

**TEXTO PARA DISCUSSÃO**

**2767**

**IMPACTOS DA EXPANSÃO DO METRÔ  
DE FORTALEZA SOBRE O ACESSO  
A OPORTUNIDADES DE EMPREGO,  
SAÚDE E EDUCAÇÃO**

**CARLOS KAUE VIEIRA BRAGA  
DIEGO BOGADO TOMASIELLO  
DANIEL HERSZENHUT  
JOÃO LUCAS ALBUQUERQUE OLIVEIRA  
RAFAEL HENRIQUE MORAES PEREIRA**



**IMPACTOS DA EXPANSÃO DO METRÔ  
DE FORTALEZA SOBRE O ACESSO A  
OPORTUNIDADES DE EMPREGO,  
SAÚDE E EDUCAÇÃO<sup>1</sup>**

**CARLOS KAUE VIEIRA BRAGA<sup>2</sup>**

**DIEGO BOGADO TOMASIELLO<sup>3</sup>**

**DANIEL HERSZENHUT<sup>4</sup>**

**JOÃO LUCAS ALBUQUERQUE OLIVEIRA<sup>5</sup>**

**RAFAEL HENRIQUE MORAES PEREIRA<sup>6</sup>**

1. Esta pesquisa faz parte do Termo de Execução Descentralizada (TED) celebrado entre o Ipea e o Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), por intermédio da Secretaria Nacional de Mobilidade e Desenvolvimento Regional e Urbano (SMDRU).

2. Pesquisador do Subprograma de Pesquisa para o Desenvolvimento Nacional (PNPD) na Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea. *E-mail*: <carlos.braga@ipea.gov.br>.

3. Pesquisador do PNPD na Dirur/Ipea. *E-mail*: <diego.tomasiello@ipea.gov.br>.

4. Pesquisador do PNPD na Dirur/Ipea. *E-mail*: <daniel.santos@ipea.gov.br>.

5. Pesquisador do PNPD na Dirur/Ipea. *E-mail*: <joao.oliveira@ipea.gov.br>.

6. Técnico de planejamento e pesquisa na Dirur/Ipea. *E-mail*: <rafael.pereira@ipea.gov.br>.

**Governo Federal**

**Ministério da Economia**

**Ministro** Paulo Guedes

**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

Fundação pública vinculada ao Ministério da Economia, o Ipea fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais – possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiros – e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

**Presidente**

**ERIK ALENCAR DE FIGUEIREDO**

**Diretor de Desenvolvimento Institucional**

**ANDRÉ SAMPAIO ZUVANOV**

**Diretor de Estudos e Políticas do Estado, das  
Instituições e da Democracia**

**FLAVIO LYRIO CARNEIRO**

**Diretor de Estudos e Políticas Macroeconômicas**  
**MARCO ANTÔNIO FREITAS DE HOLLANDA CAVALCANTI**

**Diretor de Estudos e Políticas Regionais,  
Urbanas e Ambientais**

**NILO LUIZ SACCARO JÚNIOR**

**Diretor de Estudos e Políticas Setoriais  
de Inovação e Infraestrutura**

**JOÃO MARIA DE OLIVEIRA**

**Diretor de Estudos e Políticas Sociais**

**HERTON ELLERY ARAÚJO**

**Diretor de Estudos e Relações Econômicas e Políticas  
Internacionais (substituto)**

**JOSÉ EDUARDO MALTA DE SÁ BRANDÃO**

**Assessor-chefe de Imprensa e Comunicação**  
**ANDRÉ REIS DINIZ**

**Ouvidoria:** <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>  
**URL:** <http://www.ipea.gov.br>

## Texto para Discussão

Publicação seriada que divulga resultados de estudos e pesquisas em desenvolvimento pelo Ipea com o objetivo de fomentar o debate e oferecer subsídios à formulação e avaliação de políticas públicas.

© Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – **ipea** 2022

Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica  
Aplicada.- Brasília : Rio de Janeiro : Ipea , 1990-

ISSN 1415-4765

1. Brasil. 2. Aspectos Econômicos. 3. Aspectos Sociais.  
I. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

CDD 330.908

**Ministro do Desenvolvimento Regional**

**DANIEL DUARTE FERREIRA**

**Secretária Nacional de Mobilidade e  
Desenvolvimento Regional e Urbano**

**SANDRA MARIA SANTOS HOLANDA**

**Diretor de Mobilidade e Serviços Urbanos**

**MARCOS DANIEL SOUZA SANTOS**

**Coordenadora-Geral de Gestão de Empreendimentos**

**CAROLINA BAIMA CAVALCANTI**

**Assistente Técnico**

**CLAUDIO ALVES FERREIRA JUNIOR**

As publicações do Ipea estão disponíveis para *download* gratuito nos formatos PDF (todas) e EPUB (livros e periódicos).  
Acesse: <http://www.ipea.gov.br/portal/publicacoes>

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério da Economia.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados nele contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

JEL: R40; R41; R48; R00.

DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/td2767>

# SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO .....	6
2 ÁREA DE ESTUDO .....	7
3 DADOS E MÉTODOS.....	11
4 RESULTADOS .....	20
5 CONCLUSÕES.....	35
REFERÊNCIAS .....	37
APÊNDICE A .....	40
APÊNDICE B .....	42
APÊNDICE C .....	49

## SINOPSE

Este estudo apresenta os resultados de uma avaliação *ex-ante* do impacto da Linha Leste do metrô de Fortaleza no acesso da população a oportunidades de emprego, saúde e educação. Para isso, analisamos como a quantidade de empregos, estabelecimentos de saúde e escolas acessíveis por transporte público deverá mudar com a implantação da nova Linha Leste do metrô e as demais alterações previstas no Plano de Acessibilidade Sustentável de Fortaleza (Pasfor). Os resultados indicam que, isoladamente, os investimentos no sistema de trilhos poderiam aumentar em média de 3,1% a 5,6% a quantidade de empregos, escolas e serviços de saúde acessíveis por transporte público. No entanto, a redução planejada na oferta dos serviços de ônibus deverá comprometer o potencial impacto positivo que seria obtido com a expansão do metrô. Com isso, estima-se que haveria uma queda de -7,4% a -8,1% na quantidade de oportunidades acessíveis por transporte público comparado ao ano base de 2019. Via de regra, essa queda será maior nos bairros de renda média e baixa, indicando que as intervenções sobre a rede de transporte público de Fortaleza terão impacto regressivo, aumentando a desigualdade de acesso a oportunidades. O estudo traz importantes lições sobre como projetos de expansão de infraestrutura de transporte precisam ser planejados de maneira coordenada com a operação de sistemas de transporte público para potencializar os benefícios de acessibilidade de políticas de transporte urbano.

**Palavras-chave:** transporte público; acessibilidade; Fortaleza; avaliação de impacto; desigualdades; mobilidade urbana; equidade.

## ABSTRACT

This study presents the results of an *ex-ante* assessment of the accessibility and equity impacts of a subway expansion in Fortaleza (Brazil). We analyze how the number of jobs, health facilities, and schools accessible by public transportation is expected to change with the implementation of a new subway line (Linha Leste) and the other changes planned in the Sustainable Accessibility Plan of Fortaleza (Pasfor). Our results indicate that investments in the rail system alone could increase the number of jobs, schools, and health services accessible by public transport by an average of 3.1% to 5.6%. However, the planned reduction of services in the bus network is expected to undermine the potential positive impact that would be obtained with the subway investments alone. With these service cuts, it is estimated that the number of opportunities accessible by public transport could drop by -7.4% to -8.1% on average compared to the 2019 baseline. As a rule, these accessibility reductions will be greater in middle- and low-income neighborhoods, indicating that the planned interventions on Fortaleza's public transportation network will have a regressive impact, increasing inequality of access to opportunities. The study brings important lessons about how transportation infrastructure expansion projects need to be planned in a coordinated manner with the day-to-day operation of public transportation systems to leverage the accessibility benefits of urban transportation policies.

**Keywords:** public transport; accessibility; Fortaleza; impact assessment; transport inequalities; transport policy; equity.

## 1 INTRODUÇÃO

Um dos principais benefícios de um projeto de mobilidade urbana é o seu impacto sobre o acesso da população às oportunidades de empregos, serviços de saúde e educação etc. (Levinson e King, 2020; Miller, 2018; Van Wee e Geurs, 2011). No entanto, a avaliação de projetos de transporte urbano, via de regra, ainda ignora esses benefícios de acessibilidade urbana, seja em avaliações *ex-post* de projetos já implementados, seja em avaliações *ex-ante* anteriores à implementação dos projetos, as quais podem informar as decisões de alocação de recursos e de seleção segundo a prioridade de cada investimento (Boisjoly e El-Geneidy, 2017a; Silva *et al.*, 2017).

Tradicionalmente, as avaliações de projetos de infraestrutura de transporte – como a expansão de um metrô ou construção de um corredor de ônibus – são feitas com base em análises custo-benefício que visam diagnosticar a viabilidade econômico-financeira de um projeto (Browne e Ryan, 2011; Di Ciommo e Shifan, 2017; Van Wee e Roeser, 2013). Na área de mobilidade urbana, essas avaliações costumam medir como um projeto de transporte contribui, por exemplo, para a geração de empregos, a redução de congestionamentos ou de tempos de viagem da população (Ferreira, Beukers e Brömmelstroet, 2012; Haddad *et al.*, 2019; Mackie e Preston, 1998). Apesar do crescente consenso na literatura sobre os benefícios da promoção da acessibilidade urbana para o desenvolvimento de cidades mais inclusivas e sustentáveis (Allen e Farber, 2020; Banister, 2011; Pereira e Boisjoly, 2021), as avaliações de custo-benefício ainda ignoram via de regra os impactos de acessibilidade de projetos de transporte e de uso do solo (Lucas, Van Wee e Maat, 2016, p. 201; Martens e Di Ciommo, 2017). Além disso, as avaliações de custo-benefício têm diversas limitações sob o ponto de vista de equidade (Thomopoulos, Grant-Muller e Tight, 2009). Uma das principais críticas a essas avaliações é que elas focam estimar o bem-estar agregado gerado pelo projeto e, assim, tendem a ignorar questões de justiça distributiva sobre como os benefícios e custos do projeto são distribuídos na sociedade (Browne e Ryan, 2011; Van Wee, 2011).

O objetivo deste estudo é avaliar qual será o futuro impacto da implantação da nova Linha Leste do metrô de Fortaleza e do Plano de Acessibilidade Sustentável de Fortaleza (Pasfor) sobre o acesso da população a oportunidades de empregos, educação e saúde. O estudo investiga ainda como os impactos de acessibilidade desses projetos serão distribuídos espacialmente e entre pessoas de diferentes níveis de renda. Até a data de realização deste estudo – novembro de 2021 – a obra da Linha Leste ainda se encontrava em fase de construção, com previsão de início das operações a partir de 12/2022 (seção 2). O projeto da Linha Leste consiste numa linha de metrô de 7,3 km de extensão com quatro estações, conectando o centro de Fortaleza às demais linhas de metrô da cidade (Linhas Sul e Oeste) e à linha de veículos leves sobre trilhos (VLT), ainda em fase de testes.

A construção de uma nova linha de metrô tem o potencial de mudar significativamente o desempenho da mobilidade urbana de uma cidade ao alterar a capilaridade e conectividade de sua rede de transporte. No entanto, grandes obras de infraestrutura, como uma expansão de metrô, costumam ser acompanhadas de alterações no restante da rede de transporte para racionalização do sistema de transporte público como um todo. Assim, este estudo incorpora na sua análise o impacto conjunto da expansão da nova Linha Leste do metrô e das demais alterações previstas no sistema de ônibus conforme o Pasfor de 2019.<sup>1</sup> Além de examinar como a construção da Linha Leste irá afetar a acessibilidade urbana de Fortaleza, também se analisam os possíveis ganhos de acessibilidade considerando a integração entre bicicleta e o sistema de transporte público.

A metodologia empregada neste trabalho (descrita na seção 3) pode ser facilmente adaptada para simulação de impacto de projetos de desenvolvimento urbano ainda em fase de concepção, considerando diferentes cenários de investimento. Este estudo ilustra como essa metodologia pode ser utilizada por instituições de financiamento e de planejamento de mobilidade urbana para ajudar na seleção de projetos e priorização de recursos, considerando-se os impactos de acessibilidade e equidade dos projetos como um critério adicional de avaliação.

Este estudo possui mais quatro seções além desta introdução. A seção 2 apresenta a área de estudo e traz mais informações sobre o projeto da Linha Leste do metrô e sobre as alterações previstas no restante da rede de transporte público de Fortaleza. A seção 3 descreve os dados e métodos de pesquisa utilizados no estudo e a seção 4 traz os resultados da avaliação de impacto sobre acesso a oportunidades. Por fim, a seção 5 traz algumas considerações finais e recomendações sobre este estudo de caso, e reflete sobre algumas lições mais gerais que podem ser tiradas para a avaliação de acessibilidade e equidade de outros projetos e intervenções em transporte público.

## 2 ÁREA DE ESTUDO

O município de Fortaleza é a capital do estado do Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil. Com população estimada de 2.703.391 habitantes (IBGE, 2021), Fortaleza é a quinta cidade mais populosa do Brasil, possui área territorial de 312,35 km<sup>2</sup> e Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de 0,754 (IBGE, 2011). De acordo com os dados do Pasfor realizado em 2019, o tempo médio de viagem casa-trabalho por transporte público é de cerca de 58 minutos. O tempo é semelhante para viagem por motivo saúde (54 minutos), enquanto para o motivo educação

---

1. Informações sobre o plano disponíveis em: <<https://bit.ly/3557vRX>>.

esse tempo médio é um pouco menor (47 minutos). No que se refere à divisão modal englobando todos os motivos de viagens no município de Fortaleza, cerca de 19% das viagens são realizadas por ônibus municipais (1,1 milhões), 0,5% por metrô/VLT (30,1 mil), 39% por modos motorizados individuais (2,4 milhões) e cerca de 40% utilizando modos ativos (2,4 milhões).

Um dos grandes investimentos mais recentes no sistema de transporte de Fortaleza é a Linha Leste do metrô de Fortaleza. O projeto da Linha Leste contará com 7,3 km de extensão ligando o Centro de Fortaleza até o bairro Papicu, permitindo a integração com as Linhas Sul e Oeste, no Centro, com o VLT Parangaba-Mucuripe e com o terminal de ônibus, no Papicu (mapas 1A e 1B). O corredor contará com quatro estações subterrâneas (Chico da Silva, Colégio Militar, Nunes Valente e Papicu) (Estado do Ceará, 2021), que no conjunto darão maior conectividade às demais linhas de transporte de massa sobre trilhos. Neste trabalho foram modeladas as quatro estações subterrâneas da Linha Leste, enquanto a estação de superfície (Tirol/Moura Brasil) foi incluída como uma estação da Linha Oeste do metrô.

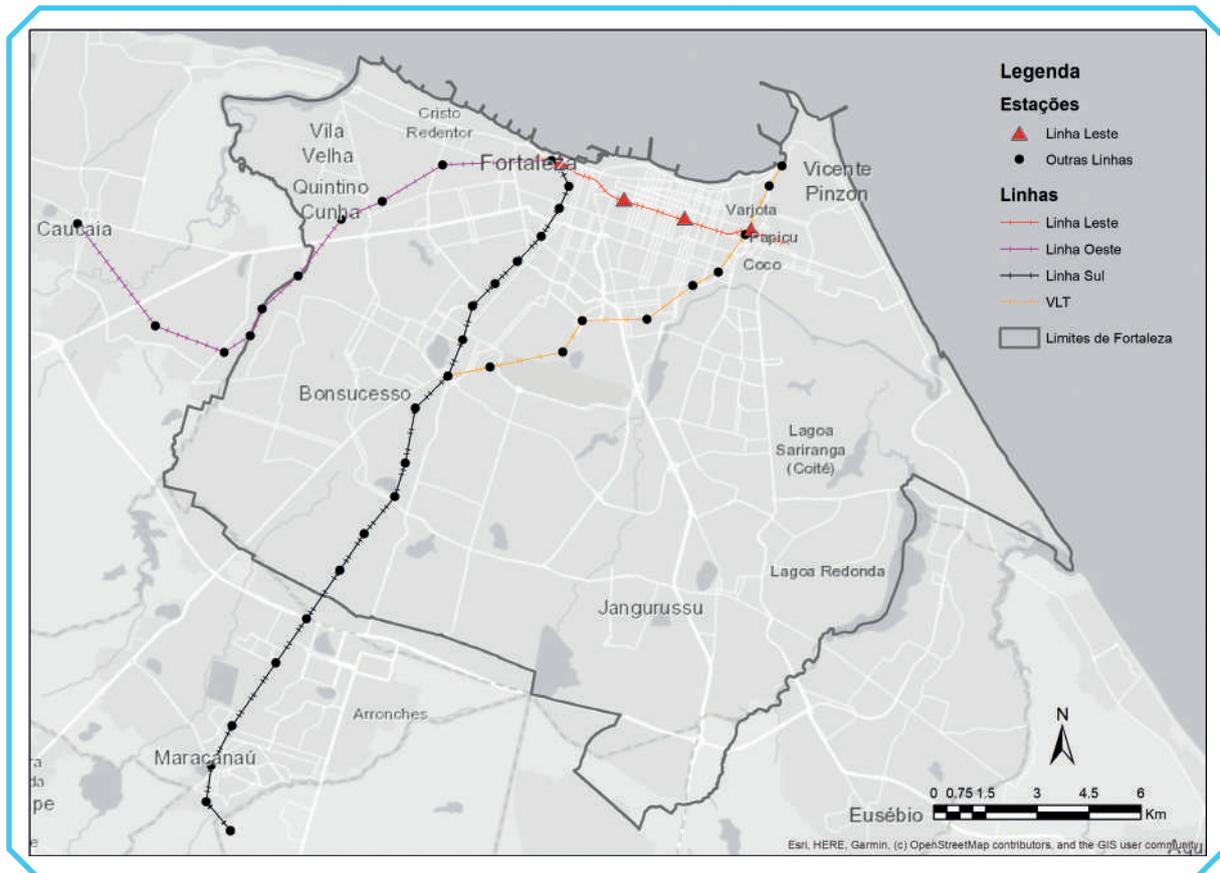
A construção da Linha Leste teve um custo estimado de aproximadamente R\$ 2,3 bilhões (Estado do Ceará, 2015), com financiamento compartilhado entre o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), governo federal e Tesouro Estadual (Victor, 2018). A obra da Linha Leste se iniciou em 10/2013 e, até o momento da realização deste estudo, sua inauguração está prevista para 12/2022. Apesar da obra ainda estar em andamento, o projeto técnico da Linha Leste traz informações detalhadas sobre a localização das estações, características operacionais do serviço e sua conectividade com o restante da rede de transporte público de Fortaleza. Na seção de dados e métodos nós explicamos como essas informações foram utilizadas na mensuração dos futuros impactos da Linha Leste sobre a acessibilidade urbana.

