes, promovendo economia de tempo e redução de custos, levando ao crescimento de produtividade e competitividade, reduzindo os impactos no meio ambiente e gerando bem-estar social aos cidadãos. Os sistemas de transportes inteligentes maximizam os benefícios às cidades através da implementação da

tecnologia, proporcionando o alcance da sustentabilidade a nível ambiental, econômico e social. E ainda, a conquista de uma mobilidade integrada, inteligente, inclusiva e segura, requer uma análise que considere as tendências de digitalização dos sistemas de transporte, acolhendo as percepções, necessidades, avaliações e expectativas dos cidadãos, juntamente com a participação dos governos e normas regulatórias dos meios de transporte¹⁷.

A organização e desenvolvimento de cidades inteligentes vem acompanhada de transformações ao promover mudanças com planejamento e aquisição de tecnologias avançadas, visando tornar as cidades mais inteligentes e proporcionando qualidade de vida aos seus cidadãos. Contudo, os sistemas de transportes inteligentes apresentam desafios a serem superados, pois o crescente aumento de veículos trafegando provocou congestionamentos e acidentes nas rodovias. Como respostas a esses desafios a Vehicular Networks desenvolveu novas ferramentas que permitem comunicações veiculares, navegação e controle de tráfego¹².

Soluções inteligentes são desenvolvidas objetivando formas sustentáveis de transporte, Sistema de Transporte Inteligente e Sistemas de Gerenciamento de Tráfego, proporcionando melhorias no tráfego, evitando congestionamentos, segurança no trânsito e aplicações que minimizem a utilização de petróleo, gás e energia³⁷. Saleem *et al.* (2022)¹² propuseram um sistema de controle de congestionamento de tráfego inteligente, baseado em fusão para VNs (FITCCS-VN), utilizaram técnicas de aprendizado de máquina que coletam dados de tráfego e realizam o direcionamento do tráfego para rotas que estejam disponíveis. É, portanto, um sistema que oferece informações aos motoristas, permitindo a visualização do fluxo de tráfego e do volume de veículos disponíveis na via, evitando congestionamentos. Os avanços em Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina possibilitaram conquistas de sistemas de transportes inteligentes, permitiram também o monitoramento ambiental inteligente através de análises dos fatores que afetam e influenciam o meio ambiente, com dados mais precisos, operando no controle da poluição e no desempenho do tráfego³⁸.

Vale apontar que esses sistemas abarcam serviços de controles de semáforos, administração de rodovias e gestão de atendimentos de emergência, capturando dados em tempo real e prosseguindo com as etapas seguintes de forma a evitar o engarrafamento e paralizações no fluxo de tráfego. Tudo isso pode ser previsto com o emprego de aplicativos de smartphone, utilizando base de dados coletados em rodovias através de sensores e dispositivos de monitoramento das vias de tráfego rodoviário³⁹. Os veículos equipados com dispositivos sem fio e de comunicação, estão preparados para diversas aplicações, podendo destacar a prevenção de acidentes, o planejamento de rotas e monitoramento das condições de tráfego em tempo real⁴⁰. E ainda, o conceito de Inteligente aplicado aos

meios de transportes faz referência aos veículos movidos a eletricidade, negócios com uso e compartilhamento de carros, novos regulamentos e planejamentos em políticas de transporte. Todas essas inovações objetivam obter como resultado a diminuição da poluição, redução do congestionamento do tráfego, o aumento da segurança e a redução dos custos de viagem ⁴¹.

4. DISCUSSÃO

No intuito de responder ao que fora proposto como objetivo do presente trabalho, é significativo apontar que uma cidade resiliente é aquela que traça objetivos que respondam aos desafios impostos pelos impactos sofridos pelas cidades devido ao crescimento populacional e a redução da qualidade de vida dos seus cidadãos ocasionados por eventos perturbadores. A cidade resiliente dispõe seus recursos tecnológicos ao bom funcionamento de suas estruturas, adaptando a novas exigências e condições de operação, se antecipando ou minimizando eventos que afetem sua normalidade de funcionamento diante de situações extraordinárias, reduzindo os impactos sociais, ambientais e econômicos. Desta forma, a gestão inteligente dos recursos disponíveis torna-se mais eficiente à medida que melhoram as condições de operacionalização e a qualidade de vida de sua população.

