

Justiça climática nos planos de ação climática: uma análise do setor de transportes



Marina de Almeida Gomes Soriano

Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Brasil.

Verônica Teixeira Franco Castelo Branco

Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, Brasil.

Recibido: 31.01.2025. Aceptado: 25.04.2025.

Resumo

Para lidar com os desafios climáticos, os municípios brasileiros têm elaborado seus Planos de Ação Climática (PLACs). No entanto, não há uma estrutura normativa ou metodológica padronizada para orientar a formulação desses planos, resultando em abordagens heterogêneas e, muitas vezes, desalinhadas com princípios fundamentais da justiça climática. A ausência de critérios unificados dificulta a avaliação da adequação dos PLACs no contexto dos transportes urbanos, um setor crítico tanto em termos de emissões de gases poluentes, quanto de impactos socioambientais. O desafio é complexo, pois, ainda é preciso garantir que o ônus das mudanças climáticas não recaia, de forma mais intensa, na população mais vulnerável. Sendo assim, este artigo tem como objetivo principal propor um índice, que identifique a adequação dos PLACs na busca por justiça climática, no contexto dos transportes. O índice proposto pode sinalizar aos tomadores de decisão a efetividade e/ou a adoção de novas medidas. Para isso, foram analisados os conteúdos relacionados aos transportes dos PLACs de 10 cidades brasileiras. Além disso, estratégias, que busquem melhorar a justiça climática no setor de transportes, foram hierarquizadas, por meio, de análise multicritério; são elas: redução de emissões, acesso a oportunidades, educação e participação social, desenvolvimento de sistemas de transportes resilientes, implantação de infraestrutura sustentável e monitoramento da qualidade do ar. Um questionário foi aplicado a especialistas da área para obter o peso das medidas e estratégias. As estratégias predominantes nos PLACs envolvem o aumento da frota de transporte público com o uso de veículos elétricos ou de menor emissão e ampliação/melhorias do transporte público coletivo e do ativo. Os resultados indicaram que a medida de mitigação que mais contribui para a justiça climática é a adoção de aspectos socioculturais e participação social. Por outro lado, dentre as medidas de adaptação, a priorização da infraestrutura sustentável é a mais importante. Finalmente, os municípios do Rio de Janeiro (0,826) e João Pessoa (0,685) apresentaram os maiores índices.

PALAVRAS-CHAVE: JUSTIÇA CLIMÁTICA. PLANOS DE AÇÃO CLIMÁTICA. MUDANÇAS CLIMÁTICAS. TRANSPORTES. ANÁLISE MULTICRITÉRIO.

Climate Justice in Climate Action Plans: An Analysis of the Transport Sector

Abstract

To address climate challenges, Brazilian municipalities have been developing their Climate Action Plans (PLACs). However, there is no standardized regulatory or methodological framework to guide the formulation of these plans, leading to heterogeneous approaches that are often misaligned with fundamental principles of climate justice. The absence of unified criteria hinders the assessment of PLACs' adequacy in the context of urban transport—a critical sector both in terms of pollutant gas emissions and socio-environmental impacts. This challenge is further compounded by the need to ensure that the burden of climate change does not disproportionately affect the most vulnerable populations. Thus, this study aims to propose an index that assesses the adequacy of PLACs in advancing climate justice within the transport sector. The proposed index can guide decision-makers in evaluating the effectiveness of existing measures and identifying the need for new initiatives. To achieve this, the transport-related content of PLACs from ten Brazilian cities was analyzed. Furthermore, strategies aimed at enhancing climate justice in the transport sector were prioritized using a multi-criteria analysis. These strategies include emission reduction, access to opportunities, education and social participation, development of resilient transport systems, implementation of sustainable infrastructure, and air quality monitoring. A questionnaire was administered to experts in the field to determine the weighting of these measures and strategies. The predominant strategies identified in PLACs involve expanding public transport fleets with electric or lower-emission vehicles and improving both public and active transportation. The results indicate that the mitigation measure that contributes most to climate justice is the integration of socio-cultural aspects and social participation. Conversely, among adaptation measures, prioritizing sustainable infrastructure was identified as the most significant. Finally, the municipalities of Rio de Janeiro (0.826) and João Pessoa (0.685) achieved the highest index scores.

KEYWORDS: CLIMATE JUSTICE. CLIMATE ACTION PLANS. CLIMATE CHANGE. TRANSPORT. MULTI-CRITERIA ANALYSIS.

Introdução

As mudanças climáticas e suas consequências, impulsionadas pelos padrões atuais de consumo, produção e uso de recursos naturais, já eram previstas há anos e permanecem sendo um dos maiores e mais complexos desafios do século XXI (Leite *et al.*, 2020). O aumento da temperatura global, as tempestades mais severas, o crescimento da seca, a elevação do nível do mar, os riscos à saúde humana e a perda da biodiversidade são apenas alguns exemplos dos efeitos adversos das alterações climáticas. Entende-se por mudanças climáticas “mudanças atribuídas direta ou indiretamente à atividade humana que alterem a composição da atmosfera global e que sejam adicionais à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis de tempo” (Klug *et al.*, 2016:6).

A fim de fortalecer a resposta global à ameaça da mudança do clima e de reforçar a capacidade dos países para lidar com os impactos decorrentes dessas mudanças, em

2015, foi estabelecido o Acordo de Paris, durante a 21ª Conferência das Partes (COP21) da UNFCCC (Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, em inglês: *United Nations Framework Convention on Climate Change*). No mesmo ano, a Organização das Nações Unidas (ONU) adotou a Agenda 2030 com o objetivo de direcionar o mundo para um caminho mais sustentável e resiliente. Considerando um horizonte de 15 anos, a Agenda define 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODSs), divididos em 169 metas a serem alcançadas até 2030. Alguns países como Índia, Costa Rica e Brasil (ODS 18 – Igualdade Étnico-Racial) criaram ODSs de forma voluntária. Esses ODS são uma tentativa de alinhar a Agenda 2030 às especificidades sociais, culturais e históricas do local.

Em 2015, o Brasil adotou a Agenda 2030 e, em 2016, ratificou o Acordo de Paris, comprometendo-se a reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) em 37% até 2025 e em 43% até 2030 (Contribuição Nacionalmente Determinada, em inglês: *Nationally Determined Contribution – NDC*), tomando 2005 como base. Em 2023, após duas atualizações (2020 e 2022), o Brasil apresentou nova NDC, cuja meta de redução foi alterada para 48,4%, em 2025, e 53,1%, em 2030. Além disso, reiterou seu objetivo de alcançar a neutralidade climática até 2050 (meta apresentada em 2022). No final de 2024, uma nova NDC foi apresentada: reduzir emissões líquidas de GEE de 59 a 67% em 2035, na comparação com 2025. Aponta-se ainda que a visão do Brasil para 2035 é a da Justiça Climática. A justiça climática foca na distribuição justa do peso dos impactos das mudanças climáticas.

A justiça climática conecta os direitos humanos e o desenvolvimento para alcançar uma abordagem centrada no ser humano, protegendo os direitos das pessoas mais vulneráveis e compartilhando encargos e benefícios das mudanças climáticas e de seus impactos de forma equitativa e justa (MRF, 2018:1).

Para Klug *et al.* (2016), o protagonismo da nova agenda urbana pertence às cidades, uma vez que elas têm papel estratégico na discussão sobre mudanças climáticas. No âmbito municipal, algumas prefeituras têm elaborado seus Planos de Ação Climática (PLACs). As cidades enfrentam o desafio de reestruturar sua infraestrutura urbana de modo a equilibrar a continuidade das atividades socioeconômicas e a implementação de iniciativas que favoreçam o desenvolvimento sustentável, responsável e mais harmonioso com o meio ambiente (Ribas *et al.*, 2022).

A complexidade do desafio é acentuada na maior parte dos municípios brasileiros, porque, além de adotar medidas que reduzam as emissões dos GEE, ainda é preciso garantir que o ônus das mudanças climáticas não recaia, de forma mais intensa, na população em situação de maior vulnerabilidade. Apesar das dúvidas sobre a magnitude e a distribuição geográfica das mudanças climáticas, é essencial promover medidas que diminuam a vulnerabilidade e fortaleçam a resiliência das cidades (Klug *et al.*, 2016).

Nesse contexto, aponta-se que a criação de Infraestruturas de Transporte mais sustentáveis pode levar a ambientes urbanos mais limpos, saudáveis e seguros e isso pode resultar em benefícios para a saúde pública, como a redução da poluição do ar e a melhoria da qualidade de vida. Além de mitigar os efeitos das mudanças climáticas, as práticas sustentáveis podem ajudar a preservar ecossistemas, reduzir a poluição da água e do solo e minimizar a perda de biodiversidade.

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

Neste panorama de necessidade de adaptação, algumas cidades brasileiras elaboraram seus PLACs como parte de uma agenda mais ampla de mitigação e resposta às mudanças climáticas. No entanto, não há uma estrutura normativa ou metodológica padronizada para orientar a formulação desses planos, resultando em abordagens heterogêneas e, muitas vezes, desalinhadas com princípios fundamentais da justiça climática.

A ausência de critérios unificados dificulta a avaliação da adequação dos PLACs no contexto dos transportes urbanos, um setor crítico tanto em termos de emissões de poluentes, quanto de impactos socioambientais. Dessa forma, torna-se importante o desenvolvimento de um índice capaz de aferir a qualidade e a efetividade dos PLACs na busca por justiça climática, permitindo identificar boas práticas, lacunas e oportunidades de aprimoramento. Assim, a questão norteadora deste estudo é Quais critérios (estratégias) podem compor um índice capaz de medir a adequação dos planos de ação climática à justiça climática, no contexto do setor de transportes?

Diante disso, este artigo tem como objetivo principal propor um índice, que identifique a adequação dos PLACs na busca por justiça climática, no contexto dos transportes. O índice proposto pode sinalizar aos tomadores de decisão a efetividade e/ou a adoção de novas estratégias. Para isso, serão analisados os conteúdos relacionados aos transportes dos PLACs de 10 cidades brasileiras, a saber: Belo Horizonte, Curitiba, Fortaleza, João Pessoa, Recife, Rio Branco, Rio de Janeiro, Salvador, São Paulo e Teresina. Além disso, estratégias, que busquem melhorar a justiça climática no setor de transportes, serão hierarquizadas, por meio, de análise multicritério.

A escolha pelo setor de transporte neste trabalho se deu porque este contribui significativamente para as emissões de GEE e para as alterações climáticas (Pasqual, Lofhagen e Lira, 2022). Para exemplificar, aponta-se que, em 2022, as emissões globais de CO₂ provenientes do setor atingiram 8 gigatoneladas (Gt), refletindo um crescimento de 3% em comparação ao ano anterior. No Brasil, a emissão no setor foi equivalente a 0,18 Gt, em 2020, uma redução de 6% em relação a 2021 (SIRENE, 2020). Estima-se que, até 2050, o volume mundial de transporte (passageiros e mercadorias) duplique ou triplique, sendo necessário, portanto, a adoção de medidas sustentáveis que busquem mitigar as alterações climáticas (ONU, 2021).

Aponta-se ainda que os serviços de pavimentação, resultantes de novas infraestruturas, impactam negativamente os padrões de qualidade do ar, principalmente a partir da utilização de materiais asfálticos, que podem gerar emissões atmosféricas contendo poluentes diversos, tais como material particulado, dióxido de nitrogênio (NO₂) e dióxido de enxofre (SO₂) (Barbosa, 2019). Além disso, os pavimentos representam cerca de 60% da área impermeabilizada dos centros urbanos (Tsoka *et al.*, 2018), o que gera e agrava problemas ambientais, sociais e econômicos (Figueiredo *et al.*, 2022). Aliada às altas densidades populacionais, a malha viária densa potencializa as consequências das alterações climáticas. Assim, é vital abordar o pavimento não apenas por suas características convencionais (resistência às solicitações do tráfego e às intempéries), mas também por suas implicações socioambientais.

Medidas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas no setor de transportes

Em resposta às mudanças climáticas, que representam uma ameaça à segurança socioambiental (Aguiar *et al.*, 2018), uma série de medidas de adaptação e mitigação foram desenvolvidas. Essas medidas ajudam a lidar com condições emergentes e novos riscos, além de fortalecer a capacidade das comunidades de se ajustar e reagir aos desafios impostos pelas rápidas mudanças climáticas globais (Fazey *et al.*, 2018).