# TEXTO para DISCUSSÃO

## MAPA 1

### Sistema de transporte urbano de média e alta capacidade de Fortaleza

#### 1A – Sistema de transporte urbano de média e alta capacidade de Fortaleza



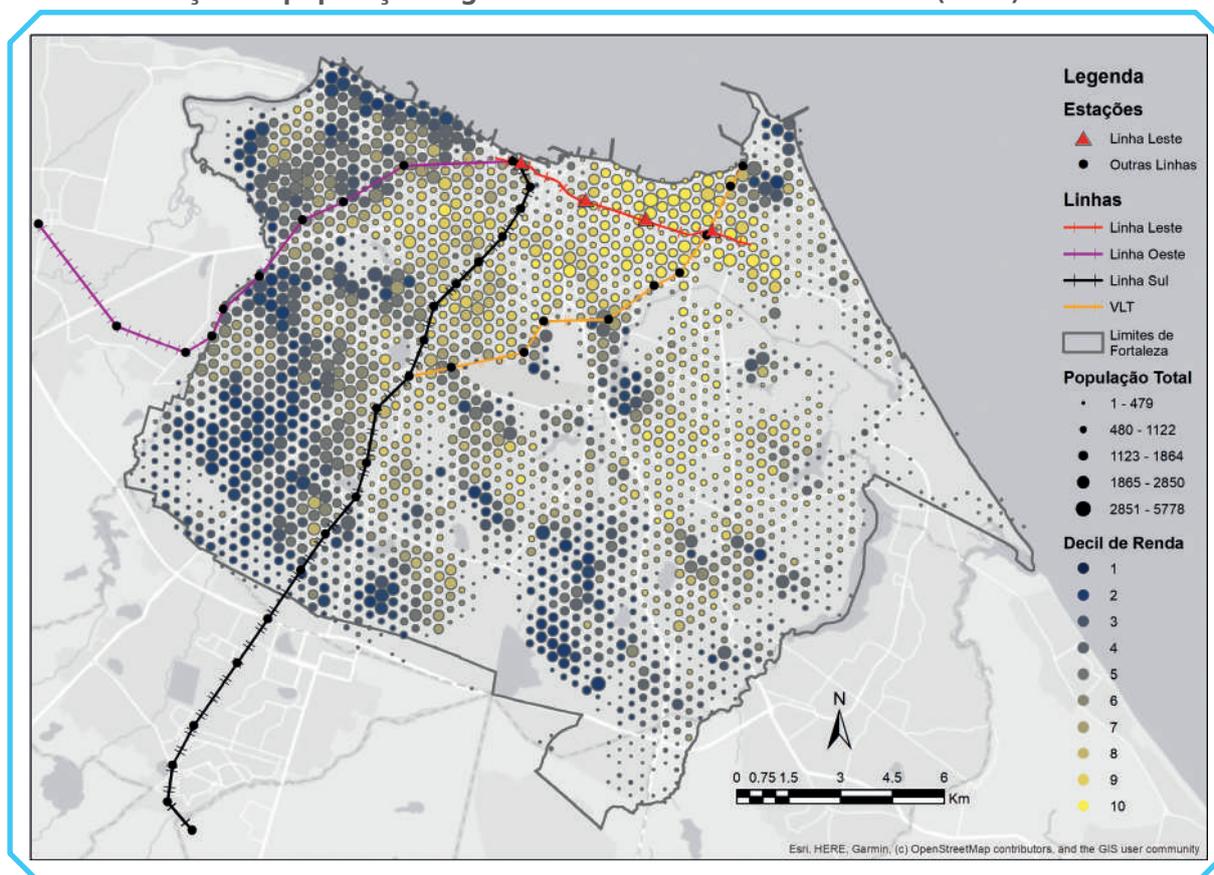
1B – Detalhamento da futura Linha Leste do metrô



Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A população de Fortaleza está majoritariamente distribuída na região central e na porção oeste da cidade, embora haja alguns pontos de alta densidade populacional no sudeste da cidade (mapa 2). Via de regra, a população de mais alta renda (em tons de amarelo) está localizada na região do centro expandido do município de Fortaleza, enquanto as populações de menor renda (em tons de azul) estão principalmente localizadas nas regiões periféricas ao sul e ao oeste.

**MAPA 2****Distribuição da população segundo decil de renda em Fortaleza (2010)**

Fonte: Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2011).

Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**3 DADOS E MÉTODOS**

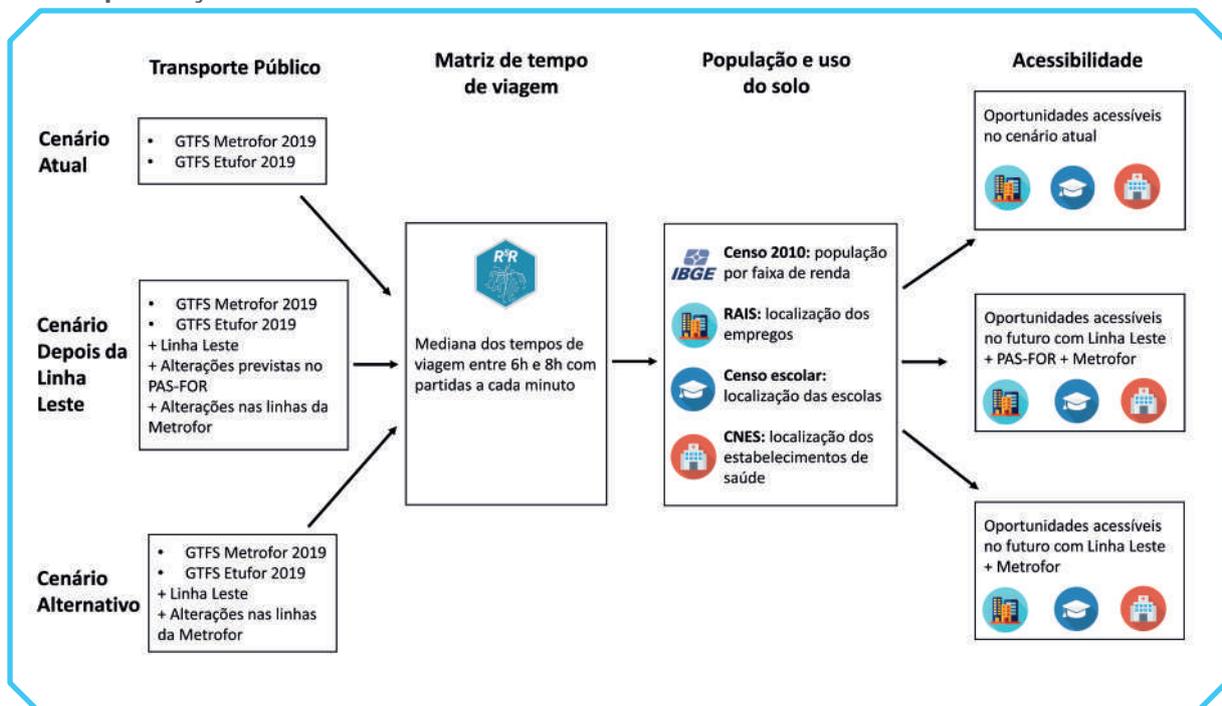
Nesta seção são apresentadas as bases de dados, o método de estimação das matrizes de tempos de viagem para os cálculos de acessibilidade, o indicador de acessibilidade e as medidas de desigualdades de acessibilidade utilizadas neste estudo. Os dados e os códigos computacionais aplicados estão publicamente disponíveis no repositório.<sup>2</sup>

2. Disponível em: <<https://bit.ly/37HYcbp>>.

O fluxograma geral de processamentos é apresentado na figura 1. O primeiro passo foi o processamento dos dados de Especificação Geral de Feed de Trânsito (do inglês *General Transit Feed System* – GTFS), os quais representam a rede de transporte público da Etufor e Metrofor em 2019. O segundo passo consistiu em editar os dados de GTFS de 2019, incorporando a nova Linha Leste do Metrô, bem como as alterações previstas nas atuais linhas do Metrofor e nas linhas de ônibus do sistema de transporte público, gerando assim um novo arquivo GTFS que simula a futura rede de transporte público de Fortaleza. O terceiro passo foi utilizar esses dados de GTFS para calcular as matrizes de tempo de viagem entre todos os pontos de origem e destino, antes e depois das alterações no sistema de transporte público. Por fim, no quarto passo essas matrizes de tempo de viagem foram combinadas com dados espaciais socioeconômicos e de uso do solo, com o objetivo de calcular as acessibilidades ao emprego, saúde e educação, antes e depois das intervenções no sistema de transporte. Calculadas as acessibilidades, analisamos os efeitos distributivos da Linha Leste e do Pasfor, examinando como seus impactos sobre as acessibilidades são distribuídos entre pessoas de diferentes níveis de renda e bairros da cidade.

**FIGURA 1**

**Fluxograma geral de processamentos para gerar as análises de impacto *ex-ante* da implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza**



Elaboração dos autores.

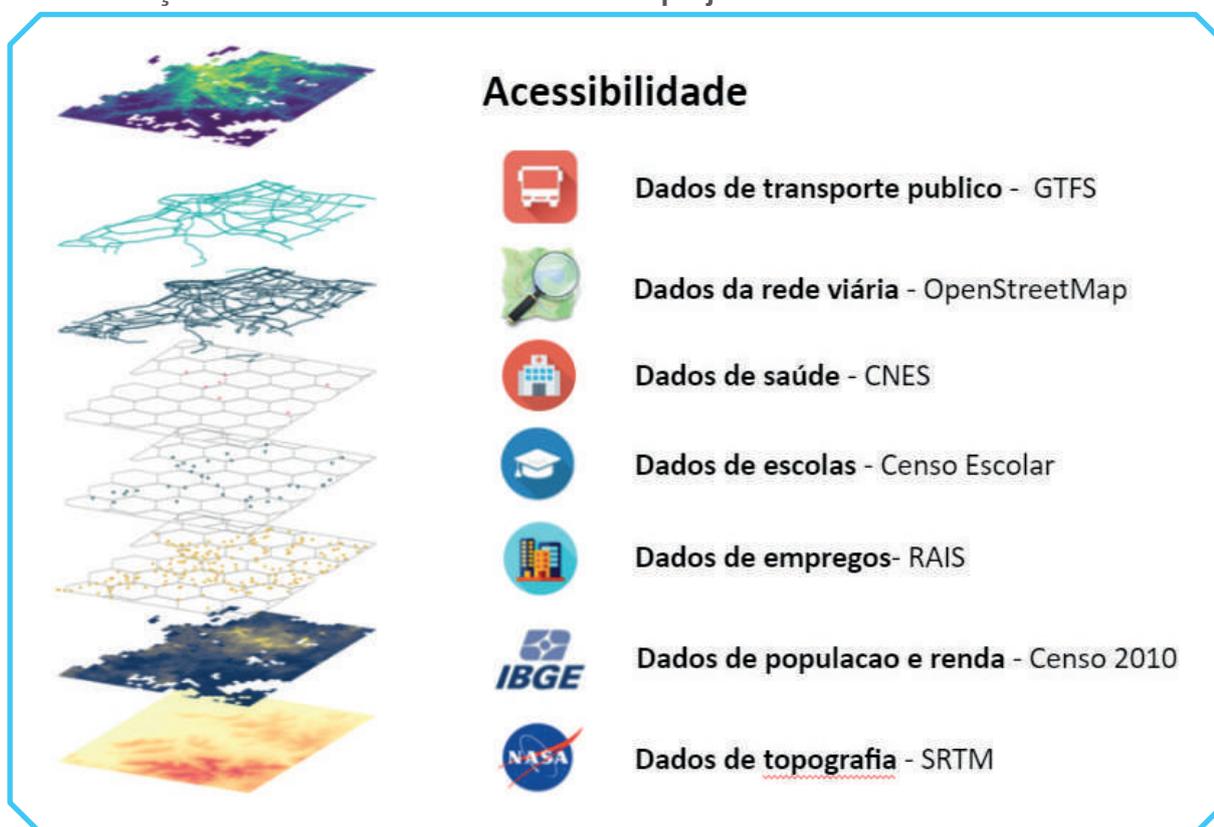
Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

### 3.1 Bases de dados

A metodologia utilizada neste estudo combina dados de diversos tipos, incluindo dados de registros administrativos, de pesquisas amostrais, de imagens de satélite e de mapeamento digital. A figura 2 apresenta uma ilustração dos dados utilizados.

#### FIGURA 2

Ilustração das bases de dados utilizadas no projeto



Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

O primeiro passo para desenvolver a análise de acessibilidade foi dividir o município de Fortaleza em uma malha espacial de hexágonos. Esses hexágonos são as unidades espaciais de análise utilizadas para agregação de dados populacionais, de uso do solo e geração das estimativas de acessibilidade. Nós utilizamos a grade H3 com resolução de nível nove.<sup>3</sup> Nesta resolução, cada célula tem uma diagonal curta de 357 m e área de 0,74 km<sup>2</sup>, aproximadamente,

3. Broddsky (2018).

o que permite estimar acessibilidades em alta resolução espacial sem comprometer a viabilidade computacional das análises. A escolha por uma malha espacial em formato hexagonal foi motivada pelo fato deste tipo de agregação representar melhor fenômenos espaciais com importantes componentes de vizinhança e conectividade de redes e trajetórias de movimento (Birch, Oom e Beecham, 2007).

Dados populacionais e socioeconômicos têm como fonte o Censo Demográfico 2010 do IBGE. A informação de nível de renda foi extraída a partir dos setores censitários, enquanto as referentes à contagem populacional retiradas da grade estatística que agrega estimativas de população em quadrículas de 200 por 200 m (IBGE, 2016). Estas informações foram reagregadas espacialmente para a grade de hexágonos, utilizando-se um método de interpolação dasimétrica que pondera as variáveis tanto pela área comum como pelo tamanho da população existente nas grades. Isso permitiu estimar, para cada hexágono, o seu número total de moradores e o seu nível de renda domiciliar *per capita* média.

Informações dos estabelecimentos de saúde são provenientes do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde (CNES), do Ministério da Saúde, registrados em outubro de 2019. Foram considerados apenas estabelecimentos do tipo pessoa jurídica e que prestam serviços pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Neste estudo, foram observados os estabelecimentos com serviços no nível de atenção básica, que, segundo o planejamento do SUS, deveriam ter maior capilaridade espacial e funcionar como porta de entrada para diversos tratamentos de saúde (Brasil, 2015). Atenção básica de saúde inclui, por exemplo, tratamento odontológico básico e clínica geral. A localização espacial dos estabelecimentos de saúde no CNES foi identificada com os dados de coordenadas geográficas coletadas pelo Programa Nacional de Melhoria do Acesso e da Qualidade da Atenção Básica (PMAQ). Ao todo, o estudo considerou 234 estabelecimentos de saúde, e quatro foram desconsiderados.

Dados dos endereços de escolas públicas de nível infantil, fundamental, médio, profissional e técnico vêm do Censo Escolar realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep), do Ministério da Educação, em 2018. Escolas prisionais ou paralisadas foram excluídas da análise. Os endereços das escolas foram geolocalizados em duas etapas. Primeiro, todos os endereços foram geolocalizados com os dados do StreetMap Premium,<sup>4</sup> dos quais mantiveram-se os resultados encontrados com alto grau de precisão.<sup>5</sup> Os demais endereços com baixa precisão foram então geolocalizados utilizando-se a API do Google, mantendo-se também

4. Disponível em: <<https://bit.ly/3qtXjKb>>.

5. Categorias *PointAddress*, *StreetAddress*, *StreetAddressExt* e *Streetname*

apenas aquelas escolas encontradas com alta precisão.<sup>6</sup> Ao todo, de 464 escolas, somente três escolas não foram encontradas.

Os dados de endereços de empregos formais, por sua vez, vêm da Relação Anual de Informações Sociais (Rais) de 2019, do Ministério do Trabalho. Os endereços da Rais foram geolocalizados utilizando-se o mesmo procedimento adotado na geolocalização das escolas. No caso dos dados da Rais, no entanto, foram excluídos todos os empregos de natureza jurídica de administração pública e empresa pública. Este procedimento foi adotado em função da inconsistência da informação de local de trabalho para empregos do setor público registrados na Rais. Os empregos públicos, como profissionais de saúde, agentes de segurança pública, professores etc., tendem a ser descentralizados, mas são registrados somente em locais únicos, o que acarreta concentração indevida de uma grande quantidade de vínculos em poucos endereços. A localização dos postos de trabalho dos professores de escolas públicas, no entanto, foi recuperada com os dados do Censo Escolar.

Também foram identificadas inconsistências similares em alguns setores de atividade econômica.<sup>7</sup> Por exemplo, costumam ser declarados na sede da empresa, todos os funcionários de empresas aéreas ou de serviços terceirizados de limpeza que prestam serviços para outras instituições. Para amenizar essa situação nesses setores, foi realizado um pré-tratamento nos dados para desinflar o número de empregados trabalhando na sede das empresas e para evitar a exclusão completa daqueles empregos. Para as empresas com número de empregados acima do percentil 95 da distribuição do número de trabalhadores por empresa dentro do seu setor CNAE, foram considerados um número de empregados igual ao percentil 95 do setor.

Dados sobre a rede viária das cidades foram extraídos no mês de setembro de 2019 do OpenStreetMap (OSM), um projeto de mapeamento colaborativo global. Destaca-se a contribuição do Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (do inglês Institute for Transportation and Development Policy – ITDP), em colaboração com a União de Ciclistas do Brasil (UCB), que inseriu no OSM informações da infraestrutura cicloviária de algumas das maiores cidades do Brasil. O projeto utilizou também dados de topografia da Missão Topográfica Radar Shuttle (do inglês Shuttle Radar Topography Mission – SRTM) (Farr *et al.*, 2007) numa resolução espacial de 30 metros, extraídos a partir de imagens de satélite da agência espacial americana (National Aeronautics and Space Administration – Nasa). Esses dados possuem papel importante nas análises de roteamento e estimativas de tempo de viagem na modalidade a pé.