Na revisão de literatura apresentada o conceito de resiliência nos transportes faz referência principalmente ao sistema rodoviário de transporte, tendo relação com recuperação das atividades pós-evento perturbador, voltando a sua normalidade. Dentre os conceitos trabalhados, prevalecem a capacidade de resistir, absorver, adaptar, retornar as atividades de operação e normalidade em prazo específico.

Em se tratando de mobilidade, interrupções por colapso do sistema de transporte, afetando a circulação e movimentação de pessoas, a resiliência consiste no restabelecimento dos serviços após evento de estresse, seja de forma rápida ou em nível menor de serviço. Nos casos de desastres não intencionais ocasionados por fatores ambientais e climáticos, ou ainda por falha humana, é significativo o planejamento e operacionalização de planos estratégicos e de ação que restabeleça a mobilidade, e desta forma, torne-se resiliente, atingido a normalidade dos serviços. Dentre as estratégias a serem adotadas, poderá incluir restabelecimento de rotas de tráfego, atendimentos emergenciais e processos de rápida evacuação de área.

Os investimentos em infraestruturas de transportes, seja por meio da iniciativa pública ou privada, deve objetivar a capacidade de resiliência, analisando os pontos de maior gravidade ou tendência ao caos, pontos de maior circulação de pessoas ou de maior importância estratégica na mobilidade em uma determinada região. Os gestores devem se antecipar a possíveis problemas, adotando medidas que previnam de situações caóticas e ao aparecer eventos perturbadores sejam capazes de recuperar ou se adaptar

a diversas situações, sem maiores transtornos à população e aos usuários do sistema.

Por fim, é de se destacar, que nos serviços de transporte público, os veículos de transporte em massa de passageiros, ao sofrerem interrupções podem ocasionar transtornos a outros meios de transportes, impactando na mobilidade urbana ao sobrecarregar os meios de locomoção disponíveis por não possuírem a capacidade de absorver a demanda. Desta forma, a resiliência nesses sistemas requer a utilização de medidas que reduzam os impactos e restabeleça a normalidade de mobilidade urbana.

5. CONCLUSÃO

É notável a importância dos sistemas de transporte para a organização, crescimento e fortalecimento dos assentamentos humanos, de modo que alcance sempre mais a sustentabilidade. As organizações humanas, vida em sociedade, para bem funcionar, depende do transporte de mercadorias e de pessoas, com infraestruturas que atendam os níveis de serviços aceitáveis, dentro das quais foram projetadas. Por outro lado, vimos que o crescimento dos centros urbanos, que por vezes, não esperado e planejado, geram inúmeros transtornos aos seus habitantes, impactando também na sustentabilidade e qualidade de vida dos moradores e comprometendo a vida de futuras gerações. A falta de planejamento ou planejamentos inadequados e insustentáveis, mantém os transtornos nas vias de transporte, aumentando os congestionamentos, as poluições, os acidentes, reduz a acessibilidade e mobilidade urbano.

Como reação, respostas aos transtornos que os centros urbanos estão submetidos, com os estudos, desenvolvimento de pesquisas e implementações de projetos, buscou-se o no conceito de cidade resiliente, e sistemas de transportes resilientes, o enfrentamento dos desafios e dos impactos provocados por crescimento das cidades, e as ameaças à normalidade diante de eventos extremos.

Para o enfrentamento e superação de eventos de estresse, situações de colapso, a literatura consultada também apontou para a necessidade de participação da governança e usuários no desenvolvimento de soluções inovadoras nos sistemas de transportes, pois a evolução das cidades, com meios de transportes resilientes requer a conquista de novos conhecimentos e utilização de novas tecnologias. As cidades inteligentes se tomam possíveis com o envolvimento de seus habitantes, cidadãos conscientes e participativos no processo de transformação, conquistando cidades com mobilidade e acessibilidade inclusiva, alicerçada nos pilares da sustentabilidade, em nível ambiental, econômico e social.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Colucci A. Towards resilient cities: Comparing approaches/strategies. Tema. Journal Of Land Use, Mobility And Environment. 2012.

