

# Análise do impacto da pandemia da COVID-19 no sistema de transporte coletivo por ônibus: O caso de Belo Horizonte e João Pessoa



**Leise Kelli de Oliveira**

leise@etg.ufmg.br

Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia.

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4756-4183>

**Camila Ribeiro Damasceno Martins**

camilard.martins@gmail.com

Universidade Federal de Minas Gerais, Curso de Engenharia de Controle e Automação, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3980-8018>

**Lígia Rabay**

ligia.rabay@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0159-6953>

**Leonardo Herszon Meira**

leonardo.meira@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3369-5801>

**Maria Leonor Alves Maia**

maria.amaia@ufpe.br

Universidade Federal de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Brasil.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7625-2760>

*Recibido: 4 de mayo de 2022. Aceptado: 29 de junio de 2022.*

## RESUMO

Neste artigo é analisado o impacto da pandemia de COVID-19 no transporte público por ônibus em duas metrópoles brasileiras, Belo Horizonte e João Pessoa. A correlação de Spearman apontou uma forte relação entre a variação no número de passageiros transportados e as medidas restritivas de combate à pandemia do COVID-19, mostrando que as medidas de enfrentamento ao vírus possivelmente ditaram o uso do transporte público pela população. Em contrapartida, a correlação entre o número de novos casos confirmados de COVID-19 e a variação de usuários transportados foi fraca em Belo Horizonte e insignificante em João Pessoa. Tendo em vista a influência das medidas restritivas, foi identificada e comprovada a existência de diferenças significativas dos

valores de correlação com a variação de passageiros a depender do nível de rigidez das medidas em vigor. Para mensurar o efeito causal, o teste de causalidade confirmou que a pandemia intensificou a queda na demanda pelo transporte público, sendo de 60% em Belo Horizonte e 76% em João Pessoa. Portanto, quanto mais severa a política de combate à transmissão do vírus, maior a relação com o decréscimo na demanda por ônibus. Assim, a pandemia foi responsável por uma diminuição de passageiros expressivamente maior do que a tendência estimada para o mesmo período. Os resultados evidenciam uma crise no sistema de transporte público por ônibus no Brasil assim como a necessidade de repensar estratégias para atração de usuários de tal forma que o esse serviço atenda as necessidades de mobilidade da população.

**Palabras clave:** *Transporte público por ônibus. Pandemia da COVID-19. Análise de causalidade.*

## Analysis of the impact of the COVID-19 pandemic on the public transport system by bus in Brazil

### ABSTRACT

This article analyzes the impact of the COVID-19 pandemic on public transport by bus in two Brazilian metropolises, Belo Horizonte and João Pessoa. Spearman's correlation pointed out a strong relationship between the variation in the number of passengers transported and the restrictive measures to combat the COVID-19 pandemic showing that they probably dictated the use of public transport by the population. However, the correlation between the number of new confirmed cases of COVID-19 and the variation of transported users was weak in Belo Horizonte and insignificant in João Pessoa. Given the influence of the stringency measures, the significant differences in correlation values with the variation of passengers were identified and proven, being 60% in Belo Horizonte and 76% in João Pessoa. The causality test confirmed that the pandemic intensified the drop in demand for public transport. Therefore, the more severe the policy to combat the transmission of the virus, the greater the relationship with the decrease in demand for buses. Thus, the pandemic was responsible for a significant drop in the number of passengers than the estimated trend for the same period. Finally, results show a crisis in the public transport system by bus in Brazil and the urgent need to rethink strategies to attract users to this service.

**Keywords:** *Bus public transportation. COVID-19 pandemic. Causality analysis.*

**Palabras clave:** *Transporte público. Pandemia por COVID-19. Análisis de causalidad.*

### INTRODUCCIÓN

Com sua primeira notificação na China em dezembro de 2019, a disseminação do vírus SARS-CoV-2, cuja doença foi nomeada COVID-19, apresentou uma alta velocidade de propagação e contaminação, tornando-se uma pandemia a partir 11 de março de 2020 (Cota, 2020). Inicialmente, devido à falta de conhecimento sobre a velocidade de contágio e os impactos do vírus do corpo humano, observou-se um cenário parecido com a gripe espanhola, última doença que gerou uma pandemia em escala mundial (Franchini et al., 2020).

Os serviços de transporte público são considerado um meio de disseminação de vírus (Bóta et al., 2017; Dzisi & Dei, 2020; Marini et al., 2020), apesar de serem um componente vital para as operações urbanas (Gupta & Abramson, 2007) e essenciais para os deslocamentos da população (Pereira et al., 2021; Silva & Lapa, 2019). No passado,

o transporte público disseminou vírus como influenza (Lemey et al., 2014) e tuberculose (Wesolowski et al., 2014).

O surto de COVID-19 evidencia uma forte correlação entre a rede de mobilidade humana e a dinâmica da doença (Mo et al., 2020). Por exemplo, o fechamento de polos geradores de tráfego (e.g. escolas, centros comerciais) e medidas de restrição de circulação de pessoas, conhecidas como *lockdown*, foram estratégias globalmente utilizadas para reduzir a transmissão do vírus (Henson et al., 2017). Segundo os autores, essas medidas já tinham sido implementadas para impedir a propagação da pandemia de gripe de 1918-1919. Algumas cidades, como Wuhan e Wuxi (China) e Milão (Itália), reduziram a oferta de serviços de transporte público como estratégia de controle da pandemia de COVID-19 (Mo et al., 2020).

Durante a primeira onda de COVID-19, muitas cidades adotaram medidas de distanciamento social para evitar sobrecarregar os sistemas de saúde (Soucy et al., 2020), a exemplo de fechamento temporário de serviços e de atividades comerciais e de implantação de trabalho remoto (*home-office*). Como resultado, a demanda por transporte público diminuiu devido ao menor deslocamento de indivíduos para o trabalho (Andrade et al., 2021; Soucy et al., 2020). Por exemplo, em Seul (Coreia do Sul), a demanda de usuários do transporte público por ônibus e metrô reduziu 20,5% e 23,6%, respectivamente, durante o surto da Síndrome Respiratória do Oriente Médio de 2015 (Henson et al., 2017). No entanto, a literatura sobre o impacto da pandemia da COVID-19 no transporte público ainda é limitada. Os pesquisadores têm voltado a atenção para analisar o potencial de transmissão do vírus pelo transporte público (Silva et al., 2021), entender o impacto das medidas restritivas no transporte (Arellana et al., 2020; Sogbe, 2021; Wielechowski et al., 2020) e a percepção de risco no uso dos modos de transporte (Barbieri et al., 2021). Subbarao & Kadali (2021) relatam medidas adotadas na operação do sistema de transporte público por vários países. Apesar desses estudos, Murano et al. (2021) afirmam que os impactos das medidas restritivas no sistema de transporte ainda permanecem incertos.

No Brasil, por meio do distanciamento social voluntário ou obrigatório, foi proibido temporariamente atividades não essenciais e incentivado o trabalho remoto, quando possível. Assim, como consequência, foi observado uma redução na demanda por serviços de transporte público. No entanto, desde 1994 observa-se uma redução na demanda de transporte público no Brasil (Rabay et al., 2021). Assim, a motivação deste artigo surgiu deste paradoxo, ou seja, o que realmente contribuiu para redução do transporte público durante a pandemia da COVID-19 no Brasil. Para tanto, tem-se como hipótese que as medidas de restrição para redução do contágio contribuíram para a redução da demanda por serviços de transporte público por ônibus. Assim, usando dados de duas cidades brasileiras, Belo Horizonte e João Pessoa, este artigo tem por objetivo analisar a correlação e a causalidade entre as medidas restritivas e o número de passageiros transportados por ônibus antes e durante a pandemia da COVID-19.

Este artigo contribui para o entendimento do impacto da pandemia da COVID-19 no sistema de transporte público por ônibus. Em especial, mensurou-se o impacto da redução da demanda como consequência da pandemia da COVID-19, além de avaliar o impacto da demanda caso a pandemia não tivesse ocorrido. Ainda se discute as principais falhas em termos de políticas públicas que contribuíram para o agravamento dessa redução de demanda nos serviços de transporte público por ônibus. Por fim, a maioria dos estudos usou correlação para explicar o efeito da pandemia da COVID-19 na demanda de transporte público. Os resultados deste artigo além de explicar a correlação, identificaram e mensuraram como a pandemia de fato impactou no transporte público pela análise de causalidade.

