

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
Faculdade de Arquitetura
Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional

FRANCISCO MINELLA PASQUAL

**APLICATIVOS DE TRANSPORTE E EQUIDADE NO TRANSPORTE URBANO:
ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE**

Porto Alegre

2022

FRANCISCO MINELLA PASQUAL

**APLICATIVOS DE TRANSPORTE E EQUIDADE NO TRANSPORTE URBANO:
ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Planejamento Urbano e Regional pelo Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Celso Borello Vargas

Porto Alegre

2022

CIP - Catalogação na Publicação

Pasqual, Francisco Minella
APLICATIVOS DE TRANSPORTE E EQUIDADE NO TRANSPORTE
URBANO: ESTUDO DE CASO EM PORTO ALEGRE / Francisco
Minella Pasqual. -- 2022.
127 f.
Orientador: Julio Celso Borello VARGAS.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa
de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional,
Porto Alegre, BR-RS, 2022.

1. aplicativos. 2. ride-sourcing. 3.
acessibilidade. 4. equidade. 5. desigualdade. I.
VARGAS, Julio Celso Borello, orient. II. Título.

FRANCISCO MINELLA PASQUAL

**Aplicativos de transporte e equidade no transporte urbano:
estudo de caso em Porto Alegre**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de mestre em Planejamento
Urbano e Regional pelo Programa de Pós-
graduação em Planejamento Urbano e Regional
da Faculdade de Arquitetura da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Júlio Celso Borello Vargas

Aprovado em: Porto Alegre, 30 de setembro de 2022.

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Júlio Celso Borello Vargas
PROPUR/UFRGS

Prof. Dr. Eber Marzulo
PROPUR/UFRGS

Prof.^a Dr.^a Clarice Maraschin,
PROPUR/UFRGS

Rafael Henrique Moraes Pereira, PhD
Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea)

Dr. Thiago Guimarães Rodrigues
WRI Brasil

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço ao meu pai Joil e à minha mãe Kátia pela educação e criação afetuosa e instigante que sempre me proporcionaram. A esperança de um mundo mais justo e a inquietude de tentar melhorá-lo vem de vocês, assim como o apreço pela universidade pública.

A minha irmã Luzia, meu cunhado Rafael e meu afilhado Antônio eu agradeço o apoio e incentivo de sempre. Sou grato pela compreensão, pelo apoio incondicional e por entenderem as eventuais faltas aos almoços de família nos domingos.

Ao professor Júlio Vargas pela orientação no trabalho, pelo direcionamento preciso e por sempre me instigar e fazer a paixão pela pesquisa crescer cada vez mais.

Aos demais docentes do Programa, que tiveram de se adaptar à realidade difícil a que fomos obrigado a viver nos últimos anos de pandemia.

Aos colegas de mestrado do PROPUR, que compartilharam comigo este período tão diferente do que esperávamos três anos atrás, quando ingressamos, e que também conseguiram chegar até aqui mesmo com condições tão adversas.

Aos meus colegas de trabalho do WRI Brasil pelo apoio, compreensão e proporcionar a possibilidade de conciliar trabalho e mestrado.

Aos amigos Pietro, Da Costa, Mariana e Pedro pela parceria próxima em todo o processo e companhias em mesa de bar para conversas jogada pra fora ou pra dentro. Às amigas Débora e Letícia pelos ouvidos e ombros sempre prontos e pelas noites de Palacete que tanto marcaram este período. À Laura, cuja aproximação nos momentos mais complicados sempre foi essencial. Aos amigos mais antigos, Bruno Cuca, Ricardo, Henrique, Luisa, entre tantos outros, e aos mais recentes, Bruno “Link” e Mamat, pelo afeto e presença em momentos diferentes. Às demais amigas e amigos dos grupos Tecnobloco e Dose de Reforço, a vida é mais fácil e mais divertida ao lado de vocês. Aos amigos de arquibancada de Beira-Rio e ao Sport Club Internacional, por ser refúgio (não só físico), e por vezes o único escape possível.

A Alexia, pela presença que me invadiu e contagiou nos últimos meses. Por mostrar que não existe momento errado quando a certeza existe.

Ao meu gato, Ignacio “Nacho”, meu parceiro de escrita e companhia de todos os dias do último ano, tua presença foi o meu motor.

*“Be moving on
Keep moving on
That’s all for now”
(Smith Payseur)*

RESUMO

Os aplicativos de transporte foram responsáveis por significativas mudanças no padrão de deslocamento da população e na dinâmica da mobilidade urbana dos grandes centros urbanos na última década. Embora levantassem preocupações iniciais quanto a impactos negativos na mobilidade, a ampla oferta de veículos e a abrangência do serviço poderiam gerar um ganho na acessibilidade urbana de grupos residentes em regiões mal servidas pelo transporte tradicional, causando assim um aumento na equidade no transporte urbano. Contudo, o preço das viagens, alto e muitas vezes incerto, pode limitar este aumento. Enquanto os estudos a respeito de aplicativos geralmente buscam entender o seu impacto sobre o trânsito, relações com a equidade foram pouco exploradas. Por outro lado, a literatura de acessibilidade pouco incorporou os aplicativos em suas análises, e não costuma considerar o custo monetário das viagens como um componente. A fim de preencher estas lacunas, o estudo tem como objetivo identificar como os aplicativos impactam a equidade no transporte urbano através da medição do seu impacto sobre a acessibilidade às principais oportunidades de trabalho, educação, saúde, lazer e compras em Porto Alegre. A proposta é avaliar tanto o aumento potencial na acessibilidade oferecido pela simples presença e alcance do serviço, através do indicador de oportunidades cumulativas, quanto a variação da acessibilidade que considera a capacidade concreta de pagamento da população, através de um indicador de “acessibilidade baseada em tempo e custo”. A aplicação dos índices de desigualdade de Gini e Palma sobre as distribuições de acessibilidade baseada em tempo e acessibilidade baseada em tempo e custo provida pelos aplicativos e a comparação com outros meios de transporte permite avaliar o quanto os aplicativos contribuem para a equidade na mobilidade urbana. Os resultados apontam que os aplicativos promovem um aumento esperado na acessibilidade baseada em tempo de toda a cidade, porém, para as viagens mais frequentes (trabalho e estudo), aumentam a desigualdade, pois somente a população de alta renda consegue arcar com os preços. Os aplicativos são uma alternativa viável para deslocamentos de caráter eventual, mesmo para a população de baixa renda e periférica, ao trazer uma acessibilidade baseada em tempo e custo mais igualitária do que os demais modos. Assim, conclui-se que este serviço não promove um aumento equilibrado da acessibilidade urbana, gerando um impacto negativo na desigualdade. O trabalho contribui para o planejamento urbano ao analisar os resultados do ingresso dos aplicativos sob o ponto de vista da justiça e da equidade, lançando luz sobre um aspecto até então não abordado do problema.

Palavras-chave: aplicativos; *ride-sourcing*; acessibilidade; equidade; desigualdade.

ABSTRACT

Transportation apps (ride-sourcing) were responsible for significant changes in the mobility patterns of the population and in the dynamics of transport in major cities in the last decade. Although they raised initial concerns regarding negative impacts on urban mobility, the wide offer of vehicles and coverage of the service could generate a gain in urban accessibility for groups that live in regions poorly served by traditional transport, thus causing an increase in equity in urban transport. However, the costly - and often uncertain - price of the service may limit this increase. While studies on ride-sourcing generally seek to understand their impact on traffic, its relations with equity have been little explored. On the other hand, the accessibility literature has barely incorporated the apps in its analysis, and not always considers monetary costs of travel as a central component. In order to fill these gaps, this study seeks to identify how ride-sourcing impact equity in urban transport by measuring its impact on accessibility to the main opportunities related to work, education, health, leisure, and shopping in the city of Porto Alegre, Brazil. The proposal is to evaluate both the potential increase in accessibility offered by the simple presence and range of the service, through the a cumulative opportunities indicator, and the variation in accessibility that considers the population's concrete ability to pay for the service, through a "time and cost based accessibility" indicator. The application of Gini and Palma inequality indexes on the time-based and time and cost-based accessibility distributions provided by ride-sourcing and the comparison with other transportation modes allows us to assess how much ride-sourcing contribute to equity in urban mobility. Results show that apps provide an expected increase in the potential accessibility of the entire city, however, for more frequent trips (work and study), they increase inequality, as only high-income population can afford the prices of the service. Although, apps are a viable alternative for occasional travel, even for the low-income and peripheric population, as they bring more equal time and cost-based accessibility indexes than other modes. Thus, we conclude that transportation apps do not promote a balanced increase in urban accessibility, overall generating a negative impact on inequality. The work contributes to urban planning by analyzing the impact of the entry of ride-sourcing from an equity and justice point of view, shedding a light on a previously not addressed aspect of the problem.

Keywords: transportation apps, ride-sourcing, accessibility, equity, inequality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Exemplo de isócrona.....	24
Figura 2: Representação gráfica do índice de Gini.....	26
Figura 3: Esquema da metodologia do estudo.....	32
Figura 4: Número de vínculos empregatícios por hexágono de acordo com aproximação pelos dados da RAIS.....	34
Figura 5: Distribuição espacial das oportunidades consideradas no trabalho	36
Figura 6: Trecho de base de dados gerada a partir da função <code>detailed_itinéraires</code> do <code>r5r</code>	40
Figura 7: Padrão de ocupação e principais vias de Porto Alegre nos séculos XIX e XX	46
Figura 8: Avenidas arteriais de nível 1 (vermelho) e 2 (azul).....	47
Figura 9: Mapa de densidades e sistema viário estrutural de Porto Alegre.....	48
Figura 10: Imagens de satélite de diferentes regiões de Porto Alegre.....	49
Figura 11: Fotos de ruas em diferentes regiões de Porto Alegre.....	50
Figura 12: Localização das diferentes regiões dos exemplos anteriores	51
Figura 13: Renda média mensal per capita de Porto Alegre, por decil.	52
Figura 14: Divisão modal de Porto Alegre.....	53
Figura 15: Divisão modal das cidades brasileiras com mais de 1 milhão de habitantes	54
Figura 16: Divisão territorial de Porto Alegre em bairros.....	55
Figura 17: Distribuição e estatística espacial das oportunidades consideradas na análise.....	57
Figura 18: Bounding boxes, círculos de distância padrão e pontos médios de todas as categorias de oportunidades.....	58
Figura 19: Áreas (em km ²) das bounding boxes e dos círculos de distância padrão de cada categoria de destinos.....	58
Figura 20: Região central e principais avenidas (com buffer de 100m).....	59
Figura 21: Distância média e desvios padrão de todas as oportunidades por decil de renda ...	64
Figura 22: Intervalos dos testes simultâneos de Tukey para diferenças de distâncias médias de todas as oportunidades por pares de decis de renda.	65
Figura 23: Localização dos dois agrupamentos de renda.	66
Figura 24: Distância média e desvio padrão de todas as oportunidades por agrupamento de renda	67
Figura 25: Tempos médios de viagem de aplicativo por motivo.	68
Figura 26: Tempos médios de viagem de transporte público por motivo.	69
Figura 27: Tempo médio das viagens de aplicativo por motivo por decil de renda.....	70
Figura 28: Tempo médio das viagens de transporte público por motivo por decil de renda...	71
Figura 29: Percentual de oportunidades acessíveis em 15 minutos a pé.	73
Figura 30: Percentual médio de oportunidades acessíveis a pé em 15 minutos por motivo e decil de renda.....	74
Figura 31: Percentual de oportunidades acessíveis em 15 minutos por bicicleta.....	76
Figura 32: Percentual médio de oportunidades acessíveis de bicicleta em 15 minutos por motivo e decil de renda.....	77
Figura 33: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por TP.	79
Figura 34: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.	80
Figura 35: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP fora-pico.....	82
Figura 36: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público em 30 minutos por motivo e decil de renda.....	83
Figura 37: Hexágonos onde a acessibilidade baseada em tempo a empregos em 30 minutos por transporte público é superior à acessibilidade baseada em tempo e custo (em amarelo)...	84