As medidas de mitigação buscam reduzir as causas das mudanças climáticas e estão direcionadas a abordar problemas globais de longo prazo (Pasimeni *et al.*, 2019). Ou seja, podem influenciar o caráter, a magnitude e a taxa das mudanças climáticas às quais uma paisagem socioecológica está exposta (Parry *et al.*, 2007). Por outro lado, as estratégias de adaptação (resiliência) visam reduzir a vulnerabilidade local às mudanças climáticas e estão focadas em resolver problemas locais e de curto prazo (Pasimeni *et al.*, 2019). Isso significa que a adaptação está relacionada à habilidade de um sistema de absorver distúrbios e de se reorganizar enquanto passa por mudanças, mantendo as funções, estrutura e identidade (Walker *et al.*, 2004).

As iniciativas voltadas para enfrentar as mudanças climáticas não podem melhorar a adaptação sem integrar a mitigação em suas atividades, uma vez que as estratégias de adaptação se concentram, principalmente, em abordar os efeitos e não as causas. Nesse contexto, Brand *et al.* (2019) argumentam que pesquisadores incentivam formuladores de políticas a reconsiderar o foco predominante em soluções técnicas para o transporte, e propõem o abandono da ideia de uma solução única e a adoção de soluções integradas para lidar com essa questão multifacetada. Isso porque as emissões de transporte são influenciadas por uma variedade de fatores, dos quais apenas alguns estão relacionados à eficiência técnica (Yang *et al.*, 2009). Estilos de vida e outros fatores socioculturais também desempenham papel importante (Hochachka *et al.*, 2022).

Medidas de mitigação

Redução de Emissões

Para reduzir tanto a poluição gerada pelo setor de transporte quanto mitigar as mudanças climáticas, muitas cidades estão implementando políticas que promovem sistemas de transporte de baixo carbono. Dentre as abordagens, destaca-se a eletrificação dos meios de transporte, tanto públicos quanto privados. Quando associada a uma matriz de geração de eletricidade limpa, pode melhorar a qualidade do ar, contribuir para um futuro descarbonizado e aumentar a segurança energética (Delucchi *et al.*, 2014; Holland *et al.*, 2016). Um aumento de 1% nas vendas de veículos elétricos em uma cidade pode reduzir as emissões de CO₂ localmente em 0,096% e em cidades próximas em 0,087% (Zhao *et al.*, 2023).

Para (Hochachka *et al.*, 2022), os veículos considerados de baixa emissão ou limpos (incluindo híbridos, híbridos plug-in, movidos a hidrogênio e elétricos) não representam uma solução completa para atingir as metas de redução de emissões. A análise do ciclo de vida completo desses veículos precisa ser considerada, incluindo sua produção, que demanda materiais, como lítio, muitas vezes extraídos de regiões instáveis, o que

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

gera várias preocupações de longo prazo (Deng *et al.*, 2020). Além disso, ainda existem desafios relacionados às baterias de veículos elétricos, à medida que começam a perder eficiência ao longo do tempo.

A fim de viabilizar a transição para sistemas de transporte sem emissões, países têm oferecido incentivos para a promoção de veículos elétricos. Tais incentivos podem ser relacionados ao fabricante dos carros elétricos e à infraestrutura de recarga, bem como àqueles direcionados aos proprietários (Delucchi *et al.*, 2014; Pereirinha *et al.*, 2018). No entanto, o alto custo e a disponibilidade limitada de pontos de recarga são os principais fatores que dificultam sua adoção (Macioszek *et al.*, 2021). Além disso, eles permanecem inacessíveis para comunidades de baixa renda (Bauer *et al.*, 2021). Essas disparidades econômicas e estruturais destacam o desequilíbrio no acesso a bens ambientais e tecnologias de energia limpa entre diferentes faixas de renda e grupos raciais (Ku *et al.*, 2021).

Sob a perspectiva do serviço público, cidades e agências de transporte têm considerado a eletrificação do transporte público como uma estratégia para reduzir as emissões de gases (Pereirinha *et al.*, 2018) e alcançar a justiça ambiental (Blynn, 2018). Entretanto, considerando que os custos de compra, manutenção e instalação de infraestrutura de recarga para frotas de ônibus elétricos ainda são relativamente altos, é essencial priorizar a alocação de recursos para essas frotas em comunidades desfavorecidas. Isso porque é nesses locais que as emissões de ônibus a diesel causam maior impacto e, potencialmente, os recursos podem gerar os maiores benefícios sociais e ambientais (Ku *et al.*, 2021).

Acesso a Oportunidades

As preocupações de justiça distributiva no transporte, particularmente no que diz respeito à desvantagem e exclusão social, devem ser centradas na acessibilidade como uma capacidade humana fundamental. Isso significa que, na avaliação de políticas públicas, uma análise detalhada dos impactos distributivos das medidas de transporte, deve considerar a definição de padrões mínimos de acessibilidade a destinos essenciais, a priorização de grupos vulneráveis e a redução das desigualdades de oportunidades (Pereira *et al.*, 2017).

Manter, melhorar e expandir a infraestrutura de transporte não motorizado e público pode fornecer um modo de transporte acessível, sustentável, eficiente e inclusivo, especialmente entre as comunidades desfavorecidas (Ahmad e Oliveira, 2016; Macmillana *et al.*, 2020). As estratégias devem se concentrar na mudança de sistemas, considerando o contexto mais amplo em que as escolhas são feitas, como abordar o transporte como uma questão de uso do solo, projetar comunidades caminháveis, levar em conta a equidade e a justiça climática e trabalhar em direção a um sistema de transporte público amplo e confiável (Hochachka *et al.*, 2022). Isso inclui incorporar uma perspectiva de planejamento do uso do solo ao considerar a mobilidade urbana e se basear no desenvolvimento de cidades de 15 minutos (Moreno *et al.*, 2021).

O planejamento de uso misto, com zonas residenciais, comerciais e de escritórios de forma mais próxima e políticas de habitação acessível (Deetjen *et al.*, 2018) são exemplos de planejamento urbano de longo prazo e políticas de uso do solo que tornam os

transportes público coletivo e não-motorizado atraentes (Creutzig *et al.*, 2016). Nesse sentido, Ramirez-Rubio *et al.* (2019) destacam que o *design* urbano compacto capitaliza a densidade populacional para reduzir as emissões de gases de efeito estufa e melhorar a mobilidade, a capacidade de caminhar e a coesão social e, portanto, a saúde e o bem-estar.

Aspectos Socioculturais e Participação Social

Estilos de vida e outros fatores socioculturais desempenham um papel importante nas emissões de transporte, tais como, valores, normas sociais, hábitos que orientam os padrões de consumo e preferências de estilo de vida (Kitt *et al.*, 2021). Ainda é possível citar, as preferências geográficas sobre onde morar, com bairros suburbanos de baixa densidade tendendo a múltiplos proprietários de carros e criando a chamada catividade do carro (De Vos *et al.*, 2021). Nesse sentido, é importante destacar que esta, frequentemente, não é uma preferência geográfica sobre onde morar e, sim, onde é possível morar. Para a população de baixa renda, essa catividade é voltada para o transporte público coletivo e pela motocicleta, cuja frota cresceu cerca de 52% (motocicleta, motoneta e ciclomotor), entre 2014 e 2024 (SENATRAN, 2024).

Outro aspecto relevante da ação climática no transporte está relacionado à cultura. De acordo com Hochachka *et al.* (2022), o papel da cultura é complexo e pouco incorporado nos PLACs. Os veículos pessoais simbolizam *status* para seus proprietários, refletindo aspectos como carreira, identidade e autonomia. Essa representação é tão marcante que as sociedades modernas acabaram se tornando dependentes da automobildade (Shove *et al.*, 2015; Urry e Grieco, 2016; Sovacool e Axsen, 2018; Haarstad *et al.*, 2022).

Processos para abordar essa dimensão psicossocial da ação climática no transporte incluem engajamento público para apoiar a aceitação e confiança dos cidadãos nas políticas (Hochachka *et al.*, 2022), estratégias de comunicação para alinhar valores e percepções sociais da população, além de outras formas de educação e consulta pública (Solecki *et al.*, 2021). Além de promover a conscientização dos cidadãos e a educação para a cidadania, a participação social nas decisões públicas confere maior qualidade e legitimidade à tomada de decisão (Struecker e Hoffmann, 2017). Para Neshkova e Guo (2012), a participação social nesse processo pode impactar na eficácia e efetividade dos serviços públicos, uma vez que a visão isolada dos agentes públicos não consegue ter o alcance integral das necessidades dos cidadãos e das soluções adequadas.

Medidas de Adaptação

Desenvolvimento de Sistemas de Transportes Resilientes

No contexto de eventos climáticos, resiliência é a capacidade do sistema em vivenciar um evento negativo potencialmente prejudicial e retornar a um estado de operação aceitável num tempo razoável após o evento (Chan e Schofer, 2016). Medidas de resiliência podem ser utilizadas para evidenciar fragilidades na movimentação de pessoas e de carga numa região ou cidade (Leobons *et al.*, 2017). Tais fragilidades estão relacionadas à própria infraestrutura ou a operação dos sistemas.

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

Em relação à infraestrutura, pode-se avaliar a resiliência quanto a corredores e/ou pontos críticos de circulação de veículos, que quando inoperantes por algum evento climático, podem dificultar ou mesmo inviabilizar, durante algum período, o deslocamento de pessoas entre duas regiões. Uma outra visão está relacionada à operação dos sistemas, em que pese o deslocamento de pessoas em transportes públicos. Uma interrupção dos serviços do transporte público coletivo, também por um evento climático, irá sobrecarregar outros sistemas que, não tendo capacidade de absorver, poderão impactar a mobilidade numa cidade.

Ao afetar as infraestruturas de transporte, os impactos das mudanças climáticas implicam em congestionamento e maiores tempos de deslocamentos. Um exemplo são as inundações urbanas, que colocam em questão a habitabilidade de algumas áreas e as mobilidades de seus residentes. Por meio de um estudo de caso em Manila, Akyelken (2020) demonstra que as populações com baixo nível de escolaridade, especialmente as mulheres, são as mais impactadas pelas inundações.

Essas fragilidades não impactam apenas as mobilidades cotidianas e locais imediatamente após o desastre, mas podem também afetar a acessibilidade de algumas áreas por períodos mais longos (Blondin, 2022). Como consequência, há uma limitação às oportunidades socioeconômicas (acesso ao trabalho, educação e serviços de saúde, entre outros) das comunidades locais (Nguyen e Pham, 2018; Hock *et al.*, 2019).

Priorização de Infraestrutura Sustentável

Dentre os fatores que contribuem para o efeito de ilhas de calor urbanas, as propriedades térmicas dos materiais utilizados no tecido urbano desempenham papel importante. A presença de superfícies de cor escura, especialmente pavimentos, favorece a absorção da radiação solar durante o dia e a re-emissão dela como calor durante a noite. Uma estratégia de adaptação a esses efeitos das mudanças climáticas é a aplicação dos chamados *cool pavements* em áreas urbanas. As tecnologias envolvidas levam ao menor armazenamento de calor e a temperaturas superficiais mais baixas (Synnefa *et al.*, 2006).

Por outro lado, os métodos conhecidos como Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID, do inglês, *Low Impact Development*) é uma maneira inovadora de integrar o gerenciamento de águas pluviais em paisagens naturais, minimizando alterações no regime hidrológico natural e reduzindo o volume de escoamento superficial (Xu *et al.*, 2019). Dentre as infraestruturas de LID, destacam-se os pavimentos permeáveis, que promovem infiltração e retenção temporária das águas da chuva no subsolo (Obasowiski *et al.*, 2013).