## A PANDEMIA DA COVID-19 E O IMPACTO NO TRANSPORTE PÚBLICO

A literatura sobre a pandemia da COVID-19 e mobilidade urbana trata, principalmente, de analisar os serviços de transporte público como vetores de transmissão da doença. Em Wuhan (China), foi identificado uma associação significativa e positiva entre a frequência de voos, trens e ônibus e os números diários e cumulativos de casos de COVID-19 em outras cidades com correlações progressivamente aumentadas para trens e ônibus (Zheng et al., 2020). Assim, pode-se dizer que o transporte público desempenharam um papel importante na disseminação do COVID-19, sendo que a conectividade e a distância entre o epicentro e o destino são importantes determinantes dos riscos de transmissão (Zheng et al., 2020). Em Recife (Brasil), observou-se uma correlação espacial positiva entre o número de casos e o de usuários do sistema de transporte público (Silva et al., 2021).

Algumas contramedidas abrangentes foram adotadas na China para reduzir a transmissão do vírus SARS-CoV-2, incluindo fortalecimento da gestão de pessoal, proteção pessoal, limpeza e desinfecção ambiental, educação em saúde (Shen et al., 2020). Em Gana, por sua vez, foram observadas as medidas de distanciamento social dentro dos ônibus, enquanto o mesmo não ocorreu com o uso das máscaras (Dzisi & Dei, 2020). Usando testes não paramétricos, Sogbe (2021) mostrou que o maior impacto da COVID-19 no transporte público foi provocado pelo distanciamento social e o aumento do custo do transporte. Na Índia, a redução na demanda por meios de transporte público ocorreu para contornar o medo de espalhar o vírus e as medidas restritivas para reduzir o contágio (Paul & Sarkar, 2021).

Em relação ao impacto da pandemia da COVID-19 no sistema de transporte público, Barbieri et al. (2021) identificaram interrupção nas viagens pendulares e não pendulares, destacando reduções substanciais na frequência de todos os tipos de viagens e uso de todos os modos. Os autores também identificaram que aviões e ônibus são percebidos como os meios de transporte mais arriscados em termos de propagação potencial de vírus. Na Colômbia, Arellana et al. (2020) identificaram que as políticas nacionais e as decisões locais diminuíram a demanda por viagens motorizadas e o número de passageiros de transporte público. Ainda, uma relação negativa estatisticamente significativa foi encontrada entre as mudanças na mobilidade no transporte público e o nível de rigor das medidas restritivas adotadas pelo governo polonês para o combate a COVID-19 (Wielechowski et al., 2020). Em Lisboa, foi observado redução na demanda do transporte público, comparando dados espaciais antes e depois da pandemia (Aparicio et al., 2021).

A Tabela 1 resume a literatura identificada sobre o impacto da pandemia da COVID-19 no transporte público. Os artigos foram identificados usando uma busca sistêmica no Google acadêmico, usando a combinação das palavras-chaves “public transportation” e “COVID-19”. A busca foi realizada em abril de 2022 e compreende estudos publicados até esta data. Foram considerados apenas artigos publicados em periódicos científicos que tivessem a combinação destas palavras-chaves. É importante ressaltar que esta é uma temática cujas publicações estão crescendo recentemente. Nos artigos identificados, observa-se que a maioria dos estudos usou teste de correlação para analisar o impacto da pandemia da COVID-19 na demanda por transporte público. Desta forma, os resultados aqui apresentados contribuem para ir além da explicação da correlação e identificar como a pandemia de fato impactou no transporte público pela análise de causalidade.

Tabela 1. Resumo da literatura sobre o impacto da pandemia da COVID-19 no transporte público. Fonte: Elaborado pelos autores.

Referência	Fenômeno analisado			Origem do dado			Método			
	Vetor de transmissão	Utilização do transporte público	Demanda por transporte público	Dados oficiais	Survey	Teste não-paramétrico	Teste de correlação	Modelos de regressão	Correlação espacial	Revisão da literatura
Andrade et al. (2021)		•	•							•
Aparicio et al. (2021)		•		•		•				
Arellana et al. (2020)			•	•			•			
Barbieri et al. (2021)			•		•		•			
Dzisi & Dei (2020)	•			•			•			
Gkiotsalitis & Cats (2021)										•
Shen et al. (2020)	•									•
Silva et al. (2021)				•					•	
Sogbe (2021)		•			•	•				
Soucy et al. (2020)	•		•					•		
Subbarao & Kadali (2021)			•							•
Tirachini & Cats (2020)	•									•
Wielechowski et al. (2020)			•	•		•	•			
Zheng et al. (2020)	•			•					•	

No entanto, nada pode garantir que uma nova pandemia não surja num futuro próximo. Assim, como o sistema de transporte público contribui para a mobilidade urbana, são necessárias estratégias que contribuam para o distanciamento social dentro dos veículos do sistema (Silva et al., 2021). Na Polônia, por exemplo, as medidas restritivas contribuíram efetivamente para o distanciamento social no transporte público com consequente diminuição da mobilidade (Wielechowski et al., 2020). Como o sistema de transporte público pode ser considerado um vetor de transmissão da doença, a aplicação de multas pode ser um caminho para o cumprimento das medidas preventivas para redução do contágio, como, por exemplo, o uso de máscaras (Dzisi & Dei, 2020).

Assim, se a redução da demanda continuar a ser observada, em curto tempo, o sistema de transporte pode entrar em colapso, requerendo suporte governamental para sua recuperação (Andrade et al., 2021; Arellana et al., 2020; Subbarao & Kadali, 2021). Além disso, os efeitos econômicos e sociais do surto da COVID-19 no transporte público vão além do desempenho do serviço e dos riscos à saúde para a viabilidade financeira, equidade social e mobilidade sustentável (Tirachini & Cats, 2020). Assim, torna-se importante restaurar a capacidade dos sistemas de transporte público no cumprimento do seu papel social (Tirachini & Cats, 2020). Para tanto, deve-se identificar estratégias para um sistema de transporte público mais sustentável, dentre elas, a integração com o transporte ativo e subsídios para a tarifa como meio de estimular o seu uso (Subbarao & Kadali, 2021).

## MÉTODO DE ANÁLISE

Com o intuito de analisar o impacto da pandemia da COVID-19 no sistema de transporte coletivo por ônibus, duas técnicas de análise foram utilizadas: a correlação de Spearman e inferência causal por uma abordagem bayesiana. A correlação de Spearman foi utilizada por ser a técnica usual para análise de correlação de dados. Ainda, dentre as técnicas de inferência causal, escolheu-se a abordagem bayesiana por permitir mensurar o impacto da pandemia na redução do transporte público. Na Figura 1 foram descritos os dados e as respectivas técnicas usadas para as análises propostas neste artigo, detalhados nas subseções a seguir.

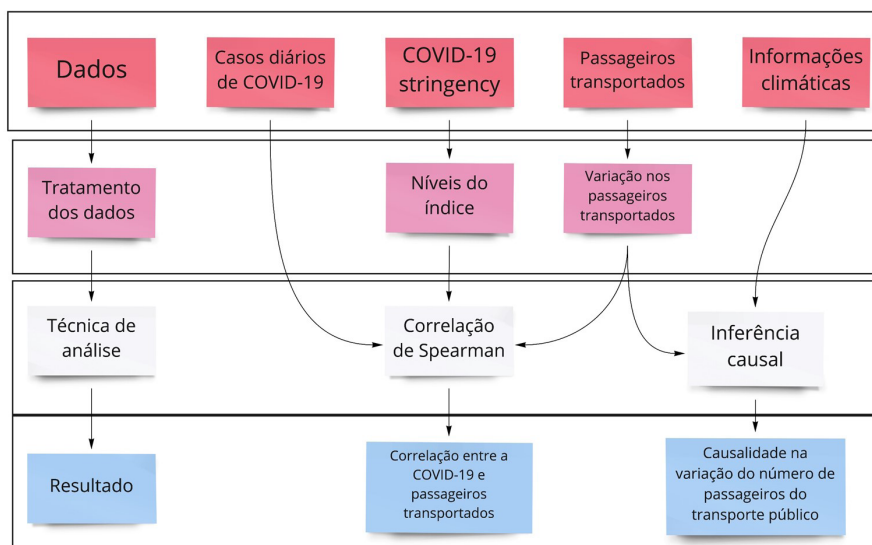


Figura 1. Dados e técnicas usados neste artigo. Fonte: Elaborado pelos autores.