Figura 38: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por TP hora-pico.	86
Figura 39: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.	87
Figura 40: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por app.	89
Figura 41: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.	90
Figura 42: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app.	92
Figura 43: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo de aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.	93
Figura 44: Hexágonos onde a acessibilidade baseada em tempo é superior à baseada em tempo e custo para viagens por aplicativo com destino a centros de empregos, 30 minutos... 96	
Figura 45: Curvas de Lorenz dos Índices de Gini das distribuições de acessibilidade por app.	98
Figura 46: Valores dos Índices de Gini e Palma das distribuições por motivo de viagem 99	
Figura 47: Valores dos Índices de Gini das distribuições de acessibilidade do aplicativo 102	
Figura 48: Valores das Medidas de Palma das distribuições de acessibilidade do aplicativo.	102
Figura 49: Percentual de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP com combinação de motivos.	104
Figura 50: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	105
Figura 51: Percentual de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app com combinação de motivos.	106
Figura 52: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	107
Figura 53: Índices de Gini das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens utilitárias com combinação de motivos.....	108
Figura 54: Razões de Palma das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens utilitárias com combinação de motivos.....	108
Figura 55: Percentual de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP com combinação de motivos.	109
Figura 56: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	110
Figura 57: Percentual de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app com combinação de motivos.	111
Figura 58: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	112
Figura 59: Índices de Gini das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens complementares com combinação de motivos.....	113
Figura 60: Razões de Palma das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens complementares com combinação de motivos.....	113

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Distribuição percentual de viagens por motivos.....	41
Tabela 2: Número de viagens por mês por motivo de viagem	42
Tabela 3: Número de viagens por mês e percentual da renda dedicado por motivos “utilitários”	43
Tabela 4: Número de viagens por mês e percentual da renda dedicado por motivos “complementares”	43
Tabela 5: Número absoluto e percentual de oportunidades no entorno das principais avenidas e/ou dentro da Região Central.	60
Tabela 6: Índices do vizinho mais próximo para as oportunidades.....	61
Tabela 7: Distância média das oportunidades de cada motivo por decil de renda	63
Tabela 8: Distância média das oportunidades de cada motivo para cada grupo de renda.....	66
Tabela 9: Tempo médio das viagens de aplicativo para cada motivo por decil de renda.	70
Tabela 10: Tempo médio das viagens de transporte público para cada motivo por decil de renda.	71
Tabela 11: Percentual médio de oportunidades acessíveis a pé em 15 minutos por motivo e decil de renda.....	75
Tabela 12: Percentual médio de oportunidades acessíveis de bicicleta em 15 minutos por motivo e decil de renda.....	78
Tabela 13: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.	81
Tabela 14: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.	83
Tabela 15: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.	87
Tabela 16: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.	88
Tabela 17: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.	90
Tabela 18: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo de aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.	94
Tabela 19: Diferença entre o percentual de oportunidades acessíveis por tempo e por tempo e por custo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.....	94
Tabela 20: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	105
Tabela 21: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	106
Tabela 22: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	110
Tabela 23: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.....	111

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
1 INTRODUÇÃO	12
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESE	15
1.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA	16
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 ABORDAGENS DE JUSTIÇA SOCIAL E EQUIDADE NO CONTEXTO DAS CIDADES E DO TRANSPORTE URBANO	17
2.2 EQUIDADE E ACESSIBILIDADE	19
2.3 CONCEITO E MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE	22
2.4 MEDIDAS DE DESIGUALDADE:	25
2.4.1 Índice de Gini.....	26
2.4.2 Medida de Palma	27
2.5 APLICATIVOS DE TRANSPORTE	28
3 METODOLOGIA	31
3.1 DADOS DE ORIGEM E DESTINO	32
3.2 DADOS DE TRANSPORTE	36
3.3 MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE	37
3.3.1 Acessibilidade baseada em tempo	37
3.3.2 Acessibilidade baseada em tempo e custo.....	40
3.4 MEDIDAS DE DESIGUALDADE	43
3.4.1 Índices de Gini	43
3.4.2 Razão de Palma.....	44
3.5 LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA	44
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – PORTO ALEGRE/RS	45
4.1.1 Contexto geral.....	45
4.1.2 Panorama do sistema de transportes.....	52
4.1.3 Divisão de bairros	54
4.2 DISTRIBUIÇÃO DAS OPORTUNIDADES	56
4.2.1 Centros de empregos	61
4.2.2 Universidades	61
4.2.3 Hospitais	62
4.2.4 Parques	62
4.2.5 Shopping centers e supermercados.....	62
4.3 MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE	63
4.3.1 Distância média.....	63
4.3.2 Tempo médio de viagem.....	67
4.3.3 Oportunidades cumulativas.....	72
4.3.3.1 Deslocamentos a pé	72
4.3.3.2 Bicicleta	75
4.3.3.3 Transporte Público (fora-pico)	78
4.3.3.3.1 <i>Acessibilidade baseada em tempo</i>	78
4.3.3.3.2 <i>Acessibilidade baseada em tempo e custo</i>	81
4.3.3.4 Transporte Público (hora-pico)	85
4.3.3.4.1 <i>Acessibilidade baseada em tempo</i>	85

4.3.3.4.2	<i>Acessibilidade baseada em tempo e custo</i>	87
4.3.3.5	Aplicativos	88
4.3.3.5.1	<i>Acessibilidade baseada em tempo</i>	88
4.3.3.5.2	<i>Acessibilidade baseada em tempo e custo</i>	91
4.4	MEDIDAS DE DESIGUALDADE	97
4.5	ANÁLISE COM COMBINAÇÃO DE MOTIVOS DE VIAGEM	103
4.5.1	Deslocamentos utilitários	104
4.5.1.1	Transporte público	104
4.5.1.2	Aplicativos	106
4.5.1.3	Medidas de desigualdade	107
4.5.2	Deslocamentos complementares	109
4.5.2.1	Transporte público	109
4.5.2.2	Aplicativos	110
4.5.2.1	Medidas de desigualdade	112
5	CONCLUSÕES	114
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DE PESQUISA

A desigualdade nas cidades é um tema de estudo recorrente dentro do planejamento urbano há pelo menos 60 anos (FAINSTEIN, 2014). Entre as principais dimensões da desigualdade urbana podem ser citadas moradia adequada, provisão de serviços básicos como água, eletricidade e saneamento, exposição a riscos ambientais e o transporte. A possibilidade de acessar destinos de interesse, seja para trabalhar, estudar, fazer compras ou ter contato com a natureza, por exemplo, é parte essencial da vida dos cidadãos, e é ligada tanto ao uso do solo (onde se localizam as atividades e serviços e onde moram as pessoas) quanto ao transporte (a rede que interliga as pessoas aos locais). É a partir desta dinâmica entre uso do solo e transporte que nasce o conceito de **acessibilidade**, utilizado nos campos do planejamento, geografia e outras disciplinas do espaço para descrever a facilidade com que as pessoas conseguem atingir os principais destinos das cidades.

A acessibilidade, uma vez que descreve o quanto as pessoas conseguem interagir com a cidade e as oportunidades que ela oferece, é um objeto importante para descrever como a desigualdade se manifesta neste meio. Assim, passou a ser estudada no âmbito da “justiça nos transportes” ou “justiça na mobilidade”, conceitos que vêm se consolidando na academia na última década (GÖSSLING, 2016; VERLINGHIERI; SCHWANEN, 2020).

Esta busca pela justiça no âmbito dos deslocamentos nas cidades pode ser identificada em, ao menos, três dimensões: exposição a riscos, distribuição de espaço e tempo de transporte (GÖSSLING, 2016). A última delas se manifesta com grande disparidade nas cidades brasileiras - em deslocamentos a trabalho, trabalhadores de baixa renda fazem viagens, em média, 20% mais longas do que os mais ricos, e 19% dos mais pobres gastam diariamente mais de uma hora de viagem contra somente 11% dos mais ricos, nas principais regiões metropolitanas do país (PEREIRA; SCHWANEN, 2013). Estes tempos menores experienciados pela população de renda alta se dão, sobretudo, pela capacidade financeira de adquirir automóveis próprios, simultaneamente à de poder escolher uma melhor localização residencial, geralmente próxima de centralidades urbanas onde a maioria dos destinos de interesse – também chamados de “oportunidades” – costumam estar concentrados.

Apesar de ser considerado constitucionalmente como um “direito social” (BRASIL, 2015), a oferta do transporte público nas cidades brasileiras sempre foi limitada e de baixa qualidade (VASCONCELLOS, 2018). O crescimento acelerado e desordenado da população urbana na segunda metade do século XX fez com que os municípios tivessem de aumentar muito a oferta dos serviços de ônibus e, apesar de diversas iniciativas de introdução de corredores e faixas exclusivas a partir dos anos 1970, a realidade para a população ainda é de um serviço pouco confiável e com superlotação, sobretudo em horários de pico, e a população pobre, via de regra, precisa caminhar

grandes distâncias até um ponto e esperar muito por um veículo (VASCONCELLOS, 2018). Na última década, o aumento do desemprego somado ao surgimento de novas alternativas de transporte e, em 2020, à pandemia de Covid-19, agravaram a situação do transporte coletivo, gerando acentuadas quedas de demandas (e conseqüente aumento no preço das tarifas) em todas as capitais brasileiras (Associação Nacional das Empresas de Transporte, 2021). O serviço de táxi tradicional, por sua vez, tem baixa cobertura, altos preços e é considerado de baixa qualidade pela população.

Neste contexto de crise, chegaram ao Brasil, na metade da década de 2010, as empresas de transporte por aplicativo. São companhias privadas que têm como negócio oferecer um serviço individualizado porta-a-porta ativado através de um aplicativo para celulares com acesso à internet, buscando ocupar um nicho nos serviços de transportes urbanos.

Fundadas originalmente nos Estados Unidos, tais empresas não tardaram para expandir seus mercados bem como encontrar concorrentes em diversos países. Em poucos anos, a maioria das maiores cidades do mundo já tinham TNC's (*Transportation Network Companies*) em operação, algo que aconteceu no Brasil em 2014 com a chegada da empresa Uber nas cidades do Rio de Janeiro, São Paulo e Belo Horizonte (COSTA, 2019).