Parte da água precipitada infiltra o solo por meio de uma superfície de revestimento permeável, podendo ser retida em um reservatório de pedras ou se infiltrar no solo até atingir o lençol freático. Como consequência, há um retardo e/ou redução do escoamento pluvial (Zanandrea, 2016). Além da redução dos volumes de água escoados, os pavimentos permeáveis possuem outras vantagens, tais como a melhoria da qualidade da água escoada, a redução da formação de lâminas d'água em estacionamentos e calçadas, a possibilidade de redução do sistema de drenagem pluvial local e melhoria do visual da paisagem local (Debusk *et al.*, 2012).

Monitoramento da Qualidade do Ar

Populações de baixa renda tendem a enfrentar trajetos mais longos e maior exposição durante os deslocamentos (Hatzopoulou *et al.*, 2013; Tang *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2018). Além disso, comunidades urbanas com menor *status* socioeconômico, incluindo domicílios de baixa renda (Apte *et al.*, 2011; Martinez *et al.*, 2020) e domicílios com baixo nível de educação (Clark *et al.*, 2014; Cakmak *et al.*, 2016; Ok *et al.*, 2018), podem ser mais propensas a sofrer exposição crônica a altos níveis de poluição do ar relacionada ao tráfego (do inglês, *Traffic-Related Air Pollution* - TRAP), contribuindo para um aumento do risco à saúde (Gilligan *et al.*, 2018).

Esses resultados enfatizam a necessidade urgente de políticas e intervenções direcionadas para abordar o impacto desproporcional das exposições ao TRAP em populações vulneráveis (Xu *et al.*, 2024). Uma alternativa é a implantação sistemas de monitoramento da qualidade do ar para identificar pontos críticos de poluição e orientar políticas de mitigação focadas nessas comunidades.

Em países desenvolvidos e industrializados, como os Estados Unidos e Canadá, a poluição do ar em áreas urbanas é amplamente investigada e caracterizada (Oiamo *et al.*, 2012; Chen *et al.*, 2013; Matte *et al.*, 2013). Por outro lado, em países em desenvolvimento, observa-se uma disponibilidade limitada de monitores de qualidade do ar, e os dados eventualmente investigados não são eficientemente disseminados (Carvalho, 2016).

Metodologia

Seleção dos municípios

Para este estudo, 10 capitais brasileiras, com diferentes portes e diversidades geográficas, foram selecionadas. Essa variedade permite avaliar como municípios de características distintas estão planejando as estratégias de mitigação e adaptação climática e a capacidade de implementar esses planos. A escolha desses municípios foi baseada na análise da sua população (estimada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2024), localização, área, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH - varia de 0, desenvolvimento humano muito baixo, a 1, desenvolvimento humano muito alto) e ano de publicação dos PLACs (Tabela 1).

Tabela 1. Características dos municípios selecionados

Município	Estado	População (hab)	Área (km²)	IDH	Veículos Elétricos	Divisão Modal	PLAC	Ano
Belo Horizonte	Minas Gerais	2.416.339	333,4	0,810	2.667	Ativo: 35,2% Público: 28,1% Individual Motorizado: 36,6% Outros: 0,1%	Plano Local de Ação Climática	2022
Curitiba	Paraná	1.829.225	435,3	0,823	3.332	Ativo: 25,4% Público: 25,2% Individual Motorizado: 48,5% Outros: 0,9%	Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas	2020

Município	Estado	População (hab)	Área (km²)	IDH	Veículos Elétricos	Divisão Modal	PLAC	Ano
Fortaleza	Ceará	2.574.412	312,4	0,754	1.569	Ativo: 37,1% Público: 25,4% Individual Motorizado: 37,0% Outros: 0,5%	Plano Local de Ação Climática	2020
João Pessoa	Paraíba	888.679	210,0	0,763	464	Ativo: 25,7% Público: 23,6% Individual Motorizado: 50,0% Outros: 0,7%	Plano de Ação Climática	2023
Recife	Pernambuco	1.587.707	218,8	0,772	1.961	Ativo: 20,3% Público: 34,1% Individual Motorizado: 37,3% Outros: 8,3%	Plano Local de Ação Climática	2020
Rio Branco	Acre	387.852	8.834,8	0,727	104	-	Plano Municipal de Mitigação e Adaptação às Mudanças do Clima	2020
Rio de Janeiro	Rio de Janeiro	6.729.894	1.200,3	0,799	4.082	Ativo: 31,8% Público: 48,8% Individual Motorizado: 19,5%	Plano de Desenvolvimento Sustentável e Ação Climática	2021
Salvador	Bahia	2.568.928	693,4	0,759	1.863	Ativo: 38,5% Público: 39,5% Individual Motorizado: 22,0%	Plano de Ação Climática	2020
São Paulo	São Paulo	11.895.578	1.521,2	0,805	9.934	Ativo: 30,7% Público: 40,2% Individual Motorizado: 27,4% Outros: 1,7%	Plano de Ação Climática	2020
Teresina	Piauí	902.644	1.391,3	0,751	685	Ativo: 23,0% Público: 22,4% Individual Motorizado: 54,6%	Plano de Ação Climática	2023

Definição das Medidas de Mitigação e Adaptação

Para este estudo, as seis estratégias apresentadas no capítulo anterior e que buscam melhorar a justiça climática no setor de transportes foram definidas (Tabela 2). Três delas foram caracterizadas como medidas de mitigação e três como medidas de adaptação das mudanças climáticas.

Tabela 2. Medidas de mitigação e adaptação

Medidas	Estratégias	Subestratégia	Autores
M1: Mitigação	E1: Redução de Emissões	E1.1 - Expandir e modernizar redes de transporte público com veículos elétricos ou movidos a combustíveis renováveis	D'Orso <i>et al.</i> (2020) Delucchi <i>et al.</i> (2014) Pereirinha <i>et al.</i> (2018) Zhao <i>et al.</i> (2023)
		E1.2 - Oferecer incentivos para a promoção do veículo elétrico (fabricantes, infraestrutura de recarga e proprietários)	Delucchi <i>et al.</i> (2014) Pereirinha <i>et al.</i> (2018) Zhao <i>et al.</i> (2023)
	E2: Acesso à Oportunidades	E2.1 - Investir em infraestrutura para o transporte ativo e transporte público coletivo	Ahmad e Oliveira (2016) Macmillana <i>et al.</i> (2020)
		E2.1 – Promover o planejamento urbano e adotar políticas do uso do solo	Deetjen <i>et al.</i> (2018) Creutzig <i>et al.</i> (2016)
	E3: Aspectos Socioculturais e Participação Social	E3.1 – Promover a participação social nas tomadas de decisão	Struecker e Hoffmann, (2017) Neshkova e Guo (2012) Macmillana <i>et al.</i> (2020)
		E3.2 – Incorporar aspectos socioculturais	Kitt <i>et al.</i> (2021). Shergold <i>et al.</i> (2015) Klein e Smart (2017)
M2: Adaptação	E4: Desenvolvimento de Sistemas de Transportes Resilientes	E4.1 - Projetar sistemas de transporte capazes de resistir a eventos climáticos extremos, protegendo populações vulneráveis que dependem desses sistemas.	Leobons <i>et al.</i> (2017) Blondin (2022) Akyelken (2020)
	E5: Implantação de Infraestrutura Sustentável	E5.1 - Priorizar o uso de <i>cool pavements</i>	Synnefa <i>et al.</i> (2006)
		E5.2 - Priorizar o uso de LID (pavimentos permeáveis)	Xu <i>et al.</i> (2019) Zanandrea (2016)
	E6: Monitoramento da Qualidade do Ar	E6.1 - Implantar sistemas de monitoramento da qualidade do ar	Xu <i>et al.</i> (2024) Chen <i>et al.</i> (2013) Matte <i>et al.</i> (2013) Oiamo <i>et al.</i> (2012)

Hierarquização das Medidas e Estratégias

Para atender ao objetivo deste trabalho, a análise multicritério utilizada foi o Processo de Hierarquização Analítica (do inglês, *Analytic Hierarchy Process* - AHP). Optou-se por esse método porque ele é capaz de fornecer pesos para uma amostra qualitativa de alternativas e assim pode transformar índices qualitativos em quantitativos (Yang e Kuo, 2003; Guo *et al.*, 2006). Além disso, o AHP é bem utilizado em estudos de transportes há mais de 40 anos e é o principal método para a solução de problemas multicriteriais que necessita do ordenamento das prioridades (Gass, 2005).

Na literatura, há diversos exemplos de aplicação do método AHP no setor de transportes. D'Orso *et al.* (2020) utilizaram o método para priorizar as ações no setor de transportes no âmbito dos SECAPs (do inglês, *Sustainable Energy and Climate Action Plan*). As ações envolvem os setores de energia, ambiental, economia e qualidade de vida. O estudo enfatiza ainda o papel fundamental dos atores, que podem sugerir novos indicadores e atribuir pesos conforme a realidade específica de cada município. A participação dos atores é um dos pilares fundamentais para a correta elaboração dos PLACs.

Awasthi e Chauhan (2011) propõem uma abordagem híbrida baseada no AHP para avaliar o impacto de medidas de transporte sustentáveis, como compartilhamento de modos de transporte, soluções multimodais e sistemas de transporte inteligentes. Ignaccolo *et al.* (2017) utilizaram o método AHP para promover o engajamento das partes interessadas em decisões complexas no setor de transportes. Os resultados mostraram que o procedimento participativo baseado em AHP é adequado para lidar com a complexidade das decisões no setor de transportes, permitindo uma abordagem estruturada e transparente na definição de prioridades e tomada de decisões.

O método AHP, proposto por Saaty (1997), é baseado em comparações par a par e visa fornecer um ranqueamento entre a distribuição dos pesos dos critérios (medidas de mitigação e adaptação) e alternativas (estratégias de mitigação e adaptação). As etapas fundamentais do método são as seguintes:

1. Definir o problema;
2. Estruturar a hierarquia de um ponto de vista global;
3. Construir uma matriz de comparação binária;
4. Obter os julgamentos necessários para desenvolver a matriz da 3ª etapa;
5. Obter as prioridades;
6. Efetuar as ações dos itens 3, 4 e 5 para todos os níveis e grupos hierárquicos;
7. Ponderar os vetores das prioridades pelo peso dos critérios; e,
8. Avaliar a coerência das hierarquias.

O método foi aplicado a especialistas em planejamento, operação e infraestrutura de transportes, em janeiro de 2025. Foram entrevistados 11 especialistas, por meio de um formulário *online*. O grupo de respondentes foi composto por pesquisadores (06), docentes universitários (01), consultores (02) e profissionais que atuam/atuarão em órgãos de transportes (02). Todos são engenheiros civis e arquitetos. Devido à forma de aplicação (formulário *online*), não foi possível medir a duração média das entrevistas. Das 11 respostas, 06 foram consideradas válidas.

Os entrevistados responderam três tipos de perguntas a partir de comparações pareadas das medidas e estratégias e expressaram na Escala Verbal (1 - 9) seu julgamento sobre a importância da variável escolhida com relação a variável preterida. Para responder a primeira pergunta - Qual das medidas apresentadas contribui de maneira mais importante na busca por justiça climática, no contexto dos transportes? - os especialistas escreveram na célula Medida Escolhida da Tabela 3 o código da medida avaliada com importância equivalente ou mais importante do que a outra.

Tabela 3. Comparação das medidas pelos especialistas

Comparação Pareada	Medida Escolhida	Escala Verbal									
M1: Mitigação x M2: Adaptação		1	2	3	4	5	6	7	8	9	

Posteriormente, os especialistas relacionaram a Medida 1 com as estratégias para responderem a segunda pergunta: Qual das estratégias apresentadas é mais efetiva como medida de mitigação dos impactos das mudanças climáticas, no âmbito da justiça climática e transportes? Os especialistas escreveram, na célula Estratégia Escolhida

da Tabela 4, o código da estratégia avaliada com importância equivalente ou mais importante do que a outra.

Tabela 4. Comparação das estratégias em relação a medida M1

Comparação Pareada	Estratégia Escolhida	Escala Verbal								
E1: Redução de Emissões x E2: Acesso a Oportunidades		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E1: Redução de Emissões x E3: Aspectos Socioculturais e Participação Social		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E2: Acesso a Oportunidades x E3: Aspectos Socioculturais e Participação Social		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Finalmente, os especialistas relacionaram a Medida 2 com as estratégias para responderem a terceira pergunta: Qual das estratégias apresentadas é mais efetiva como medida de adaptação dos impactos das mudanças climáticas, no âmbito da justiça climática e transportes? Os especialistas escreveram na célula Estratégia Escolhida da Tabela 5 o código da estratégia avaliada com importância equivalente ou mais importante do que a outra.