### Dados

Para o desenvolvimento deste estudo foram usados dados de passageiros transportados, de casos de COVID-19 e informações climáticas, que foram usadas como covariáveis para a análise de causalidade.

Os dados de passageiros transportados foram obtidos pelo sistema de bilhetagem eletrônica nas respectivas cidades, por meio da lei de acesso a informação (BHTRANS, 2021; SEMOB, 2021). Para obter a variação dos passageiros transportados, o período entre 17 de março a 14 de abril de 2020 foi considerado como referência e calculado a mediana para cada um dos dias da semana. A partir de 14 de abril, foi avaliado a variação diária, em relação ao período de referência. Este método foi usado para minimizar o impacto da variação semanal na análise dos dados.

Em relação aos dados de COVID-19, foram considerados os dados entre 10 de março e 30 de novembro de 2020 para Belo Horizonte e, entre 16 de março e 30 de novembro de 2020 para João Pessoa. Estes dados foram obtidos a partir de Cota (2020), que desenvolveu e atualizou um banco de dados de casos e mortes por COVID-19 a partir de dados oficiais. Ainda, foi usado o índice COVID-19 *stringency*, que mede o rigor com que as medidas restritivas relacionadas ao controle epidemiológico do COVID-19 foram implantadas. Ele é calculado como média de nove variáveis, cada uma com valor de 0 a 100, sendo elas: fechamento de escolas, fechamento de trabalho, cancelamento de eventos públicos, restrição à aglomeração pública, restrição de operação de serviço de transporte público, requisitos para ficar em casa, campanhas e informação pública,



restrição a movimentos internos e controle de viagens internacionais (Hale et al., 2021). Valores menores que 40 indicam um nível baixo, valores entre 40 e 60 indicam um nível médio e valores acima de 60 indicam um nível alto de rigor na implantação dessas medidas. Os valores deste índice foram obtidos no banco de dados *Oxford COVID-19 Government Response Tracker (OxCGRT)*, desenvolvido pela Universidade de Oxford (Hale et al., 2021), que tem constantes atualizações sobre ações relacionadas a pandemia a nível global.

Por fim, informações climáticas foram usadas como covariáveis para a análise de causalidade. Dos dados climáticos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), foram escolhidos aqueles que tinham a menor variação possível na média diária para ambas as cidades analisadas neste estudo. Desta forma, foram considerados a velocidade média diária do vento (medido em m/s), média diária da umidade relativa do ar (em %) e precipitação total diária (medido em mm). No entanto, outros dados como temperatura média ou radiação podem alternativamente ser escolhidos, dependendo do local de análise.

### *Técnica de análise*

Para identificar a correlação entre a COVID-19 e os passageiros transportados, foram usados os dados do índice da COVID-19 *stringency*, do número de casos confirmados por dia e da variação do número de passageiros transportados. A correlação entre esses dados foi medida pela correlação de Spearman e avaliada a significância estatística da medida.

No entanto, uma vez que a correlação não implica em causalidade (Pearl & Mackenzie, 2018), foi estimado um modelo bayesiano de séries temporais estruturais para avaliar como um evento, no caso a pandemia da COVID-19, causou a redução numa métrica, no caso, o número de passageiros transportados no sistema de transporte público. A análise é feita por meio da inferência causal, que mede a diferença entre o valor observado e o valor que teria acontecido caso o evento não tivesse ocorrido (chamado de *contrafactual*). O desenvolvimento da evolução temporal da série *contrafactual* e o cálculo do impacto utilizam uma abordagem bayesiana (Brodersen et al., 2015). Para estimar a tendência da série temporal sem a interferência do evento é preciso encontrar outras séries temporais que estejam relacionadas com a série de interesse, mas que não tenham sido afetadas pelo evento, denominadas de covariáveis. A descrição completa desta técnica de inferência causal se encontra em Brodersen et al. (2015). Vale ressaltar que foi usada série temporal pelo fato de estar analisando um fenômeno que teve variação significativa ao longo do tempo.

Devido à magnitude dos efeitos da pandemia da COVID-19 na sociedade, existe uma limitação na disponibilidade de dados temporais aptos a se tornarem covariáveis. Em geral, existe impacto da chuva na demanda por ônibus (Kashfi et al., 2013; Stover & McCormack, 2012). No entanto, além da chuva, umidade do ar e vento também influenciam no número de passageiros transportados (Zhou et al., 2017). Assim, optou-se por usar como covariáveis a velocidade média diária do vento (medido em m/s), média diária da umidade relativa do ar (em %), precipitação total diária (medido em mm).

O modelo bayesiano de séries temporais estruturais foi estimado usando o pacote *CausalImpact* (Brodersen et al., 2015) no ambiente R. Foi utilizado dados no período compreendido entre 17 de março de 2019 à 30 de novembro de 2020. O dia 17 de março de 2020 foi considerado o divisor entre o pré e pós-tratamento. Os dados até 17 de março de 2020 foram utilizados para calibrar o modelo. Vale ressaltar que a série de interesse apresenta valores atípicos devido a feriados, podendo ser valores que podem

influenciar no resultado do modelo, uma vez que nem as covariáveis e nem o pacote CausalImpact conseguem identificar e excluir esses valores.

## CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Para este estudo foram utilizados dados de passageiros transportados de duas capitais brasileiras: Belo Horizonte e João Pessoa. Figura 2 mostra a localização dessas cidades brasileiras.

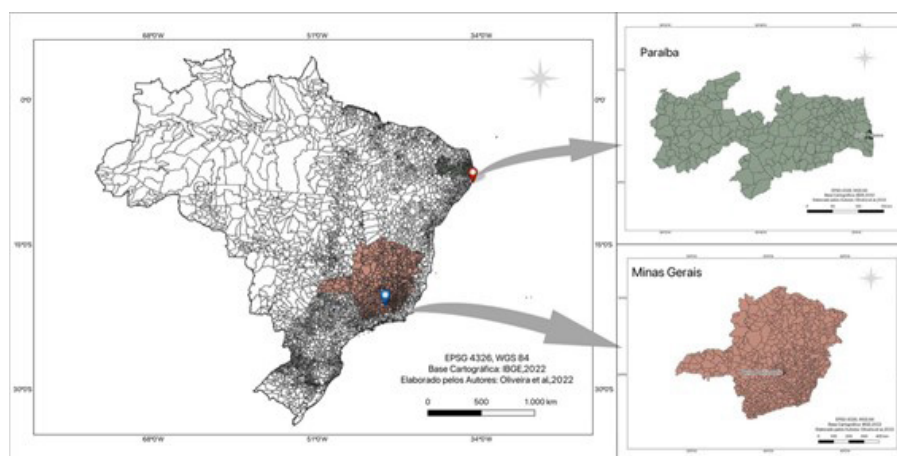


Figura 2. Localização das áreas de estudo. Fonte: Elaborado pelos autores.

### *Belo Horizonte*

Belo Horizonte é a capital de Minas Gerais, com população estimada de 2.521.564 em 2020 e área total de 331.354 km<sup>2</sup>. No quesito de trabalho e rendimento, em 2019, 58,7% da população se encontrava ocupada e o salário médio mensal era de 3,4 salários-mínimos (1SM = BRL 1.212,00 ≈ US\$252,50, em 22/02/2022), sendo que domicílios com rendimentos mensais de até meio salário-mínimo por pessoa representavam 27,8% da população. A economia de Belo Horizonte é baseada no setor terciário, com foco em serviços financeiros, comércio, atividades imobiliárias, administração pública e atividades de lazer. No setor de turismo, a cidade se destaca pela sua prestigiada gastronomia, museus, parques e passeios em contato com a natureza (IBGE, 2022).

Em relação à mobilidade urbana, a maior parte das viagens de ônibus acontece em regiões de menor renda per capita (Miranda et al., 2017). Em contrapartida, a proporção de viagens de ônibus para viagens de automóvel diminuiu ao longo dos anos em todas as regiões da cidade, representando um aumento das viagens por veículo individual, principalmente nas áreas centrais da cidade, em que se concentram os estabelecimentos comerciais (Miranda et al., 2017). Enquanto em 2002 47% das viagens diárias urbanas eram realizadas por transporte público, em 2012 as mesmas caem para 28% (Belo Horizonte, 2021). Não existem dados mais recentes sobre a divisão modal em Belo Horizonte. A pesquisa OD mais recente foi realizada por dados de telefonia (ver Minas Gerais, 2022), não sendo possível inferir a distribuição modal das viagens realizadas em Belo Horizonte.