Esse fenômeno ocorreu em um momento histórico de intenso debate sobre a mobilidade urbana e a sustentabilidade, em um contexto de mudanças climáticas, transição energética e questionamento dos modelos de cidade e de transportes do Século XX, baseados na dispersão urbana e na extrema dependência dos veículos movidos a combustível fóssil. Preocupações com a saúde, a busca de "cidades para pessoas", diminuição de acidentes e revitalização dos ambientes urbanos apontam para soluções que passam pela diminuição da dependência do automóvel privado, para mais transporte ativo e transporte público de alta qualidade, confiável e baseado em fontes de energia limpas. Segundo Markard, Raven e Truffer (2012), tais mudanças nos padrões de consumo da população e de produção não acontecem com melhorias incrementais dos mesmos processos, e sim através de transformações sistêmicas, as chamadas "transições de sustentabilidade".

Os aplicativos se apresentaram como um serviço similar ao táxi convencional, porém com uma série de conveniências para os usuários (DUDLEY; BANISTER; SCHWANEN, 2017). Entre elas, a forma de solicitação (pelo aplicativo móvel), preços pretensamente mais atrativos (não existiam impostos e outras regulações estatais sobre o serviço) e vasta oferta de veículos, em todas as horas do dia (RAYLE et al., 2016).

Embora já levantasse preocupações iniciais quanto ao possível aumento no número de viagens realizadas por automóveis individuais e, conseqüentemente, impactos negativos no trânsito e em aspectos ambientais, havia publicidade e expectativa de uma nova e atraente alternativa de transporte, que promovesse a multimodalidade e complementasse o transporte público, especialmente nas grandes cidades. A longo prazo, era apontado que menos pessoas iriam adquirir um veículo próprio, pois os aplicativos supririam as suas necessidades de transporte (DIAO; KONG; ZHAO, 2021).

Este panorama, em teoria, levaria a um aumento nos níveis de acessibilidade, definida como “a habilidade das pessoas de atingir bens, serviços e atividades” (LEVINSON; KING, 2020, p. 17, tradução nossa). Em outras palavras, elevaria o número de destinos para os quais os cidadãos conseguem se transportar. Este aumento, se generalizado, poderia oferecer uma alternativa de transporte às pessoas que não possuem veículo próprio ou residem em regiões pouco servidas pelo sistema de transporte público convencional, tendo como consequência um possível aumento na equidade no transporte urbano e a redução nos níveis de exclusão social.

Nos países em desenvolvimento e, especificamente no Brasil, essa acessibilidade “diferencial” poderia fazer com que a população de baixa renda - historicamente desfavorecida pelas políticas de transporte e pela segregação espacial urbana - tivesse mais facilidade para acessar destinos de trabalho, educação, saúde e, lazer, e, assim, equiparar-se às classes médias e altas, que estariam apenas reforçando suas já boas opções de mobilidade através dos serviços dos aplicativos.

Certamente não se espera algum comprometimento deste tipo de iniciativa capitalista com a justiça na mobilidade e nem se pode exigir delas uma contribuição para cidades mais igualitárias. Porém, como é um serviço privado que faz uso de recursos públicos para operar, é necessário entender quais são os impactos causados por eles em diferentes âmbitos e, a partir deste entendimento, desenvolver ações que diminuam os seus efeitos negativos.

Após cerca de uma década de existência dos aplicativos, já é possível visualizar alguns dos seus efeitos na realidade da mobilidade e das cidades como um todo, embora o cenário ainda seja de incerteza, pois a disponibilização de dados (de viagens, custos, faturamento etc.) por parte das empresas ainda é deficiente, devido a preocupações com privacidade, proteção e uso comercial de dados. Na maioria dos países do mundo ela não acontece de forma efetiva, tornando mais difícil para o poder público e pesquisadores analisar os impactos do serviço e avaliar sua eventual contribuição para a sustentabilidade urbana, tanto de um ponto de vista fiscal e de regulação quanto de acessibilidade e equidade, que são o foco deste trabalho.

De qualquer maneira, estudos em diversos países vêm surgindo e convergem para afirmar que, na prática, os aplicativos estão agindo como concorrentes do transporte público (DIAO; KONG; ZHAO, 2021; ERHARDT et al., 2019; HENAO, 2017; TIRACHINI; GOMEZ-LOBO, 2020). Essa competição pode fazer com que o transporte público passe por quedas no nível de serviço e aumento na tarifa devido à demanda reduzida. Além disso, a fórmula com que os preços dos aplicativos são calculados, com variações ao longo do dia e tarifa "dinâmica" (variável) para equilibrar oferta e demanda e aumentar o faturamento das empresas, tornam mais caros os deslocamentos mais longos e em horário de pico, além de gerarem incertezas para o usuário, que não sabe exatamente quanto sua viagem irá custar até fazer o pedido (YOUNG; FARBER, 2019). Uma vez que a maioria das viagens casa-trabalho acontecem nestes horários e que a população de baixa renda pode não ser capaz de

agregar o *ride-hailing* à suas opções cotidianas de mobilidade, é questionável a contribuição dos aplicativos para a acessibilidade diferencial que leva à maior equidade.

A crescente literatura tem, em geral, centrado forças em avaliar os impactos dos aplicativos em indicadores específicos de mobilidade urbana como os congestionamentos e o uso de outros modos de transporte, bem como em aspectos políticos e regulatórios, deixando questões de equidade e justiça em segundo plano (YOUNG; FARBER, 2019). Por outro lado, são poucos estudos no tema da acessibilidade urbana que têm incorporado os aplicativos em suas análises, e além disso, são raros aqueles que incorporam o custo da viagem (para qualquer modo de transporte) como um componente central do problema, restringindo-se a utilizar os tempos de viagem como medida para calcular a acessibilidade (CUI; LEVINSON, 2018; EL-GENEIDY et al., 2016). Estudos de acessibilidade são uma área ampla e que está em ascensão no Brasil e no mundo, onde parte-se do princípio de avaliar a capacidade que as pessoas possuem de alcançar determinadas oportunidades (atividades, serviços, entre outras) através de uma série de metodologias (como análises de redes e modelos gravitacionais) que podem, eventualmente, envolver os chamados “custos generalizados” de viagens e incluir o preço da tarifa entre eles. (LEVINSON; KING, 2020; PEREIRA *et al.*, 2019).

Assim, esta pesquisa pretende abordar **os efeitos dos aplicativos de transporte sobre a equidade na mobilidade urbana**, endereçando questões de justiça social associadas à renda. Através de um estudo de caso na cidade de Porto Alegre, Brasil, propõe-se comparar a acessibilidade provida pelo transporte público, o transporte ativo (a pé e bicicleta) e os aplicativos a diferentes "oportunidades" urbanas como postos de trabalho, locais de educação, saúde, lazer e compras, e através de índices de desigualdade, aferir o quanto os aplicativos impactam a distribuição da acessibilidade para os distintos estratos socioeconômicos e, portanto, aumentam ou diminuem a equidade na cidade. A metodologia de análise de acessibilidade irá considerar o número de oportunidades acumuladas em diferentes limiares de distância, tempo e custo monetário, contrastando-o com a renda média de diferentes perfis de usuários residentes em diferentes regiões da cidade objeto de estudo.

Portanto, define-se como questão de pesquisa “como os aplicativos de transporte impactam a acessibilidade e a equidade na mobilidade urbana?”

1.2 OBJETIVOS E HIPÓTESE

O objetivo principal é **identificar o impacto dos aplicativos de transporte sobre a equidade na mobilidade urbana, a partir das mudanças na distribuição de acessibilidade entre as diferentes regiões da cidade.**

A partir disto, os objetivos específicos são:

- Calcular os níveis de acessibilidade a diferentes categorias de oportunidades a partir todas as regiões de Porto Alegre por viagens a pé, de bicicleta, por transporte público e aplicativo e identificar como eles se relacionam a indicadores de renda;
- Desenvolver um indicador de acessibilidade composto, considerando o custo de cada serviço em relação à capacidade de pagamento de diferentes estratos sociais, para além da simples quantificação de oportunidades acumuladas em diferentes distâncias e tempos de viagem;
- Contribuir com evidências que possam subsidiar regulamentações e políticas para tornar o serviço dos aplicativos de transporte mais sustentável e equitativo.

A hipótese principal do trabalho é: *Os aplicativos de transporte geram um aumento generalizado na acessibilidade baseada em tempo da cidade, porém, se tornam inviáveis como modo de transporte usual para os estratos sociais de renda mais baixa e que vivem em regiões periféricas, enquanto favorecem a média e alta renda, acentuando as desigualdades socioeconômicas e a desigualdade urbana.*

1.3 DELINEAMENTO DA PESQUISA

A estratégia de pesquisa adotada foi a do estudo de caso em uma cidade (Porto Alegre), a fim de realizar uma análise profunda e exaustiva do fenômeno, de maneira que permita um conhecimento amplo e detalhado, algo inviável mediante outras formas de delineamentos (GIL, 2010). A abordagem do problema será majoritariamente quantitativa, uma vez que utilizará de dados numéricos e de estatística para investigar o problema.

O trabalho está dividido em seis capítulos. Após a introdução e contextualização do problema de pesquisa é apresentada a revisão da literatura, seguida de um capítulo que descreve a metodologia do estudo empírico. O quarto capítulo apresenta os resultados e a discussão, e o quinto e último as conclusões e considerações finais.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O capítulo está dividido em cinco seções. A primeira aborda teorias de justiça social e equidade no contexto das cidades e do transporte, identificando elas se relacionam com a acessibilidade, explorada na segunda seção. Em seguida, esse conceito é aprofundado e são apresentadas diferentes métricas de como é possível medi-lo. A quarta parte trata de medidas de desigualdade e como elas podem servir para analisar diferenças de acessibilidade. A quinta e última seção traz um panorama da bibliografia sobre os aplicativos de transporte e como eles já foram associados a aspectos de justiça e equidade.

2.1 ABORDAGENS DE JUSTIÇA SOCIAL E EQUIDADE NO CONTEXTO DAS CIDADES E DO TRANSPORTE URBANO

A inclusão da noção de justiça em estudos urbanos é relativamente recente. Conforme apontado por Fainstein (2014), embora sempre tenha sido um tema relevante na filosofia política e outras áreas do conhecimento, foi só a partir da década de 1960 que pesquisadores começaram a criticar a dominância do positivismo na ciência e a incluir uma dimensão moral em seus trabalhos, abordando temas como a justiça social e direitos dos cidadãos. Diversos autores apontaram que as cidades são desiguais e oferecem diferentes condições e oportunidades para seus cidadãos (HARVEY, 1973; FAINSTEIN, 2014; GÖSSLING, 2016; MARCUSE, 2009).