- [2] Sharifi A, Yamagata Y. Resilient urban planning: Major principles and criteria. *Energy Procedia*. 2014; 61:1491–1495.
- [3] Siemens, e Arup. Resilient Urban Mobility: A Case Study Integrated Transport in Ho Chi Minh. 2013.
- [4] Meerow, S.; Newell, J. P.; Stults, M. Defining urban resilience: A review. *Landscape and Urban Planning* 2016; 147:38–49.
- [5] Schlor, H.; Venghaus, S.; Hake, J. F. The FEW-Nexus city index – Measuring urban resilience. *Applied Energy*, 2018; 210:382–392.
- [6] Chan R, Schofer JL. Measuring Transportation System Resilience: Response of Rail Transit to Weather Disruptions. *Natural Hazards Review*. 2016; 17(1):1–8.
- [7] Marc H. *et al.* Building back better: the covid-19 pandemic and transport policy implications for a developing megacity. *Sustainable Cities And Society*, [S.L.], 2021; 69:102864.
- [8] Ramon A *et al.* Resiliency of on-demand multimodal transit systems during a pandemic. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, [S.L.], 2021; 133: 103418.
- [9] Marcel CMM.; Antônio NRS; Nuno P. An indicator-based methodology for assessing resilience in urban mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, [S.L.], 2019; 77:352-363.
- [10] Luiza GA; Antônio NRS; Nuno P. Incorporating public transport in a methodology for assessing resilience in urban mobility. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, [S.L.], 2020; 85:02386.
- [11] Johan RS *et al.* Road network vulnerability and city-level characteristics: a nationwide comparative analysis of japanese cities. *Environment And Planning B: Urban Analytics and City Science*, [S.L.], 2021; 48(5):1091-1107.
- [12] Muhammad S. *et al.* Smart cities: fusion-based intelligent traffic congestion control system for vehicular networks using machine learning techniques. *Egyptian Informatics Journal*, [S.L.], 2022; 1-10.
- [13] Margaret K. *et al.* Lack of resilience in transportation networks: economic implications. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, [S.L.], 2020; 86:102419.
- [14] Marcus HSC; Tálita FS; Marcelino AVS. Violence in Public Transport: an analysis of resilience and vulnerability in the city of rio de janeiro. *Urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, [S.L.], 2021; 13:1-14.
- [15] Emanuele B et al. An IoE and Big Multimedia Data Approach for Urban Transport System Resilience Management in Smart Cities. *Sensors*, [S.L.], 2021; 21(2):435.
- [16] Claudio M *et al.* Estimating the resilience of, and targets for, a transport system using expert opinion. *Infrastructure Asset Management*, [S.L.], 2021; 8(4):191-208.
- [17] Paulo R; Gabriel D; Paulo P. Transport Systems and Mobility for Smart Cities. *Applied System Innovation*, [S.L.], 2021; 4(3):61. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/asi4030061>
- [18] Izaac PCB *et al.* Urban mobility performance indicators: a bibliometric analysis. *Gestão & Produção*, [S.L.], 2019; 26(3):1-17.
- [19] André BM; André LC. Measuring urban road network vulnerability to extreme events: an application for urban floods. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, [S.L.], 2021; 93:102770.
- [20] Sarlas, Georgios, Pérez, Antonio, Axhausen, Kay W. Betweenness-accessibility: Estimando os impactos da acessibilidade nas redes. *J. Transp. Geogr.* 2020; 84:102680.
- [21] Campo, CB; Gerenciando os Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Avançar na Adaptação às Mudanças Climáticas: Relatório Especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas; Cambridge University Press: Cambridge, Reino Unido, 2012.
- [22] Ayyub, BM: Resiliência de sistemas para ambientes multirisco: definição, métricas e avaliação para tomada de decisão. *Anual de Risco*, 2014; 34(2):340–355.
- [23] Leveson, NG. Um novo modelo de acidentes para sistemas de engenharia mais seguros. *Saf. Sci.* 2004; 42:237-270.
- [24] Bellini, E.; Nesi, P. Explorando tecnologias inteligentes para construir cidades resilientes inteligentes. *Routledge Handb. Sustentar. Infraestrutura resiliente*. 2018; 685-705.
- [25] Walker, B.; Sal, D. Pensamento de Resiliência: Sustentando Ecossistemas e Pessoas em um Mundo em Mudança; Island Press: Washington, DC, EUA, 2006.
- [26] Meerow, S.; Newell, JP; Stults, M. Definindo resiliência urbana: uma revisão. *Landsc. Plano Urbanístico*. 2016; 147:38-49.
- [27] Minette DL; Francesca M. A new measure of resilience: an application to the london underground. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, [S.L.], 2015; 81:35-46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tra.2015.05.017>.
- [28] Andrew C; Fynnwin P; Adam R. Transportation security and the role of resilience: a foundation for operational metrics. *Transport Policy*, [S.L.], 2011; 18(2):307-317. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.09.004>.
- [29] Zhiru W *et al.* Recent Advances in Modeling the Vulnerability of Transportation Networks. *Journal Of Infrastructure Systems*, [S.L.], 2015; 21(2). American Society of Civil Engineers (ASCE). [http://dx.doi.org/10.1061/\(asce\)jis.1943-555x.0000232](http://dx.doi.org/10.1061/(asce)jis.1943-555x.0000232).
- [30] Newton, A. Crime no Transporte Público. Em G. Bruinsma, & D. Weisburd (eds.), *Enciclopédia de Criminologia e Justiça Criminal*. Nova York, NY: Springer New York. 2014; 709-7
- [31] Hirokazu T; Satoshi T. A framework for economic