6. Categorias *street\_number*, *route*, *airport*, *amusement\_park*, *intersection*, *premise*, *town\_square*. Mais informações sobre níveis de precisão disponíveis em: <<https://bit.ly/3sljDGE>>.

7. Código Nacional de Atividade Econômica (CNAE) 2.0: 35, 36, 38, 41, 42, 43, 49, 51, 64, 78, 80, 81, 82, 84. Disponível em: <<https://bit.ly/358BhFt>>.

Por fim, os dados da rede de transporte público e das alterações previstas na rede com a inauguração da Linha Leste do metrô foram obtidos junto à Empresa de Transporte Urbano de Fortaleza (Etufor), à Secretaria da Infraestrutura do estado do Ceará (Seinfra) e à Empresa do Metrô de Fortaleza (Metrofor). Para avaliar o impacto da nova Linha Leste, consideramos como cenário base (cenário “antes”) a organização do sistema de transporte público em outubro de 2019, conforme os registros dos dados de General Transit Feed Specification (GTFS) elaborados pela Etufor e pela Metrofor. Para compor o cenário de intervenção (cenário “depois”), obtivemos informações técnicas do projeto de metrô da Linha Leste junto às autoridades de transporte. Por meio do documento *Plano Operacional – concepção do sistema*, de 2011, foram obtidas as informações de velocidade média das composições (“5. Simulação de Marcha”, p. 39) e frequência do serviço nos horários de pico e fora-pico (“6.1. Intervalo entre trens e taxa de ocupação dos trens – Horizonte 2020”, p. 45). Adicionalmente, foram obtidos junto às autoridades o traçado da linha e a localização das estações da futura Linha Leste. Essas informações possibilitaram a incorporação da Linha Leste ao GTFS da Metrofor conforme os seguintes parâmetros: i) velocidade média de 36 quilômetros por hora; ii) frequência pico de dezoito viagens por hora e fora-pico de doze viagens por hora; e iii) quatro estações – Xico da Silva, Colégio Militar, Nunes Valente, e Papicu.

Além da construção da Linha Leste, estão previstas uma série de alterações que deverão ser feitas nas demais linhas do metrô para acomodar a inauguração da nova linha. Nós incorporamos essas alterações no GTFS do cenário “depois” para simular a futura configuração da rede de transporte público de Fortaleza, incluindo: i) aumento da frequência de quatro para dez viagens por hora da Linha Sul; ii) aumento da frequência de duas para cinco viagens por hora da Linha Oeste; e iii) aumento da frequência de duas para oito viagens por hora do VLT Parangaba-Mucuripe.

Além das mudanças previstas para as linhas de alta capacidade geridas pela Metrofor, também é prevista uma reestruturação na rede de transporte público de ônibus gerida pela Etufor para a época em que a nova Linha Leste estiver em operação. Essas mudanças estão descritas no Relatório RT06 do Pasfor,<sup>8</sup> e incorporam modificações de frequência e seccionamento/exclusão/criação de linhas, previstas para o ano de 2025. A listagem detalhada das linhas com suas respectivas mudanças está presente no apêndice A. Resumidamente, o plano prevê: i) alteração de frequência para 280 linhas (77% do total de linhas); ii) exclusão de 100 linhas (28% do total); iii) seccionamento de 62 linhas (17% do total); e iv) criação de 12 linhas.

8. Relatório disponível em: <<https://pasfor.com.br/consulte/>>.

Dessas mudanças citadas nos sistemas de ônibus, somente a mudança de frequências (i) e a exclusão das linhas (ii) foram consideradas neste estudo devido à indisponibilidade de informação sobre o traçado das linhas a serem seccionadas e criadas.

Por fim, nós simulamos ainda um outro cenário futuro que desconsidera a reestruturação do sistema de ônibus prevista no Pasfor. Neste cenário, o GTFS editado inclui apenas a expansão da futura Linha Leste do metrô e o aumento da frequência das demais linhas de alta capacidade, o que nos permite isolar o impacto dos investimentos no metrô e no VLT sobre a acessibilidade da população.

### 3.2 Estimativa das matrizes de tempo de viagem

O primeiro passo para o cálculo de acessibilidade foi estimar as matrizes de tempo de viagem entre os centroides dos hexágonos da malha espacial de Fortaleza. Foram calculadas uma matriz para o cenário base em 2019, uma para o cenário futuro previsto da rede de transporte público de Fortaleza incorporando a nova Linha Leste e as demais alterações planejadas no Pasfor, e outra para um cenário futuro alternativo, considerando apenas a implementação da Linha Leste e demais alterações no sistema de metrô e VLT.

As estimativas de tempos de viagem foram feitas utilizando-se o r5r, um pacote computacional aberto para roteamento de redes de transporte multimodal desenvolvido em R (Pereira *et al.*, 2021). O r5r gera estimativas de tempo de viagem de porta a porta – no caso de uma viagem por transporte público com acesso e egresso a pé, por exemplo, contabilizam-se: i) o tempo de caminhada do ponto de partida até o ponto de transporte público; ii) o tempo de espera do veículo; iii) o tempo real de viagem pela rede de transporte, incluindo eventuais transferências; e iv) o tempo de caminhada do ponto de transporte até o destino.

O algoritmo do r5r permite ainda levar em conta a maneira como o horário de partida influencia as estimativas de tempos de viagem, dadas as variações de velocidade e de frequência da disponibilidade de serviços naquele horário. Assim, foram calculadas múltiplas matrizes de tempo de viagem partindo a cada um minuto para o período de pico (entre 6h e 8h). Calcularam-se então as medianas dos tempos de viagem entre todos os pares origem-destino, que foram utilizadas nas estimativas de acessibilidade.

Nesta avaliação, estimamos um conjunto de matrizes de tempo de viagem considerando que pessoas acessam o sistema de transporte público a pé. Foram calculadas também matrizes de tempo de viagem considerando o uso integrado de bicicletas para acessar estações de metrô, VLT e terminais de ônibus. Os resultados considerando o uso de bicicletas são apresentados no apêndice B. O cálculo das matrizes de tempo de viagem considerou alguns parâmetros, que podem ser consultados no quadro 1.

Após o cálculo das matrizes de tempo de viagem, foram detectados dois problemas no roteamento realizado pelo r5r: i) alguns hexágonos não foram roteados; e ii) alguns hexágonos apresentavam um nível de acesso muito baixo, discrepante dos seus vizinhos. Esses dois problemas podem ocorrer, por exemplo, devido a falhas topológicas nos dados da malha viária do OSM, gerando áreas inacessíveis. Em Fortaleza, isso aconteceu para 39 hexágonos de um total de 2.221.

### QUADRO 1

#### Parâmetros de roteamento usados no r5r

Parâmetro	Valor
Tempo máximo de viagem	Três horas (transporte público)
Velocidades	3,6 km/h (caminhada) 12 km/h (bicicleta)
Distância máxima de caminhada	1 mil metros no acesso e no egresso do transporte público

Elaboração dos autores.

O passo seguinte foi combinar as matrizes de tempo de viagem com os dados geolocalizados da população, dos estabelecimentos de saúde, das escolas e dos empregos, para calcular os indicadores de acessibilidade para cada modo de transporte e tipo de oportunidade.

### 3.3 Indicador de acessibilidade

O indicador de acessibilidade usado foi a medida cumulativa de acesso a oportunidades (CMA). Este indicador mede, para cada ponto de origem, quantas oportunidades podem ser alcançadas dentro de um determinado limite de tempo de viagem (equação 1).

$$CMA_{oTP} = \sum_{o=1}^n P_d f(t_{od}), \quad (1)$$

em que:  $CMA_{oTP}$  é a acessibilidade cumulativa da origem  $o$  dentro do tempo limite  $T$  para a oportunidade  $P$ ;  $P_d$  é o número de oportunidades (empregos, escolas ou saúde) no destino  $d$ ;  $t_{od}$  é o tempo de viagem (minutos) entre a origem  $o$  e o destino  $d$ ; e  $f(t_{od})$  é a função de impedância de tempo de viagem, que pode assumir os valores de 0 ou 1, dependendo se o tempo de viagem entre a origem  $o$  e o destino  $d$  é maior (0) ou menor (1) que o tempo limite  $T$ .

Foram calculados indicadores de CMA para o número total de escolas públicas (incluindo níveis infantil, fundamental e médio), de estabelecimentos de saúde básica e de empregos. Considerando que o tempo médio de viagem casa-trabalho por transporte público em Fortaleza, em 2019, era de 58 minutos (Município de Fortaleza, 2020), optamos por reportar, no corpo principal

deste estudo, as estimativas de acessibilidade tendo em conta viagens com tempo máximo de até sessenta minutos. Para checar a robustez dos resultados, no entanto, foram feitas análises de sensibilidade considerando limites de tempo de viagem progressivamente maiores entre um e sessenta minutos. As conclusões do estudo se mantêm robustas mesmo com essa análise de sensibilidade (resultados no apêndice C).

O indicador CMA está entre as métricas mais comumente utilizadas por pesquisadores e agências de transporte para avaliação dos impactos de acessibilidade das políticas de transporte (Boisjoly e El-Geneidy, 2017b; Manaugh, Badami e El-Geneidy, 2015). Além disso, uma de suas vantagens consiste em ser computacionalmente simples de calcular e facilmente inteligível por gestores, por formuladores de políticas e pela população em geral. Em comparação a outros indicadores, a fácil comunicação do CMA torna-o mais simples de integrar-se aos processos de elaboração de políticas, como medidas de acessibilidade gravitacional ou de espaço-tempo.

A medida cumulativa de acessibilidade, no entanto, também possui algumas limitações. Essa métrica não captura a influência de fatores como custos monetários da viagem, tampouco capta características pessoais – a exemplo de idade, gênero ou deficiência física – que podem afetar a acessibilidade das pessoas. Além disso, o indicador CMA assume que todas as oportunidades acessíveis dentro do tempo-limite de viagem são igualmente acessíveis pelos usuários, estejam elas, por exemplo, a cinco ou a quarenta minutos da pessoa. Esse indicador também não incorpora fatores relacionados à competição por determinadas oportunidades, por exemplo, vagas de escola e de emprego.

### 3.4 Medida de desigualdade de acessibilidade

Uma vez estimado o acesso a oportunidades de cada hexágono antes e após as intervenções no sistema de transporte, analisamos como as intervenções impactam as desigualdades de acesso a oportunidades entre grupos sociais de diferentes níveis de renda. Para isso, nós utilizamos o índice de Razão de Palma para medir a desigualdade na distribuição dos ganhos de acessibilidade entre pessoas de alta e baixa renda. A Razão de Palma é definida, no contexto do planejamento de transportes, como a acessibilidade média dos 10% mais ricos da população sobre a acessibilidade média dos 40% mais pobres (equação 2). Ou seja, valores maiores do que 1 indicam que os mais ricos se favoreceram mais da implementação da Linha Leste do que os mais pobres, e valores menores do que 1 apontam para a situação inversa.

$$P_o = \frac{\bar{A}_{topo10o}}{\bar{A}_{base40o'}} \quad (2)$$

em que:  $P_o$  é a medida de desigualdade de acessibilidade baseada na Razão de Palma para as oportunidades do tipo  $o$ , sendo  $o$  as oportunidades de emprego, saúde de baixa complexidade ou educação;  $\bar{A}_{topo10 o}$  é a média do ganho de acessibilidade dos 10% mais ricos para as oportunidades do tipo  $o$ ; e  $\bar{A}_{base40 o}$  é a média do ganho de acessibilidade dos 40% mais pobres para as oportunidades do tipo  $o$ .

### 3.5 Limitações da metodologia

Uma limitação deste estudo é que são considerados apenas empregos formais. No entanto, os dados da pesquisa origem-destino mais recente de Fortaleza, de 2019 (Município de Fortaleza, 2020), mostram que a distribuição espacial de empregos formais e informais é muito semelhante (correlação de *pearson* de 0.75). Outro ponto a ser destacado diz respeito à identificação do nível de renda da população de Fortaleza: como as análises conduzidas neste trabalho foram realizadas a nível de malha hexagonal, cada hexágono é representado por um único valor de renda médio, calculado a partir da renda total e do número total de habitantes em seu interior, desconsiderando possíveis desigualdades internas de renda entre esses habitantes.

A metodologia utilizada neste trabalho foca os impactos de acessibilidade de curto prazo e, portanto, não capta como a inauguração das novas estações de metrô da Linha Leste poderia influenciar uma reorganização na distribuição espacial de atividades econômicas e serviços no longo prazo. Além disso, a análise apresentada aqui calcula os níveis de acessibilidade considerando apenas os custos de tempo de deslocamento, e não incorpora custo monetário de viagens e de integração entre modos de transporte. Por fim, o estudo foca exclusivamente os impactos diretos de acessibilidade das intervenções no sistema de transporte, e futuros estudos deveriam considerar conjuntamente aspectos econômicos sobre custos de operação e receita dos serviços de transporte público.

## 4 RESULTADOS

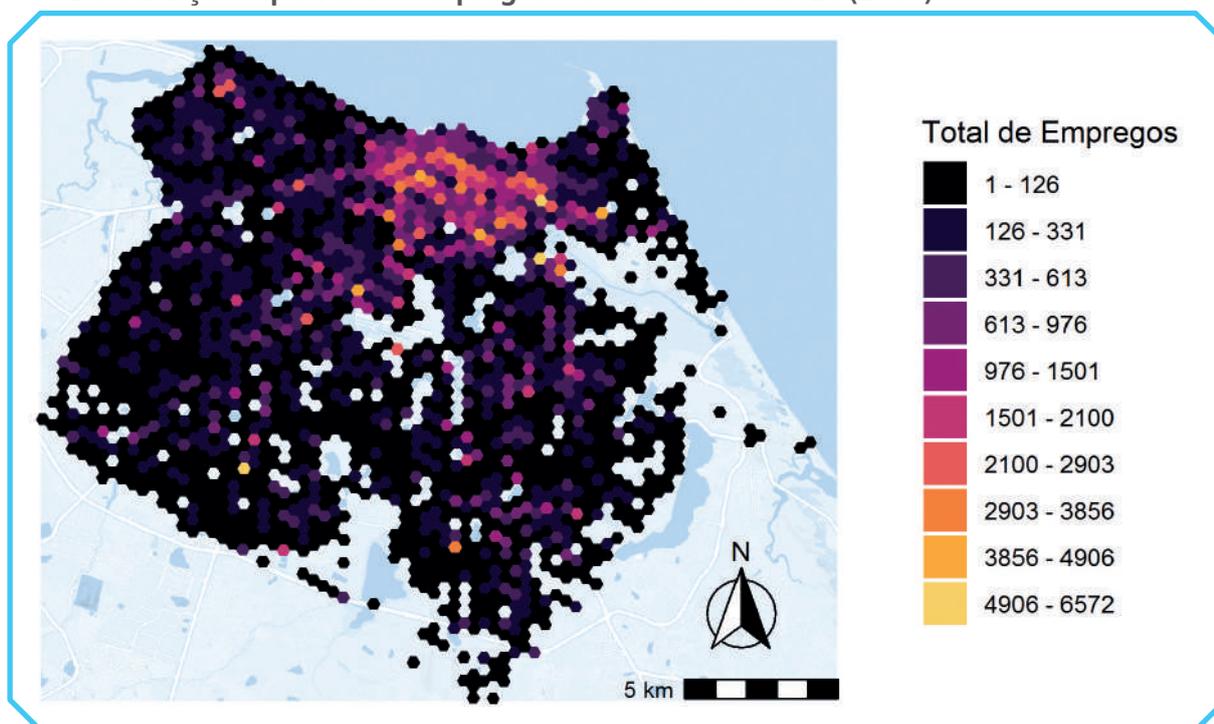
Esta seção apresenta os resultados das estimativas *ex-ante* do impacto esperado da implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza sobre o acesso a oportunidades de empregos, educação e saúde básica. A seguir, a seção é dividida em três subseções, nas quais são apresentados separadamente os resultados para acesso aos empregos, serviços de educação e saúde básica.

#### 4.1 Acessibilidade aos empregos

Os empregos formais de Fortaleza se concentram principalmente no centro da cidade (mapa 3). Devido à concentração dos empregos no centro e à configuração da rede transporte público, o acesso às oportunidades de trabalho é substancialmente maior na região central de Fortaleza e ao longo das linhas do metrô, VLT e principais eixos de transporte (figura 3). Numa simples análise visual, comparando as acessibilidades aos empregos resultantes das diferentes intervenções no sistema de transporte público de Fortaleza, nota-se uma diferença muito sutil entre os cenários.

#### MAPA 3

##### Distribuição espacial dos empregos formais em Fortaleza (2019)

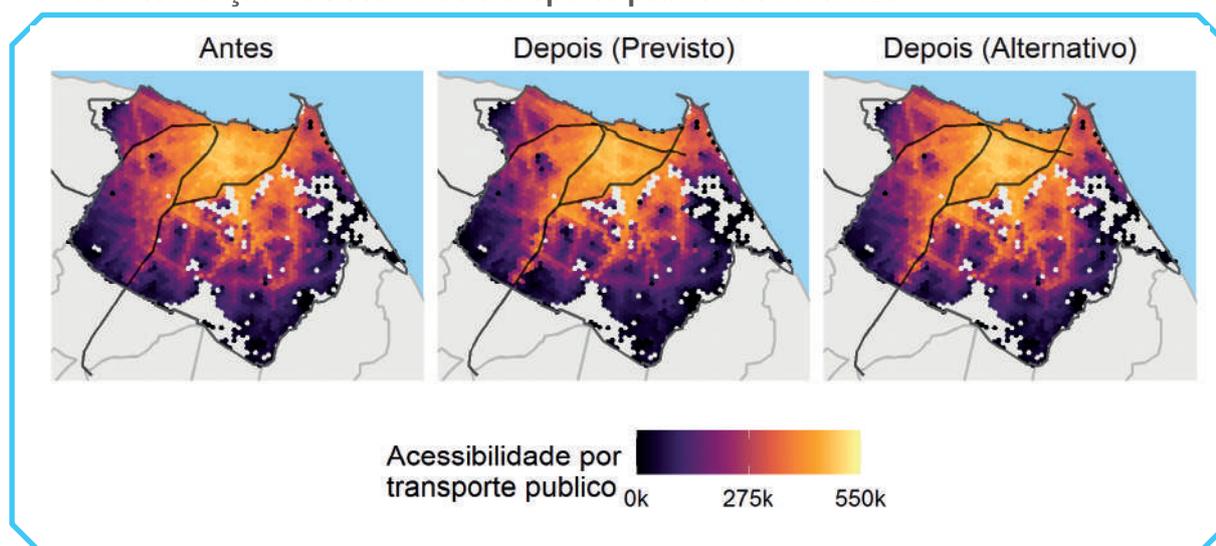


Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 3**

Quantidade de empregos acessíveis em até sessenta minutos de viagem nos cenários de intervenção no sistema de transporte público de Fortaleza



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Os investimentos no sistema de trilhos isoladamente (cenário alternativo) poderiam aumentar a quantidade de empregos acessíveis por transporte público em aproximadamente 5,6%, em média. Adicionando-se as mudanças previstas nas linhas de ônibus, no entanto, a quantidade de empregos acessíveis cairia em -7,4%, em média. Esses valores, no entanto, variam bastante entre diferentes regiões da cidade e faixas de renda.