Um dos principais conceitos formulados foi o “Direito à Cidade”, proposto por Henri Lefebvre em 1968. Marcuse (2009), trazendo uma interpretação contemporânea para a obra do autor francês, afirma que esse direito funciona como uma reivindicação e uma bandeira, e que pode ser utilizado tanto como slogan de demandas sociais como para formulações teóricas complexas. Segundo o autor, o Direito à Cidade:

É uma reivindicação moral, fundada em princípios fundamentais da justiça, da ética, da moralidade, da virtude, do bem. 'Direito' não significa uma reivindicação legal exequível por meio de um processo judicial hoje (embora isso possa ser parte da reivindicação como um passo na direção da realização do Direito à Cidade). Em vez disso, são vários direitos que são incorporados aqui (...) o direito a uma totalidade, a uma complexidade, na qual cada uma das partes faz parte de um único todo ao qual o direito é exigido (MARCUSE, 2009, p. 192-193, tradução nossa).

Este direito é demandado por aqueles que são oprimidos, uma vez que partes da sociedade sempre tiveram este Direito sendo obedecido. Além disso, é importante salientar que a cidade que está sendo reivindicada não é a existente, mas sim uma cidade “futura” que incorpore princípios como a justiça, equidade e democracia (MARCUSE, 2009).

Na mesma direção, Tavolari (2016), diz que o conceito do direito à cidade tem, desde sua gênese, um duplo-registro - uma faceta teórico-conceitual e outra prática-reivindicativa -, e essa configuração não foi perdida na atual retomada do conceito. Ainda, ela destaca a forte presença do conceito no Brasil, tanto na academia quanto por movimentos sociais:

Houve, no Brasil, uma combinação de concepções aparentemente pouco conciliáveis: um amálgama entre o direito à cidade, de Lefebvre, e a noção de luta por acesso a equipamentos de consumo coletivo por parte de movimentos sociais urbanos, desenvolvida por Castells. Essa hipótese ajuda a entender como um conceito pensado a partir do diagnóstico de uma nova miséria urbana, em que a satisfação de necessidades básicas já não aparecia como problema central, pôde encontrar tanta aceitação no contexto brasileiro (TAVOLARI, 2016, p. 98).

Este é um indicativo da pluralidade de significados que são associados ao direito à cidade, o que para alguns autores passou a ser interpretado como uma ausência de precisão conceitual e teria perdido o seu potencial crítico (TAVOLARI, 2016, p.103). A busca de uma definição precisa para o conceito, ou o que Lefebvre “quis dizer”, é uma temática recorrente na área, mas que não é e

provavelmente nunca será um consenso. O que é certo é que há uma multiplicidade de lentes pelas quais é possível interpretar o direito à cidade e o direito ao transporte - assim como o direito à moradia e à terra, por exemplo - é um importante constituinte do mesmo por várias destas interpretações.

De acordo com Pereira, Schwanen e Banister (2017), apesar da centralidade que a justiça e a equidade assumiram nos estudos de transporte urbano nas décadas recentes, há pouca clareza conceitual sobre o significado da justiça no contexto dos transportes. De fato, o questionamento acerca do que é justiça é complexo e não possui uma definição abrangente, e o mesmo vale para o conceito de **equidade**, que já foi entendido de diferentes formas e, em geral, não possui uma distinção clara do termo “justiça” na literatura acadêmica (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017). Uma das formas de pensar a justiça é a chamada “justiça distributiva”, que se refere à distribuição (ou alocação) de recursos, direitos e obrigações para a sociedade (COOK; HEGTVEDT, 1983).

Van Wee (2022) aponta que, na literatura de transportes, os termos justiça (*fairness*), equidade (*equity*) e ética (*ethics*) são utilizados de forma intercambiável para endereçar julgamentos morais. Para ele, diferenças em níveis de acessibilidade no interior das cidades são inevitáveis, por ser impossível prover o mesmo grau de acesso a todas as localizações para todas as pessoas. Porém, de acordo com as ideias do “suficientarismo”, outra abordagem de justiça distributiva, todas as pessoas deveriam ter um nível mínimo de acessibilidade para que não sofram de exclusão social, e que pessoas abaixo de certo nível devem ser tratadas com prioridade (VAN WEE, 2022).

Ainda segundo Pereira, Schwanen e Banister (2017, p.172) existem três perguntas centrais relacionadas a justiça distributiva que não podem ser respondidas isoladamente: *Quais benefícios e prejuízos devem ser distribuídos? Em quais princípios morais os padrões de distribuição devem se basear? Qual o padrão de distribuição mais justo?*. Existem diferentes teorias de justiça que buscam responder a estas perguntas, e duas das mais aplicáveis às cidades são a teoria do Igualitarismo de John Rawls (*egalitarianism*) e a “Abordagem das Capacidades” de Amartya Sen (*capabilities approach*) (FAINSTEIN, 2014; PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017).

A teoria da justiça de Rawls, embora não trate especificamente da temática urbana, influenciou muito o trabalho de pesquisadores da área. Os princípios básicos de sua abordagem são que os indivíduos devem ter a maior liberdade possível, desde que esta não prejudique a liberdade dos outros (FAINSTEIN, 2014; PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017) e o “princípio da diferença”:

Famosamente Rawls argumentou que a alocação de bens em uma sociedade deve ser regida pelo “princípio da diferença”, segundo o qual as políticas devem apenas melhorar a situação daqueles que estão em vantagem quando “fazer isso é uma vantagem para os menos afortunados.” (RAWLS, 1971, p.75 apud FAINSTEIN, 2014, p. 6, tradução nossa).

Este entendimento de justiça, que parte do princípio de que fatores arbitrários como ter nascido com uma deficiência física, em uma família pobre ou de uma minoria étnico-racial não deveriam influenciar nas chances e oportunidades da vida de uma pessoa, foi chamado de “justiça como

equidade” (*justice as fairness*), onde, frente a questões como distribuição de bens sociais, os indivíduos não devem ser tratados de forma igual pois são desiguais, cultural, econômica e socialmente (RAWLS, 1992). Ou seja, nesta interpretação, a equidade é uma forma de justiça que, em vez de tratar todas as pessoas de forma igual, reconhece as diferenças entre elas e as trata de maneira diferente, buscando priorizar aquelas que historicamente foram desfavorecidas (MENEZES, 2015).

A Abordagem de Capacidades (*capabilities approach*), por vezes abreviada como AC, originalmente desenvolvida por Sen (1992) e aprofundada por Nussbaum (2000), apresenta uma lista de capacidades centrais dos indivíduos que são responsáveis por garantir o mínimo de dignidade e a realização das necessidades humanas fundamentais (FAINSTEIN, 2014; ZEIFERT; STURZA, 2019). Esta abordagem possui, logo, preocupações similares às do suficientarismo. Tais capacidades “(..) são conjuntos de liberdades e oportunidades disponíveis para indivíduos escolherem e agirem, resultantes de uma combinação de habilidades pessoais e do ambiente político, social e econômico” (NUSSBAUM, 2011 apud. PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017, p. 175, tradução nossa).

Apesar de concordar com as concepções principais de Rawls, a Abordagem de Capacidades enfatiza que a distribuição de recursos ou de bens primários não bastam para promover a justiça social, mas sim a capacidade que as pessoas possuem de convertê-los em uma vida digna de ser vivida em sociedade, além de considerar a liberdade de escolha, o bem-estar e a vasta diversidade existente entre indivíduos (FAINSTEIN, 2014; LUZ; PORTUGAL, 2022; ZEIFERT; STURZA, 2019). Ainda, Fainstein (2014) coloca que esta abordagem enfatiza o que as pessoas têm oportunidade de fazer, ao invés de descrever como elas funcionam na prática. Diversos autores consideram a mobilidade como uma das capacidades básicas, devido à sua natureza que olha para a viabilidade de as pessoas cumprirem suas necessidades na sociedade (SEN, 2005; TYLER, 2006; VAN WEE, 2012).

2.2 EQUIDADE E ACESSIBILIDADE

A equidade é um conceito multidimensional e que pode ser aplicado às mais diversas áreas do conhecimento, prestando-se, nas ciências da cidade, para avaliar o sucesso de políticas públicas ou a efetividade da prestação de serviços específicos. Segundo Guimarães e Lucas (2019), o planejamento e a política de transportes envolvem reflexões sobre equidade em aspectos como o desenho dos sistemas, a definição de prioridades de investimento e a alocação de recursos.

O aspecto da alocação de recursos pode ser aprofundado com a reflexão de quais são os “recursos relacionados ao transporte” que são distribuídos de forma desigual, uma vez que a posse de veículos ou a proximidade a serviços e infraestrutura de transporte, por exemplo, não são o suficiente para que todas as pessoas se movam e cheguem a suas atividades desejadas (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017). Outros entendimentos quanto a o que são estes recursos perpassam estudos que analisam o comportamento de viagens entre diferentes segmentos sociais

(número de viagens e tempo gasto em transporte por dia, por exemplo) e a distribuição espacial de infraestrutura e serviços de transporte, entre outros (OHNMACHT; MAKSIM; BERGMAN, 2009; SANTOS; ANTUNES; MILLER, 2008).

Uma perspectiva mais promissora para endereçar o problema parece a de analisar desigualdades nos níveis de acessibilidade entre diferentes áreas e grupos sociais vivendo em cidades (PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017; GUIMARÃES; LUCAS, 2019). A acessibilidade é um conceito clássico da literatura de planejamento urbano, e pode ser definida, de forma geral, como “a capacidade que as pessoas possuem para alcançar serviços, atividades e bens” (HANSEN, 1959; LEVINSON; KING, 2020). Em outras palavras, acessibilidade é sobre as pessoas conseguirem chegar aos lugares - as chamadas oportunidades - onde poderão suprir suas necessidades, sejam elas de trabalho, educação, serviços públicos, entre outros

Embora diversos estudos afirmem que a **mobilidade** deve ser considerada uma das “capacidades básicas” do ser humano, uma série de autores vêm apontando que a **acessibilidade** é um conceito que melhor se adapta à Abordagem de Capacidades, uma vez que esta trata de fato da capacidade de atingir locais necessários para a vida individual e em comunidade, e não somente na capacidade genérica de se movimentar livremente (BEYAZIT, 2011; LUZ; PORTUGAL, 2022; PEREIRA; SCHWANEN; BANISTER, 2017; VECCHIO; MARTENS, 2021).

Pereira, Schwanen e Banister (2017, p. 182) argumentam que a ideia de mobilidade como uma capacidade deve ser expandida para um entendimento da acessibilidade como uma **capacidade combinada**, ou seja, uma interação entre capacidades internas (características sociais e pessoais) e o ambiente externo (estrutura urbana e de transporte). Luz e Portugal (2021) reforçam este entendimento:

O enquadramento da acessibilidade na abordagem de capacidades retira o foco da política de distribuição de recursos. A acessibilidade como uma capacidade humana reconhece a diversidade de necessidades e preferências dos indivíduos e as suas respectivas capacidades de converter recursos espaciais em resultados que eles valorizam. Tal conceituação fornece a base para uma abordagem pragmática da abordagem de capacidades ao planejamento de transportes inclusivo (LUZ E PORTUGAL, 2021, p. 518, tradução nossa).

Vecchio e Martens (2021) apontam que há uma tendência crescente na literatura de utilizar a AC para contextualizar justiça e transporte. Os autores conduziram uma revisão bibliográfica acerca do tema e propuseram uma conceituação de acessibilidade como capacidade, que “(...) promove não somente uma perspectiva mais compreensiva da Abordagem de Capacidades, mas também estabelece a base para um emprego pragmático da AC no planejamento de transportes (VECCHIO E MARTENS, 2021, p. 17).