Tabela 5. Comparação das estratégias em relação a medida M2

Comparação Pareada	Estratégia Escolhida	Escala Verbal								
E4: Sistemas de Transportes Resilientes x E5: Infraestrutura Sustentável		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E4: Sistemas de Transportes Resilientes x E6: Monitoramento da Qualidade do Ar		1	2	3	4	5	6	7	8	9
E5: Infraestrutura Sustentável x E6: Monitoramento da Qualidade do Ar		1	2	3	4	5	6	7	8	9

Para a realização das comparações da importância de uma variável sobre a outra, os entrevistados julgaram os critérios e alternativas com base na escala proposta por Saaty. A escala varia de 1 a 9 (Tabela 6).

Tabela 6. Escala de Saaty. Fonte: Saaty (1997)

Intensidade de importância	Definição	Explicação
1	Igual importância para ambos os elementos.	Dois elementos contribuem igualmente.
3	Importância moderada de um elemento sobre o outro.	Experiência e julgamento favorecem um elemento sobre o outro.
5	Importância forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é fortemente favorecido sobre o outro.
7	Importância muito forte de um elemento sobre o outro.	Um elemento é muito fortemente favorecido sobre o outro.
9	Importância extrema de um elemento sobre o outro.	Um elemento é favorecido por pelo menos uma ordem de magnitude.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários.	Usados para opiniões intermediárias entre dois julgamentos.

Ainda foi realizada uma verificação de consistência, por meio da Taxa de Consistência, conforme metodologia AHP. A incoerência da hierarquia deve ser inferior ou no máximo igual a 10% (Quadros, 2014). Se a matriz for de ordem 4, a razão reduz para 8% e se for tamanho 3, o limite é de 5% (Berrittella *et al.*, 2007), caso contrário, deve ser revista a qualidade da informação. As taxas de consistência obtidas para as estratégias da Medida 1 (Mitigação) e Medida 2 (Adaptação) foram de 0,309% e 0,004%, respectivamente.

Análise dos PLACs

Os principais detalhes de cada PLAC foram extraídos, incluindo o nome do plano, a data de publicação e as seções específicas relacionadas ao transporte. Todas as metas, objetivos e ações relacionadas ao setor de transporte foram identificados e catalogados. Isso envolveu a revisão das seções dos PLACs que abordam as estratégias de redução de emissões, acesso a oportunidades, aspectos socioculturais e participação social, desenvolvimento de sistemas de transportes resilientes, priorização de infraestrutura sustentável e monitoramento da qualidade do ar. Essa classificação por estratégias facilitou uma análise estruturada e a realização de comparações entre os municípios.

Nessa etapa da metodologia, as estratégias foram categorizadas de forma objetiva quanto à sua presença ou ausência nos PLACs com um sim ou não, respectivamente. A cada estratégia corresponderá uma resposta qualitativa a ser transformada em valor numérico – se o PLAC adotar uma estratégia que busque melhorar a justiça climática no setor de transportes, o valor assumido será um (1), caso contrário será zero (0).

Cálculo do Índice da Justiça Climática (IJUC)

Os dados coletados nas etapas anteriores da metodologia foram combinados, por meio, da Equação 1:

$$I = \sum_{i=1}^n p_i \times q_i \quad (1)$$

Em que,

I: indicador por medida;

p_i : peso da estratégia i ;

q_i : quesito da estratégia i . Assume valor igual a um (1) ou zero (0).

Para cada uma das medidas (M1 e M2), a combinação dos indicadores resultou em valores entre zero (0) e um (1). Posteriormente, as medidas foram agregadas por média aritmética ponderada e, também resultaram em valores entre zero (0) e um (1), que é o IJUC para cada PLAC.

Resultados e análises

Peso das Medidas e Estratégias de Mitigação e Adaptação

A partir da avaliação dos entrevistados, verificou-se que as medidas de mitigação apresentaram maior importância (62%) na busca por justiça climática proporcionada pelo

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

setor de transportes (Tabela 7). Esse resultado deve estar relacionado com o fato de que as estratégias de adaptação se concentram, principalmente, em abordar os efeitos e não as causas. Entretanto, é preciso ter em mente que ambas precisam estar no escopo das políticas públicas voltadas para a justiça climática, sendo, necessário, portanto, a adoção de soluções integradas.

Tabela 7. Peso das medidas e estratégias

Medidas	Estratégias	Peso	Soma
Mitigação	E1: Redução de Emissões	17%	100%
	E2: Acesso a Oportunidades	58%	
	E3: Aspectos Socioculturais e Participação Social	26%	
p = 62%			
Adaptação	E4: Sistemas de Transportes Resilientes	37%	100%
	E5: Infraestrutura Sustentável	49%	
	E6: Monitoramento da Qualidade do Ar	14%	
p = 38%			

Ao analisar as estratégias voltadas para as medidas de mitigação das mudanças climáticas, a E2: Acesso a Oportunidades recebeu maior peso (58%). Considerar o investimento em infraestrutura para o transporte ativo e em transporte público coletivo é uma estratégia eficaz para promover a justiça climática, pois abrange, simultaneamente, as dimensões ambientais, sociais e econômicas das desigualdades geradas pelas mudanças climáticas e pelo sistema de transporte.

O transporte ativo não emite GEE, reduzindo a pegada de carbono do setor de transportes. Além disso, quando mais pessoas optam por bicicletas ou caminham, diminui-se a dependência de veículos motorizados, diminuindo as externalidades negativas geradas pelo automóvel - poluição atmosférica, sonora, congestionamento, sinistros de trânsito etc. Por outro lado, as comunidades mais pobres são, frequentemente, excluídas de sistemas de transporte de qualidade. Investimentos, em transporte ativo e público, promovem maior equidade no acesso à mobilidade, diminuindo desigualdades sociais e econômicas.

Além disso, investimentos em transportes ativo e público incentivam o desenvolvimento de cidades mais compactas e bem conectadas. Esse modelo reduz a expansão urbana desordenada, que, frequentemente, empurra populações de baixa renda para áreas periféricas mal atendidas por infraestrutura e aumenta as distâncias a serem percorridas. Isso é de extrema importância no contexto brasileiro, uma vez que “historicamente, a política habitacional reforçou a exclusão social e a segregação espacial dos mais pobres, ao destinar-lhes moradias precárias em periferias distantes desprovidas de serviços e equipamentos urbanos essenciais” (Araújo *et al.*, 2011:578).

A Estratégia 3 recebeu peso equivalente a 26%. De fato, considerar os aspectos culturais e a participação social nos processos relacionados às mudanças climáticas no setor de transportes também é importante para alcançar a justiça climática, pois garante que as soluções propostas sejam eficazes, inclusivas e equitativas. Cada região ou comunidade tem práticas, hábitos e preferências específicas relacionadas à mobilidade.

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

Por exemplo, em algumas áreas do Brasil, o transporte ativo, como caminhar ou andar de bicicleta, já faz parte da cultura cotidiana, enquanto em outras prevalece o uso de motos ou carros. Políticas de transporte que ignoram esses fatores podem ser ineficazes ou rejeitadas pelas comunidades locais. Envolver as pessoas no planejamento permite que as soluções considerem as reais necessidades da sociedade, além de dar voz a grupos historicamente excluídos e garantir que as populações mais vulneráveis sejam priorizadas em políticas e investimentos.

Ademais, a não consideração da diversidade cultural brasileira, há risco de que os benefícios das políticas climáticas sejam desigualmente distribuídos, favorecendo grupos privilegiados. Finalmente, as mudanças climáticas exigem alterações nos padrões de comportamento, como a transição do transporte motorizado individual para o transporte ativo ou coletivo.

Apesar de ter obtido o menor peso dentre as estratégias de mitigação, considerar a redução de emissões nos processos relacionados às mudanças climáticas é fundamental na busca por justiça climática no setor de transportes, porque este setor é uma das principais fontes de emissões de GEE e seus impactos afetam de forma desproporcional as populações mais vulneráveis. Populações vulneráveis, que já enfrentam desigualdades no acesso ao transporte, sofrem mais com os eventos climáticos extremos (enchentes, ondas de calor etc.), mesmo contribuindo menos para as emissões. Reduzir emissões significa limitar os impactos futuros que agravam essas desigualdades. Essa estratégia também melhora diretamente a qualidade do ar, beneficiando comunidades mais expostas à poluição e diminuindo desigualdades em saúde pública.

No entanto, é importante destacar que a oferta de incentivos para a promoção do veículo elétrico não exclui os diversos problemas associados a todos os tipos de automóveis, como o risco de sinistros de trânsito, expansão urbana desordenada, congestionamento etc. Além disso, ainda existem vários desafios de sustentabilidade relacionados às baterias de veículos elétricos, à medida que estas começam a perder eficiência ao longo do tempo.

Ao analisar as estratégias voltadas para as medidas de adaptação às mudanças climáticas, a priorização de infraestrutura sustentável apresentou maior peso (49%). Regiões de baixa renda geralmente possuem menos arborização e mais superfícies impermeáveis, aumentando as chances de formação de ilhas de calor urbanas. O uso de infraestrutura sustentável, como *cool pavement*, reduz a absorção de calor em pavimentos e, consequentemente, diminui as temperaturas superficiais. Essa melhoria no conforto térmico beneficia diretamente as populações vulneráveis, que geralmente estão sujeitas a maiores temperaturas. Por outro lado, áreas periféricas ou mal planejadas são mais suscetíveis a enchentes, que frequentemente afetam casas e infraestruturas vulneráveis. Pavimentos permeáveis podem proteger essas comunidades, reduzindo danos materiais e custos associados.

No contexto da justiça climática, a estratégia de desenvolvimento de sistemas de transportes resilientes apresentou um nível de importância de 37%. Infraestruturas resilientes garantem que populações em áreas vulneráveis tenham acesso contínuo ao transporte público e a serviços essenciais, mesmo durante eventos climáticos extremos. No Brasil, por exemplo, as chuvas, cada vez mais intensas, geram inundações,

que dificultam e até mesmo impedem o ir e vir da população. Essas fragilidades não apenas afetam a mobilidade imediata, mas também comprometem, a longo prazo, o acesso a oportunidades socioeconômicas essenciais, como trabalho, educação e saúde.

Finalmente, a estratégia de monitoramento da qualidade do ar, auxilia a direcionar políticas públicas para proteger comunidades negligenciadas, reduzindo desigualdades na exposição à poluição. Isso porque o monitoramento permite mapear regiões mais impactadas pela poluição gerada pelo transporte. Além disso, populações vulneráveis, como crianças, idosos e pessoas com doenças preexistentes, sofrem mais com os efeitos da poluição. Sabe-se, por exemplo, que poluentes como material particulado, comumente associados ao setor de transportes, têm impactos graves na saúde, incluindo doenças respiratórias e cardiovasculares.

Análise dos PLACs

Dentre as estratégias de mitigação, E1.1 (expansão e modernização das redes de transporte público com veículos elétricos ou movidos a combustíveis renováveis) e E2.1 (investimento em infraestrutura para o transporte ativo e transporte público coletivo) estão presentes em todos os PLACs analisados (Figura 1 - medidas de mitigação em verde e medidas de adaptação em azul).

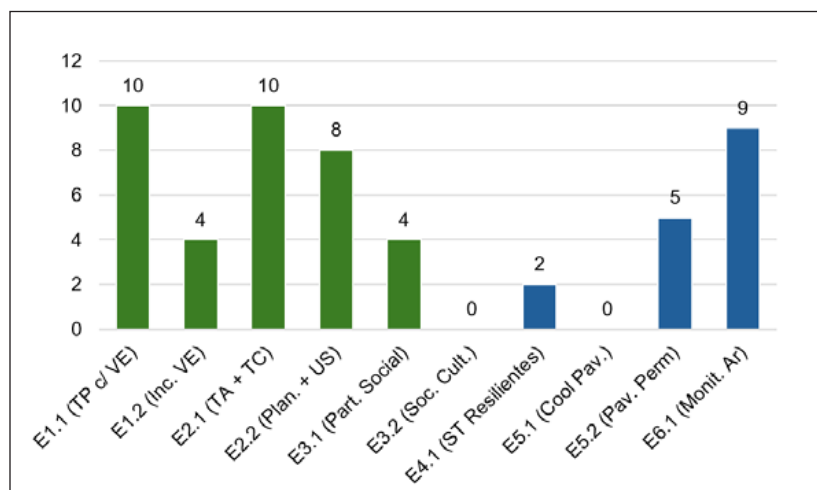


Figura 1. Estratégias adotadas nos PLACs.