Para destacar os impactos espaciais das intervenções sobre o sistema de transporte, a figura 4 apresenta as diferenças da quantidade de empregos acessíveis após as intervenções para o cenário "previsto" (implantação da Linha Leste do metrô e Pasfor) e para o cenário "alternativo" (somente Linha Leste do metrô sem as mudanças na rede de ônibus). A figura 4A mostra como o impacto de acessibilidade da Linha Leste em conjunto com a reorganização das linhas de ônibus é muito heterogêneo e não se restringe às áreas próximas das estações planejadas de metrô. É possível observar alguns impactos positivos com ganhos de mais de 100 mil empregos acessíveis nas proximidades das estações das Linha Sul do metrô, e ganhos de mais de 50 mil empregos em áreas mais afastadas como na Barra do Ceará, Pirambu e Sabiaguaba. Entretanto, foram identificadas diversas áreas que perdem acessibilidade aos empregos devido às alterações nas linhas de

## TEXTO para DISCUSSÃO

ônibus do transporte público. Essas áreas estão localizadas principalmente nas regiões sudeste, sul e oeste de Fortaleza, onde a redução da acessibilidade aos empregos é da ordem de mais de 100 mil empregos.

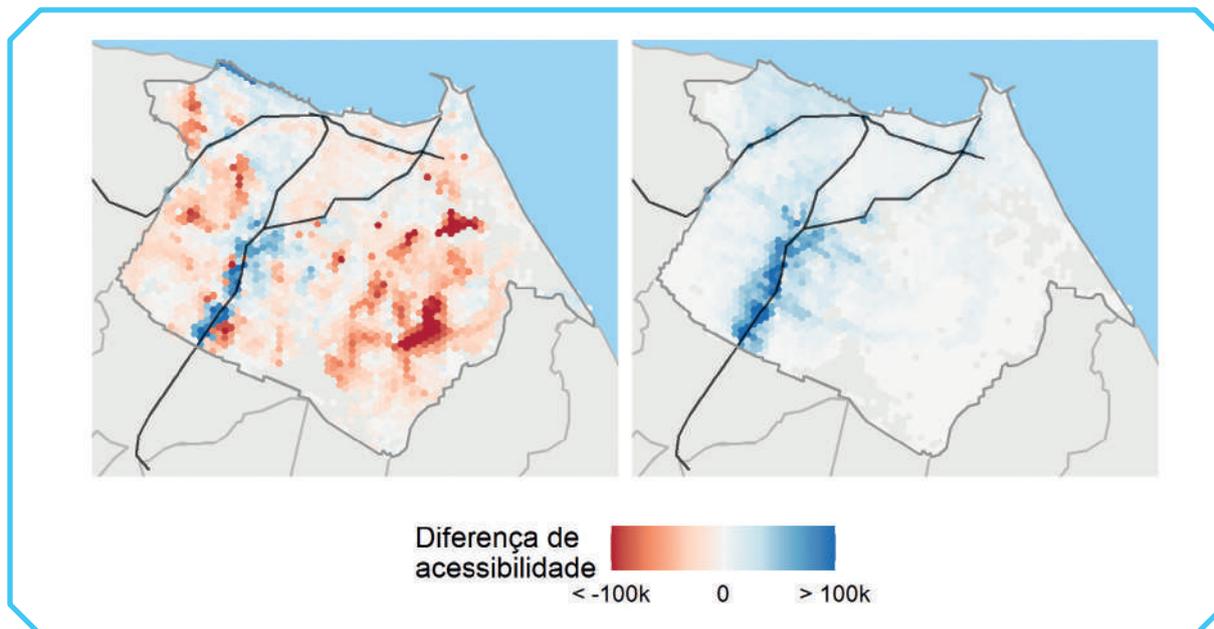
A figura 4B mostra o impacto exclusivo da nova Linha Leste, desconsiderando a reestruturação da rede de ônibus. Nesse caso, observamos um cenário no qual todas as localidades seriam beneficiadas com as intervenções propostas. Os ganhos, no entanto, estão mais concentrados nas proximidades da Linha Sul do metrô, que foi beneficiada pelo aumento da frequência de suas viagens e por uma maior conectividade proporcionada pela Linha Leste. Benefícios também são observados próximo a estações da Linha Oeste, pelos mesmos motivos da Linha Sul.

### FIGURA 4

**Variação da quantidade de empregos acessíveis por transporte público em até sessenta minutos após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza**

4A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus

4B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT, bem como alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

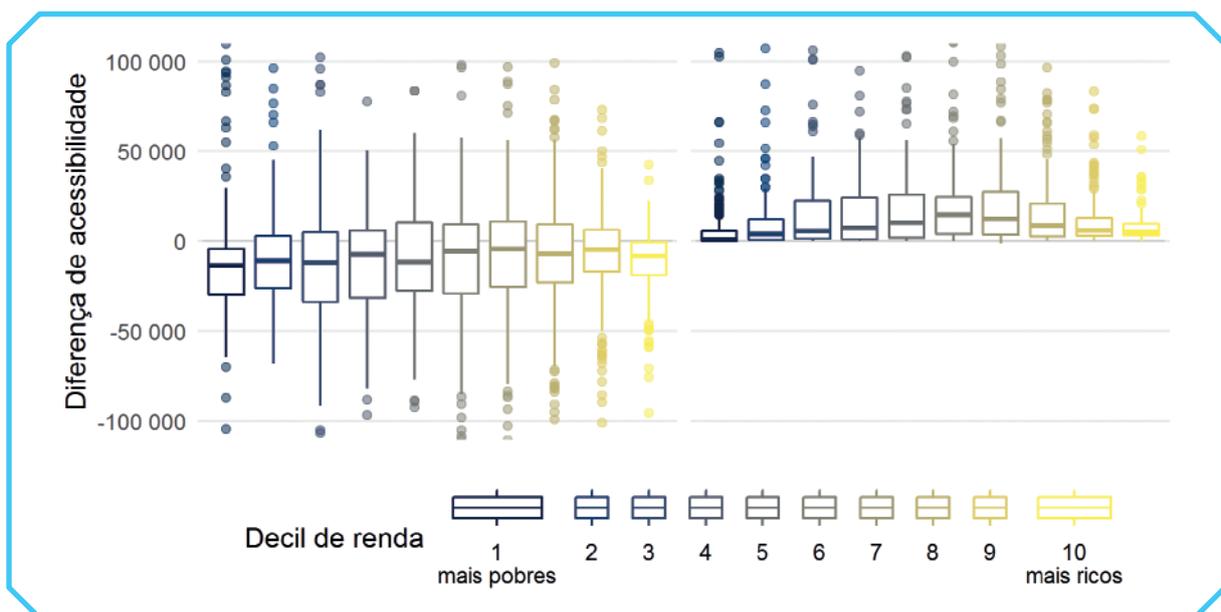
A figura 5 mostra a distribuição dos impactos de acessibilidade entre pessoas de diferentes níveis de renda. Considerando o impacto da Linha Leste combinado com as alterações das linhas de ônibus, a figura 5A indica que, em média, houve uma redução da acessibilidade aos empregos para todos os decis de renda, mas que afetou mais as populações de média e baixa renda. Considerando apenas o impacto da Linha Leste, a figura 5B aponta que os ganhos de acessibilidade estão mais focados nas faixas de renda média, principalmente entre o quintil 3 e 8.

No ano linha de base do estudo, 2019, a Razão de Palma de acesso a empregos era de 2,08 (figura 6), o que significa que as pessoas mais ricas conseguiam acessar mais que o dobro de empregos do que as pessoas de baixa renda. Com as intervenções planejadas na rede de transporte público de Fortaleza, a Razão de Palma deverá aumentar para 2,16 no cenário com a nova Linha Leste somada às alterações das linhas de ônibus. Isso sugere que as intervenções planejadas no sistema de transporte público de Fortaleza deverão aumentar a desigualdade de acesso a oportunidades entre pessoas de alta e baixa renda. Por sua vez, no cenário de efeito isolado da expansão do metrô, a Razão de Palma iria diminuir para 1,99, indicando que os ganhos de acessibilidade seriam maiores nos bairros de renda média e baixa e que o investimento do metrô teria potencial progressivo de redução de desigualdades.

### FIGURA 5

#### Varição prevista da quantidade de empregos acessíveis por faixa de renda após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza

5A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus      5B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus

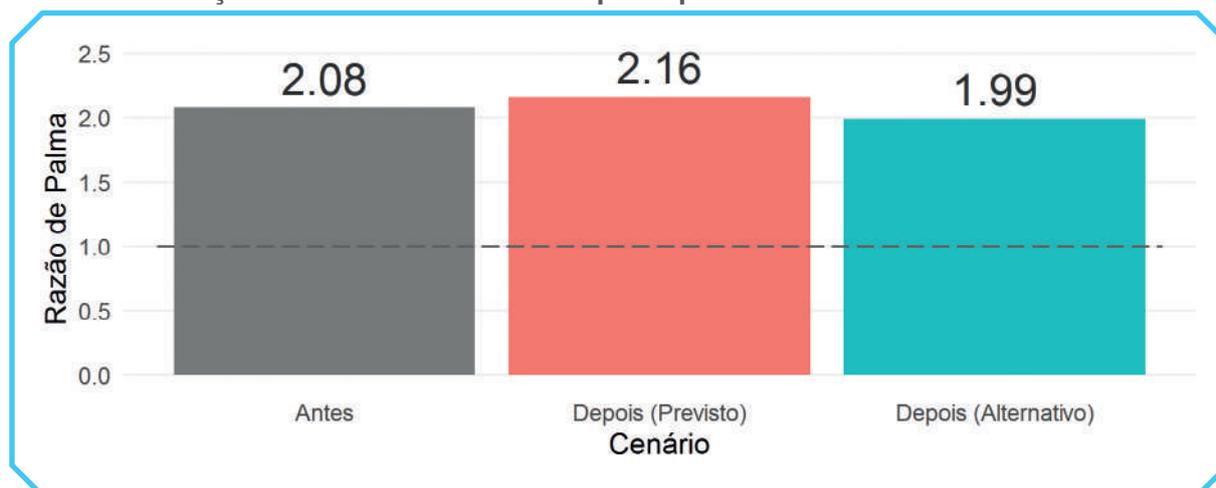


Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 6**

Desigualdade de acesso a empregos entre pessoas de alta e baixa renda nos cenários de internação sobre o sistema de transporte público de Fortaleza

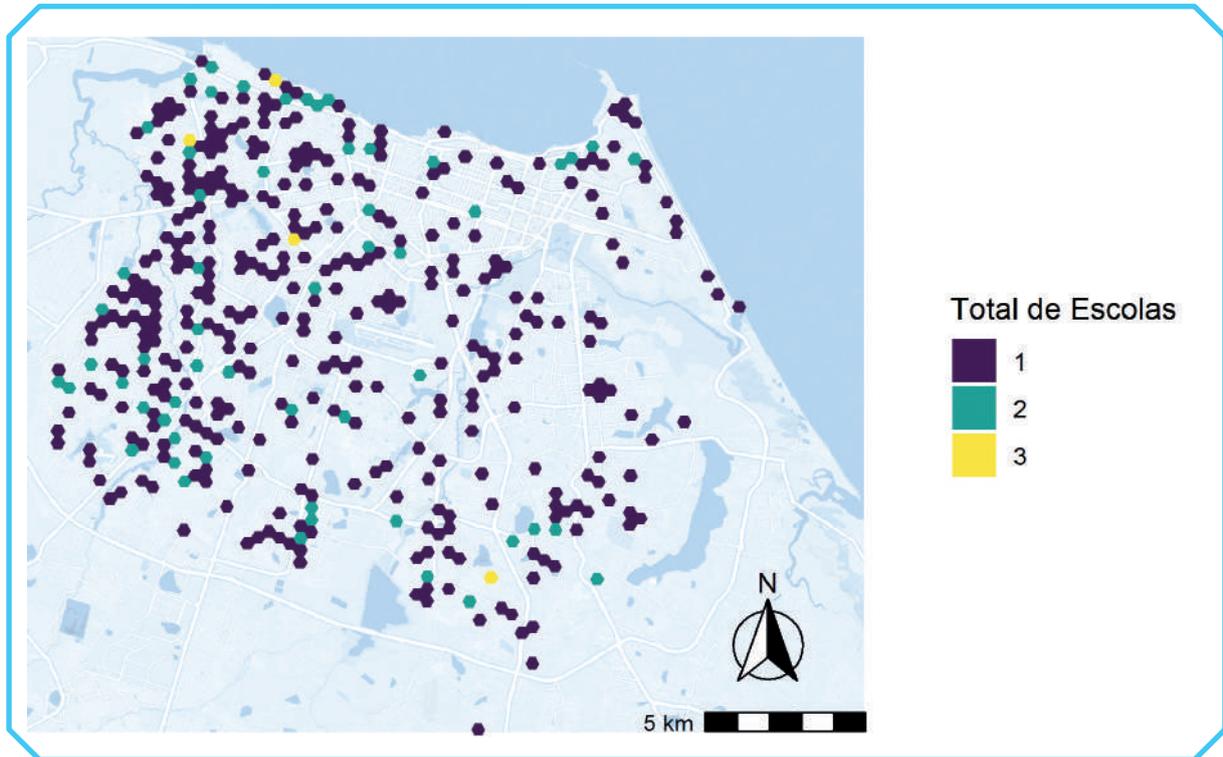


Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

## 4.2 Acessibilidade à educação

A distribuição espacial das escolas é apresentada no mapa 4. O acesso às escolas é maior na região central da cidade e ao longo dos principais corredores de transporte e avenidas da cidade (figura 7), e esse resultado deverá mudar apenas de maneira muito sutil após a implantação da Linha Leste do metrô.

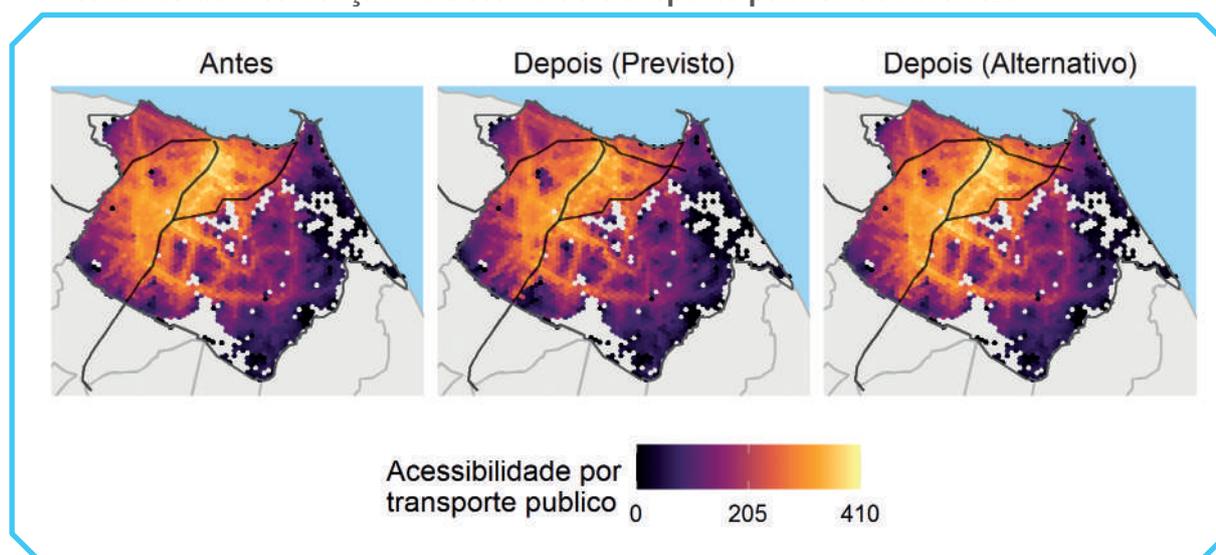
**MAPA 4****Distribuição espacial das escolas públicas em Fortaleza (2019)**

Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 7**

Quantidade de escolas públicas acessíveis em até sessenta minutos de viagem nos cenários de intervenção no sistema de transporte público de Fortaleza



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do Metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do Metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Os investimentos no sistema de trilhos isoladamente (cenário alternativo) poderiam aumentar a quantidade de escolas acessíveis por transporte público em aproximadamente 3,1%, em média. Adicionando-se as mudanças previstas nas linhas de ônibus, no entanto, a quantidade de escolas acessíveis cairia em -8,1%, em média. Esses valores, no entanto, variam bastante entre diferentes regiões da cidade e faixas de renda.