Guimarães e Lucas (2019) apontam que estudos acerca da distribuição de acessibilidade a atividades essenciais entre diferentes regiões e estratos sociais proliferaram nas últimas décadas, e contribuíram para identificar relações entre desigualdade social e deficiências relacionadas ao

transporte. Pereira et al. (2019) também apontam para uma maior atenção que o tema da acessibilidade, associada à questão da exclusão social, vem recebendo no Brasil e no mundo nos últimos anos, a partir de melhorias na mensuração de acessibilidade a partir de métodos computacionais e a popularização de dados padronizados de transporte público como os arquivos GTFS (*General Transit Feed Specification*). Entre os estudos mais frequentes, pode-se apontar aqueles direcionados a fazer um diagnóstico da acessibilidade nas cidades e aqueles que buscam fazer avaliações do impacto de projetos de transporte (infraestrutura ou novos serviços, por exemplo) na equidade no acesso a oportunidades, medindo o impacto sob diferentes estratos sociais.

Slovic *et al.* (2019) conduziu um estudo sobre o acesso a empregos por transporte público em São Paulo, indicando que baixos valores de acessibilidade estão associados a áreas de pior condição socioeconômica, com baixa expectativa de vida e infraestrutura precária. Bittencourt, Giannotti e Marques (2021) compararam o acesso a locais de emprego para quatro capitais brasileiras, e encontraram que as classes mais altas e pessoas brancas possuem acessibilidade maior do que classes baixas e pessoas negras, e que cidades maiores são mais desiguais do que as menores.

Enquanto a maioria dos trabalhos olha para um único motivo de oportunidades (acessibilidade a vagas de emprego ou locais de educação, geralmente) um dos estudos mais completos de diagnóstico de acessibilidade em cidades brasileiras foi publicado por Pereira *et al.* (2019), como parte do projeto “Acesso a Oportunidades”, do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea). Nele, os autores fazem um retrato das desigualdades no acesso a empregos, serviços de saúde e educação por transporte ativo para as 20 maiores cidades brasileiras, e por transporte público para sete (sendo Porto Alegre uma delas), combinando com dados socioeconômicos de renda e raça/cor (PEREIRA et al., 2019). Os resultados revelam que, em todas as cidades, o efeito combinado de concentração de atividades nas regiões centrais e conectividade da rede de transportes leva inevitavelmente a que áreas próximas aos centros das cidades tenham alta acessibilidade, e as periferias valores baixos (PEREIRA et al., 2019). Além disso, a população branca e de renda alta tem maior acessibilidade do que a população negra e de baixa renda, para todos os motivos de viagem e modos de transporte, em todas as cidades estudadas (PEREIRA et al., 2019). Segundo estudos de acessibilidade conduzidos com metodologias similares em 117 cidades de 16 países por Wu *et al.* (2021) as cidades brasileiras são comparáveis às estadunidenses, australianas e do leste europeu com os piores indicadores de acesso em viagens a trabalho de até 30 minutos por transporte público, enquanto as cidades chinesas e europeias possuem os melhores indicadores.

Guimarães (2011) desenvolveu indicadores de exclusão social e acessibilidade a oportunidades de trabalho para a avaliação de projetos de transporte e os aplicou na Região Metropolitana de São Paulo, identificando que a construção de uma linha de metrô planejada melhoraria mais a acessibilidade de moradores de áreas centrais do que a dos residentes de regiões com alta exclusão social. Já Pereira *et al.*, 2018 identificaram que os potenciais ganhos de

acessibilidade associados às obras de transporte da Copa do Mundo de 2014 e das Olimpíadas de 2016 no Rio de Janeiro foram compensados por reduções no nível de serviço dos ônibus municipais, fazendo com que as desigualdades de acesso a oportunidades fossem aumentadas em vez de reduzidas. Pacheco (2019) identificou que o programa habitacional Minha Casa Minha Vida reduziu o acesso dos beneficiários do programa a locais de trabalho no Rio de Janeiro entre 2014 e 2017, uma vez que alterações no sistema de transporte foram conduzidas paralelamente.

Apesar de compreenderem as principais cidades do país e oportunidades de diferentes tipos, os estudos mencionados não consideram nenhum componente relacionado ao custo das viagens (tanto monetário quanto generalizado) e também não incorporam o transporte motorizado individual às análises. Estes, que pesem os impactos negativos e a inviabilidade de aquisição para grande parte da população, podem ser uma alternativa, por meio dos aplicativos ou até mesmo do táxi convencional.

Recentemente, Herszenhut *et al.*, 2021 incorporou a tarifa do transporte público no fator de impedância de uma medida de oportunidades cumulativas, analisando então a equidade da distribuição espacial da acessibilidade a empregos na cidade do Rio de Janeiro. Os resultados indicam que, quanto maior a restrição orçamentária considerada, maior é o déficit na acessibilidade entre os grupos de maior e menor renda (HERSZENHUT *et al.*, 2021).

2.3 CONCEITO E MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

O conceito de acessibilidade no planejamento urbano remonta à década de 1950, quando foi definida no trabalho pioneiro de Hansen como “o potencial de oportunidades para interação”, sendo “uma medida da distribuição espacial de atividades a partir de um ponto” (HANSEN, 1959, p. 73, tradução nossa). A definição de Hansen pode ser expressa pela Equação 1, conhecida como “equação de Hansen” (LEVINSON; KING, 2020).

$$A_i = \sum_j O_j f(C_{ij}) \quad (1)$$

Onde:

A_i = acessibilidade a partir do local i ;

O_j = número de oportunidades disponíveis no destino j ;

C_{ij} = custo da viagem de i à j ;

$f(C_{ij})$ = função de impedância.

Segundo Levinson e King (2020), acessibilidade (ou “acesso”, termo usado com o mesmo significado na literatura) é a *capacidade que as pessoas possuem para alcançar serviços, atividades e bens*. Geurs e van Wee (2004, p. 128, tradução nossa) definiram como “(...) a dimensão que o uso do solo e sistemas de transporte permitem que (grupos de) indivíduos cheguem a atividades ou destinos por meio de (uma combinação de) meios de transporte”.

Apesar de ter relação com a mobilidade (que é o movimento das pessoas e bens entre origens e destinos), a acessibilidade considera aspectos como o uso do solo, a localização dos destinos e outros fatores como a qualidade das alternativas de transporte disponíveis (LEVINSON; KING, 2020; PEREIRA, 2017). Ou seja, enquanto a mobilidade é uma propriedade dos indivíduos, a acessibilidade é uma propriedade espacial, que se refere aos lugares. Handy (2020) aponta que um dos desafios relacionados à adoção da acessibilidade como foco dos esforços de planejamento de transporte é a recorrente confusão com o significado de “mobilidade”. Embora sejam conceitos relacionados, e que a boa mobilidade contribua para uma boa acessibilidade, a mobilidade não é a única forma de atingir a boa acessibilidade, e que a priorização da mobilidade de forma isolada (construção de estradas, por exemplo) muitas vezes produz efeitos secundários que podem ser negativos para a acessibilidade (HANDY, 2020).

Geurs e van Wee (2004) colocam que existem quatro tipos básicos de componentes que podem ser identificados nas diferentes definições e medidas práticas de acessibilidade, e são eles: (i) o *componente de uso do solo*, que reflete a quantidade, qualidade e distribuição espacial das oportunidades ofertadas em cada destino, a demanda por elas nos locais de origem e o confronto entre oferta e demanda; (ii) o *componente de transporte*, que descreve o sistema de transporte, expressado pelo tempo e esforço de cada modo; (iii) o *componente temporal*, que reflete as restrições temporais (das oportunidades e dos indivíduos) e (iv) o *componente individual*, que expressa as necessidades, capacidades e oportunidades dos indivíduos. Idealmente, uma medida de acessibilidade deveria englobar todos os quatro componentes, porém na prática isso é difícil e as medidas geralmente focam em um ou mais componentes (GEURS; VAN WEE, 2004).

As medidas de acessibilidade podem ser classificadas em quatro famílias:

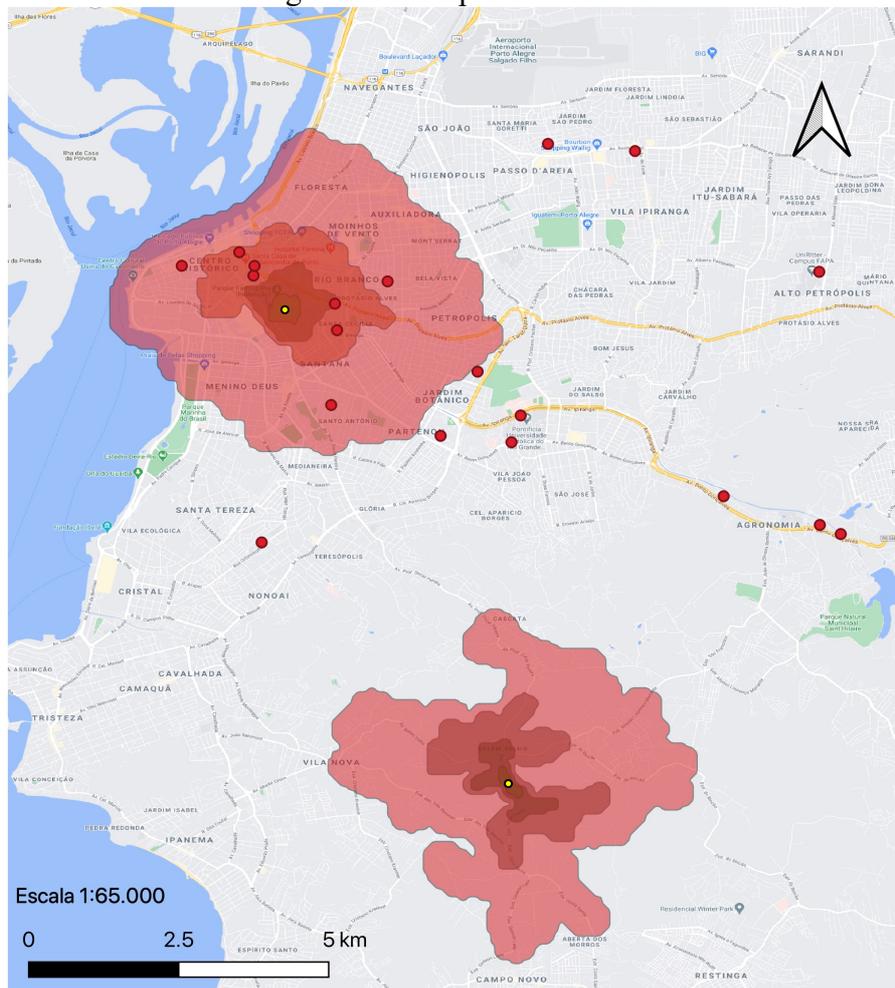
1. medidas baseadas na *infraestrutura*, referentes à rede física de transporte, como “nível de congestionamento” e “tempo médio de viagem em uma via”;
2. medidas baseadas na *localização*, que analisam a acessibilidade a partir de um local a atividades espacialmente distribuídas, como “número de destinos acessíveis em 30 minutos a partir de uma origem”;
3. medidas baseadas no *indivíduo*, que analisam a acessibilidade a partir de uma perspectiva pessoal, como as atividades que uma pessoa consegue participar em um determinado intervalo de tempo;
4. medidas baseadas na *utilidade*, que consideram os benefícios econômicos que os indivíduos obtêm a partir do acesso às oportunidades (GEURS; VAN WEE, 2004; NEUTENS *et al.*, 2010).