A estratégia E2.2 (promoção do planejamento urbano e adoção de políticas do uso do solo) aparece em 8 dos 10 planos analisados. Os municípios de Recife e Salvador não apresentam essas medidas de mitigação nos seus planos (Tabela 9). Importante destacar que em alguns planos essa estratégia não está diretamente relacionada às metas e ações em transportes. Por exemplo, no PLAC da cidade de João Pessoa, ela está presente no Eixo Estratégico Qualidade Urbana e Habitação.

Na sequência, as Estratégias E1.2 (oferta de incentivos para a promoção do veículo elétrico - fabricantes, infraestrutura de recarga e proprietários) e E3.1 (promoção da participação social nas tomadas de decisão) estão presentes em quatro planos. Os

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

PLACs dos municípios de Belo Horizonte, João Pessoa, Rio de Janeiro e São Paulo apresentam metas e/ou ações voltadas para a oferta de incentivos para a promoção do veículo elétrico. Por outro lado, a estratégia E3.1 está presente apenas nos planos de Belo Horizonte, João Pessoa, Rio Branco e Rio de Janeiro (Tabela 9). Aponta-se ainda que nenhuma das cidades avaliadas possuem estratégias voltadas para a incorporação dos aspectos socioculturais na definição de propostas e nas tomadas de decisão relacionadas aos transportes.

Quanto às medidas de adaptação, a estratégia E6.1 (monitoramento da qualidade do ar) está presente em 09 PLACs; a única que não apresentou foi a cidade de Teresina (Tabela 9). No âmbito do setor de transporte/mobilidade, apenas a cidade de Rio Branco apresenta essa estratégia. Nos demais municípios, o monitoramento da qualidade do ar está presente como meta e/ou ação de outros setores estratégicos. Destaca-se ainda que apesar de não aparecer no formato de meta e/ou ação, a estratégia E6.1 é apresentada no PLAC como algo já em andamento na cidade de Fortaleza, desde 2019.

O uso de pavimentos permeáveis (E5.2) como estratégia para redução de inundações está presente em cinco planos, a saber: Fortaleza, João Pessoa, Recife, Rio de Janeiro e Teresina (Tabela 8). Entretanto, estes não estão relacionados diretamente ao eixo estratégico de transporte/mobilidade. Por exemplo, no PLAC de Fortaleza, a estratégia está relacionada à meta de reduzir os impactos urbanos, econômicos, sociais e ambientais resultantes de eventos extremos do Eixo Resiliência. Em João Pessoa, E5.2 está incluída na sub ação de ampliar o índice de permeabilidade do solo em áreas urbanas, desenvolvendo projetos de pavimentação alternativa ao asfalto no Eixo Estratégico Saneamento Ambiental e Saúde. Outro exemplo é o plano de Recife, em que a estratégia aparece no detalhamento da meta de reduzir em 100% as áreas de risco muito alto de deslizamentos e inundações de acordo com o Plano Municipal de Redução de Riscos. A leitura dos PLACs ainda permitiu observar que, apesar de não apresentar o uso de pavimentos permeáveis nas estratégias, os municípios de Belo Horizonte, Curitiba, Salvador e São Paulo propõem a adoção de Soluções Baseadas na Natureza para manejo de águas pluviais.

Projetar sistemas de transporte capazes de resistir a eventos climáticos extremos, protegendo populações vulneráveis que dependem desses sistemas (E4.1) está presente nos planos de Recife e Rio de Janeiro (Tabela 8). No entanto, apenas no PLAC de Recife a estratégia está relacionada ao Eixo Mobilidade, ao propor a elaboração de plano de ação com medidas necessárias para evitar a interrupção do transporte público em eventos climáticos extremos. No caso do Rio de Janeiro, apesar de estarem presentes no Tema Transversal Mudanças Climáticas e Resiliência, há 10 ações estruturantes para atingir a meta de diminuir em 30% o número de incidentes no transporte público ocasionados por eventos climáticos. Dentre elas, destaca-se a elaboração de planos de contingência, a saber: Plano de Contingência do Transporte Integrado; Plano de Contingência do SPPO (Sistema Público de Passageiros de Ônibus), do Sistema BRT e VLT; e, Plano de Contingência do Sistema Viário.

Ainda no âmbito das medidas de adaptação, aponta-se que nenhuma das cidades estudadas possui estratégias voltadas para a priorização o uso de *cool pavements* como alternativa para redução das ilhas de calor urbanas. A Tabela 8 apresenta a análise qualitativa e quantitativa dos PLACs.

Tabela 8. Análise qualitativa e quantitativa dos PLACs

Municípios	Estratégias									
	Mitigação						Adaptação			
	Red. Emissões		Acesso a Oport.		Asp. SocioCult. e Part. Social		ST Resil.	Infra Sust.		Monit. do Ar
	E1.1	E1.2	E2.1	E2.2	E3.1	E3.2	E4.1	E5.1	E5.2	E6.1
Belo Horizonte	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
Curitiba	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1
Fortaleza	1	0	1	1	0	0	0	0	1	1
João Pessoa	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
Recife	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1
Rio Branco	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Rio de Janeiro	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1
Salvador	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1
São Paulo	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
Teresina	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0

1 = sim; 0 = não

Índice da Justiça Climática

A partir dos pesos das medidas e estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Tabela 7) e da análise qualitativa e quantitativa dos planos (Tabela 8), foi possível obter o Índice da Justiça Climática de cada PLAC, por meio da Equação 1. Os municípios com os maiores índices foram Rio de Janeiro (0,826) e João Pessoa (0,685) (Figura 2). Os PLACs dessas cidades apresentaram praticamente as mesmas estratégias; a única diferença é que o plano do Rio de Janeiro possui ações voltadas para a projeção de sistemas de transporte capazes de resistir a eventos climáticos extremos, protegendo populações vulneráveis que dependem desses sistemas.

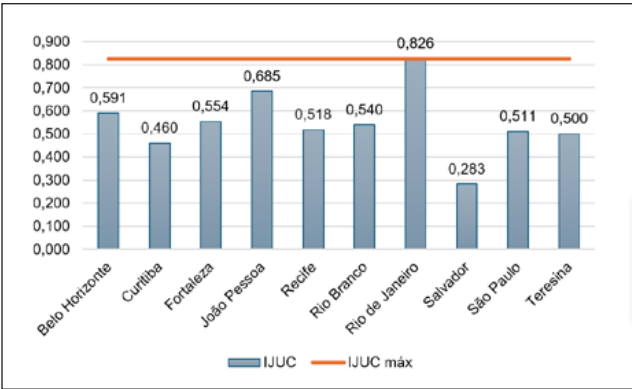


Figura 2. Índice de Justiça Climática dos PLACs.

Por outro lado, Curitiba (0,460) e Salvador (0,283) possuem os menores índices. O PLAC da cidade de Salvador possui apenas três das dez subestratégias estudadas; são elas: E1.1 (expansão e modernização das redes de transporte público com veículos

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

elétricos ou movidos a combustíveis renováveis); E2.1 (investimento em infraestrutura para o transporte ativo e transporte público coletivo); e E6.1 (monitoramento da qualidade do ar).

Em Curitiba, algumas intervenções podem ser adotadas para proporcionar um aumento do índice, principalmente as estratégias que receberam maiores pesos. No âmbito dos aspectos socioculturais e participação social (E3), medidas como a realização de audiências públicas com ampla divulgação e oficinas comunitárias de planejamento participativo, assim como o desenvolvimento de plataformas digitais participativas para consulta e votação de propostas podem ajudar na busca por justiça climática. Outras medidas envolvem o diagnóstico de práticas culturais e padrões de mobilidade locais e a consideração de gênero, raça, idade e renda nas análises de acessibilidade e deslocamento.

Também é possível adotar estratégias focadas no desenvolvimento de sistemas de transporte capazes de resistir a eventos climáticos extremos (E4), a partir da utilização de materiais resistentes a temperaturas elevadas e intempéries, da criação de planos de contingência e rotas alternativas para áreas de risco, bem como do mapeamento de usuários vulneráveis e rotas de transporte de emergência. É importante ainda implantar infraestrutura sustentável (E5), a partir do uso de pavimentos de alta refletância solar e da priorização de pavimentos permeáveis.

Em Salvador, além das medidas apresentadas, observa-se ainda a necessidade de estratégias voltadas para a melhoria acesso a oportunidades (E2), tais como: i) o incentivo à densificação urbana em eixos servidos por transporte coletivo; ii) a integração entre transporte e uso do solo; iii) o incentivo ao uso misto do solo; e, iv) a reserva de áreas para implantação de habitação de interesse social próximas a centros urbanos e corredores de transporte.

Considerações finais

Este estudo analisou sistematicamente as medidas de mitigação e adaptação climática do setor de transportes presentes nos Planos de Ação Climática (PLACs) de dez municípios brasileiros a fim de identificar a adequação desses planos na busca por justiça climática. A partir dessa análise, foi possível propor um índice que sintetiza critérios e dimensões relevantes para mensurar essa adequação, considerando os princípios da justiça climática aplicados ao contexto dos transportes. Assim, entende-se que o objetivo do artigo foi alcançado, ao apresentar uma ferramenta metodológica que pode contribuir para a avaliação crítica das ações climáticas municipais.

A justiça climática no setor de transportes busca garantir que as políticas e ações relacionadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas sejam equitativas, beneficiando a todos, especialmente as comunidades mais vulneráveis, que são desproporcionalmente impactadas por essas mudanças. Promover a justiça climática por meio dos transportes envolve a adoção de medidas que reduzam as emissões, ampliem o acesso a oportunidades, incorporem aspectos socioculturais na elaboração de políticas públicas e estimulem a participação social nas tomadas de decisão. Dado que a busca por justiça climática é uma questão multifacetada, sugere-se que essas estratégias estejam

integradas ao desenvolvimento de sistemas de transportes resilientes, à priorização de infraestrutura sustentável e ao monitoramento da qualidade do ar.

Os resultados obtidos indicam a relevância de soluções integradas para lidar com os desafios climáticos. As abordagens apresentadas pelos planos dos municípios Rio de Janeiro e João Pessoa servem como exemplos de articulação entre políticas de transporte e planejamento urbano, ressaltando a importância de estratégias sinérgicas que, coletivamente, favoreçam a sustentabilidade e fortaleçam seus PLACs. Ressalta-se, contudo, que tais observações derivam de uma análise exploratória e com base em uma amostra limitada, sendo necessário cautela na generalização dos achados.

É recomendável que as cidades, especialmente aquelas com planos atualmente subdesenvolvidos, observem boas práticas adotadas por outros municípios, adaptando-as às suas especificidades. As características sociais, econômicas, climáticas e culturais de uma região desempenham um papel fundamental na definição de estratégias eficazes e sustentáveis. O Índice de Justiça Climática proposto neste estudo pode ser utilizado como um recurso inicial para que gestores públicos e formuladores de políticas refinam e expandam seus esforços de ação climática de forma contextualizada e alinhada às necessidades locais.

Sugere-se que estudos futuros adotem outras estratégias de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Além disso, pode-se ainda estudar como gênero, raça e classe social interagem com as políticas de transporte nos PLACs, avaliando como diferentes grupos experimentam a mobilidade urbana e os impactos climáticos. Recomenda-se ainda a análise dos resultados por perfil de respondente, a fim de verificar possíveis divergências de percepção entre setores e funções. Outra sugestão é a inclusão de uma análise de sensibilidade em estudos futuros, a fim de verificar como o índice geral se comporta diante da alteração de determinadas características. Essa abordagem pode oferecer uma perspectiva prática para orientar gestores públicos quanto às variáveis com maior potencial de impacto nas políticas avaliadas. Embora desenvolvida em um contexto municipal, a metodologia proposta pode fornecer elementos conceituais que inspirem reflexões em políticas mais amplas, como o Plano Clima, que é um guia das ações de enfrentamento à mudança do clima no Brasil até 2035. Sua elaboração é conduzida, desde o segundo semestre de 2023, mas ainda não foi finalizada.