Para destacar os impactos espaciais das mudanças no sistema de transporte, a figura 8 apresenta as diferenças da quantidade de escolas acessíveis após as intervenções no sistema de transporte. No cenário previsto de construção da Linha Leste em conjunto com as mudanças descritas no Pasfor, a grande maioria dos bairros de Fortaleza deverão ter perdas de acessibilidade, com exceção de algumas poucas regiões que terão acesso a um número maior de escolas (áreas azuis nos mapas). Em alguns casos mais extremos, o número de escolas acessíveis cai pela metade em algumas regiões da cidade. Essas áreas estão localizadas principalmente nas regiões sudeste, sul e oeste do município de Fortaleza e coincidem com os hexágonos nos quais há redução da acessibilidade aos empregos, em que serão feitas maiores reduções na oferta de serviços do sistema de ônibus. No cenário alternativo, sem as mudanças propostas no Pasfor, observa-se

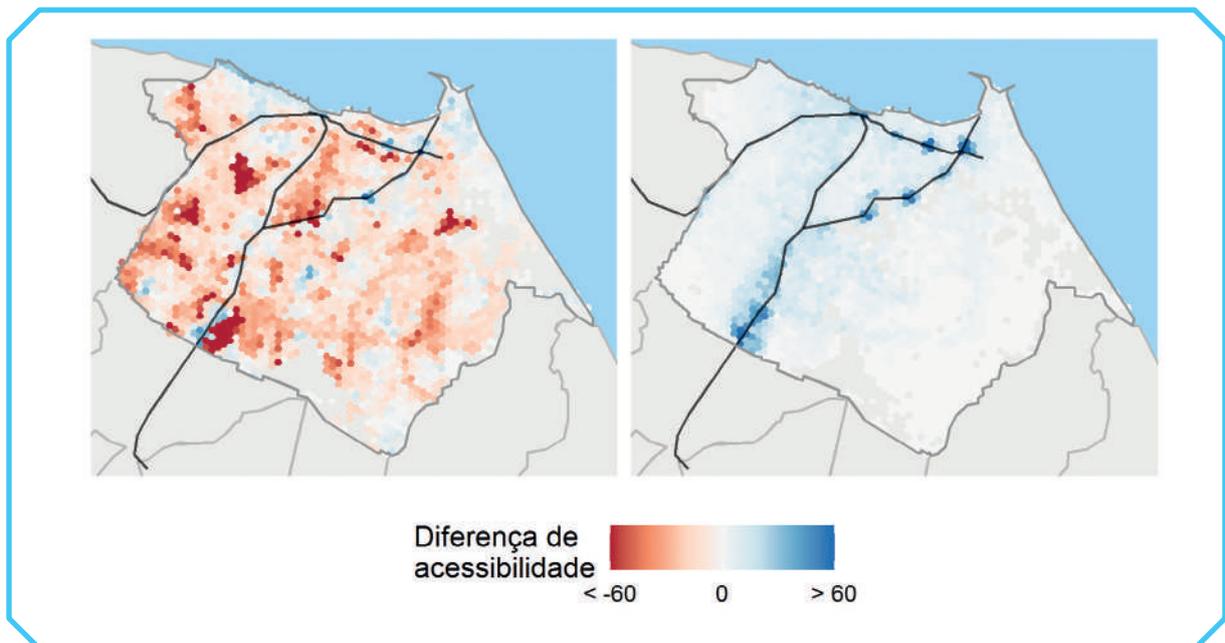
um aumento da acessibilidade, especialmente em regiões próximas às estações do VLT e da Linha Leste. Esse cenário é diferente do observado para o trabalho, principalmente por conta da distribuição espacial das escolas.

### FIGURA 8

#### Varição da quantidade de escolas acessíveis por transporte público em até sessenta minutos após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza

8A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus

8B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do Metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do Metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

A figura 9 mostra como será a distribuição por faixa de renda dos impactos de acessibilidade às escolas. O cenário previsto com a nova Linha Leste em conjunto com as alterações no sistema de ônibus poderá causar uma queda de acessibilidade em todas as faixas de renda, com queda ligeiramente maior entre as pessoas de renda média e baixa. No cenário alternativo, a implementação da nova Linha Leste geraria ganhos de acesso a escolas, com ganhos ligeiramente maiores nos bairros de renda média e alta.

## TEXTO para DISCUSSÃO

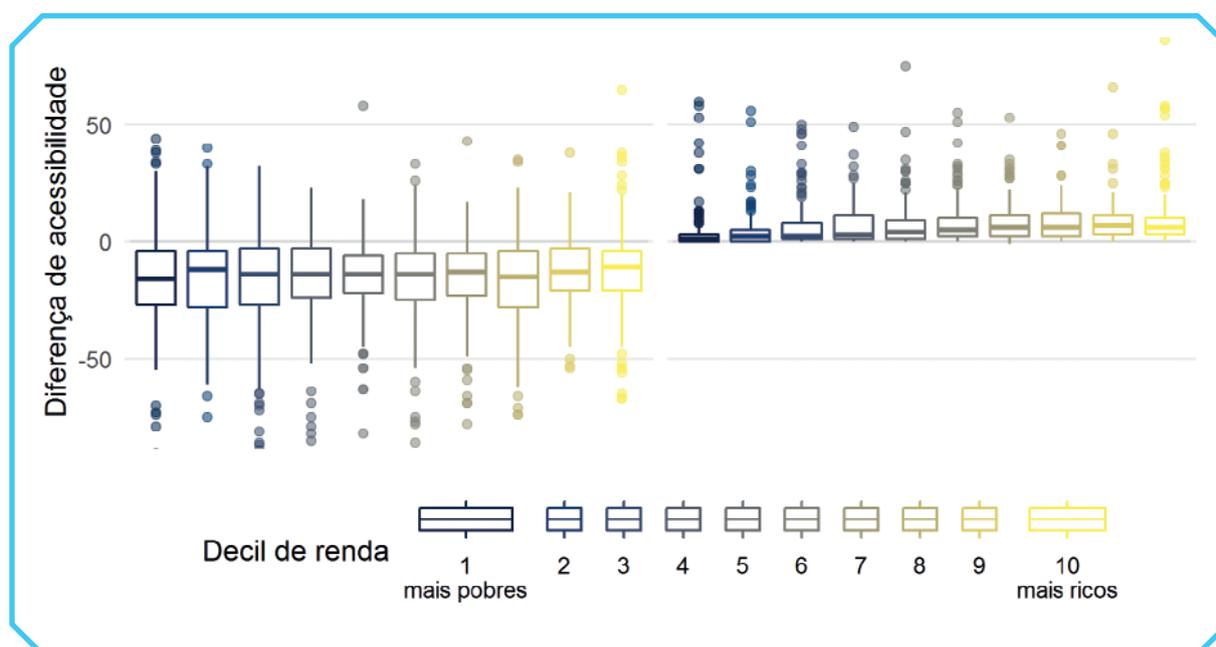
Em 2019, a Razão de Palma para acesso a escolas por transporte público em até sessenta minutos era de 1,15 (figura 10). Isso significa que as pessoas com maior renda, em comparação às mais pobres, conseguiam acessar 15% mais escolas. Após as intervenções no sistema de transporte público previstas no Pasfor, a Razão de Palma deverá subir para 1,19. Por sua vez, no cenário de construção da Linha Leste do metrô, sem alteração dos ônibus, a razão de Palma teria um pequeno aumento para 1,17, indicando que ambos os cenários tendem a ser ligeiramente regressivos e aumentariam as desigualdades de acesso às escolas na cidade.

### FIGURA 9

#### Variação prevista da quantidade de escolas acessíveis por faixa de renda após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza

9A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus

9B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus

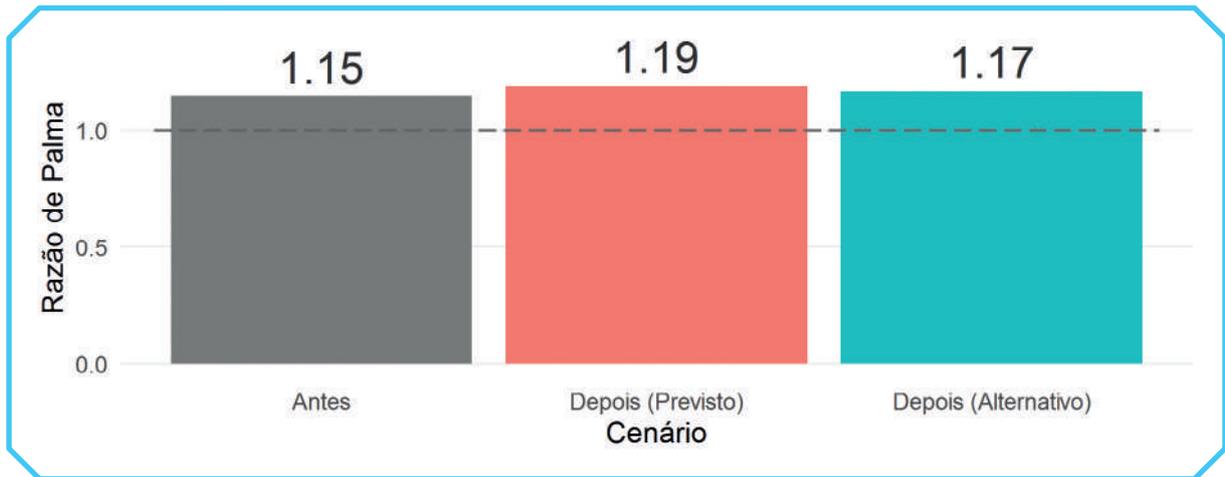


Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 10**

Desigualdade de acesso a escolas entre pessoas de alta e baixa renda nos cenários de intervenção sobre o sistema de transporte público de Fortaleza

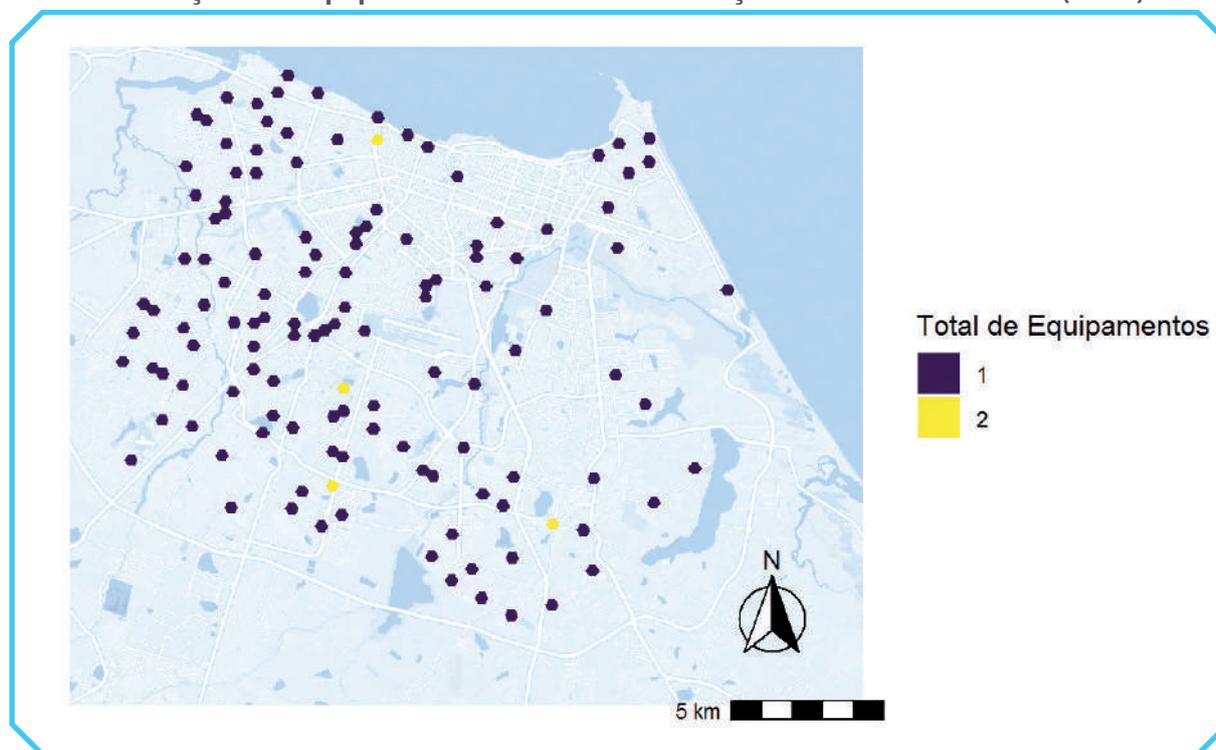


Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

### 4.3 Acessibilidade à saúde básica

Assim como no caso das escolas públicas, a distribuição dos equipamentos de saúde básica em Fortaleza é relativamente homogênea no território (mapa 5). No entanto, o acesso a esses equipamentos de saúde é ligeiramente maior na região central da cidade e ao longo dos principais corredores de transporte da cidade (figura 11).

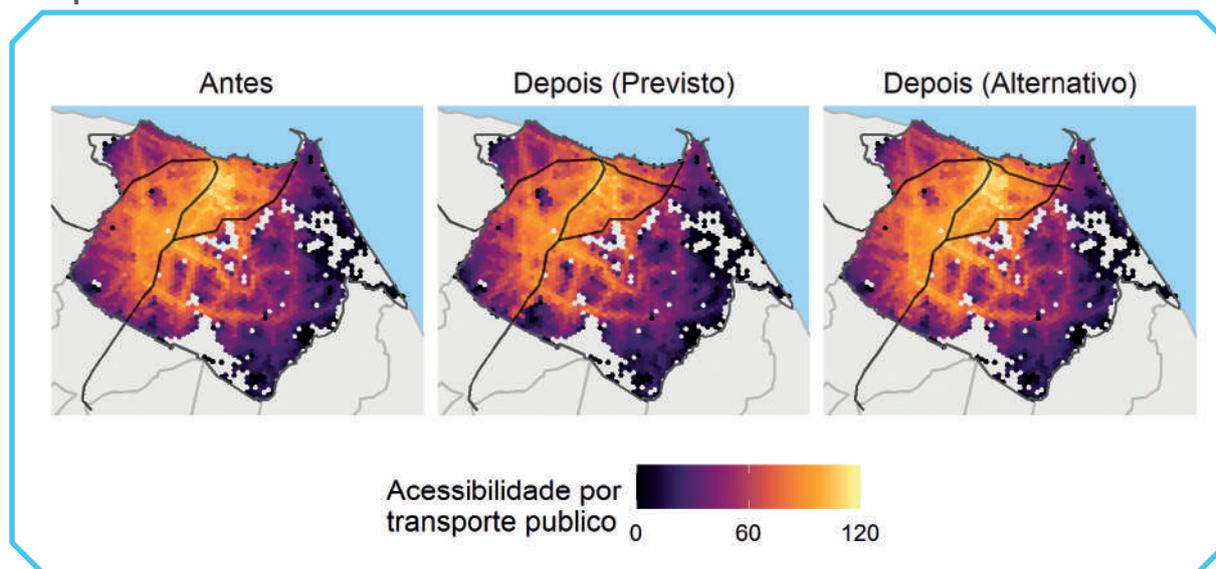
**MAPA 5****Distribuição dos equipamentos de saúde de atenção básica em Fortaleza (2019)**

Elaboração dos autores.

Obs.: Mapa cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 11**

Quantidade de estabelecimentos de saúde de saúde básica acessíveis em até sessenta minutos de viagem nos cenários de intervenção no sistema de transporte público de Fortaleza



Elaboração dos autores.

Obs: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do Metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no PASFOR. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do Metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

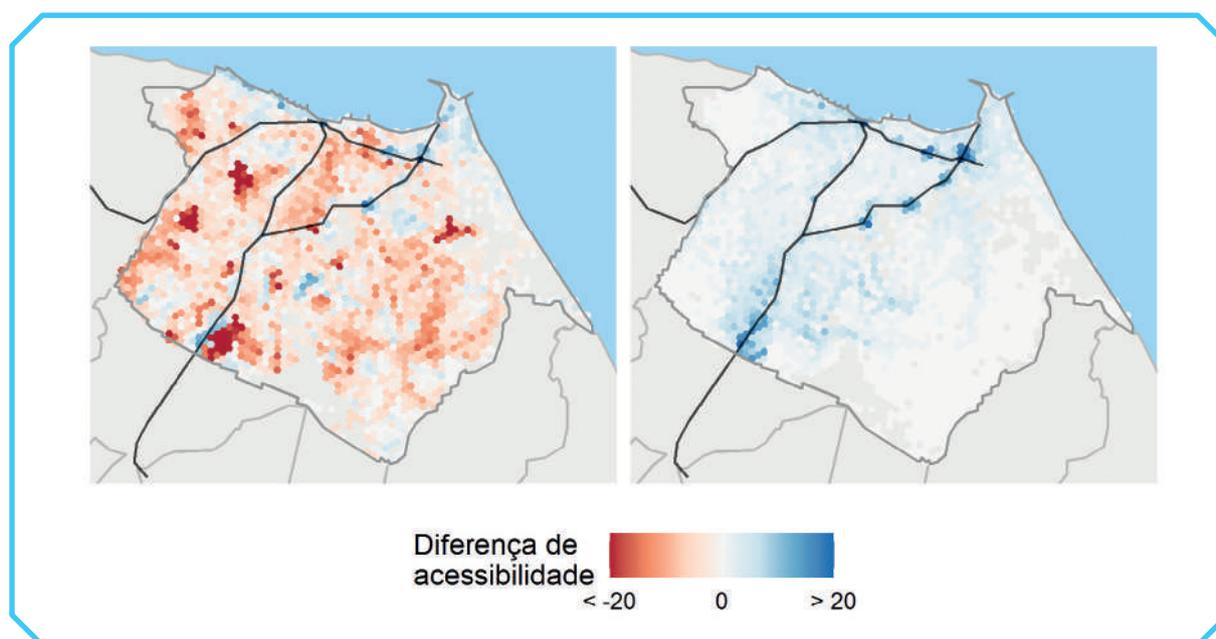
Os investimentos no sistema de trilhos isoladamente (cenário alternativo) poderiam aumentar a quantidade de estabelecimentos de saúde acessíveis por transporte público em aproximadamente 3,8%, em média. Adicionando-se as mudanças previstas nas linhas de ônibus, no entanto, a quantidade de estabelecimentos cairia em -7,4%, em média. Esses valores, contudo, variam bastante entre diferentes regiões da cidade e faixas de renda.

O impacto das intervenções no sistema de transporte público sobre o acesso a serviços de saúde é muito parecido com aquele observado para o acesso a escolas. Via de regra, as reduções nos serviços de ônibus comprometem o potencial impacto positivo que seria obtido com a expansão do metrô. Assim, a grande maioria dos bairros de Fortaleza deverão ter uma queda na quantidade de estabelecimentos de saúde acessíveis por transporte público em até sessenta minutos (figura 12). As áreas mais afetadas estão localizadas principalmente nas regiões sudeste, sul e oeste do município de Fortaleza, que teriam seu acesso à saúde básica diminuído praticamente pela metade.