As medidas baseadas na localização são as mais comumente utilizadas em estudos de planejamento urbano e geografia de transportes, e podem ser classificadas em quatro grupos: **distância, contorno, potencial/gravidade e fatores de equilíbrio** (GEURS; VAN WEE, 2004).

As medidas de **distância** refletem simplesmente a distância entre dois pontos, podendo ser apenas uma linha reta entre eles ou levar em consideração o caminho (rede viária) que os conecta (GEURS; VAN WEE, 2004). Uma das primeiras formulações de indicadores deste gênero foi apresentada por Ingram (1971, p. 101), que definiu que “Acessibilidade relativa é definida como o grau pelo qual dois pontos (ou lugares) de uma mesma superfície estão conectados”.

As medidas de **contorno**, também conhecidas como “oportunidades cumulativas”, refletem o número de oportunidades que podem ser acessadas dentro de um tempo, distância ou custo, ou ainda o tempo, distância ou custo necessário para atingir um número de oportunidades (GEURS; VAN WEE, 2004; LEVINSON; KING, 2020). A forma mais conhecida de representar o que se chama de “contorno” é através de uma **isócrona**, que representa cartograficamente a área que pode ser percorrida para um determinado limite, que geralmente é um tempo de viagem. A Figura 1 traz um exemplo de isócrona, com as manchas demonstrando quais áreas podem ser acessadas em 15, 30 e 60 minutos de deslocamento a pé, a partir dos dois pontos amarelos. Os pontos vermelhos marcam os destinos, ou seja, o número de oportunidades acessíveis em cada intervalo de tempo é o número destes pontos dentro de cada área.

Figura 1: Exemplo de isócrona



Fonte: elaboração própria.

As vantagens destas medidas são que elas requerem relativamente poucos dados e são de fácil comunicação para não-especialistas, além de permitir comparações entre tempos e locais (LEVINSON; KING, 2020). Entre as principais desvantagens estão a arbitrariedade da escolha do intervalo de tempo de viagem máximo, a não-consideração de efeitos de competição (restrições da oferta de oportunidades, como vagas de emprego e leitos de hospitais, por exemplo) e a falta de aspectos individuais, como a preferência das pessoas (GEURS; VAN WEE, 2004; LEVINSON; KING, 2020).

As medidas de oportunidades cumulativas ponderadas, ou medidas baseadas em **gravidade**, seguem o mesmo princípio da anterior, porém descontam o “valor” das oportunidades baseado em suas distâncias, tempo ou custo. Em outras palavras, valorizam mais as oportunidades mais próximas (ou de menor tempo/custo) do que as mais distantes (ou de maior tempo/custo), em vez de considerar iguais duas oportunidades que são acessíveis em um mesmo intervalo de tempo (LEVINSON; KING, 2020). As chamadas *funções de impedância* são utilizadas para atribuir pesos menores a oportunidades distantes, e estas funções podem assumir diversas formas, sendo a função exponencial negativa uma das mais comuns (GEURS; VAN WEE, 2004; HANDY; NIEMEIER, 1997; LEVINSON; KING, 2020).

As medidas de oportunidades cumulativas, com ponderação ou não, não levam em conta os casos nos quais as oportunidades são rivais, ou seja, no caso em que um indivíduo “ocupou” uma oportunidade (uma vaga de emprego ou um leito de hospital, por exemplo) e, portanto, ela não está mais disponível para outra pessoa. São as chamadas “medidas de competição”, nas quais o método consiste em “(...) descontar cada oportunidade do lado da oferta pela quantidade de demanda por essa oportunidade em seu local (...), sendo representada pela razão de oportunidades acessíveis a partir de um local (LEVINSON; KING, 2020). Este método requer mais capacidade computacional e é também mais complexo de comunicar, embora seja mais preciso para casos em que as oportunidades são restritas.

2.4 MEDIDAS DE DESIGUALDADE:

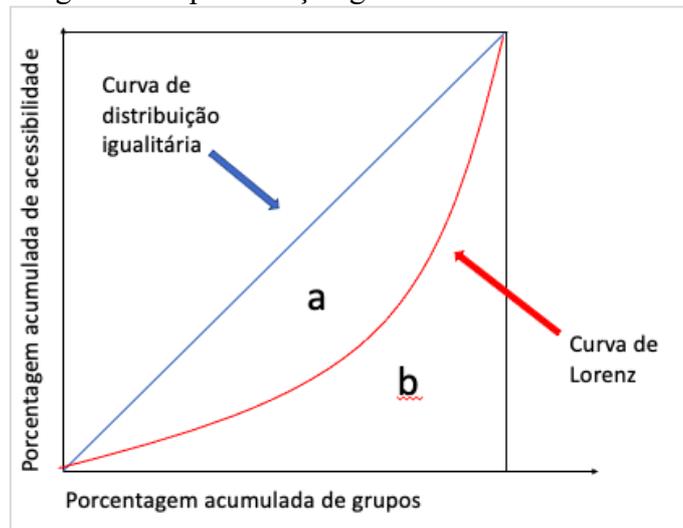
Nesta seção iremos abordar métodos e métricas utilizados para medir desigualdade. Em geral, tais abordagens buscam avaliar o quão (des)igual é um conjunto de valores (associados à pessoas, grupos de pessoas, regiões etc.). Segundo Van Wee e Mouter (2021), os indicadores mais utilizados para calcular desigualdades em distribuições de transporte são o índice de Gini (e indicadores baseados nele), o índice de Theil, a razão de Palma (e índices comparáveis) e os índices de Atkinson e de Suit. Aqui, abordaremos somente as medidas de Gini e de Palma, identificadas como mais recorrentes na literatura e que possibilitam comparações interessantes entre si - a incorporação ou não da renda.

2.4.1 Índice de Gini

O Índice de Gini é um método quantitativo que expressa o nível de (des)igualdade de uma distribuição de valores qualquer (VAN WEE; MOUTER, 2021). Ele foi apresentado por Corrado Gini em 1912 como “a diferença média de todas as quantidades observadas” e é um dos índices de desigualdade mais conhecidos (CERIANI; VERME, 2012, p. 422).

O índice consiste em um valor numérico que varia entre 0 (no caso de uma distribuição totalmente igualitária, ou seja, todos os valores atribuídos às pessoas ou grupos são exatamente iguais) e 1 (distribuição totalmente desigual, com todo o valor concentrado em uma pessoa ou grupo) (LUCAS; VAN WEE; MAAT, 2016). Sua representação mais conhecida é na forma gráfica, através da “Curva de Lorenz” e diferença de sua área em relação à curva de distribuição igualitária. O índice “(...) ordena a unidade de análises (indivíduos, regiões, grupos etc.) no eixo X, baseado na unidade da variável para qual a distribuição é mostrada. Esta unidade é expressa no eixo Y, que mostra a soma do indicador até qualquer pontos no eixo X”, conforme representação da Figura 2 (THOMAS; WANG; FAN, 2001, VAN WEE; MOUTIER, 2021).

Figura 2: Representação gráfica do índice de Gini.



Fonte: adaptação de Thomas; Wang; Fan (2001).

Apesar de sua aplicação mais conhecida ser em distribuições de renda (LIU; GASTWIRTH, 2020; PASQUAZZI; ZENGA, 2018; WORLD BANK, 2022) os índices de Gini podem ser utilizados para medir a (des)igualdade de qualquer conjunto de valores, e na literatura de transportes já foram utilizados por autores para avaliar a equidade na distribuição de benefícios do transporte público, desequilíbrios de demanda, o impacto de uma política de integração tarifária em diferentes grupos de passageiros e avaliar a equidade na acessibilidade, entre outros (HORCHER; GRAHAM, 2021; LUCAS; VAN WEE; MAAT, 2016; MORTAZAVI; AKBARZADEH, 2017; NAHMIAS-BIRAN; SHARABY; SHIFTAN, 2014).

Van Wee e Geurs (2011) apontaram que efeitos distribucionais, equidade e exclusão social são muito pouco tratadas pelas avaliações de transporte tradicionais, como as análises de custo-benefício. Os autores sugerem o uso de índices de Gini ou de Theil para expressar níveis de desigualdade de acessibilidade, tanto no momento do planejamento da política quanto na posterior avaliação do impacto sobre os índices (VAN WEE; GEURS, 2011).

Lucas, van Wee e Maat (2016) propuseram um método para avaliar os impactos de acessibilidade socialmente relevantes de políticas a partir de princípios de ética, análises de acessibilidade e índices de Gini, apontando que essa combinação pode ser útil para determinar a equidade de decisões políticas e a atribuir padrões mínimos para a provisão de transporte.

Tomasiello, Gianotti e Feitosa (2020) desenvolveram um modelo que identifica o impacto gerado na acessibilidade por mudanças no transporte público e políticas habitacionais e de uso de solo, e os índices de Gini são usados para avaliar o impacto dessas intervenções na desigualdade de acessibilidade.

Pritchard *et al.* (2019) realizaram uma comparação de equidade na acessibilidade a empregos por carro e transporte público em Londres, São Paulo e Randstad (Países Baixos) através de coeficientes de Gini. Os resultados da análise de equidade apontam que a acessibilidade por carro tende a ser melhor distribuída espacialmente do que por transporte público, porém os resultados variam bastante dependendo da forma que os índices são aplicados (PRITCHARD *et al.*, 2019)

No contexto nacional, Boisjoly *et al.* (2020) avaliaram a equidade na acessibilidade a empregos nas regiões metropolitanas Curitiba, Recife, Rio de Janeiro e São Paulo utilizando o índice de Gini, encontrando que domicílios de baixa renda são desfavorecidos em todas elas.

2.4.2 Medida de Palma

Menos popular e consideravelmente mais recente do que o índice de Gini, a Medida de Palma (também conhecida como Razão ou Índice de Palma) foi publicada por José Gabriel Palma em 2011 também como uma forma de medir desigualdades de renda (PALMA, 2011; VAN WEE; MOUTER, 2021). A medida consiste na razão do valor (originalmente, a renda) dos 10% mais ricos sobre o dos 40% mais pobres, e pode ser adaptada substituindo a renda pelos valores de acessibilidade. Logo, quanto maior a razão, maior é a disparidade - de acessibilidade, neste caso - entre os grupos de maior e menor renda da população, o que representa um cenário de menos equidade.

O motivo para utilizar esta razão em específico é que a classe média, normalmente, possui aproximadamente metade da renda de um país, sendo um grupo com uma parcela relativamente similar de renda em diferentes países e épocas (GUZMAN; OVIEDO, 2018).