- loss estimation due to seismic transportation network disruption: a spatial computable general equilibrium approach. *Natural Hazards*, Springer Science and Business Media LLC. [S.L.], v. 2007; 44(2):253-265. <http://dx.doi.org/10.1007/s11069-007-9151-0>.
- [32] Mark P *et al.* The macro-economic impact of disasters. *Progress In Development Studies*, [S.L.], SAGE Publications. 2002; 2(4):283-305. <http://dx.doi.org/10.1191/1464993402ps042ra>.
- [33] Sara AL *et al.* Evaluating LNG Supply Chain Resilience Using SWOT Analysis: the case of qatar. *Energies*, [S.L.], v. dez. 2021. 15(1):79. <http://dx.doi.org/10.3390/en15010079>.
- [34] Gatto, A.; Busato, F. Vulnerabilidade energética ao redor do mundo: O índice global de vulnerabilidade energética (GEVI). *J. Limpo. Prod.* 2020; 253.
- [35] Federici, M; Ulgiati, S; Verdesca, D; Basosi, R. Efficiency and sustainability indicators for passenger and commodities transportation systems. *Ecological Indicators*, [S.L.], 2003; 3(3): 155-169. [http://dx.doi.org/10.1016/s1470-160x\(03\)00040-2](http://dx.doi.org/10.1016/s1470-160x(03)00040-2).
- [36] Anders R; Tomas K. Making transport systems sustainable. *Journal Of Cleaner Production*, [S.L.], 2002; 10(4):361-371. [http://dx.doi.org/10.1016/s0959-6526\(01\)00052-x](http://dx.doi.org/10.1016/s0959-6526(01)00052-x).
- [37] Ravish R, Swamy SR. Gerenciamento Inteligente de Tráfego: Uma Revisão de Desafios, Soluções e Perspectivas Futuras. *Transp Telecommun* 2021; 163-82.
- [38] Li G, Lai W, Sui X, Li X. Influência do congestionamento de tráfego no comportamento do motorista na condução pós-congestionamento. *Anual Ácido Anterior*. 2020.
- [39] Wan S, Xu X, Wang T, Gu Z. Um método de análise de vídeo inteligente para detecção de eventos anormais em sistemas de transporte inteligentes. *IEEE Trans Intell Transp Syst* 2020; pág. 87-95.
- [40] Yan G, Rawat DB. Análise de conectividade veículo a veículo para redes ad-hoc veiculares. *Rede Ad Hoc* 2017; 25-35.
- [41] Benevolo, C., Dameri, RP, D'Auria, B. Smart Mobility in Smart City Action Taxonomia, Intensidade de TIC e Benefícios Públicos. In: *Empowering Organizations: Habilitando Plataformas e Artefatos*; 2016; 13–28.