Na Figura 3 é ilustrada a evolução do número de passageiros transportados entre 17/03/2019 e 30/11/2020. Entre 17/03/2019 e 17/03/2020 foram transportados, em média de 955.459 passageiros/dia. Em 18/03/2020 foi decretado estado de emergência, sendo observado o início da queda da demanda, como possível consequência das



medidas restritivas contra a disseminação do vírus da COVID-19. Entre 18/03/2020 e 05/07/2020 foram transportados, em média 347.904 passageiros dia. Entre 18/03/2020 e 30/11/2020 foram transportados em média, 420.011 passageiros dia, representando 44% da demanda no período anterior a pandemia. Vale informar que a redução da oferta do serviço de transporte público em Belo Horizonte foi consequência da queda da demanda de usuários, sendo comum a reclamação sobre baixa frequência e alta ocupação dos ônibus por parte da população que necessitava do serviço para desempenhar as atividades consideradas essenciais para a cidade. Além disso, a prefeitura decretou a proibição de circulação de transporte público oriundo de outros municípios que não adotaram medidas de isolamento social.



Figura 3. Evolução do número de passageiros transportados em Belo Horizonte. Fonte: BHTRANS (2021).

A redução da demanda de passageiros coincide com o crescimento do número de casos de COVID-19 em Belo Horizonte (Figura 4) e com o aumento do índice COVID-19 *stringency* (Figura 5). Observa-se que logo no início de março esse índice alcançou um nível médio, sendo considerado alto de 23 de março a 23 de julho de 2020. Desta forma, parece existir uma relação entre o número de passageiros transportados e o índice COVID-19 *stringency*, relação esta explorada neste artigo.

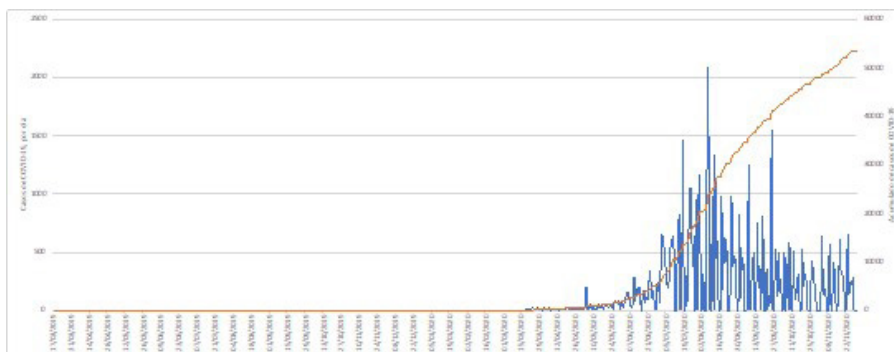


Figura 4. Evolução do número de casos de COVID-19 em Belo Horizonte. Fonte: Cota (2020).

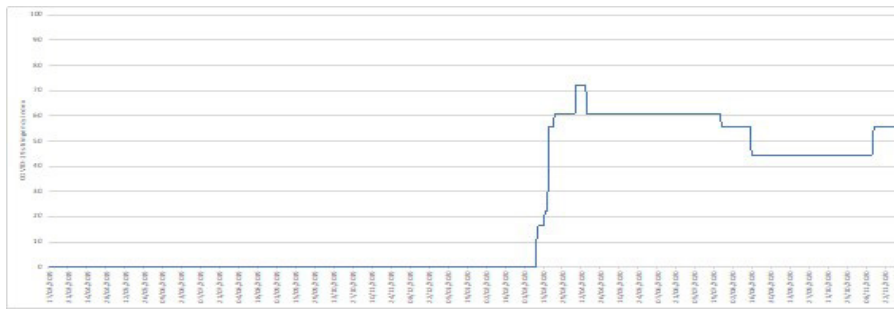


Figura 5. Evolução do índice COVID-19 stringency. Fonte: Hale et al. (2021).

### João Pessoa, Paraíba

Capital da Paraíba, João Pessoa possuía uma população estimada de 817.511 em 2020. Dados de 2019 mostram que o salário médio mensal era de 2,7 salários-mínimos e 36,7% da população estava ocupada. Ainda, 36,4% dos habitantes tinham rendimento mensal familiar de até meio salário-mínimo por pessoa. A economia de João Pessoa é baseada no setor terciário.

Em relação à mobilidade urbana, a participação do transporte coletivo na escolha modal das viagens diminuiu com o aumento da renda da população (João Pessoa, 2020). A participação das famílias com renda média de até 1 salário-mínimo que se deslocam por transporte coletivo é de 39%, enquanto 47% se deslocam a pé ou por bicicleta e 12% por transporte individual (João Pessoa, 2020). Em contrapartida, a participação das famílias com renda acima de 10 salários-mínimos é de 8% para o transporte coletivo, 9% para o transporte ativo e 80% para o transporte individual (João Pessoa, 2020). Em 2019, 21% das viagens diárias urbanas eram realizadas por transporte público (João Pessoa, 2020).

Na Figura 4 é mostrado a evolução do número de passageiros transportados em João Pessoa no período de 17/03/2019 a 30/11/2020. Até 20 de março de 2020, eram transportados diariamente, em média, 180.084 passageiros. Em 21 de março de 2020 houve uma redução de 99% do número de passageiros transportados. Entre 21/03/2020 e 05/07/2020 foram transportados, em média, 1479 passageiros/dia; Entre 06/07/2020 e 30/11/2020 foram transportados, em média, 81.390 passageiros/dia, representando 45% da demanda no período anterior a pandemia. No que diz respeito às medidas restritivas referentes especificamente ao transporte coletivo, o governo de João Pessoa adotou medidas severas, sendo decretado a partir do dia 21 de março de 2020 a disponibilização de apenas duas linhas do transporte público coletivo nos horários das 05:30 às 08:30 e das 17:00 às 20:00 exclusivamente para o transporte dos trabalhadores dos serviços de saúde da rede pública e privada. A partir de 05 de julho, a demanda de passageiros começou a subir gradativamente.



Figura 6. Evolução do número de passageiros transportados em João Pessoa. Fonte: SEMOB (2021).

As medidas restritivas com alto impacto no índice COVID-19 *stringency* ocorreu entre 06 de março a 14 de junho de 2020, conforme ilustrado na Figura 7. O número de casos em João Pessoa foi, em geral, menor que 500 por dia, como pode ser observado na Figura 8. Entretanto, mesmo assim, parece existir uma relação entre o número de passageiros transportados e o índice COVID-19 *stringency*, como observado em Belo Horizonte.

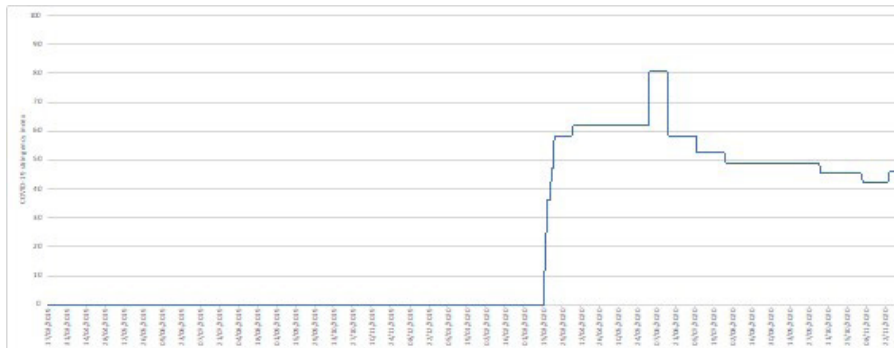


Figura 7. Evolução do índice COVID-19 stringency. Fonte: Hale et al. (2021).

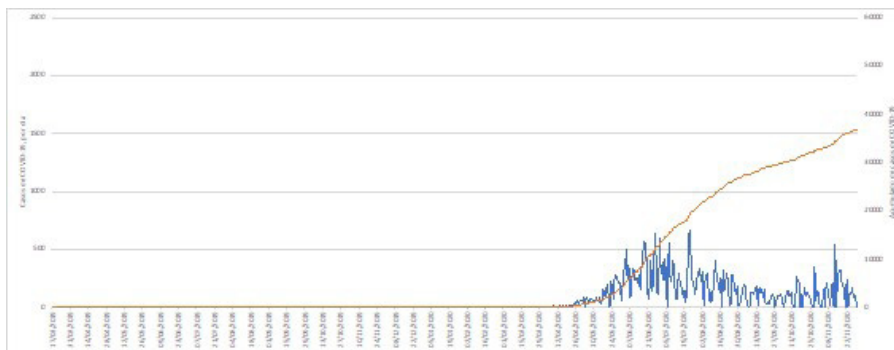


Figura 8. Evolução do número de casos de COVID-19 em João Pessoa. Fonte: Cota (2020).