Enquanto o Índice de Gini é a medida de desigualdade mais tradicional e mais utilizada na literatura de diversas áreas associadas a justiça social, ele possui algumas limitações quando aplicado sobre distribuições de acessibilidade: a falta de aspectos associados à condição socioeconômica

(renda, por exemplo) dos grupos é uma delas. Por exemplo, é possível que uma distribuição onde a população de renda baixa possui maiores valores de acessibilidade do que a população de renda alta apresente um índice mais alto de desigualdade do que no caso contrário. A Razão de Palma, por outro lado, coloca a renda dos grupos em evidência, além de ser mais fácil de comunicar e interpretar (GUZMAN; OVIEDO, 2018; HERSZENHUT *et al.*, 2021).

Entre as aplicações da medida de Palma para acessibilidade, pode-se citar o trabalho de Guzman e Oviedo (2018) em Bogotá, onde a equidade no acesso a trabalhos foi calculada utilizando uma versão adaptada do índice, e os resultados indicaram que medidas tomadas pelo governo local em favor das classes mais baixas reduziram em 13% a diferença entre os dois extremos.

Pereira *et al.* (2019) aplicaram a Razão sobre diversos resultados de acessibilidade calculados para cidades brasileiras. Para o número de empregos acessíveis a pé em até 30 minutos, por exemplo, todas as cidades possuem índice superior a 1 (ricos possuem mais acesso do que pobres) e, dentre as cidades analisadas São Paulo é a cidade mais desigual (razão superior a 9) e Maceió, a menos (inferior a 2). Além disso, foi constatado que a população branca possui melhor acessibilidade a estabelecimentos de saúde - a pé e por transporte público - em todas as cidades, apontando como desigualdades e segregação racial se manifestam conjuntamente no território (PEREIRA *et al.*, 2019).

Herszenhut *et al.* (2021) analisaram a acessibilidade a empregos no Rio de Janeiro por transporte público e o impacto de considerar custos monetários na acessibilidade e na equidade, utilizando a medida de Palma. Os resultados apontam que, para tempos de viagem mais curtos, os índices tendem a ser maior e, em geral, diminuem com o aumento do tempo, uma vez que as regiões mais ricas são em geral mais próximas aos locais com alta densidade de empregos. Porém, dada a distribuição das diferentes infraestruturas de transporte público ao longo da cidade, não necessariamente custos monetários mais altos acarretam em aumentos nas medidas de desigualdade (HERSZENHUT *et al.*, 2021).

No estudo aplicado, ambos os métodos serão utilizados para possibilitar a comparação entre duas abordagens de caracteres distintos, bem como identificar o quão deslocados são os valores de Gini daqueles que consideram a renda como um fator central.

2.5 APLICATIVOS DE TRANSPORTE

O surgimento dos aplicativos de transporte, oferecendo um serviço chamado em inglês de *ride-hailing* (ou *ride-sourcing* ou *e-hailing*), se deu em um contexto pós crise econômica de 2009, onde a “Economia do compartilhamento” entrou em evidência ao se apresentar como uma revolução dentro do modelo capitalista vigente. A ideia principal deste modelo de economia é a de fornecer acesso a bens e recursos sem que haja necessariamente uma relação de posse, através do compartilhamento entre diferentes pessoas, e a popularização da internet e das redes sociais foi fundamental para a solidificação destas dinâmicas (MARTIN, 2016; PUSCHMANN; ALT, 2016).

A economia do compartilhamento se manifestou na área do transporte urbano inicialmente com iniciativas de carona não-remunerada e de compartilhamento de bicicletas, carros elétricos ou outros veículos, porém foi se consolidar de vez com o surgimento dos aplicativos de transportes e o modelo de *ride-hailing* (CASSEL, 2018).

Contudo, este modelo de negócios passou a ser referido por alguns autores como “neoliberalismo com esteroides”, por ampliarem os limites da doutrina neoliberal para aspectos da vida anteriormente fora do alcance do mercado, pela falta de regulamentação governamental nas áreas em que operavam e pelas relações de trabalho precarizadas que foram observadas nestes negócios (COCKAYNE, 2016; MARTIN, 2016; MURILLO; BUCKLAND; VAL, 2017)

As estratégias das empresas por trás dos aplicativos seguem diversos preceitos da economia compartilhada e do neoliberalismo: oposição a regulamentações por parte do poder público, uma vez que é de praxe que as empresas comecem a operar nas cidades sem diálogo com governos locais e continuem realizando lobby oposto a regulamentações que sejam contra os seus interesses. Atualmente, apesar de a maioria das grandes cidades brasileiras possuírem alguma regulamentação quanto aos aplicativos de transporte, aspectos como a cobrança de impostos específicos, a limitação do número de veículos e a situação trabalhista dos prestadores de serviço (motoristas) seguem pouco ou nada explorados (PASQUAL; CORRÊA, 2020; PASQUAL; PETZHOLD, 2018).

Este último aspecto, ligado à condição legal/trabalhista dos motoristas já gerou a criação de um termo específico para se referir à este novo modelo: a “uberização” do trabalho (FRANCO; FERRAZ, 2019). Neste regime, o “motorista parceiro” (termo usado pelas empresas para se referir aos motoristas, uma vez que os mesmos não são considerados funcionários e o aplicativo funciona comente como plataforma entre eles e os passageiros) possui flexibilidade para trabalhar por quantas horas e dias quiser, sob uma ideia de “liberdade” que, na prática, pode ser encarada como trabalho informal precarizado, uma vez que os motoristas não têm acesso a direitos ou garantias trabalhistas, independente de quantas horas prestem serviço.

Tais iniciativas comerciais são baseadas em uma estratégia de “inovação disruptiva” (típica do contexto do Vale do Silício, nos Estados Unidos, de onde surgiram), sincronizadas com ideias de transformação e necessidade imperativa de mudança. Importante ressaltar que esta “necessidade” de mudança, ancorada nas mesmas ideias de esgotamento de recursos naturais e de busca por sustentabilidade, visa basicamente a manutenção das taxas de lucro do capital e a sobrevivência do próprio capitalismo, uma vez que os empresários percebem o esgotamento de determinados negócios, como a venda massiva de automóveis individuais, e propõem novos modelos mais adaptados aos tempos atuais.

Empresas deste meio costumam surgir sob a forma de *startups* (empresas emergentes de inovação tecnológica) e crescer através de investimentos externos. No caso das empresas por trás dos aplicativos de transporte, é normal que mesmo após quase uma década de operação elas ainda não

gerem lucro, pois optam por seguir expandido seus negócios e fidelizar clientes através de descontos ou tarifas mais baixas, na tentativa de vencer as empresas concorrentes no longo prazo (MOTA, 2019). Isso é possível pois elas continuam captando recursos de investidores ou se tornaram de capital aberto, caso da Uber (BERTÃO, 2019).

As pesquisas iniciais acerca dos aplicativos alertavam para possíveis impactos negativos associados ao aumento no número de viagem por automóveis, no casos em que o aplicativo substituiria modos sustentáveis ou então geraria novas viagens (RAYLE *et al.*, 2016; CLEWLOW; MISHRA, 2017; HENAO, 2017). Porém, potenciais benefícios também eram apontados, como a possibilidade de corridas compartilhadas entre diferentes usuários e a complementaridade com o transporte público, além de, a longo prazo, a diminuição na compra de automóveis próprios (ALONSO-MORA *et al.*, 2017; DIAO; KONG; ZHAO, 2021)

Após alguns anos de operação dos aplicativos, com dados à disposição, estudos passaram a apontar que, de fato, eles contribuem com mais veículos e mais congestionamentos nas ruas (ERHARDT *et al.*, 2019; TIRACHINI; GOMEZ-LOBO, 2020). Além disso, o compartilhamento de viagens em larga escala não se tornou uma realidade, e a pandemia tornou isso uma realidade ainda menos palpável e a relação com o transporte público é mais de concorrência do que de complementaridade, causando queda na demanda (DIAO; KONG; ZHAO, 2021; SCHALLER, 2021). Cidades que dependem integralmente da tarifa para cobrir seus custos, como a maioria das capitais brasileiras, podem sofrer ainda mais com esse impacto.

Ainda não foram realizados muitos estudos acerca da relação entre os aplicativos de transporte, quem se beneficia deles e as preocupações com equidade que ele levanta (YOUNG; FARBER, 2019). A relação entre características dos bairros e uso de aplicativos é um aspecto mais consolidado na bibliografia publicada na América do Norte e que inclui preocupações com equidade, indicando que, em geral, o uso mais intenso deste modo se dá em regiões de alta densidade e mais bem servidas pelo transporte público e de população com renda mais alta (BAKER, 2020; BARAJAS; BROWN, 2020; JIAO; WANG, 2021).

Insardi e Lorenzo (2019) utilizaram o tempo de espera nas diferentes regiões de São Paulo para explorar o uso dessa variável como um *proxy* de acessibilidade, processo similar ao realizado por Hughes e Mackenzie (2016) para a Grande Seattle. Ambos os trabalhos indicam que os tempos de espera são menores em regiões densas e com presença de transporte público, podendo também ter relação com a renda e a composição racial da população residente.

Young e Farber (2019) realizaram um dos trabalhos mais completos sobre aplicativos e equidade, pontuando as diferentes formas que grupos sociais são potencialmente excluídos do acesso a este modo. Preço, acesso à tecnologia, idade, gênero, raça/cor, local de residência, bem como a combinação de dois ou mais destes aspectos são os principais geradores de exclusão apontados pelos autores (YOUNG; FARBER, 2019).

Souza *et al.* (2021) desenvolveram um dos primeiros trabalhos que relacionasse aplicativos à acessibilidade, ao propor um método para comparar o acesso a empregos gerado pelos aplicativos com o transporte público, em um estudo de caso conduzido no Rio de Janeiro. Os resultados apontam que, com as tarifas praticadas na cidade, a acessibilidade a empregos formais é maior por aplicativo do que por transporte público quando dois ou mais passageiros compartilham a viagem, fazendo uso de índices de Gini (DE OLIVEIRA SOUZA *et al.*, 2021). Além disso, os autores indicam que, em regiões com maior balanço entre número de empregos e de habitantes, os aplicativos possuem um potencial maior de complementar o TP, ao contrário de regiões com maiores diferenças entre estas duas variáveis (DE OLIVEIRA SOUZA *et al.*, 2021).

Cats *et al.*, (2022) utilizaram dados de viagens por aplicativo em seis cidades estadunidenses e europeias e encontraram que a vasta maioria das viagens tinham uma alternativa viável de transporte público, porém de 20% a 40% não tinham. Os autores concluíram que o serviço de aplicativo é utilizado tanto como competição quanto como complementação ao transporte público, e que a economia de tempo fornecida não compensa o custo monetário, baseado no valor do tempo de cada cidade (CATS *et al.*, 2022).

Um fato relevante da realidade brasileira é a exclusão de regiões específicas das cidades, por vezes em horários determinados, da cobertura dos aplicativos, devido a preocupações com criminalidade, o que aprofunda ainda mais as desigualdades socioespaciais existentes. Furtado *et al.* (2020) abordam esta questão com mais profundidade e apresentam a iniciativa de impacto social “Jaubra”, desenvolvida em São Paulo, que funciona com a mesma lógica dos aplicativos, porém de forma informal e com organizadores fazendo o intermédio entre passageiros e motoristas.