Referências bibliográficas

- » Aguiar, F. C., Bentz, J., Silva, J. M. N., Fonseca, A. L., Swart, R., Santos, F. D., & Penha-Lopes, G. (2018). Adaptation to climate change at local level in Europe: An overview. *Environmental Science & Policy*, 86, 38–63. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.04.010>
- » Ahmad, S., & Oliveira, J. A. P. (2016). Determinants of urban mobility in India: Lessons for promoting sustainable and inclusive urban transportation in developing countries. *Transport Policy*, 50, 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.014>
- » Akyelken, N. (2020). Living with urban floods in Metro Manila: A gender approach to mobilities, work and climatic events. *Gender, Place and Culture*, 27(11), 1580–1601. <https://doi.org/10.1080/0966369X.2020.1726880>
- » Apte, J. S., Kirchstetter, T. W., Reich, A. H., Deshpande, S. J., Kaushik, G., Chel, A., Marshall, J. D., & Nazaroff, W. W. (2011). Concentrations of fine, ultrafine, and black carbon particles in auto-rickshaws in New Delhi, India. *Atmospheric Environment*, 45, 4470–4480. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2011.05.028>
- » Araújo, M. R. M., Oliveira, J. M., Jesus, M. S., Sá, N. R., Santos, P. A. C., & Lima, T. C. (2011). Transporte público coletivo: Discutindo acessibilidade, mobilidade e qualidade de vida. *Psicologia & Sociedade*, 23(3), 574-582.
- » Awasthi, A., & Chauhan, S. (2011). Using AHP and Dempster–Shafer theory for evaluating sustainable transport solutions. *Environmental Modelling & Software*, 26, 787–796. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.11.010>
- » Barbosa, L. (2017). *Avaliação das concentrações de material particulado, NO₂ e SO₂ resultantes dos serviços de pavimentação asfáltica em um ambiente urbano* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Ceará].
- » Bauer, G., Hsu, C.-W., & Lutsey, N. (2021). *When might lower-income drivers benefit from electric vehicles? Quantifying the economic equity implications of electric vehicle adoption* [Relatório técnico]. The International Council on Clean Transportation. Recuperado em 10 de janeiro de 2025, de <https://theicct.org/publications/EV-equity-feb2021>
- » Blondin, S. (2022). Let's hit the road! Environmental hazards, materialities, and mobility justice: Insights from Tajikistan's Pamirs. *Journal of Ethnic and Migration Studies*, 48(14), 3416–3432. <https://doi.org/10.1080/1369183X.2022.2066261>
- » Blynn, K. (2018). *Accelerating bus electrification: Enabling a sustainable transition to low carbon transportation systems* [Dissertação de mestrado, Massachusetts Institute of Technology].
- » Brand, C., Anable, J., & Morton, C. (2019). Lifestyle, efficiency and limits: Modelling transport energy and emissions using a socio-technical approach. *Energy Efficiency*, 12, 187–207. <https://doi.org/10.1007/s12053-018-9678-9>
- » Cakmak, S., Hebbern, C., Cakmak, J. D., & Vanos, J. (2016). The modifying effect of socioeconomic status on the relationship between traffic, air pollution, and respiratory health in elementary schoolchildren. *Journal of Environmental Management*, 177, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.051>

- » Chan, R., & Schofer, J. L. (2015). Measuring transportation system resilience: Response of rail transit to weather disruptions. *Natural Hazards Review*, 17(1), 05015004. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)NH.1527-6996.0000200](https://doi.org/10.1061/(ASCE)NH.1527-6996.0000200)
- » Carvalho, H. (2016). The air we breathe: Differentials in global air quality monitoring. *The Lancet Respiratory Medicine*, 4(8), 603–605. [https://doi.org/10.1016/S2213-2600\(16\)30180-1](https://doi.org/10.1016/S2213-2600(16)30180-1)
- » Chen, P. F., Zhang, Q., Quan, J. N., Gao, Y., Zhao, D. L., & Meng, J. W. (2013). Ground-high altitude joint detection of ozone and nitrogen oxides in urban areas of Beijing. *Journal of Environmental Sciences*, 25, 758–769. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68201-0>
- » Chen, Y.; Bai, Y.; Liu, H.; Alatalo, J. M.; Jiang, B. (2020). Temporal variations in ambient air quality indicators in Shanghai municipality, China. *Scientific Reports*, 10(11350), 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-68201-0>
- » Clark, L. P., Millet, D. B., & Marshall, J. D. (2014). Changes in transportation-related air pollution exposures by race-ethnicity and socioeconomic status: Outdoor nitrogen dioxide in the United States in 2000 and 2010. *Environmental Science & Policy*, 80, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.10.014>
- » Creutzig, F., Fernandez, B., Haberl, H., Khosla, R., Mulugetta, Y., & Seto, K. C. (2016). Beyond technology: Demand-side solutions for climate change mitigation. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 173–198.
- » De Vos, J., Cheng, L., & Witlox, F. (2021). Do changes in the residential location lead to changes in travel attitudes? A structural equation modeling approach. *Transportation*, 48(4), 2011–2034. <https://doi.org/10.1007/s11116-020-10119-7>
- » Debusk, K., Hunt, W., Quigley, M., Jeray, J., & Bedig, A. (2012). Rainwater harvesting: Integrating water conservation and stormwater management through innovative technologies. *World Environmental and Water Resources*, 3703-3710. <https://doi.org/10.1061/9780784412312.372>
- » Deetjen, T. A., Conger, J. P., Leibowicz, B. D., & Webber, M. E. (2018). Review of climate action plans in 29 major U.S. cities: Comparing current policies to research recommendations. *Sustainable Cities and Society*, 41, 711–727. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.06.023>
- » Delucchi, M. A., Yang, C., Burkle, A. F., Odgen, J. M., Kurani, K., Kessler, J., & Sperling, D. (2014). An assessment of electric vehicles: Technology, infrastructure requirements, greenhouse-gas emissions, petroleum use, material use, lifetime cost, consumer acceptance and policy initiatives. *Philosophical Transactions of The Royal Society A – Mathematical, Physical & Engineering Sciences*, 372, Article 20120325. <https://doi.org/10.1098/rsta.2012.0325>
- » Deng, J., Bae, C., Denlinger, A., & Miller, T. (2020). Electric vehicle batteries: Requirements and challenges. *Joule*, 4(3), 511–515. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2020.01.013>
- » D'Orso, G., Migliore, M., Peri, G., & Rizzo, G. (2020). Using AHP methodology for prioritizing the actions in the transport sector in the frame of SECAPs. *International Conference on Environment and Electrical Engineering (IEEE)*, Madrid.
- » Fazey, I., Carmen, E., Chapin III, F. S., Ross, H., Rao-Williams, J., Lyon, C., Connon, I. L. C., Searle, B. A., & Knox, K. (2018). Community resilience for a 1.5 °C world. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 31, 30–40. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.12.006>

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

- » Figueiredo, A., Novaes, J., & Santos, G. (2022). Paisagem e urbanismo sustentável: Implantação de infraestrutura verde-azul na Zona de Reestruturação Urbana de Santo André - SP. *Revista Científica ANAP Brasil*, 15(36), 76–90.
- » Gass, S. I. (2005) Model World: The Great Debate – MAUT versus AHP. *Interfaces*, 35(4), 308-312.
- » Gilligan, M., Karraker, A., & Jasper, A. (2018). Linked lives and cumulative inequality: A multigenerational family life course framework. *Journal of Family Theory & Review*, 10(2), 111–125. <https://doi.org/10.1111/jftr.12244>
- » Guo, J.; Liu, J.; Qiu, L. (2006) Research on Supply Chain Performance Evaluation Based on DEA/AHP Model. Em *Proceedings of the 2006 IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing*. 10.1109/APSCC.2006.88
- » Haarstad, H., Sareen, S., Kandt, J., Coenen, L., & Cook, M. (2022). Beyond automobility? Lock-in of past failures in low-carbon urban mobility innovations. *Energy Policy*, 166, 113002. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113002>
- » Hatzopoulou, M., Weichenthal, S., Barreau, G., Goldberg, M., Farrell, W., Crouse, D., & Ross, N. (2013). A web-based route planning tool to reduce cyclists' exposures to traffic pollution: A case study in Montreal, Canada. *Environmental Research*, 123, 58–61. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2013.03.004>
- » Hochachka, G., Logan, K. G., Raymond, J., & Mérida, W. (2022). Climate action in urban mobility: Personal and political transformations. *Buildings and Cities*, 3(1), 1019–1041. <https://doi.org/10.5334/bc.249>
- » Hock, R., Rasul, G., Adler, C., Cáceres, B., Gruber, S., Hirabayashi, Y., Jackson, M., et al. (2019). High mountain areas. In H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, et al. (Eds.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* (pp. 131–202). Cambridge: Cambridge University Press.
- » Holland, S. P., Mansur, T. E., Muller, N. Z., & Yates, A. J. (2016). Are there environmental benefits from driving electric vehicles? The importance of local factors. *American Economic Review*, 106(12), 3700–3729. <http://dx.doi.org/10.1257/aer.20150897>
- » Ignaccolo, M., Inturri, G., García-Melón, M., Giuffrida, N., Le Pira, M., & Torrisi, V. (2017). Combining Analytic Hierarchy Process (AHP) with role-playing games for stakeholder engagement in complex transport decisions. *Transportation Research Procedia*, 27, 500–507. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.12.069>
- » Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2024). *População estimada 2024*. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/panorama>
- » Kitt, S., Axsen, J., Long, Z., & Rhodes, E. (2021). The role of trust in citizen acceptance of climate policy: Comparing perceptions of government competence, integrity and value similarity. *Ecological Economics*, 183, 106958. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2021.106958>
- » Klein, N. J., & Smart, M. J. (2017). Millennials and car ownership: Less money, fewer cars. *Transport Policy*, 53, 20–29. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.08.010>
- » Leite, V. P., Debone, D., & Miraglia, S. G. E. K. (2020). Emissões de gases de efeito estufa no estado de São Paulo: Análise do setor de transportes e impactos na saúde. *VITTALLE - Revista de Ciências da Saúde*, 32(3), 143–153. <https://doi.org/10.14295/vittalle.v32i3.12220>

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

- » Leobons, C. M., Campos, V. B. G., & Bandeira, R. A. M. (2019). Assessing urban transportation systems resilience: A proposal of indicators. *Transportation Research Procedia*, 37, 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2018.12.199>
- » Macmillan, A., Smith, M., Witten, K., Woodward, A., Hosking, J., Wild, K., & Field, A. (2020). Suburb-level changes for active transport to meet the SDGs: Causal theory and a New Zealand case study. *Science of the Total Environment*, 714, 136678. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136678>
- » Martinez, L. S., Dimitri, N., Ron, S., Hudda, N., Zamore, W., Lowe, L., Echevarria, B., Durant, J. L., Brugge, D., & Reisner, E. (2020). Two communities, one highway and the fight for clean air: The role of political history in shaping community engagement and environmental health research translation.
- » Mary Robinson Foundation – Climate Justice (MRF). (2018). *Principles of climate justice*. <https://www.mrfcj.org/pdf/Principles-of-Climate-Justice.pdf>
- » Matte, T. D., Ross, Z., Kheirbek, I., Eisl, H., Johnson, S., Gorczynski, J. E., Kass, D., Markowitz, S., Pezeshki, G., & Clougherty, J. E. (2013). Monitoring intraurban spatial patterns of multiple combustion air pollutants in New York City: Design and implementation. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 23, 223–231. <https://doi.org/10.1038/jes.2012.126>
- » Moreno, C., Allam, Z., Chabaud, D., Gall, C., & Pratlong, F. (2021). Introducing the '15-Minute City': Sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities. *Smart Cities*, 4(1), Article 1. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010006>
- » Neshkova, M. I., & Guo, H. (David). (2011). Public participation and organizational performance: Evidence from state agencies. *Journal of Public Administration Research and Theory*, 22(2), 267–288. doi:10.1093/jopart/mur038.
- » Nguyen, T. H., & Pham, Q. M. (2018). Responses to flooding: Migrants' perspectives in Hanoi, Vietnam. In C. Middleton, R. Elmhirst, & S. Chantavanich (Eds.), *Living with floods in a mobile Southeast Asia: A political ecology of vulnerability, migration and environmental change* (pp. 127–145). Abingdon, NY: Routledge.
- » Oiamo, T. H., Luginaah, I. N., Buzzelli, M., Tang, K., Xu, X. H., Brook, J. R., & Johnson, M. (2012). Assessing the spatial distribution of nitrogen dioxide in London, Ontario. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 62(11), 1335–1345. <https://doi.org/10.1080/10962247.2012.715114>
- » Ok, V., Han, Y., & Ck, J. (2018). Air pollution and environmental injustice: Are the socially deprived exposed to more PM2.5 pollution in Hong Kong? *Environmental Science & Policy*, 80, 53–61. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.10.014>
- » ONU (2021). *Sustainable transport, sustainable development - Interagency report | Second Global Sustainable Transport Conference*. Nova York. <https://doi.org/10.18356/9789210010788>
- » Pereira, R. H. M., Schwanen, T., & Banister, D. (2017). Distributive justice and equity in transportation. *Transport Reviews*, 37(2), 170–191. <http://dx.doi.org/10.1080/01441647.2016.1257660>
- » Quadros (2014). *Contribuição ao processo de priorização de investimentos em infraestrutura de transportes pelo uso do método de análise hierárquica*. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da Universidade do Rio de Janeiro (COPPE), Brasil, 2014.