Comparando ambos os casos, nota-se que enquanto em Belo Horizonte observou uma redução da demanda e ajustou a oferta à esta nova demanda, em João Pessoa houve uma redução da demanda em consequência da redução da oferta do serviço. Em relação as medidas restritivas, João Pessoa teve um período mais curto de adoção de medidas mais severas do que o observado em Belo Horizonte. Desta forma, como o rigor das medidas de restrição foram diferentes nas duas cidades analisadas, comparar e mensurar o impacto destas medidas no sistema de transporte pode fornecer resultados para subsidiar políticas públicas em épocas pandêmicas.

Vale salientar que os autores reconhecem a importância de analisar o trade-off entre oferta e demanda para analisar até se a redução da demanda não foi uma consequência da redução da oferta do transporte público. Este dado foi solicitado e não foi disponibilizado. Desta forma, a análise focou apenas no lado da demanda.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na Figura 9 é ilustrada a variação percentual no número de passageiros transportados em Belo Horizonte e João Pessoa. As variações negativas no ano de 2019 se referem a feriados e no ano de 2020 se referem aos finais de semana.

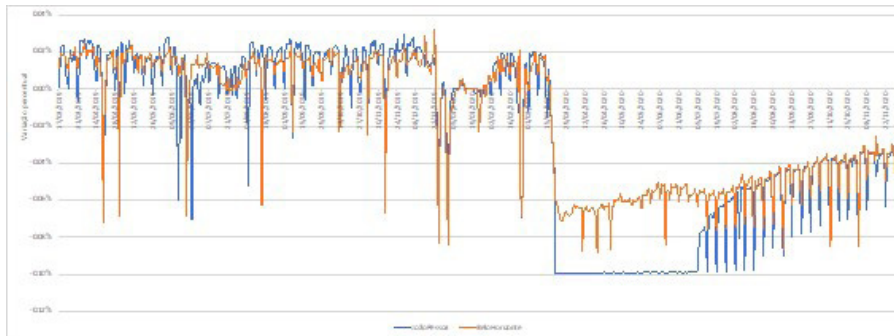


Figura 9. Variação diária no número de passageiros transportados. Fonte: Elaborado pelos autores.

### Correlação entre a pandemia da COVID-19 e o uso do transporte público

A Tabela 2 mostra a medida de correlação entre a variação do número de passageiros transportados em cada cidade analisada, o índice COVID-19 *stringency*, novos casos e os casos acumulados da doença. Em relação ao índice COVID-19 *stringency*, a correlação é negativa e considerada moderada para Belo Horizonte enquanto é também negativa, mas considerada forte em João Pessoa. Logo, pode-se dizer que existe correlação entre o rigor na adoção de medidas restritivas e a variação no número de passageiros transportados nas cidades analisadas. Em relação a novos casos, os coeficientes são próximos a zero, indicando ausência de correlação, além do fato do coeficiente não ser estatisticamente válido para João Pessoa. No entanto, a correlação torna-se positiva quando considerado o número de casos acumulados, sendo observado uma correlação moderada para Belo Horizonte e uma correlação forte para João Pessoa.

Tabela 2. Correlação de Spearman. Fonte: Elaborado pelos autores.

Varição do número de passageiros transportados em	COVID-19 <i>stringency</i>	Novos casos	Casos acumulados
Belo Horizonte	-0,68***	0,15**	0,61***
João Pessoa	-0,87***	0,04	0,82***

Significância estatística: \*\*\* 0,001; \*\* 0,01

Assim, estes resultados indicam que à medida que o índice de COVID-19 *stringency* aumentava, a variação percentual do número de passageiros transportados reduzia; ou seja, quanto mais rigoroso foi o conjunto de medidas implantadas de combate ao COVID-19, menor foi o número de passageiros transportados. Por outro lado, no entanto, à medida que os casos acumulados aumentavam, também aumentava a variação percentual do número de passageiros transportados. Desta forma, existe uma correlação entre a pandemia da COVID-19 e o uso do transporte público. No entanto, nada se pode dizer se a redução da demanda por transporte público foi uma consequência da pandemia da COVID-19. Para isto, procedeu-se a análise de causalidade.

### Causalidade na variação do número de passageiros do transporte público

Na Tabela 3 são apresentados os valores resultantes da estimação do impacto da pandemia da COVID-19 na variação do número de passageiros transportados. Com a pandemia, a variação do número de passageiros transportados teve uma queda de 60% em Belo Horizonte e 76% em João Pessoa. No entanto, caso a pandemia da COVID-19 não tivesse ocorrido, ainda seria observado uma redução no número de passageiros transportados de 10% em Belo Horizonte e 11% em João Pessoa. Logo, pode-se dizer que a pandemia acelerou muito a redução do número de passageiros transportados, o que era de se esperar pela adoção das medidas sanitárias necessárias para evitar o contágio, mas não foi a única motivação para isto pois a queda do número de passageiros tenderia a acontecer se a pandemia não houvesse acontecido. A questão que se coloca para futuros estudos é em que medida a COVID-19 poderá acarretar numa queda maior da demanda do que a estimada para o mesmo período se a pandemia não tivesse ocorrido.

Tabela 3. Análise da causalidade. Fonte: Elaborado pelos autores.

Posterior inferência causal	Belo Horizonte	João Pessoa
Com pandemia	-0,60	-0,76
Sem pandemia	-0,10 [-0,15, -0,06]	-0,11 [-0,16, -0,07]
Efeito absoluto	-0,50 [-0,54, -0,45]	-0,65 [-0,69, -0,60]
Probabilidade do efeito causal	99,89%	99,89%

Na Figura 10 é ilustrado o efeito causal da pandemia da COVID-19 na variação do número de passageiros transportados em Belo Horizonte. Na parte superior da figura, observa-se que caso a pandemia não tivesse ocorrido, ainda seria possível observar uma queda no número de passageiros do transporte público. No entanto, as medidas restritivas associadas ao medo de contágio da doença ainda desconhecida em março de 2020 provocaram uma queda muito mais acentuada, que vai se recuperando paulatinamente ao longo dos meses subsequentes do ano de 2020.

De maneira análoga, na Figura 11 é ilustrado o efeito causal da pandemia no número de passageiros transportados em João Pessoa. No cenário sem pandemia, observa-se que a redução no número de passageiros transportados seria maior do que o observado em Belo Horizonte, o que pode implicar em um possível colapso do sistema de transporte por ônibus em João Pessoa se nenhuma medida for tomada para reverter esse cenário. Em adição, como esperado, com a pandemia, este cenário foi ainda pior e com impactos sem precedentes no sistema de transporte público do município, trazendo desafios para o planejamento do transporte público em João Pessoa.

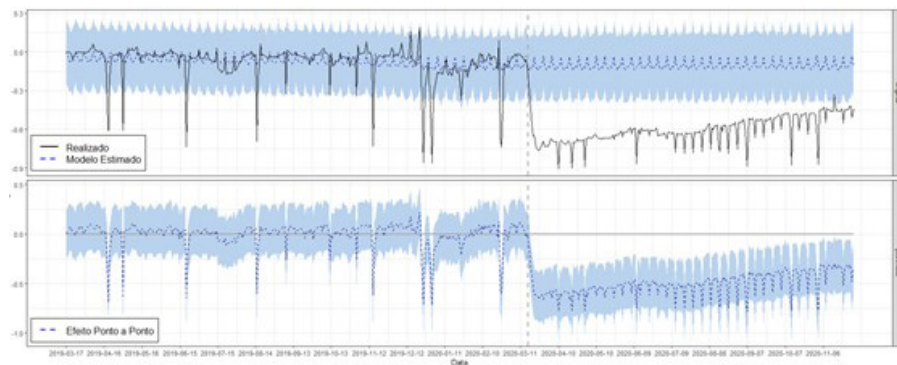


Figura 10. Efeito causal da pandemia na variação do número de passageiros transportados em Belo Horizonte. Fonte: Elaborado pelos autores.