**FIGURA 12**

**Varição absoluta e relativa da quantidade de estabelecimentos de saúde acessíveis por transporte público em até sessenta minutos após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza**

12A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus      12B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do Metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do Metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

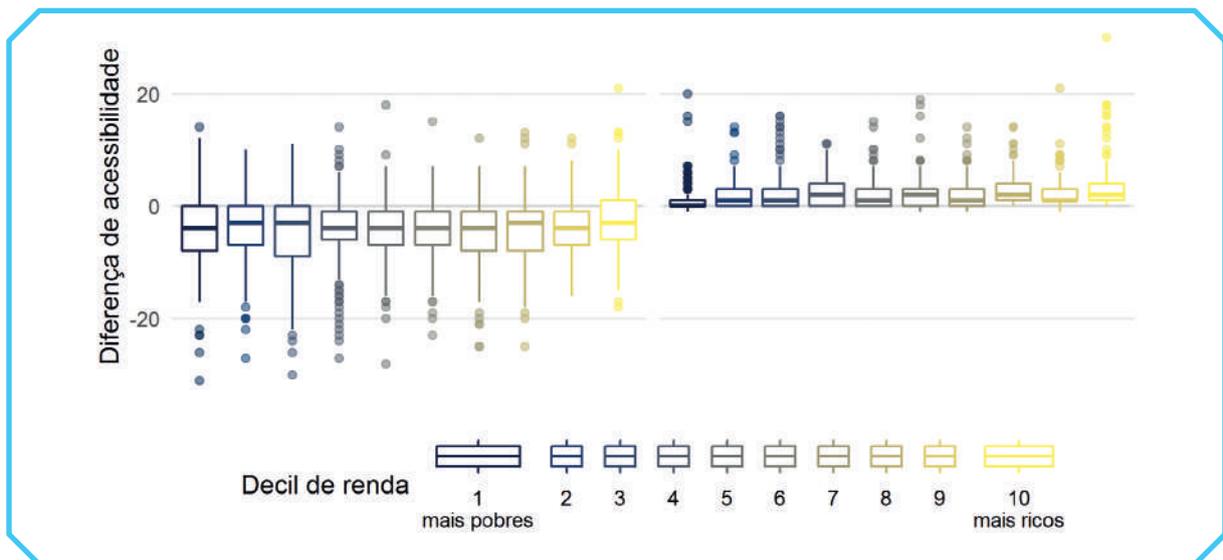
A figura 13 mostra uma queda de acessibilidade em praticamente todas as faixas de renda, embora essa queda seja ligeiramente maior entre as pessoas mais pobres. A Razão de Palma, que era de 1,17 no ano de 2019, deverá aumentar para 1,22 ou 1,20 com a nova expansão do metrô de Fortaleza nos cenários futuros com ou sem as alterações nos sistemas de ônibus, respectivamente (figura 14). Em ambos cenários, as intervenções planejadas para a rede de transporte público da cidade terão impacto ligeiramente regressivo, aumentando a desigualdade de acesso à saúde básica.

**FIGURA 13**

Variação prevista da quantidade de equipamentos de saúde básica acessíveis por faixa de renda após a implantação da Linha Leste do metrô de Fortaleza

13A – Cenário previsto, com a reestruturação da rede de ônibus

13B – Cenário alternativo, sem a reestruturação da rede de ônibus

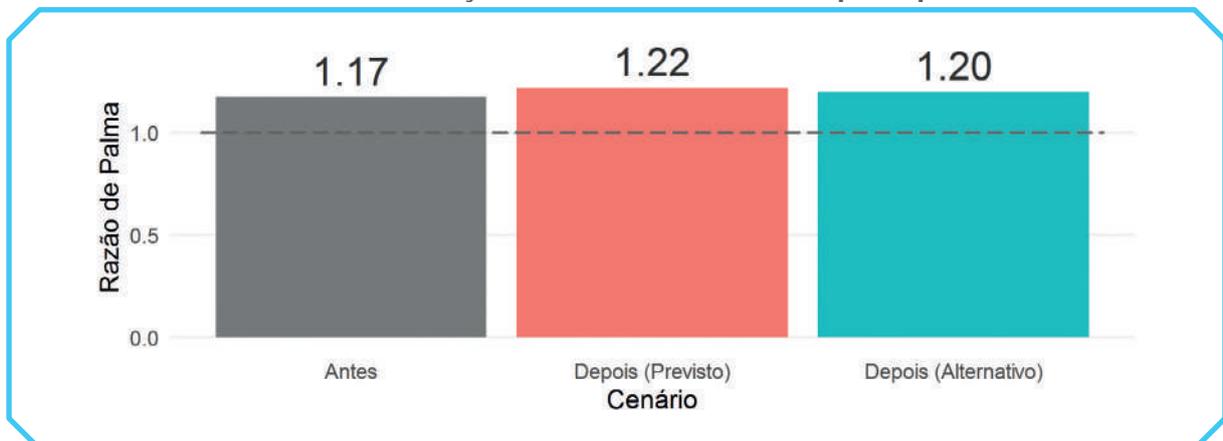


Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

**FIGURA 14**

Desigualdade de acesso a equipamentos de saúde básica entre pessoas de alta e baixa renda nos cenários de interação sobre o sistema de transporte público de Fortaleza



Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

## 5 CONCLUSÕES

A medida de sucesso de um investimento em transporte urbano depende em larga medida de como esse projeto consegue melhorar o acesso da população a oportunidades econômicas, serviços públicos e amenidades, bem como diminuir as desigualdades desse acesso. Este estudo apresenta os resultados de uma avaliação *ex-ante* de como a futura Linha Leste do metrô de Fortaleza deverá impactar o acesso da população a oportunidades de empregos, serviços de saúde e educação. A pesquisa investigou como a quantidade de empregos, hospitais e escolas acessíveis por transporte público deverá ser impactada comparando-se a rede de transporte público de Fortaleza em 2019 com a futura rede após a implantação da Linha Leste do metrô e das demais alterações previstas no Pasfor de 2019.

A partir das análises realizadas, encontramos que a implantação da Linha Leste do metrô e as melhorias dos serviços de metrô e VLT, sem as demais alterações atualmente previstas no Pasfor, poderiam aumentar a quantidade de empregos, escolas e estabelecimentos de saúde acessíveis entre 3,1% e 5,6%, em média. Nesse cenário, os ganhos de acessibilidade a empregos seriam ligeiramente maiores para população de baixa renda, efetivamente diminuindo a desigualdade dessa acessibilidade, enquanto os ganhos de acessibilidade a educação e saúde seriam ligeiramente maiores para população de alta renda. No entanto, considerando-se o efeito conjunto da expansão da infraestrutura, dos serviços do metrô e das alterações no sistema de ônibus previstas no Pasfor, a quantidade de empregos, serviços de saúde e escolas acessíveis cairia entre -7,4% e -8,1%, em média. Ainda, os resultados apontam que essas reduções de acessibilidade serão mais efetivas nos bairros de baixa renda, indicando que as intervenções sobre a rede de transporte público previstas no Pasfor teriam caráter regressivo, aumentando a desigualdade de acesso a oportunidades. Estes resultados são consistentes quando consideramos uma possível integração entre bicicletas e transporte público (apêndice B), e também os diversos limites de tempos de viagem entre vinte e sessenta minutos (apêndice C).

Esses resultados ilustram como alterações na frequência e operação de linhas de ônibus podem ter impactos tão grandes quanto, ou até maiores, a expansão física de infraestrutura de sistemas de alta capacidade, comprometendo os potenciais ganhos de acessibilidade de investimentos de transporte. Nesse sentido, os recursos necessários para a construção e operação de uma nova linha de metrô poderiam ter maior impacto e serem mais progressivos caso fossem direcionados ao aumento da frequência das linhas já existentes na cidade.

Esses resultados encontrados nesta pesquisa decorrem simultaneamente do efeito das intervenções nos sistemas de trilhos e de ônibus sobre a conectividade espacial e temporal da rede de transporte, combinado com a co-localização espacial entre oportunidades e grupos de alta e baixa

renda. A nova linha do metrô está sendo construída na região central de Fortaleza, que já possui alta oferta de serviços de transporte público e que concentra grande parcela das oportunidades de emprego da cidade. Como também é no centro de Fortaleza que se concentra grande parte da população de alta renda, esse grupo tende a ser menos afetado pelas reduções na oferta e frequência das linhas de ônibus. Por outro lado, a população de menor renda, que se localiza majoritariamente em regiões mais afastadas do centro, com menor oferta de empregos e serviços públicos, deverá ter seu acesso a oportunidades mais afetado pelas reduções da oferta de serviços de ônibus.

Os resultados deste estudo ressaltam como projetos de expansão de infraestrutura de transporte público precisam ser planejados de maneira integrada com a operação do sistema de transporte público como um todo. O caso de Fortaleza ilustra como as intervenções sobre a operação de serviços regulares de ônibus podem conflitar com as melhorias de investimentos e acabar comprometendo os benefícios de acessibilidade da rede de transporte. Nesse sentido, uma avaliação de um projeto de investimento em transporte não tem como ser dissociada da política de operação dos serviços de transporte público. Por isso, a própria elaboração e seleção de projetos deve avaliar se e como projetos de investimento levam em consideração as futuras alterações na operação de linhas já existentes para melhorar e garantir a efetividade dos empreendimentos apoiados.

Nesse contexto, também é fundamental considerar a importância da integração interfederativa e do planejamento integrado metropolitano. Em casos nos quais projetos de investimento em infraestrutura são realizados no âmbito estadual, a articulação entre diferentes níveis de governo e agências de transporte tem papel fundamental em fazer com que projetos de expansão de infraestrutura e operação de serviços de transporte público sejam coordenados em escala metropolitana.

Para o caso particular de Fortaleza, uma recomendação que pode ser depreendida deste estudo seria a revisão das intervenções sobre as linhas de ônibus que estão previstas no Pasfor, considerando seus impactos de acessibilidade em conjunto com aspectos econômicos de custo e receita de operação das linhas. Com base nos dados disponibilizados do Pasfor, foram identificados que as regiões noroeste e sudeste da cidade seriam as mais afetadas pela reorganização das linhas de ônibus. Uma próxima rodada de revisões do plano poderia investigar quais propostas poderiam ser feitas para mitigar esses efeitos, de maneira a trazer maior racionalidade econômica ao sistema de transporte de Fortaleza, mas sem comprometer, e se possível aumentar, os benefícios de acessibilidade do sistema sem causar crescimento de desigualdades. Além disso, observa-se ainda um grande potencial de aumento de acessibilidade pelo simples crescimento das frequências e velocidade das viagens das linhas de metrô e VLT a um custo relativamente baixo, sem a necessidade de novas expansões de infraestrutura física desses sistemas. Isso poderia ser alcançado também pela construção de futuros corredores exclusivos de ônibus.

Este estudo ilustra como uma aplicação de métodos de simulação de redes de transporte pode ser utilizada na avaliação *ex-ante* de projetos de transporte urbano para estimar o seu futuro impacto sobre o acesso a oportunidades e equidade das políticas de mobilidade. Os métodos utilizados neste trabalho podem ser facilmente replicáveis para avaliações de projeto em outros contextos, e esperamos que este tipo de avaliação seja cada vez mais utilizado em futuras análises de projetos de mobilidade urbana no Brasil.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, J.; FARBER, S. Planning transport for social inclusion: an accessibility-activity participation approach. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 78, p. 102212, 1 jan. 2020.
- BANISTER, D. The trilogy of distance, speed and time. **Journal of Transport Geography**, v. 19, n. 4, p. 950-959, 1 jul. 2011.
- BIRCH, C. P. D.; OOM, S. P.; BEECHAM, J. A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. **Ecological Modelling**, v. 206, n. 3-4, p. 347-359, ago. 2007.
- BOISJOLY, G.; EL-GENEIDY, A. M. How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. **Transport Policy**, v. 55, p. 38-50, abr. 2017a.
- \_\_\_\_\_. The insider: a planners' perspective on accessibility. **Journal of Transport Geography**, v. 64, p. 33-43, out. 2017b.
- BRASIL. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Regulação, Avaliação e Controle de Sistemas. **Critérios e parâmetros para o planejamento e programação de ações e serviços de saúde no âmbito do Sistema Único de Saúde**. Brasília: MS, 2015.
- BRODDSKY, I. **H3**: Uber's hexagonal hierarchical spatial index. San Francisco: Uber Engineering, 27 June 2018. Disponível em: <<https://ubr.to/3irlpkt>>.
- BROWNE, D.; RYAN, L. Comparative analysis of evaluation techniques for transport policies. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 31, n. 3, p. 226-233, abr. 2011.
- DI CIOMMO, F.; SHIFTAN, Y. Transport equity analysis. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 139-151, 4 mar. 2017.
- ESTADO DO CEARÁ. Tribunal de Contas do Estado do Ceará. **Metrô Linha Leste**. Fortaleza: TCE Ceará, 2015. Disponível em: <<https://bit.ly/370kTux>>. Acesso em: 28 set. 2021

\_\_\_\_\_. Secretaria da Infraestrutura do Governo do Estado do Ceará. **Linha Leste do Metrô de Fortaleza**. Fortaleza: Seinfra, 2021. Disponível em: <<https://bit.ly/3wATW82>>. Acesso em: 13 ago. 2021.

FARR, T. G. *et al.* The shuttle radar topography mission. **Reviews of Geophysics**, v. 45, n. 2, 19 maio 2007.

FERREIRA, A.; BEUKERS, E.; BRÖMMELSTROET, M. T. Accessibility is gold, mobility is not: a proposal for the improvement of Dutch transport-related cost-benefit analysis. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 39, n. 4, p. 683-697, 2012.

HADDAD, E. A. *et al.* Mobility in cities: Distributional impact analysis of transportation improvements in São Paulo Metropolitan Region. **Transport Policy**, v. 73, p. 125-142, 1 jan. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

\_\_\_\_\_. **Grade estatística, 2016**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. Disponível em: <<https://bit.ly/3lxVPER>>.

\_\_\_\_\_. Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais. **Estimativas da população residente com data de referência 1 de julho de 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

LEVINSON, D.; KING, D. **Transport access manual**: a guide for measuring connection between people and places. University of Sydney, 2020.

LUCAS, K.; VAN WEE, B.; MAAT, K. A method to evaluate equitable accessibility: combining ethical theories and accessibility-based approaches. **Transportation**, v. 43, n. 3, p. 473-490, maio 2016.

MACKIE, P.; PRESTON, J. Twenty-one sources of error and bias in transport project appraisal. **Transport Policy**, v. 5, n. 1, p. 1-7, jan. 1998.

MANAUGH, K.; BADAMI, M. G.; EL-GENEIDY, A. M. Integrating social equity into urban transportation planning: a critical evaluation of equity objectives and measures in transportation plans in North America. **Transport Policy**, v. 37, p. 167-176, jan. 2015.

MARTENS, K.; DI CIOMMO, F. Travel time savings, accessibility gains and equity effects in cost-benefit analysis. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 152-169, 4 mar. 2017.

MILLER, E. J. Accessibility: measurement and application in transportation planning. **Transport Reviews**, v. 38, n. 5, p. 551-555, 3 set. 2018.

MUNICÍPIO DE FORTALEZA. **RT3**: modelagem da oferta e da demanda (revisão 2). Fortaleza: BID; Consórcio Setec Oficina, 2020.

PEREIRA, R. H. M. *et al.* R5r: Rapid realistic routing on multimodal transport networks with R5 in R. **Transport Findings**, p. 21262, 4 mar. 2021.

PEREIRA, R. H. M.; BOISJOLY, G. **Social issues in transport planning**. 1. ed. Cambridge: Elsevier Academic Press, 2021. v. 8.

SILVA, C. *et al.* Accessibility instruments in planning practice: bridging the implementation gap. **Transport Policy**, v. 53, p. 135-145, jan. 2017.

VAN WEE, B. **Transport and ethics**: ethics and the evaluation of transport policies and projects. Northampton: Edward Elgar, 2011.

VAN WEE, B.; GEURS, K. Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. **European Journal of Transport and Infrastructure Research**, v. 11, n. 4, 1 set. 2011.

VAN WEE, B.; ROESER, S. Ethical theories and the cost-benefit analysis-based ex ante evaluation of transport policies and plans. **Transport Reviews**, v. 33, n. 6, p. 743-760, nov. 2013.

VICTOR, A. Assinada ordem de serviço para obras da Linha Leste do Metrô de Fortaleza, 2018. **Metrofor**, 7 nov. 2018. Disponível em: <<https://bit.ly/3L7NpG6>>. Acesso em: 28 set. 2021.

THOMOPOULOS, N.; GRANT-MULLER, S.; TIGHT, M. R. Incorporating equity considerations in transport infrastructure evaluation: Current practice and a proposed methodology. **Evaluation and Program Planning**, v. 32, n. 4, p. 351-359, nov. 2009.

## APÊNDICE A

## REESTRUTURAÇÃO DO SISTEMA DE ÔNIBUS PREVISTA NO PASFOR

O quadro A.1 identifica as linhas a serem eliminadas/seccionadas/criadas com a reestruturação proposta no Pasfor realizado em 2019.