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

- » Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15, 234–281.
- » Secretaria Nacional de Trânsito (SENATRAN). (2024). *Frota de veículos – 2024: Frota por município e tipo – Dezembro de 2024*. <https://www.gov.br/transportes/pt-br/assuntos/transito/conteudo-Senatran/frota-de-veiculos-2024>
- » Shergold, I., Lyons, G., & Hubers, C. (2015). Future mobility in an ageing society—Where are we heading? *Journal of Transport & Health*, 2(1), 86–94. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2014.10.005>
- » Shove, E., Watson, M., & Spurling, N. (2015). Conceptualizing connections: Energy demand, infrastructures and social practices. *European Journal of Social Theory*, 18(3), 274–287. <https://doi.org/10.1177/1368431015579964>
- » Solecki, W., Delgado Ramos, G. C., Roberts, D., Rosenzweig, C., & Walsh, B. (2021). Accelerating climate research and action in cities through advanced science–policy–practice partnerships. *NPJ Urban Sustainability*, 1(1), 1. <https://doi.org/10.1038/s42949-021-00015-z>
- » Sovacool, B. K., & Axsen, J. (2018). Functional, symbolic and societal frames for automobility: Implications for sustainability transitions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 730–746. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.008>
- » Struecker, D. R., & Hoffmann, M. G. (2017). Participação social nos serviços públicos: Caracterização do estado da arte por meio da bibliometria e da revisão sistemática. *Revista de Gestão*, 24(3), 371–380. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rege.2017.03.008>
- » Synnefa, A., Santamouris, M., & Livada, I. (2006). A study of the thermal performance of reflective coatings for the urban environment. *Solar Energy*, 80, 968–981.
- » Tang, R., Tian, L., Thach, T. Q., Tsui, T. H., Brauer, M., Lee, M., Allen, R., Yuchi, W., Lai, P. C., Wong, P., & Barratt, B. (2018). Integrating travel behavior with land use regression to estimate dynamic air pollution exposure in Hong Kong. *Environmental International*, 113, 100–108. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.01.009>
- » Urry, J., & Grieco, M. (2016). *Mobilities: New perspectives on transport and society*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315595733>
- » Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5. <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/>
- » Xu, C., Jia, M., Xu, M., Long, Y., & Jia, H. (2019). Progress on environmental and economic evaluation of low-impact development type of best management practices through a life cycle perspective. *Journal of Cleaner Production*, 213, 1103–1114.
- » Xu, J., Saeedi, M., Zalzal, J., Zhang, M., Ganji, A., Mallinen, K., Wang, A., Lloyd, M., Venuta, A., Simon, L., Weichenthal, S., & Hatzopoulou, M. (2024). Exploring the triple burden of social disadvantage, mobility poverty, and exposure to traffic-related air pollution. *Science of the Total Environment*, 920, 170947. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.170947>
- » Yang, T.; Kuo, C. (2003). A hierarchical AHP/DEA methodology for the facilities layout design problem. *European Journal of Operational Research*, 147(1), 128–136. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00251-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00251-5)

Justiça climática nos planos de ação climática...

M. DE ALMEIDA GOMES SORIANO Y V. TEIXEIRA FRANCO CASTELO BRANCO

- » Zanandrea, F. (2016). *Avaliação de técnicas de baixo impacto no controle de impactos hidrológicos em uma bacia urbana em consolidação* [Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul].
- » Zhao, P., Li, S., Li, P., Liu, J., & Long, K. (2018). How does air pollution influence cycling behaviour? Evidence from Beijing. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 826–838. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.07.015>
- » Zhao, X., Hu, H., Yuan, H., & Chu, X. (2023). How does adoption of electric vehicles reduce carbon emissions? Evidence from China. *Heliyon*, 9(9), e20296.

Marina de Almeida Gomes Soriano/ marina.soriano@det.ufc.br

Graduada em Engenharia Civil (Universidade Federal de Pernambuco - UFPE) e mestre em Engenharia Civil, com ênfase em Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas, pela UFPE. Doutoranda em Engenharia de Transportes na Universidade Federal do Ceará - UFC. Tem interesse por Justiça Climática, S-LCA, Mobilidade Urbana, Análise Multicritério e Planejamento dos Sistemas de Transportes. Tem experiência na elaboração de Plano de Mobilidade e Estudo de Concessão de Transporte Público Coletivo.

Verônica Teixeira Franco Castelo Branco / veronica@det.ufc.br

Graduação em Engenharia Civil (Universidade Federal do Ceará - UFC), mestrado em Engenharia Civil (Universidade Federal do Rio de Janeiro), doutorado em Engenharia Civil (Texas A&M University) e pós-doutorado pela Universidade do Minho. Desde 2009, é Professora do Departamento de Engenharia de Transportes, atualmente Associada IV, e docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes da UFC.

APÊNDICE

» M1: Medidas de Mitigação

Estratégias	Subestratégia	Autores	Estudo
E1: Redução de Emissões	E1.1 – Expandir e modernizar redes de transporte público com veículos elétricos ou movidos a combustíveis renováveis	D’Orso <i>et al.</i> (2020)	O estudo foi realizado no contexto de cidades que estão desenvolvendo Planos de Ação para a Energia Sustentável e o Clima, com foco na experiência europeia. O objetivo principal é demonstrar como a combinação do processo de análise hierárquica com métodos baseados em sistemas de informações geográficas pode apoiar autoridades locais na seleção de políticas climáticas eficazes. O escopo do estudo inclui o auxílio à tomada de decisões, o estímulo à participação social e a otimização da alocação de recursos financeiros para reduzir emissões e o consumo energético.
		Delucchi <i>et al.</i> (2014)	O estudo tem caráter global. O objetivo é apoiar pesquisadores e formuladores de políticas na avaliação do potencial dos veículos elétricos (Ves) na mitigação das mudanças climáticas e na redução do uso de petróleo. O escopo do estudo compreende a tecnologia dos Ves, a infraestrutura necessária para sua implementação, os impactos nas emissões de GEE, consumo de petróleo, uso de materiais, custos ao longo do ciclo de vida, aceitação dos consumidores e aspectos de políticas públicas.
		Pereirinha <i>et al.</i> (2018)	O estudo tem caráter global. O objetivo é analisar as principais tendências e desafios técnicos da eletrificação do transporte rodoviário e os desafios para o setor de transportes. O escopo abrange os impactos da evolução das baterias, as mudanças no custo total de propriedade, e o papel dos veículos autônomos e do transporte compartilhado.
		Zhao <i>et al.</i> (2023)	O estudo foi realizado na China. O objetivo é avaliar os efeitos ambientais dos Ves, a partir de um modelo econométrico espacial. O escopo do estudo compreende os impactos diretos (redução das emissões de CO ₂) nas cidades e nas cidades vizinhas, assim como os impactos indiretos, por meio, de 03 mecanismos – efeito de substituição (substituem veículos mais poluentes), efeito sobre o consumo de energia (tendem a consumir menos energia total) e efeito tecnológico (estimulam inovações mais limpas).
	E1.2 – Oferecer incentivos para a promoção do veículo elétrico (fabricantes, infraestrutura de recarga e proprietários)	Delucchi <i>et al.</i> (2014)	O estudo tem caráter global. O objetivo é apoiar pesquisadores e formuladores de políticas na avaliação do potencial dos veículos elétricos (Ves) na mitigação das mudanças climáticas e na redução do uso de petróleo. O escopo do estudo compreende a tecnologia dos Ves, a infraestrutura necessária para sua implementação, os impactos nas emissões de GEE, consumo de petróleo, uso de materiais, custos ao longo do ciclo de vida, aceitação dos consumidores e aspectos de políticas públicas.
		Pereirinha <i>et al.</i> (2018)	O estudo tem caráter global. O objetivo é analisar as principais tendências e desafios técnicos da eletrificação do transporte rodoviário e os desafios para o setor de transportes. O escopo abrange os impactos da evolução das baterias, as mudanças no custo total de propriedade, e o papel dos veículos autônomos e do transporte compartilhado.
		Zhao <i>et al.</i> (2023)	O estudo foi realizado na China. O objetivo é avaliar os efeitos ambientais dos Ves, a partir de um modelo econométrico espacial. O escopo do estudo compreende os impactos diretos (redução das emissões de CO ₂) nas cidades e nas cidades vizinhas, assim como os impactos indiretos, por meio, de 03 mecanismos – efeito de substituição (substituem veículos mais poluentes), efeito sobre o consumo de energia (tendem a consumir menos energia total) e efeito tecnológico (estimulam inovações mais limpas).

Estratégias	Subestratégia	Autores	Estudo
E2: Acesso à Oportunidades	E2.1 – Investir em infraestrutura para o transporte ativo e transporte público coletivo	Ahmad e Oliveira (2016)	O estudo foi realizado em 98 cidades da Índia, com o objetivo de identificar como características urbanas e fatores socioeconômicos e socioculturais influenciam os padrões de mobilidade urbana. O escopo da pesquisa inclui uma estimativa da quantidade de transporte público e privado (com base nos gastos diretos das famílias), uma análise das escolhas modais e uma avaliação do impacto de variáveis como adensamento urbano, renda e tamanho da cidade na escolha do meio de transporte. O estudo conclui que os investimentos em transporte público e não motorizado promovem mobilidade sustentável e inclusiva, a renda é o principal fator de influência na demanda por transporte motorizado e o adensamento urbano favorece o uso de transporte público.
		Macmillana et al. (2020)	O estudo foi realizado em Auckland, Nova Zelândia, e tem como objetivo demonstrar, com base em evidências e por meio de um estudo de caso, como intervenções integradas em mobilidade ativa e requalificação urbana podem contribuir para o avanço de diversas metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente com foco em equidade (ODS 10) e cidades sustentáveis (ODS 11). O escopo do estudo envolve o desenvolvimento de uma teoria causal complexa para explicar como essas ações influenciam metas interligadas e a análise das barreiras e desafios na implementação. O estudo conclui que ações urbanas focadas em equidade têm potencial para impactar positivamente pelo menos 10 ODS, desde que sejam sustentadas por colaboração multissetorial, avaliação contínua e uma abordagem sistêmica ao ambiente urbano.
	E2.1 – Promover o planejamento urbano e adotar políticas do uso do solo	Deetjen et al. (2018)	O estudo foi realizado com 29 cidades dos Estados Unidos e tem como objetivo avaliar a abrangência dos planos de ação climática urbana, a partir de recomendações da literatura científica sobre quais políticas uma cidade pode adotar para reduzir suas emissões de gases de efeito estufa. Para isso, uma régua analítica de pontuação multiparamétrica foi desenvolvida. O estudo conclui que há uma ausência de políticas estruturantes, como adensamento urbano e restrição de estacionamento, que limita a eficácia dos planos e constatou que cidades com alta necessidade de mitigação (grandes, com clima energético intenso e baixa densidade) tendem a apresentar os planos mais frágeis.
		Creutzig et al. (2016)	O estudo tem caráter global e foi desenvolvido com o objetivo de destacar a importância das soluções do lado da demanda (como hábitos de consumo, escolhas de transporte, comportamento social e formas de construir cidades) no enfrentamento das mudanças climáticas. O estudo destaca que as áreas urbanas podem atingir emissões mais baixas se tiverem certas características espaciais: altas densidades populacional e de emprego, localizadas no mesmo espaço; uso do solo compacto e misto; alto grau de conectividade e acessibilidade. A principal conclusão do estudo é que a transformação sistêmica das infraestruturas e dos comportamentos sociais será essencial para atingir metas de redução de emissões.