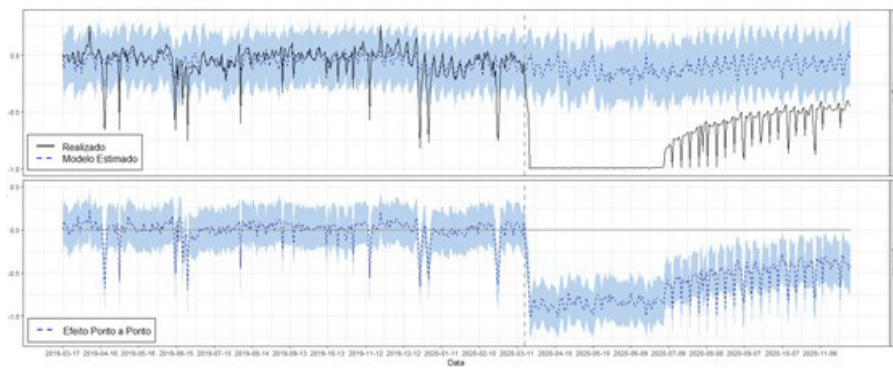


Figura 11. Efeito causal da pandemia na variação do número de passageiros transportados em João Pessoa. Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses resultados permitem concluir que a redução do número de passageiros do transporte público não foi apenas uma mera correlação com as medidas restritivas, como apontado no teste de correlação de Spearman. Na verdade, esta redução foi uma resposta causal a pandemia. Estes resultados convergem com estudos desenvolvidos em outros países, como a Polônia (Wielechowski et al., 2020) e Colômbia (Arellana et al., 2020), apesar destes estudos terem utilizados técnicas diferentes e apenas identificarem possível correlação da pandemia com o uso do transporte público.

Dado que uma pandemia não é um evento raro e com potencial de acontecer novamente, políticas públicas são necessárias para que o sistema de transporte público não colapse. A queda na demanda por transporte público por ônibus no Brasil, aliada à falta de uma política de subsídios para as tarifas, tem gerado queda na qualidade do serviço e aumento das tarifas acima dos índices de inflação (Prado, 2021). Essa tendência, que leva muitas pessoas ao uso de modos motorizados individuais, piorou os já graves problemas de congestionamento e de perda de qualidade de vida na maioria das cidades brasileiras (Rabay et al., 2021). É importante notar que o aumento do uso de veículos, principalmente de carros particulares e motocicletas, traz uma série de consequências negativas (Frade & Ribeiro, 2015; Liu et al., 2018; Saidi et al., 2018), contribuindo para o aumento dos congestionamentos (Frade & Ribeiro, 2015; Liu et al., 2018; Meira, 2013), do consumo de combustível fóssil (Sullivan et al., 2018), dos tempos de viagem (Manville & Levine, 2018; Meira, 2013; Smieszek et al., 2019) e da poluição (Lejri et al., 2018), além de causar deterioração na confiabilidade e pontualidade do transporte público (Meira, 2013) e promover exclusão social, inatividade e obesidade (Docherty et al., 2018).

Contudo, apesar do transporte público transportar boa parte da população brasileira, várias políticas públicas no país nas últimas décadas incentivaram o uso de automóveis particulares. Por exemplo, adotou-se, no setor automotivo, a redução do Imposto sobre Produtos Industrializados como instrumento para promover a recuperação da indústria automobilística diante de uma queda acentuada de demanda em 2008 e 2012 (Meira, 2013). Também se pode citar que várias cidades brasileiras ainda seguem o enfoque tradicional dos transportes (Vasconcelos, 2000), ao acreditar que a solução para eventuais problemas de mobilidade é a construção de grandes obras viárias.

Para Banister & Marshall (2000), a consequência inevitável da propriedade do veículo é o seu uso. Assim, melhorias na qualidade e oferta do transporte público podem mitigar as externalidades negativas da crescente motorização. Para isso acontecer, o transporte público deve ser conveniente, relativamente rápido, frequente, confiável, confortável e acessível, e não simplesmente um serviço social para quem não tem outras opções (Tumlin, 2012). Além disso, a maior participação da sociedade é essencial no



planejamento, implementação, monitoramento e avaliação de estratégias e políticas públicas de mobilidade sustentável (Rabay et al., 2021). Essas características precisam ser enfatizadas no planejamento do transporte público das cidades brasileiras para torná-los mais atrativos para todos.

As políticas públicas também devem se preparar para garantir a demanda e a viabilidade do transporte público em caso de novo evento pandêmico. Previsão de direcionamento de subsídios e de diminuição de impostos (como os adotados para a compra de novos automóveis), estratégias operacionais para garantir deslocamentos mínimos e eficientes por toda a rede nos momentos de isolamento social e o desenvolvimento de protocolos de segurança adequados são exemplos de medidas que podem ser planejadas previamente para mitigar os efeitos de uma pandemia nos transportes públicos.

## CONCLUSÃO

No Brasil, a pandemia da COVID-19 teve início em março de 2020 e, as cidades de Belo Horizonte e João Pessoa podem ser exemplos do que ocorreu em todo o país, com expressivo número de casos confirmados e de mortes por COVID-19. A mobilidade urbana sofreu severas mudanças devido às políticas de enfrentamento à pandemia adotadas pelos governos municipais, além de ter sido um momento de enfrentamento de circunstâncias relativamente inéditas por parte da sociedade.

Este estudo analisou como o sistema de transporte público foi afetado pela pandemia de COVID-19, analisando dados relativos à adoção de medidas no combate a doença medidos pelo *stringency index*, e dados de demanda de passageiros para as cidades de Belo Horizonte e João Pessoa. Os resultados identificaram correlação e causalidade. Foi identificado correlação negativa e forte entre as medidas restritivas adotadas e a variação de passageiros transportados por ônibus em Belo Horizonte e João Pessoa, em relação ao valor de referência. Em contrapartida, a variação da mobilidade e o número de casos confirmados apresentaram uma fraca correlação em Belo Horizonte, enquanto em João Pessoa a correlação nem houve significância estatística. Desta forma, este estudo confirma a hipótese proposta de que as medidas de restrição para redução do contágio contribuíram para a redução da demanda por serviços de transporte público por ônibus.

Em relação a análise da causalidade, observou-se tendência de redução da variação do número de passageiros transportados nas duas cidades analisadas, sendo que Belo Horizonte teve um decréscimo causal de 50%, enquanto João Pessoa foi mais impactada e resultou em um efeito causal de 65%. Essa diferença tem relação com o *stringency index*, não apenas com o rigor, mas também com a duração em que as medidas de combate ao COVID-19 foram adotadas em cada cidade. Era esperado que com o rigor da adoção dessas medidas ocorresse uma redução do número de passageiros transportados. Esse trabalho mostra não apenas a ordem de grandeza dessa redução, mas principalmente mostra que o sistema de transporte público por ônibus nessas duas cidades já vinha apresentando perdas recorrentes de passageiros no contexto pré-pandemia.

A questão principal que surge a partir da análise dos dados diz respeito em que medida as perdas observadas com a COVID-19 irão acentuar a tendência das perdas já observadas no cenário sem a ocorrência da pandemia. Os dados analisados evidenciam, por um lado, um aspecto da crise no sistema de transporte público por ônibus no Brasil com perdas sistemáticas de passageiros, acarretando problemas ainda maiores para sua operação e, por outro, a necessidade premente de repensar estratégias para esse sistema (de operação, monitoramento, regulação, financiamento) de forma que

ele cumpra sua função social como serviço público e essencial para a mobilidade da população brasileira. Em outras palavras, a pandemia da COVID-19 acentuou questões que já estavam na agenda das políticas públicas de transporte no país, mas as medidas adotadas para funcionamento do sistema, embora necessárias, podem ser provisórias e não implicar em mudanças necessárias para uma melhor oferta do serviço de transporte público para os cidadãos.

Por fim, é importante destacar que para uma análise mais apropriada faz-se necessário analisar também a oferta e não apenas a demanda do serviço, como realizado nesse trabalho. A análise da relação oferta e demanda é importante para analisar o impacto da pandemia da COVID-19 e suas consequências futuras. Ainda, após o término do estado de pandemia, sugere-se avaliar os impactos a longo prazo da pandemia da COVID-19, fazendo análises ex-post. Por fim, sugere-se uma análise do impacto.