## QUADRO A.1

## Linhas eliminadas, seccionadas e/ou criadas a partir do Pasfor (2019)

Linha	Parecer	Linha	Parecer	Linha	Parecer	Linha	Parecer
4	Eliminada	130	Eliminada	365	Eliminada	706	Seccionada
16	Eliminada	132	Eliminada	368	Eliminada	709	Eliminada
17	Eliminada	138	Eliminada	369	Seccionada	710	Seccionada
19	Seccionada	140	Eliminada	371	Eliminada	711	Eliminada
21	Seccionada	141	Eliminada	374	Eliminada	712	Eliminada
22	Eliminada	145	Eliminada	375	Seccionada	713	Seccionada
25	Seccionada	150	Eliminada	377	Seccionada	725	Eliminada
27	Eliminada	177	Eliminada	384	Seccionada	728	Seccionada
29	Eliminada	182	Eliminada	387	Eliminada	752	Eliminada
30	Seccionada	186	Eliminada	388	Eliminada	753	Eliminada
38	Seccionada	215	Eliminada	392	Seccionada	754	Seccionada
41	Eliminada	220	Eliminada	395	Seccionada	755	Eliminada
50	Eliminada	226	Eliminada	405	Seccionada	757	Eliminada
53	Eliminada	244	Eliminada	406	Eliminada	762	Eliminada
67	Eliminada	286	Eliminada	411	Eliminada	806	Seccionada
68	Eliminada	300	Eliminada	421	Eliminada	813	Eliminada
69	Eliminada	302	Seccionada	456	Seccionada	816	Eliminada
70	Seccionada	303	Seccionada	466	Seccionada	820	Eliminada
72	Eliminada	304	Eliminada	513	Eliminada	823	Eliminada
76	Seccionada	305	Seccionada	600	Eliminada	831	Eliminada
77	Seccionada	307	Seccionada	601	Seccionada	833	Seccionada
78	Eliminada	308	Seccionada	602	Eliminada	901	Eliminada
79	Eliminada	310	Seccionada	604	Seccionada	905	Seccionada

(Continua)

## TEXTO para DISCUSSÃO

(Continuação)

Linha	Parecer	Linha	Parecer	Linha	Parecer	Linha	Parecer
80	Eliminada	314	Eliminada	605	Seccionada	907	Eliminada
82	Eliminada	316	Seccionada	609	Eliminada	909	Eliminada
84	Eliminada	319	Eliminada	610	Seccionada	916	Eliminada
86	Eliminada	320	Seccionada	611	Seccionada	917	Eliminada
87	Eliminada	323	Eliminada	612	Seccionada	988	Nova
89	Eliminada	329	Seccionada	613	Seccionada	989	Nova
91	Eliminada	330	Eliminada	625	Seccionada	990	Nova
92	Eliminada	331	Eliminada	627	Seccionada	991	Nova
93	Eliminada	332	Eliminada	633	Seccionada	992	Nova
94	Eliminada	333	Eliminada	634	Eliminada	993	Nova
96	Seccionada	334	Seccionada	640	Seccionada	994	Nova
97	Eliminada	340	Seccionada	644	Eliminada	995	Nova
98	Eliminada	341	Seccionada	649	Seccionada	996	Nova
101	Eliminada	343	Seccionada	656	Eliminada	997	Nova
106	Seccionada	346	Seccionada	660	Seccionada	998	Nova
111	Seccionada	349	Eliminada	663	Eliminada	999	Nova
112	Seccionada	350	Eliminada	666	Seccionada		
114	Seccionada	353	Eliminada	668	Eliminada		
115	Seccionada	354	Eliminada	670	Eliminada		
120	Seccionada	360	Eliminada	685	Eliminada		
127	Eliminada	363	Eliminada	690	Eliminada		
129	Eliminada	364	Seccionada	703	Seccionada		

Elaboração dos autores.

## APÊNDICE B

### INTEGRAÇÃO ENTRE BICICLETA E O TRANSPORTE PÚBLICO

Neste apêndice apresentamos os resultados da avaliação *ex-ante* de impacto de acessibilidade da Linha Leste do metrô e demais intervenções do Pasfor, considerando a integração entre a bicicleta e o transporte público. Para isso, calculamos um conjunto de matrizes de tempo de viagem o qual considera que as pessoas poderiam utilizar a bicicleta para acessar os terminais de ônibus e as estações de metrô e VLT e, a partir dali, seguir a viagem por transporte público (com egresso, perna do itinerário entre a última parada e o destino final, sendo feito a pé).

O procedimento metodológico adotado nesta avaliação se assemelha ao utilizado no corpo principal do estudo. A principal diferença se dá no cálculo das matrizes de tempo de viagem. Neste caso, calculamos três matrizes de viagem separadamente: i) uma matriz apenas com viagens diretas de bicicleta; ii) outra matriz com viagens de bicicleta apenas no acesso a terminais de ônibus e estações de metrô e VLT; e iii) uma matriz com deslocamentos a pé no acesso e no egresso de paradas de transporte público. Todos os deslocamentos de bicicleta considerados nas matrizes (i) e (ii) estão restritos a distâncias de até 5 km, a uma velocidade de 12 km/h. Ao final, o tempo de viagem considerado para cada origem-destino é o menor tempo dentre os encontrados nas matrizes (i), (ii) e (iii). Assim como no corpo principal do relatório, esses tempos são utilizados no cálculo da acessibilidade com uma medida de oportunidades cumulativas com limite de tempo de sessenta minutos. Com este procedimento, simulamos como seria o nível de acessibilidade caso as pessoas usassem a bicicleta (seja como modo principal, seja como integração com transporte público) sempre que isso fosse mais rápido do que a combinação de caminhada com transporte público.

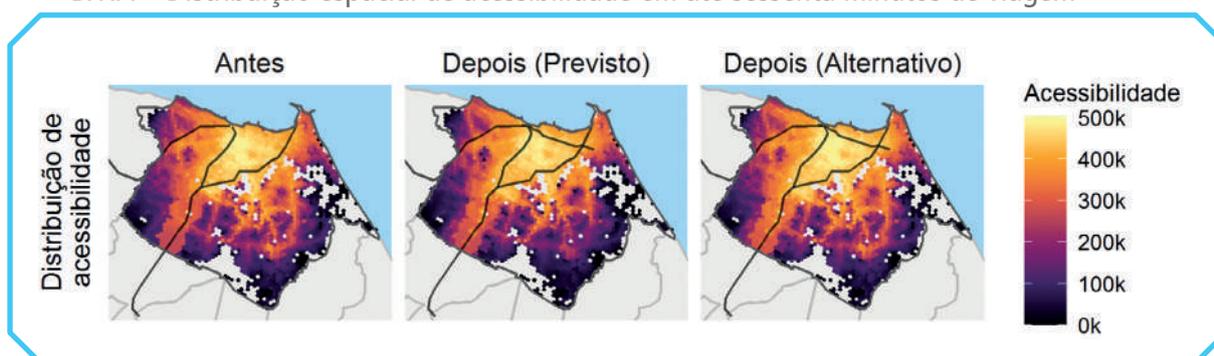
Os resultados dessa análise para a acessibilidade ao emprego podem ser vistos na figura B.1. Podemos observar que a inclusão de deslocamentos por bicicleta no acesso a estações de metrô faz com que os níveis de acessibilidade próximas às estações da Linha Sul aumentem significativamente, tanto antes quanto depois da implementação da Linha Leste. Isto se dá porque a maior velocidade da bicicleta, em comparação à caminhada, permite que menos tempo seja gasto no acesso às estações, conseqüentemente fazendo com que o usuário de metrô consiga alcançar mais oportunidades nos mesmos sessenta minutos de tempo de viagem. É importante notar, no entanto, que este aumento só ocorre em uma área limitada às adjacências do corredor da Linha Sul, porque o limite de 5 km imposto em deslocamentos de bicicleta impede as pessoas que moram muito longe do metrô de utilizarem este modo no acesso às estações.

## TEXTO para DISCUSSÃO

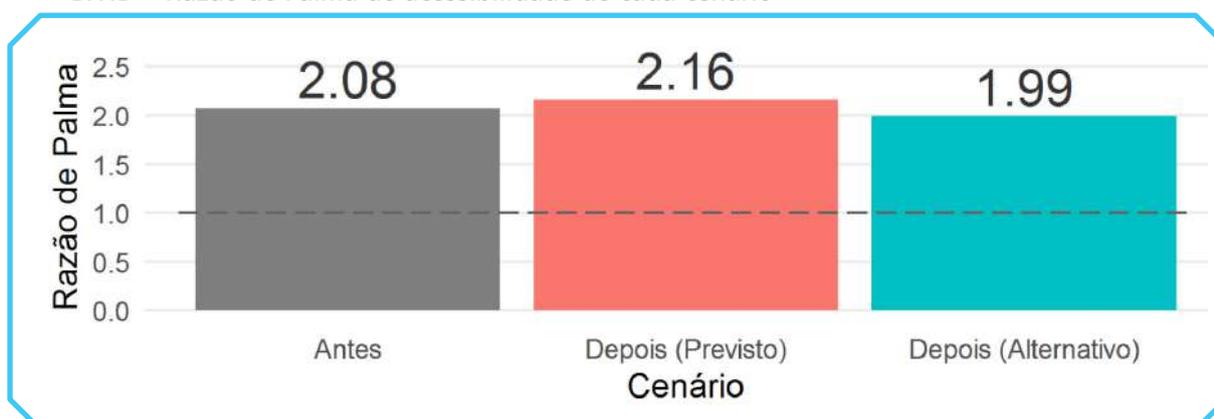
### FIGURA B.1

Impactos da Linha Leste sobre a acessibilidade ao emprego considerando a integração entre a bicicleta e o transporte público em diferentes cenários de intervenção no transporte público de Fortaleza

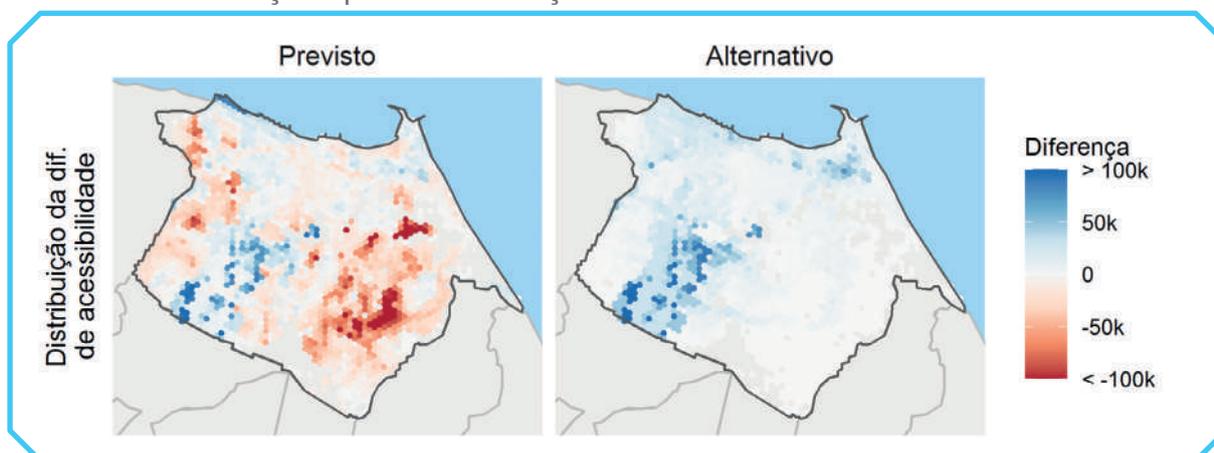
B.1.A – Distribuição espacial de acessibilidade em até sessenta minutos de viagem



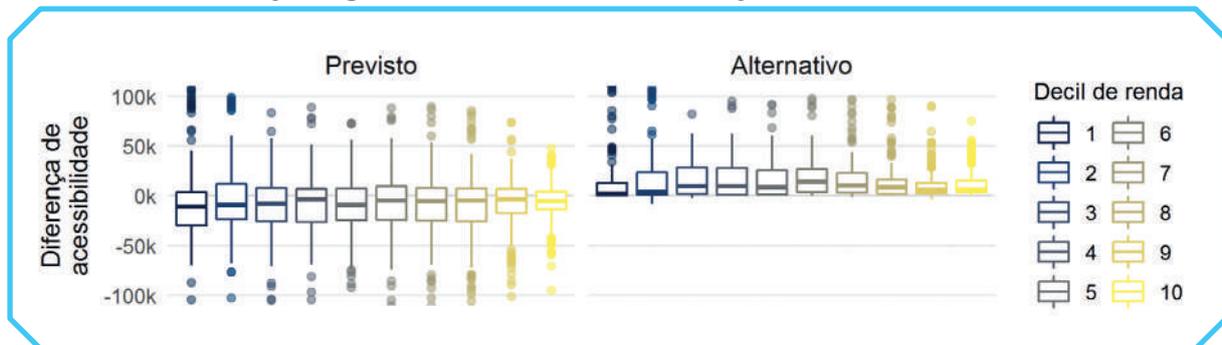
B.1.B – Razão de Palma de acessibilidade de cada cenário



B.1.C – Distribuição espacial da diferença de acessibilidade entre cenários



## B.1.D – Distribuição segundo nível de renda da diferença acessibilidade entre cenários



Elaboração dos autores.

Obs: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

Essa diferença na distribuição espacial da acessibilidade, no entanto, pouco afeta os níveis de desigualdade encontrados. Assim como no caso em que os deslocamentos de bicicleta não são considerados, apresentado na seção 4.1, os níveis de desigualdade crescem quando a implementação da Linha Leste é analisada em conjunto com as mudanças previstas no Pasfor (cenário previsto), mas diminuem quando a nova linha de metrô é analisada isoladamente (cenário alternativo).

Os valores de Razão de Palma são menores do que os encontrados quando apenas o acesso por caminhada é considerado, ainda que por uma pequena margem – cerca de 3% menores, em média. Embora isso indique que promover melhor acesso a estações de média e alta capacidade por bicicletas, principalmente aos mais pobres, seja uma possível forma de mitigar as desigualdades de acessibilidade na cidade, também indica que a infraestrutura existente na cidade atualmente não é capaz de reduzir as desigualdades de acesso ao emprego significativamente.

As figuras A.2 (acessibilidade à educação) e A.3 (acessibilidade à saúde básica) retratam situações diferentes da apresentada na figura A.1. Os aumentos de acessibilidade decorrentes da integração entre bicicletas e transporte público também se concentram no extremo sul da Linha Sul do metrô, mas como esta já era uma região de relativa alta acessibilidade à educação e à saúde, os níveis de desigualdade calculados pela Razão de Palma não sofrem variações significativas – os valores apresentados nas figuras B.2 e B.3 são os mesmos encontrados nas seções 4.2 e 4.3. Assim como nos casos apresentados nessas seções, as diferenças positivas de acessibilidade entre os cenários antes e depois (previsto e alternativo) se concentram principalmente na região da estação Papicu da Linha Leste, enquanto as diferenças negativas são distribuídas entre as regiões que sofrerão mais acentuadamente os cortes nos serviços de ônibus.

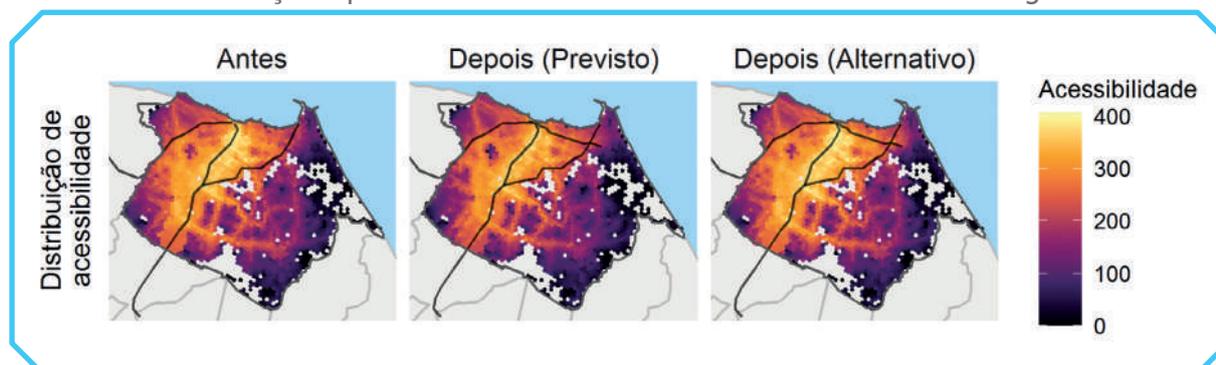
## TEXTO para DISCUSSÃO

Em suma, as análises conduzidas neste apêndice mostram que levar em consideração deslocamentos de bicicleta no acesso a estações de média e alta capacidade pouco altera os impactos da implementação da Linha Leste do metrô sobre a desigualdade de acessibilidade em Fortaleza. Assim como no caso do deslocamento por caminhada no acesso ao transporte público, os cenários pós-implementação sempre apresentam maiores níveis de desigualdade de acessibilidade à educação e à saúde do que os pré-implementação. No caso da acessibilidade ao emprego, os níveis de desigualdade são ligeiramente menores quando considerado o acesso por bicicleta, mas não o suficiente para mitigar essa desigualdade de forma significativa.