Estratégias	Subestratégia	Autores	Estudo
E3: Aspectos Socioculturais e Participação Social	E3.1 – Promover a participação social nas tomadas de decisão	Struecker e Hoffmann (2017)	O estudo foi realizado com base em uma revisão sistemática da literatura científica nacional e internacional, abrangendo a produção entre 2005 e 2015, sem restrição a um país ou região específicos. O objetivo do estudo é contribuir para a caracterização do estado da arte sobre a participação social. O escopo do trabalho inclui a análise de 56 artigos científicos; uma análise bibliométrica; e, uma análise qualitativa, focada nos benefícios da participação social, os desafios e estratégias práticas para superá-los.
		Neshkova e Guo (2012)	O estudo foi realizado com agências estaduais de transporte dos Estados Unidos e tem como objetivo avaliar o impacto da participação pública no desempenho organizacional das agências governamentais. O escopo inclui a comparação de duas perspectivas teóricas e a análise de dados empíricos dessas agências para testar qual abordagem se confirma na prática. Os resultados mostram que a participação social contribui para o desempenho das agências, fornecendo informações locais relevantes e promovendo programas públicos mais eficientes.
		Macmillana et al. (2020)	O estudo foi realizado em Auckland, Nova Zelândia, e teve como objetivo demonstrar como intervenções integradas, com foco em mobilidade ativa e equidade, podem contribuir para o avanço de diversas metas dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O escopo do estudo envolve: i) a utilização de métodos participativos com a comunidade local como elemento central tanto no desenho quanto na implementação das soluções; e, ii) o fortalecimento de parcerias entre pesquisadores, gestores públicos e representantes comunitários, visando garantir que as transformações urbanas reflitam os valores e as necessidades culturais, sociais e ambientais da população. A pesquisa mostra que a participação social não só qualifica o processo de planejamento urbano, mas também potencializa os impactos positivos das intervenções, atuando como catalisadora de transformações sustentáveis, inclusivas e duradouras.
	E3.2 – Incorporar aspectos socioculturais	Kitt et al. (2021)	O estudo foi conduzido no Canadá, utilizando dados de uma pesquisa nacional representativa com 1.552 cidadãos, com o objetivo de avaliar como diferentes formas de confiança dos cidadãos em atores políticos influenciam o apoio às políticas de transporte de baixo carbono, incluindo imposto sobre carbono, subsídios para veículos elétricos e regulamentações. O estudo conclui que políticas climáticas eficazes devem considerar, além da eficiência técnica, a percepção dos cidadãos sobre os valores e intenções dos formuladores de políticas. Reconhece ainda que a aceitação social é influenciada não apenas por argumentos racionais, mas também por vínculos socioculturais e afetivos.
		Shergold et al. (2015)	O artigo foi desenvolvido a partir de um exercício de planejamento por cenários no Reino Unido, com o objetivo de analisar como as transformações sociais, tecnológicas e demográficas impactarão a mobilidade dos idosos. O escopo do estudo abrange a discussão sobre como as mudanças nas práticas sociais influenciam o transporte e a mobilidade. Além disso, destaca que políticas públicas devem reconhecer e incorporar essas diferenças socioculturais para promover soluções mais equânimes, inclusivas e eficazes de mobilidade.
		Klein e Smart (2017)	O estudo foi realizado nos Estados Unidos, com dados nacionais extraídos do Panel Study of Income Dynamics (PSID) entre 1999 e 2013. O objetivo do estudo é investigar por que os Millennials possuem menos carros do que gerações anteriores, e avaliar se essa tendência decorre de mudanças culturais e preferências urbanas, ou se é resultado de condições econômicas adversas. O escopo do estudo abrange: i) a tendência dos Millennials de viverem em áreas urbanas densas; ii) o maior uso e gasto com transporte coletivo, indicando uma possível mudança de valores e preferências; e, iii) a diversidade racial e étnica, que afeta o padrão de mobilidade e acesso a recursos. O estudo conclui que a aceitação e o apoio às políticas de mobilidade — especialmente entre os jovens — não dependem apenas de fatores econômicos, mas também de valores culturais, modos de vida e preferências urbanas.

» M2: Medidas de Adaptação

Estratégias	Subestratégia	Autores	Estudo
E4: Desenvolvimento de Sistemas de Transportes Resilientes	E4.1 - Projetar sistemas de transporte capazes de resistir a eventos climáticos extremos, protegendo populações vulneráveis que dependem desses sistemas.	Leobons et al. (2017)	O estudo tem caráter global e foi desenvolvido com o objetivo de propor um conjunto de indicadores para avaliar a resiliência dos sistemas de transporte urbano. O escopo do trabalho abrange: i) a realização de uma revisão sistemática da literatura e uma análise bibliométrica para identificar os principais domínios da resiliência (ecológico, comunitário e econômico) aplicados ao setor de transportes; ii) proposta de indicadores organizados segundo as propriedades da estrutura 4R da resiliência (Robustez, Redundância, Capacidade de Recursos e Rapidez); e, iii) o desenvolvimento de um modelo de índice de resiliência que pode ser aplicado a diferentes regiões de uma cidade. O artigo enfatiza a necessidade de desenvolver sistemas de transporte resilientes, capazes de absorver choques, manter níveis aceitáveis de serviço e restaurar rapidamente suas funções.
		Blondin (2022)	O estudo foi realizado no Vale de Bartang (Tadjiquistão) e tem como objetivo compreender como desastres ambientais impactam os sistemas de transporte e as (im)obilidades das populações locais. O escopo do estudo envolve uma pesquisa etnográfica de com moradores do Vale de Bartang, observando práticas cotidianas de deslocamento. O autor argumenta que disrupções de mobilidade provocadas por desastres ameaçam a justiça climática. Enfatiza ainda que sistemas de transporte resilientes exigem atenção às vulnerabilidades locais, integração de diferentes escalas de mobilidade e planejamento adaptado às realidades geográficas e sociais das comunidades
		Akyelken (2020)	O estudo foi realizado em Manila (Filipinas) e tem como objetivo analisar, sob uma perspectiva de gênero, como as inundações urbanas afetam as mobilidades relacionadas ao trabalho de mulheres em comunidades de baixa renda. O artigo destaca as implicações dessas condições para o desenvolvimento urbano e a justiça climática e reconhece a necessidade de soluções resilientes de transporte urbano capazes de garantir a mobilidade dessas mulheres.
E5: Implantação de Infraestrutura Sustentável	E5.1 - Priorizar o uso de <i>cool pavements</i>	Synnefa et al. (2006)	O estudo foi conduzido em Atenas (Grécia) e tem como objetivo avaliar comparativamente o desempenho térmico de 14 tipos de revestimentos refletivos comerciais, aplicados em superfícies típicas do ambiente urbano, com foco na redução das temperaturas superficiais e na mitigação do efeito de ilha de calor. O escopo do estudo abrange o monitoramento contínuo das temperaturas superficiais; e as medições da refletância espectral e da emissividade infravermelha das amostras. O estudo conclui que os revestimentos de alta refletância e emissividade devem ser priorizados no revestimento de superfícies urbanas – incluindo pavimentos (<i>cool pavements</i>) – como estratégia eficaz de mitigação do efeito de ilha de calor.
		Xu et al. (2019)	O estudo tem caráter global e foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o desempenho térmico e ambiental de revestimentos urbanos alternativos, como pavimentos refletivos e permeáveis. O escopo do estudo abrange: i) Comparação entre materiais convencionais (asfalto e concreto), revestimentos refletivos (<i>cool pavements</i>) e pavimentos permeáveis; e, ii) medição da temperatura superficial, escoamento pluvial e capacidade de infiltração dos diferentes materiais. O artigo recomenda que os planos urbanos priorizem o uso de pavimentos permeáveis como uma estratégia de infraestrutura verde integrada ao planejamento climático.
	E5.2 - Priorizar o uso de LID (pavimentos permeáveis)	Zanandrea (2016)	O estudo foi realizado na bacia urbana Mãe d'Água, na divisa entre Porto Alegre e Viamão (Rio Grande do Sul), e teve como objetivo avaliar os impactos hidrológicos da urbanização desordenada e verificar a eficácia de medidas de LID, como pavimentos permeáveis e valas vegetadas (<i>swales</i>), na mitigação do escoamento superficial. O escopo do estudo engloba a simulação de três cenários de urbanização com diferentes taxas de permeabilidade. O estudo conclui que as LID se mostram uma alternativa viável e importante para áreas urbanas já consolidadas, com reduções de escoamento de até 14% em chuvas com tempo de retorno de 2 anos.

Estratégias	Subestratégia	Autores	Estudo
E6: Monitoramento da Qualidade do Ar	E6.1 - Implantar sistemas de monitoramento da qualidade do ar	Xu <i>et al.</i> (2024)	O estudo foi realizado em Toronto (Canadá) e tem como objetivo identificar comunidades que enfrentam o triplo ônus da desvantagem social, alta exposição a partículas ultrafinas e opções de mobilidade precárias. O escopo do estudo envolve o desenvolvimento de um índice capaz de indicar esses locais. O artigo o artigo não apenas reforça a importância do monitoramento da qualidade do ar, como também utiliza diretamente esses dados para propor ferramentas de intervenção urbana e apoiar o desenvolvimento de políticas públicas mais equitativas e sustentáveis.
		Chen <i>et al.</i> (2020)	O estudo foi realizado em Xangai, China, com o objetivo de analisar variações temporais na qualidade do ar entre 2015 e 2018, avaliando os níveis dos principais poluentes e suas correlações com fatores meteorológicos e socioeconômicos. O escopo inclui o uso de dados de monitoramento contínuo para avaliar tendências sazonais e os impactos do crescimento urbano e das políticas ambientais sobre a poluição. Os resultados reforçam a necessidade de intensificar o monitoramento e as estratégias de controle, especialmente para PM2.5 e ozônio, apontados como os maiores desafios para a melhoria da qualidade do ar na região.
		Matte <i>et al.</i> (2013)	O estudo foi realizado em Nova Iorque e tem como objetivo mapear padrões espaciais intraurbanos da poluição atmosférica relacionada à combustão, gerar dados de exposição para estudos epidemiológicos e subsidiar políticas públicas locais de controle da poluição. O escopo do estudo abrange o monitoramento de poluentes em 150 locais e confirma que monitorar a qualidade do ar em nível de rua é essencial para compreender os padrões reais de exposição da população urbana.
		Oiamo <i>et al.</i> (2012)	O estudo foi realizado em London (Ontário, Canadá) e tem como objetivo desenvolver um modelo de regressão de uso do solo (LUR) para avaliar a distribuição espacial do NO ₂ na cidade e estimar exposições ambientais a esse poluente. O escopo do estudo abrange o monitoramento de NO ₂ e a avaliação de variáveis como densidade de tráfego, distância até rodovias, uso do solo industrial, presença de ferrovias e densidade habitacional. O estudo reforça que monitorar a qualidade do ar em escala local é fundamental para identificar áreas críticas de exposição e orientar políticas públicas de saúde e urbanismo em cidades de porte médio.