*Agradecimentos: Os autores agradecem ao CNPq e a CAPES pelo suporte a pesquisa.*

## BIBLIOGRAFIA

- » Andrade, M. O. de, Neto, O. C. da C. L., e Rabay, L. (2021). O desafio da sustentabilidade nos transportes públicos e na mobilidade urbana em face da pandemia da COVID-19 na realidade brasileira. *Revista Transporte y Territorio*, 25, 113-137. <https://doi.org/10.34096/rtt.i25.10960>
- » Aparicio, J. T., Arsenio, E., e Henriques, R. (2021). Understanding the Impacts of the COVID-19 Pandemic on Public Transportation Travel Patterns in the City of Lisbon. *Sustainability*, 13(15), 8342. <https://doi.org/10.3390/su13158342>
- » Arellana, J., Márquez, L., e Cantillo, V. (2020). COVID-19 Outbreak in Colombia: An Analysis of Its Impacts on Transport Systems. *Journal of Advanced Transportation*, 8867316. <https://doi.org/10.1155/2020/8867316>
- » Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *New Developments in Urban Transportation Planning*, 15(2), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>
- » Banister, D., e Marshall, S. (2000). *Encouraging Transport Alternatives: Good Practice in Reducing Travel*. London: The Stationary Office.
- » Barbieri, D. M., Lou, B., Passavanti, M., Hui, C., Hoff, I., Lessa, D. A., Sikka, G., Chang, K., Gupta, A., Fang, K., Banerjee, A., Maharaj, B., Lam, L., Ghasemi, N., Naik, B., Wang, F., Foroutan Mirhosseini, A., Naseri, S., Liu, Z., ... e Rashidi, T. H. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on mobility in ten countries and associated perceived risk for all transport modes. *PLOS ONE*, 16(2), e0245886. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245886>
- » Belo Horizonte. (2021). *Balço da mobilidade*. Prefeitura de Belo Horizonte. Recuperado de <https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/planmob-bh/balanco-da-mobilidade> (08/06/2022)
- » BHTRANS. (2021). Passageiros transportados. Solicitado pela Lei de Acesso a Informação no sítio <https://prefeitura.pbh.gov.br/lei-de-acesso-a-informacao> (08/06/2022)
- » Bóta, A., Gardner, L. M., e Khani, A. (2017). Identifying Critical Components of a Public Transit System for Outbreak Control. *Networks and Spatial Economics*, 17(4), 1137-1159. <https://doi.org/10.1007/s11067-017-9361-2>
- » Brodersen, K. H., Gallusser, F., Koehler, J., Remy, N., e Scott, S. L. (2015). Inferring causal impact using Bayesian structural time-series models. *The Annals of Applied Statistics*, 9(1), 247-274. <https://doi.org/10.1214/14-AOAS788>
- » Cota, W. (2020). Monitoring the number of COVID-19 cases and deaths in Brazil at municipal and federative units level. *SciELO Preprints*. <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.362>
- » Docherty, I., Marsden, G., e Anable, J. (2018). The governance of smart mobility. *Smart Urban Mobility*, 115, 114-125. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2017.09.012>
- » Dzisi, E. K. J., e Dei, O. A. (2020). Adherence to social distancing and wearing of masks within public transportation during the COVID 19 pandemic. *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 7, 100191. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2020.100191>

- » Frade, I., e Ribeiro, A. (2015). Bike-sharing stations: A maximal covering location approach. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 82, 216-227. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.014>
- » Franchini, A. F., Auxilia, F., Galimberti, P. M., Piga, M. A., Castaldi, S., e Porro, A. (2020). COVID 19 and Spanish flu pandemics: All it changes, nothing changes: COVID 19 epidemic. *Acta Biomedica Atenei Parmensis*, 91(2), 245-250. <https://doi.org/10.23750/abm.v91i2.9625>
- » Gkiotsalitis, K., e Cats, O. (2021). Public transport planning adaption under the COVID-19 pandemic crisis: Literature review of research needs and directions. *Transport Reviews*, 41(3), 374-392. <https://doi.org/10.1080/01441647.2020.1857886>
- » Gupta, R., e Abramson, D. M. (2007). *Comparison of Urban Transit Planning Responses to Pandemic Influenza (NCDP Research Briefs)*. National Center for Disaster Preparedness, Research Brief 2007:1. New York: Columbia University Mailman School of Public Health. <https://doi.org/10.7916/D89C75NV>
- » Hale, T., Angrist, N., Goldszmidt, R., Kira, B., Petherick, A., Phillips, T., Webster, S., Cameron-Blake, E., Hallas, L., Majumdar, S., e Tatlow, H. (2021). A global panel database of pandemic policies (Oxford COVID-19 Government Response Tracker). *Nature Human Behaviour*, 5(4), 529-538. <https://doi.org/10.1038/s41562-021-01079-8>
- » Henson, T. C., Timmons, M., e McDaniel, J. (2017). *Public Transit Emergency Preparedness Against Ebola and Other Infectious Diseases: Legal Issues*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/24795>
- » IBGE. (2022). IBGE Cidades. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Recuperado de [https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama\(o8/06/2022\)](https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/fortaleza/panorama(o8/06/2022))
- » INMET. (2022). Normais climatológicos do Brasil. Recuperado de [https://portal.inmet.gov.br\(o8/06/2022\)](https://portal.inmet.gov.br(o8/06/2022))
- » João Pessoa. (2020). Consolidação do diagnóstico da mobilidade. Recuperado de [http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14-Diagnostico\\_FINAL-compactado.pdf\(o8/06/2022\)](http://www.planmob.joaopessoa.pb.gov.br/wp-content/uploads/2021/02/14-Diagnostico_FINAL-compactado.pdf(o8/06/2022))
- » Kashfi, S. A., Lee, B., e Bunker, J. (2013). Impact of rain on daily bus ridership: A Brisbane case study. *Australasian Transport Research Forum 2013 Proceedings*, Brisbane, Australia.
- » Lejri, D., Can, A., Schiper, N., e Leclercq, L. (2018). Accounting for traffic speed dynamics when calculating COPERT and PHEM pollutant emissions at the urban scale. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 588-603. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.023>
- » Lemey, P., Rambaut, A., Bedford, T., Faria, N., Bielejec, F., Baele, G., Russell, C. A., Smith, D. J., Pybus, O. G., Brockmann, D., e Suchard, M. A. (2014). Unifying Viral Genetics and Human Transportation Data to Predict the Global Transmission Dynamics of Human Influenza H<sub>3</sub>N<sub>2</sub>. *PLOS Pathogens*, 10(2), e1003932. <https://doi.org/10.1371/journal.ppat.1003932>
- » Liu, Z., Li, R., Wang, X., e Shang, P. (2018). Effects of vehicle restriction policies: Analysis using license plate recognition data in Langfang, China. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 89-103. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.09.001>