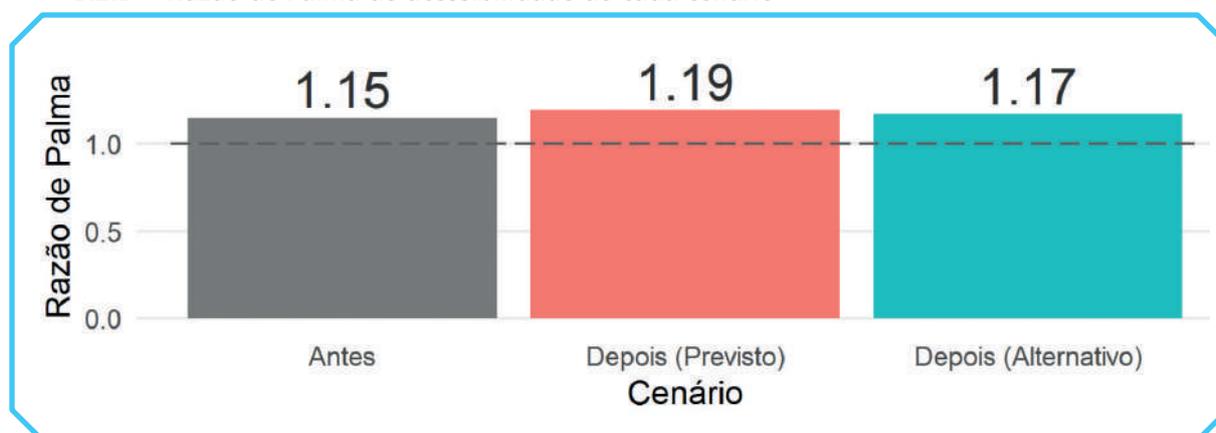
### FIGURA B.2

**Impactos da Linha Leste sobre a acessibilidade a escolas considerando a integração entre a bicicleta e o transporte público em diferentes cenários de intervenção no transporte público de Fortaleza**

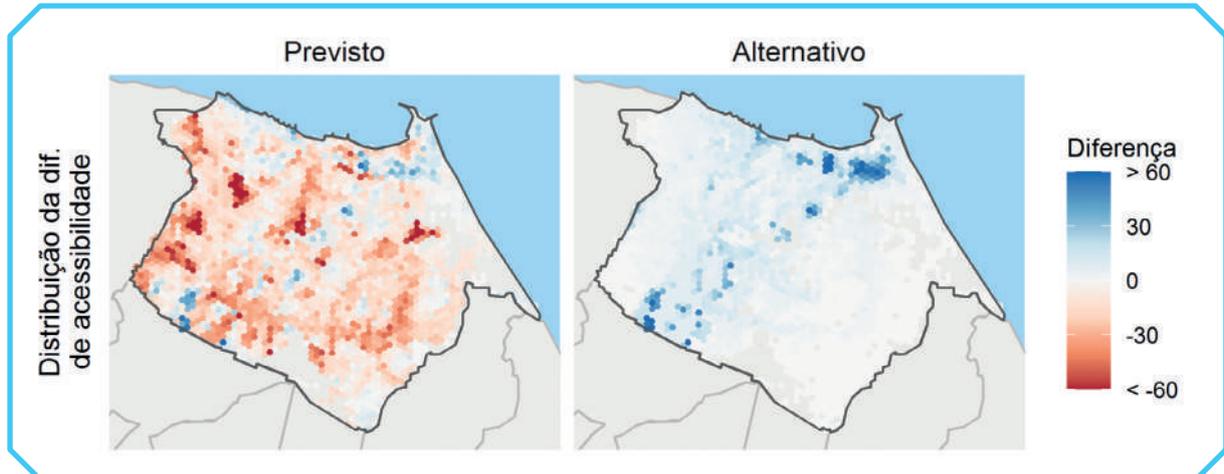
B.2.A – Distribuição espacial de acessibilidade em até sessenta minutos de viagem



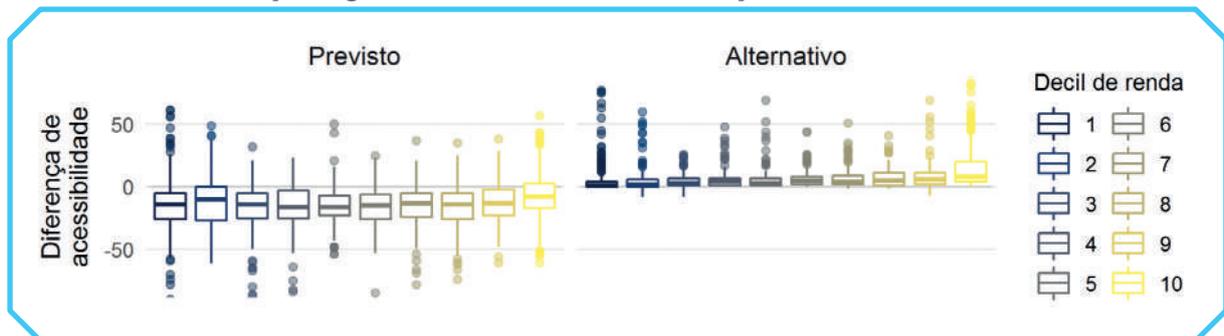
B.2.B – Razão de Palma de acessibilidade de cada cenário



## B.2.C – Distribuição espacial da diferença de acessibilidade entre cenários



## B.2.D – Distribuição segundo nível de renda da diferença de acessibilidade entre cenários



Elaboração dos autores.

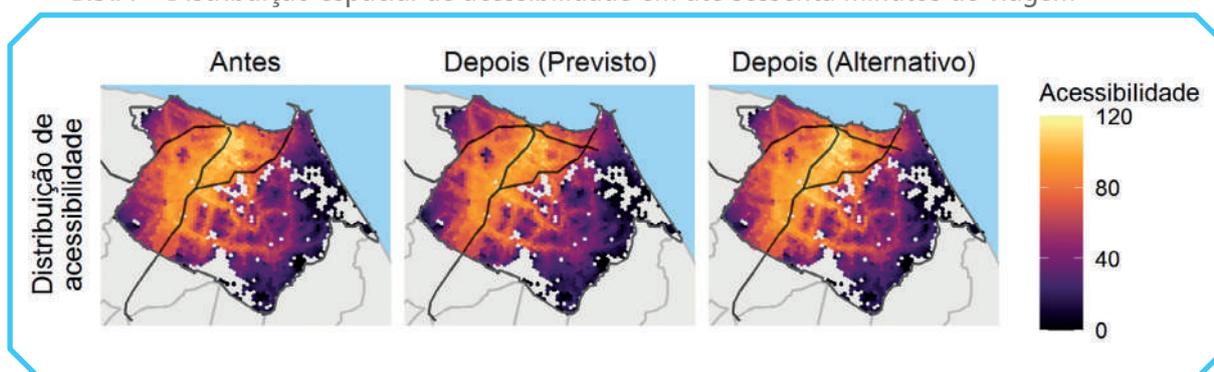
Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

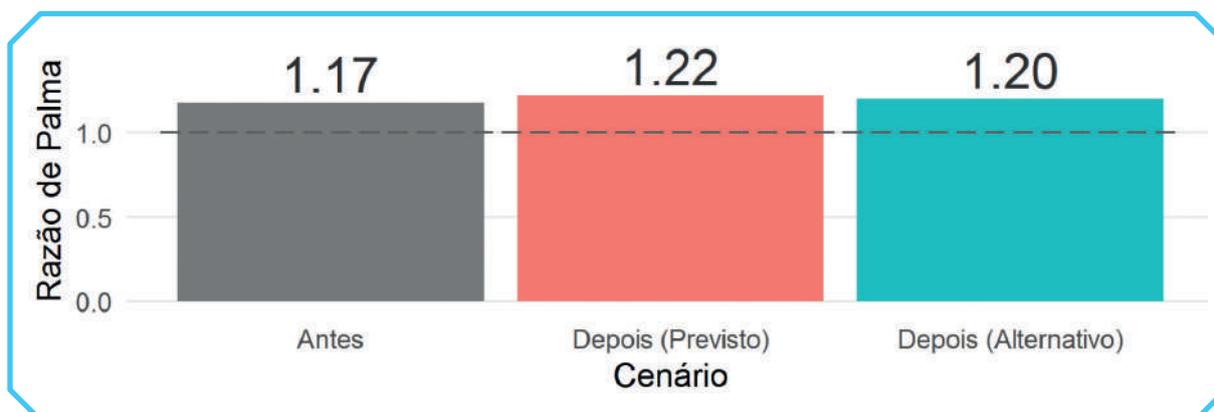
**FIGURA C.3**

Impactos da Linha Leste sobre a acessibilidade a saúde básica considerando a integração entre a bicicleta e o transporte público em diferentes cenários de intervenção no transporte público de Fortaleza

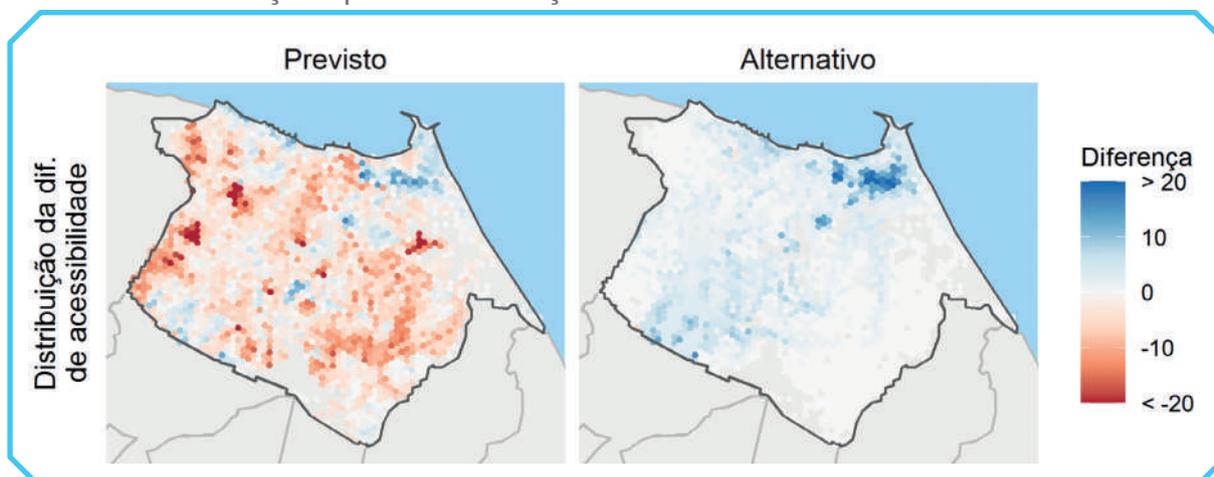
B.3.A – Distribuição espacial de acessibilidade em até sessenta minutos de viagem



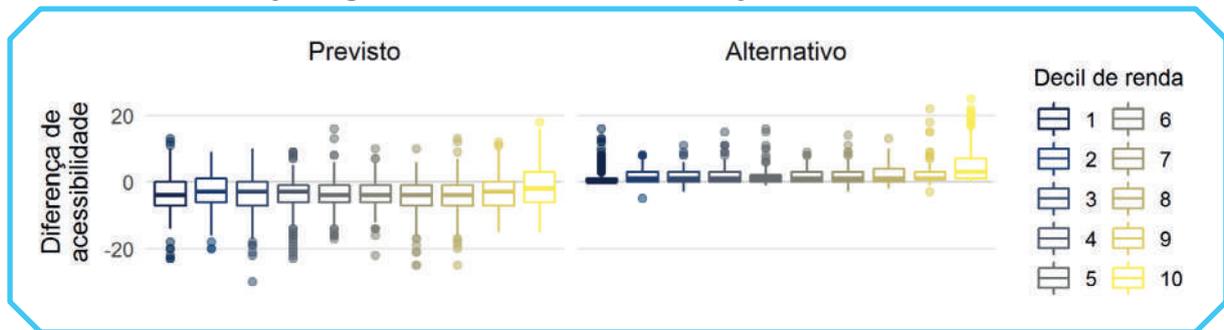
B.3.B – Razão de Palma de acessibilidade de cada cenário



B.3.C – Distribuição espacial da diferença de acessibilidade entre cenários



## B.3.D – Distribuição segundo nível de renda da diferença acessibilidade entre cenários



Elaboração dos autores.

Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.

2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

## APÊNDICE C

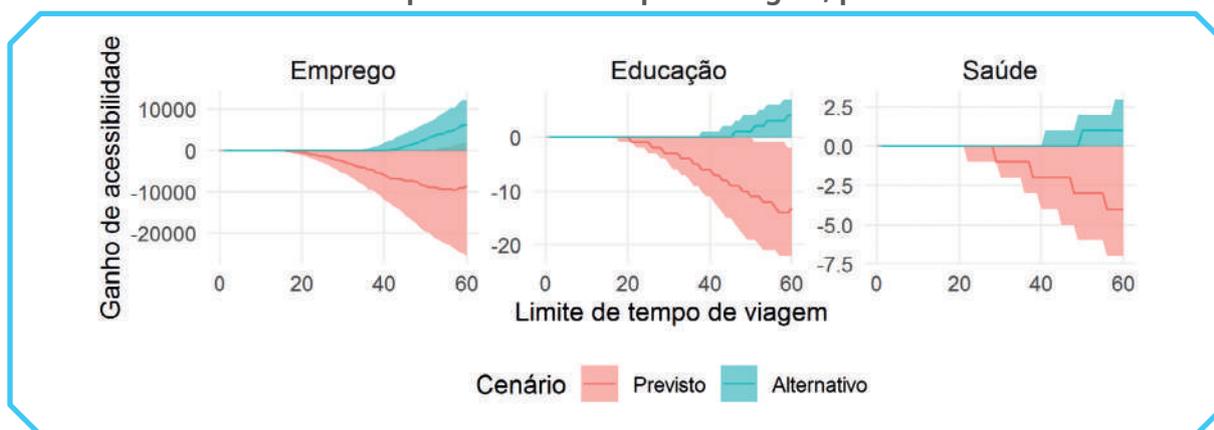
## SENSIBILIDADE DE RESULTADOS PARA DIFERENTES TEMPOS DE VIAGEM

O gráfico C.1 mostra o ganho médio de acessibilidade (eixo y) para cada uma das atividades, em relação à variação do limite do tempo de viagem (eixo x). Primeiramente, observa-se que em geral o cenário alternativo apresenta uma melhora da acessibilidade, enquanto o cenário previsto diminui. Essa tendência de ganho/perda começa a se mostrar visível a partir do tempo limite de vinte minutos para o cenário previsto, enquanto que para o alternativo a partir de quarenta minutos. Isso pode ser explicado pela grande abrangência das reformas propostas no sistema de ônibus no cenário previsto, em que toda a cidade vai ser impactada de alguma forma por algum corte de serviço. O cenário alternativo, por ser reservado às intervenções nas quatro linhas de alta capacidade, tem um impacto que somente é observado após quarenta minutos de tempo de viagem.

Outro ponto a ser destacado é a amplitude das distribuições de ganho/perda de acessibilidade. A amplitude de perda para o cenário previsto é em geral bem maior do que a amplitude de ganho para o cenário alternativo. Isso indica que as mudanças promovidas pelo cenário previsto impactam negativamente a acessibilidade de forma mais geral.

## GRÁFICO C.1

Ganho de acessibilidade por limite de tempo de viagem, para cada atividade



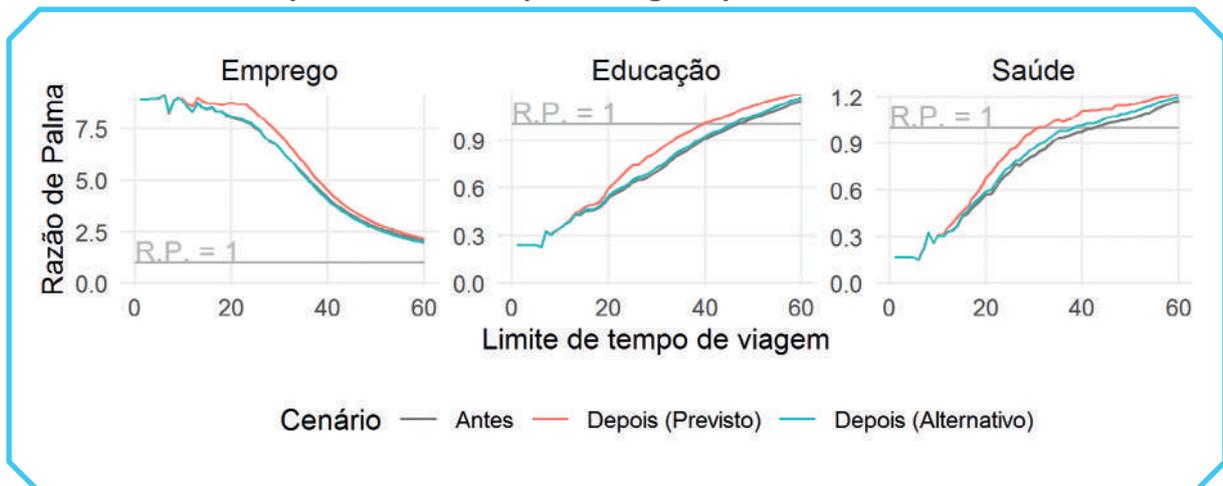
Elaboração dos autores.

- Obs.: 1. Cenário previsto inclui implementação da nova Linha Leste do metrô, melhorias nas demais linhas do metrô e VLT e alteração das operações de ônibus previstas no Pasfor. O cenário alternativo inclui apenas a nova Linha Leste do metrô e melhorias nas demais linhas do metrô e VLT.
2. Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).
3. A área sombreada em torno da curva da mediana é delimitada pelos valores do primeiro quartil da distribuição de ganhos de acessibilidade, abaixo, e do terceiro quartil, acima.

Por sua vez, o gráfico C.2 mostra como a Razão de Palma varia com o aumento do limite de tempo de viagem da acessibilidade cumulativa, para cada atividade. O padrão de variação é destacadamente diferente de empregos para educação e saúde. Para empregos, para limites de tempo pequenos, localidades periféricas ainda não alcançam o centro da cidade, o que faz com que o ganho seja concentrado para populações mais ricas, causando assim um alto índice de desigualdade. À medida que o tempo limite cresce, regiões mais pobres começam a se beneficiar, fazendo com que o índice caia, estabilizando próximo de 2.5. Para educação e saúde, o cenário observado é invertido, principalmente por conta da distribuição espacial dessas atividades, que são mais distribuídas no território. Em todos os casos, no entanto, o cenário previsto com Linha Leste mais Pasfor tem impacto levemente regressivo, aumentando a desigualdade de acesso a oportunidades considerando-se viagens a partir de vinte minutos.

### GRÁFICO C.2

Razão de Palma por limite de tempo de viagem, para cada atividade



Elaboração dos autores.

Obs.: Figura cujos leiaute e textos não puderam ser padronizados e revisados em virtude das condições técnicas dos originais (nota do Editorial).

# Ipea – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

## EDITORIAL

### **Chefe do Editorial**

Aeromilson Trajano de Mesquita

### **Assistentes da Chefia**

Rafael Augusto Ferreira Cardoso

Samuel Elias de Souza

### **Supervisão**

Camilla de Miranda Mariath Gomes

Everson da Silva Moura

### **Revisão**

Alice Souza Lopes

Amanda Ramos Marques

Ana Clara Escórcio Xavier

Clícia Silveira Rodrigues

Idalina Barbara de Castro

Olavo Mesquita de Carvalho

Regina Marta de Aguiar

Reginaldo da Silva Domingos

Brena Rolim Peixoto da Silva (estagiária)

Nayane Santos Rodrigues (estagiária)

### **Editoração**

Anderson Silva Reis

Cristiano Ferreira de Araújo

Danielle de Oliveira Ayres

Danilo Leite de Macedo Tavares

Leonardo Hideki Higa

### **Capa**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

### **Projeto Gráfico**

Aline Cristine Torres da Silva Martins

*The manuscripts in languages other than Portuguese published herein have not been proofread.*

## **Missão do Ipea**

Aprimorar as políticas públicas essenciais ao desenvolvimento brasileiro por meio da produção e disseminação de conhecimentos e da assessoria ao Estado nas suas decisões estratégicas.



**ipea** Instituto de Pesquisa  
Econômica Aplicada

MINISTÉRIO DO  
DESENVOLVIMENTO REGIONAL

MINISTÉRIO DA  
ECONOMIA