- » Manville, M., e Levine, A. S. (2018). What motivates public support for public transit? *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 118, 567-580. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.10.001>
- » Marini, M., Brunner, C., Chokani, N., e Abhari, R. S. (2020). Enhancing response preparedness to influenza epidemics: Agent-based study of 2050 influenza season in Switzerland. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 103, 102091. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2020.102091>
- » Meira, L. H. (2013). Políticas públicas de mobilidade sustentável no Brasil: Barreiras e desafios. Recife: Universidade Federal de Pernambuco.
- » Minas Gerais. (2022). Matriz Origem e Destino da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Recuperado de <http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/bi-matrizes-origem-destino/> (08/06/2022)
- » Miranda, G. C., Lobo, C., e Lessa, D. A. (2017). A mobilidade urbana e o transporte coletivo por ônibus em belo horizonte: Cenários e projeções para 2022 e 2032. *Anais do XXXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*, Recife, Brasil.
- » Mo, B., Feng, K., Shen, Y., Tam, C., Li, D., Yin, Y., & Zhao, J. (2020). Modeling Epidemic Spreading through Public Transit using Time-Varying Encounter Network. Recuperado de <https://doi.org/10.48550/arXiv.2004.04602> (08/06/2022)
- » Murano, Y., Ueno, R., Shi, S., Kawashima, T., Tanoue, Y., Tanaka, S., Nomura, S., Shoji, H., Shimizu, T., Nguyen, H., Miyata, H., Gilmour, S., e Yoneoka, D. (2021). Impact of domestic travel restrictions on transmission of COVID-19 infection using public transportation network approach. *Scientific Reports*, 11(1), 3109. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81806-3>
- » Paul, B., e Sarkar, S. (2021). *The Contagion Effects of COVID-19 and Public Transportation System: Conceptualizing the Shifting Paradigm in India*. In M. Mishra & R. B. Singh (Eds.), *COVID-19 Pandemic Trajectory in the Developing World: Exploring the Changing Environmental and Economic Milieus in India* (pp. 231-255). Singapore: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6440-0\\_10](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6440-0_10)
- » Pearl, J., e Mackenzie, D. (2018). *The Book of Why: The New Science of Cause and Effect*. New York: Basic Books, Inc.
- » Pereira, R. H. M., Warwar, L., Parga, J., Bazzo, J., Braga, C. K., Herszenhut, D., e Saraiva, M. (2021). *Tendências e desigualdades da mobilidade urbana no Brasil I: o uso do transporte coletivo e individual* Texto Para Discussão n°. 2673. Brasília: IPEA. Recuperado de [https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/210803\\_td\\_2673.pdf](https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/210803_td_2673.pdf) (08/06/2022)
- » Prado, A. D. (2021). O modelo tarifário de financiamento do transporte público e o volume de passageiros em São Paulo. *Brazilian Journal of Development*, 7(7), 73142-72161. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n7-474>
- » Rabay, L., Meira, L. H., Andrade, M. O., e Oliveira, L. K. (2021). A portrait of the crisis in the Brazilian urban bus system: An analysis of factors influencing the reduction in usage. *Case Studies on Transport Policy*, 9(4), 1879-1887. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.10.009>
- » Saidi, S., Shahbaz, M., e Akhtar, P. (2018). The long-run relationships between transport energy consumption, transport infrastructure, and economic growth in MENA countries. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 111, 78-95. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.03.013>

- » SEMOB. (2021). Passageiros transportados em João Pessoa. Recuperado pela lei de acesso a informação no sítio [https://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/#/ \(08/06/2022\)](https://transparencia.joaopessoa.pb.gov.br/#/ (08/06/2022))
- » Shen, J., Duan, H., Zhang, B., Wang, J., Ji, J. S., Wang, J., Pan, L., Wang, X., Zhao, K., Ying, B., Tang, S., Zhang, J., Liang, C., Sun, H., Lv, Y., Li, Y., Li, T., Li, L., Liu, H., ... e Shi, X. (2020). Prevention and control of COVID-19 in public transportation: Experience from China. *Environmental Pollution*, 266, 115291. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115291>
- » Silva, C. F. A., Meira, L. H., Oliveira, L. K., Santos, P. R. G., & Oliveira, I. K. (2021). Análise da correlação espacial entre os usuários de sistemas de transporte público e os casos de covid-19: um estudo de caso para Recife (PE). *Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional*, 16(4), 360-373. <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v16i4.5989>
- » Silva, M. N., e Lapa, T. A. (2019). O transporte público coletivo sob a lógica da produção capitalista do espaço: Uma análise do serviço de ônibus na Região Metropolitana do Recife. *Cadernos Metr pole*, 21(45), 511-530. <https://doi.org/10.1590/2236-9996.2019-4507>
- » Smieszek, M., Dobrzanska, M., e Dobrzanski, P. (2019). Rzeszow as a City Taking Steps Towards Developing Sustainable Public Transport. *Sustainability*, 11(2), 402. <https://doi.org/10.3390/su11020402>
- » Sogbe, E. (2021). The evolving impact of coronavirus (COVID-19) pandemic on public transportation in Ghana. *Case Studies on Transport Policy*, 9(4), 1607-1614. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2021.08.010>
- » Soucy, J.-P. R., Sturrock, S. L., Berry, I., Westwood, D. J., Daneman, N., MacFadden, D. R., e Brown, K. A. (2020). Estimating effects of physical distancing on the COVID-19 pandemic using an urban mobility index. *MedRxiv Pre-Prints*. <https://doi.org/10.1101/2020.04.05.20054288>
- » Stover, N. V. W., e McCormack, E. D. (2012). The Impact of Weather on Bus Ridership in Pierce County, Washington. *Journal of Public Transportation*, 15(1), 95-110. Recuperado em [https://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2012/04/JPT15.1Stover.pdf \(08/06/2022\)](https://www.nctr.usf.edu/wp-content/uploads/2012/04/JPT15.1Stover.pdf (08/06/2022))
- » Subbarao, S. S. V., e Kadali, R. (2021). Impact of COVID-19 pandemic lockdown on the public transportation system and strategic plans to improve PT ridership: A review. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), 97. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00693-9>
- » Sullivan, J. L., Lewis, G. M., e Keoleian, G. A. (2018). Effect of mass on multimodal fuel consumption in moving people and freight in the U.S. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 63, 786-808. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.06.019>
- » Tirachini, A., e Cats, O. (2020). COVID-19 and Public Transportation: Current Assessment, Prospects, and Research Needs. *Journal of Public Transportation*, 22(1), 1-21. <https://doi.org/10.5038/2375-0901.22.1.1>
- » Tumlin, J. (2012). *Sustainable Transportation Planning: Tools for Creating Vibrant, Healthy, and Resilient Communities*. Hoboken: John Wiley & Sons.
- » Vasconcelos, E. A. (2000). *Transporte urbano nos países em desenvolvimento – reflex es e propostas*. São Paulo: Editora Annablume.



- » Wesolowski, A., Buckee, C. O., Bengtsson, L., Wetter, E., Lu, X., e Tatem, A. J. (2014). Commentary: Containing the ebola outbreak—The potential and challenge of mobile network data. *PLoS Currents*, 6. <https://doi.org/10.1371/currents.outbreaks.0177e7fcf52217b8b634376e2f3efc5e>
- » Wielechowski, M., Czech, K., e Grzęda, Ł. (2020). Decline in Mobility: Public Transport in Poland in the time of the COVID-19 Pandemic. *Economies*, 8(4), 78. <https://doi.org/10.3390/economies8040078>
- » Zheng, R., Xu, Y., Wang, W., Ning, G., e Bi, Y. (2020). Spatial transmission of COVID-19 via public and private transportation in China. *Travel Medicine and Infectious Disease*, 34, 101626-101626. <https://doi.org/10.1016/j.tmaid.2020.101626>
- » Zhou, M., Wang, D., Li, Q., Yue, Y., Tu, W., e Cao, R. (2017). Impacts of weather on public transport ridership: Results from mining data from different sources. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 75, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.trc.2016.12.001>

### **Leise Kelli de Oliveira / leise@etg.ufmg.br**

Matemática pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (2000). Mestre (2003) e Doutora (2007) em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina. Atualmente, é professora associada no Departamento de Engenharia de Transportes e Geotecnia na Universidade Federal de Minas Gerais. Ainda, além de professora permanente do programa de pós-graduação em Geotecnia e transportes da UFMG, é professora colaboradora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco. Investiga temas relacionados a mobilidade de pessoas e da carga usando modelagem matemática.

### **Camila Ribeiro Damasceno Martins / camilard.martins@gmail.com**

Engenheira de Controle e Automação pela Universidade Federal de Minas Gerais (2022). Atua como analista de Operações na 99.

### **Lígia Rabay / ligia.rabay@ufpe.br**

Engenheira Civil pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB (2016). Mestre (2019) e Doutora (2022) em Engenharia Civil com ênfase em Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Atua principalmente nos seguintes temas: equidade no transporte público, economia dos transportes e gerenciamento da demanda.

### **Leonardo Herszon Meira / leonardo.meira@ufpe.br**

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Pernambuco - UFPE (2003). Mestrado (2007) e Doutorado (2013) em Engenharia Civil na área de

Transportes e Gestão das Infraestruturas Urbanas pela UFPE. Desde 2010 é professor da UFPE e em 2015 passou a ser Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC da UFPE

### **Maria Leonor Alves Maia / [maria.amaia@ufpe.br](mailto:maria.amaia@ufpe.br)**

Arquiteta urbanista pela Universidade Federal de Pernambuco. Mestre (1991) e doutora (1996) pela Bartlett Development Planning Unit e estágio pós-doutoral (2009) pela Bartlett School of Planning, ambas da University College London (UCL), Reino Unido. É professora titular no Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE e é membro do corpo permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Investiga temas relacionados ao transporte e organização do território com ênfase na acessibilidade e mobilidade urbana. É presidente da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transporte (ANPET) para o biênio 2020-2022.