3 METODOLOGIA

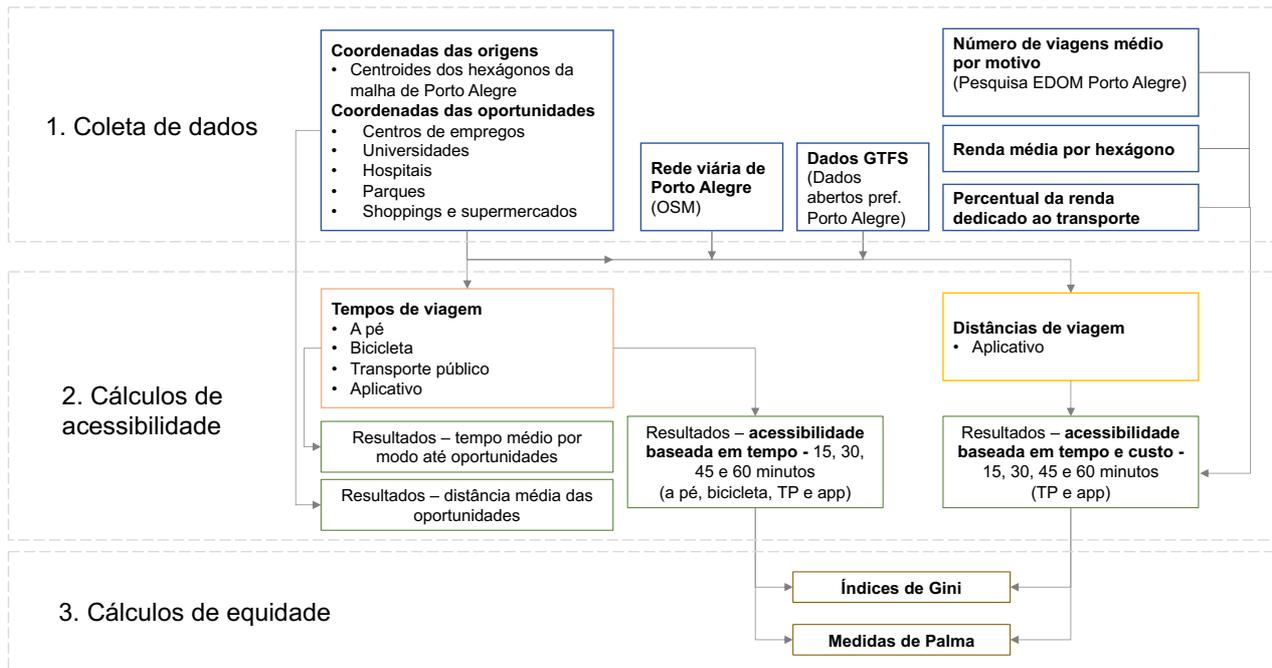
A metodologia abrange três etapas fundamentais:

Na primeira, foram calculadas medidas básicas - distâncias médias, tempos de viagem médios e preços de viagem médios - entre as origens e os destinos, fornecendo um primeiro panorama da acessibilidade e indicando possíveis tendências dos resultados das etapas seguintes.

A segunda etapa consistiu na análise de acessibilidade utilizando o método das oportunidades cumulativas, que terá como resultados o número de oportunidades acessíveis a partir de cada origem, considerando tanto o tempo como o custo monetário de cada viagem.

Na terceira etapa foram aplicados os índices de desigualdade de Gini e de Palma sobre os resultados das etapas um e dois, a fim de apontar quão igualitárias são as distribuições de acessibilidade fornecidas por cada modo de transporte. Em todos os estágios, quatro modos de transporte são considerados: a pé, bicicleta, transporte público e aplicativo. A Figura 3 apresenta um esquema-síntese da metodologia, destacando as diferentes etapas do processo.

Figura 3: Esquema da metodologia do estudo



Fonte: elaboração do autor.

3.1 DADOS DE ORIGEM E DESTINO

Os dados associados à população e condições socioeconômicas de Porto Alegre foram retirados do Projeto Acesso a Oportunidades, do Instituto de Pesquisa Econômica Avançada (Ipea), que disponibiliza gratuitamente uma série de dados em alta resolução espacial (PEREIRA *et al.*, 2019). Nesta base de dados, os territórios de diversos municípios brasileiros são divididos em hexágonos com diagonal de 357 metros, que possuem como fonte a malha H3 desenvolvida pela Uber, nos quais são agregadas informações populacionais e socioeconômicas extraídas do Censo de 2010, bem como de localização de serviços de saúde e educação (PEREIRA *et al.*, 2019). A malha de Porto Alegre totaliza 6.114 hexágonos.

Os centroides dos hexágonos foram utilizados como os pontos de origem tanto para o cálculo de distâncias, tempos e custos monetários dos deslocamentos até as oportunidades urbanas (etapa um da metodologia) quanto para as estimativas de acessibilidade (etapa dois), e são a referência também para a análise de equidade.

Já os destinos considerados foram as oportunidades urbanas associadas a trabalho, educação, compras, saúde e lazer; que são os motivos de viagem associados ao maior número de deslocamentos em Porto Alegre (EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO, 2004).

Os dados referentes à localização de empregos e número de vínculos empregatícios foram obtidos a partir da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Previdência do ano de 2020. Embora seja a mais confiável e completa fonte de informações sobre empregos formais no país, existem algumas limitações associadas a ela: a primeira é justamente que

se refere somente aos empregos formais, referentes a 60% dos empregos do país em 2022, deixando os 40% de empregos informais de fora. Outra inconsistência é que empregos do setor público são registrados em locais únicos (por exemplo, funcionários de diferentes secretarias são todos classificados como se trabalhassem na sede da Prefeitura), o que gera uma grande concentração de empregos em locais únicos, em geral nas regiões centrais das cidades.

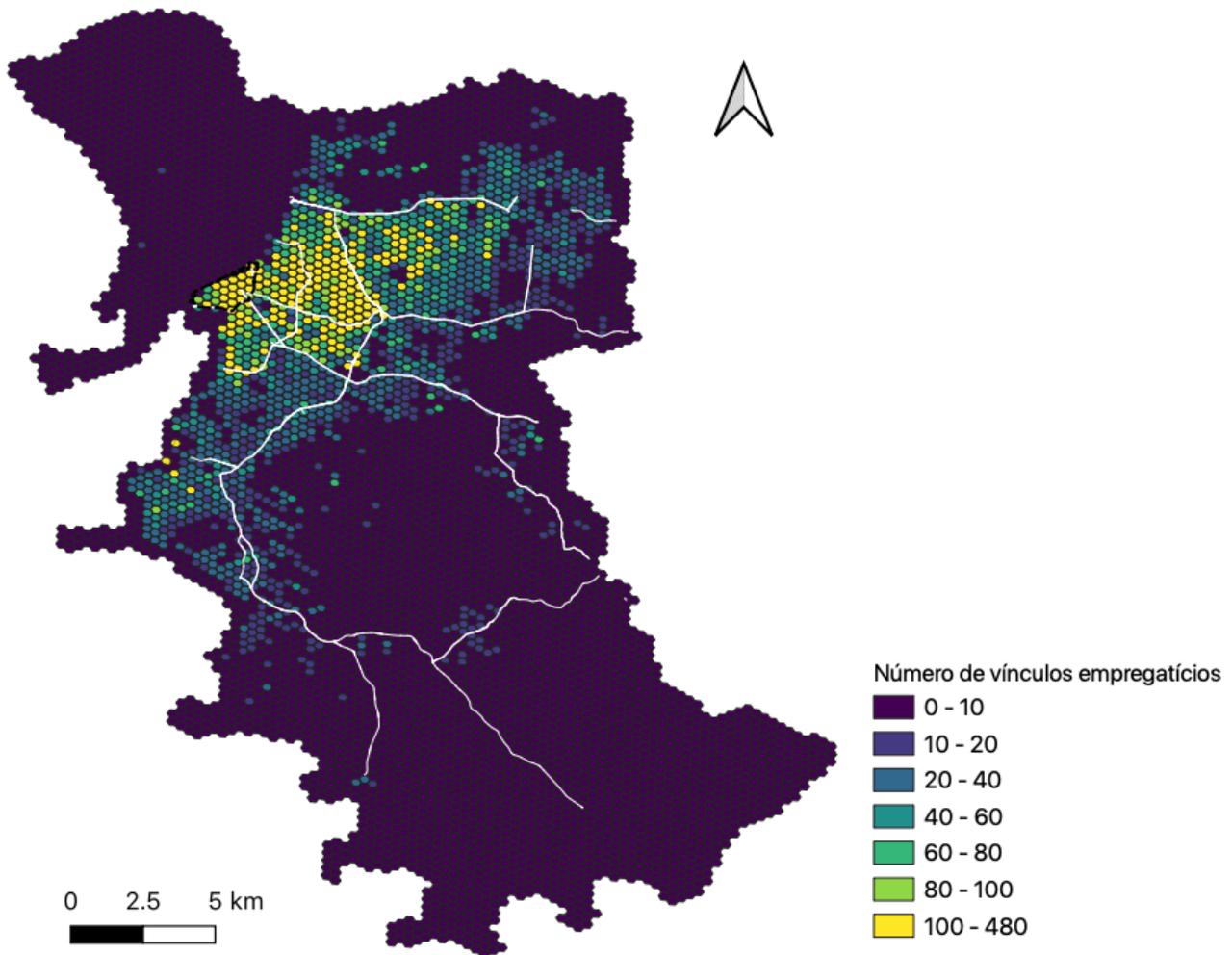
Uma vez que a única informação referente à localização espacial dos postos de trabalho é o CEP, que é vinculado às vias e tem extensões muito variáveis, foi realizado um procedimento para estimar o número de vínculos por hexágono.

Primeiramente, o número de vínculos ativos por cada CEP foi extraído dos dados da Rais, e associado aos trechos de rua de Porto Alegre em SIG, obtidos da plataforma de dados abertos da Prefeitura de Porto Alegre (www.datapoa.com.br) e calculado o número de vínculos por metro linear dos trechos (vinc/m), de acordo com a Equação 2.

$$N \left(\frac{\text{vinc}}{\text{m}} \right) = \frac{\text{número de vínculos no CEP}}{\text{extensão total do CEP}} \quad (2)$$

A transferência deste dado dos trechos (linhas) para a base hexagonal (polígonos) foi feita através da sobreposição espacial das camadas, calculando o somatório dos vínculos associados aos trechos contidos em cada hexágono. Embora seja uma estimativa e não um dado preciso, os resultados mostram-se coerentes com a distribuição de “centros de comércio e serviços” da cidade já vista em trabalhos como o de Souza e Maraschin (2021), destacando bairros de Porto Alegre como o Centro Histórico, Moinhos de Vento e Independência.

Figura 4: Número de vínculos empregatícios por hexágono de acordo com aproximação pelos dados da RAIS.



Fonte: elaborado pelo autor

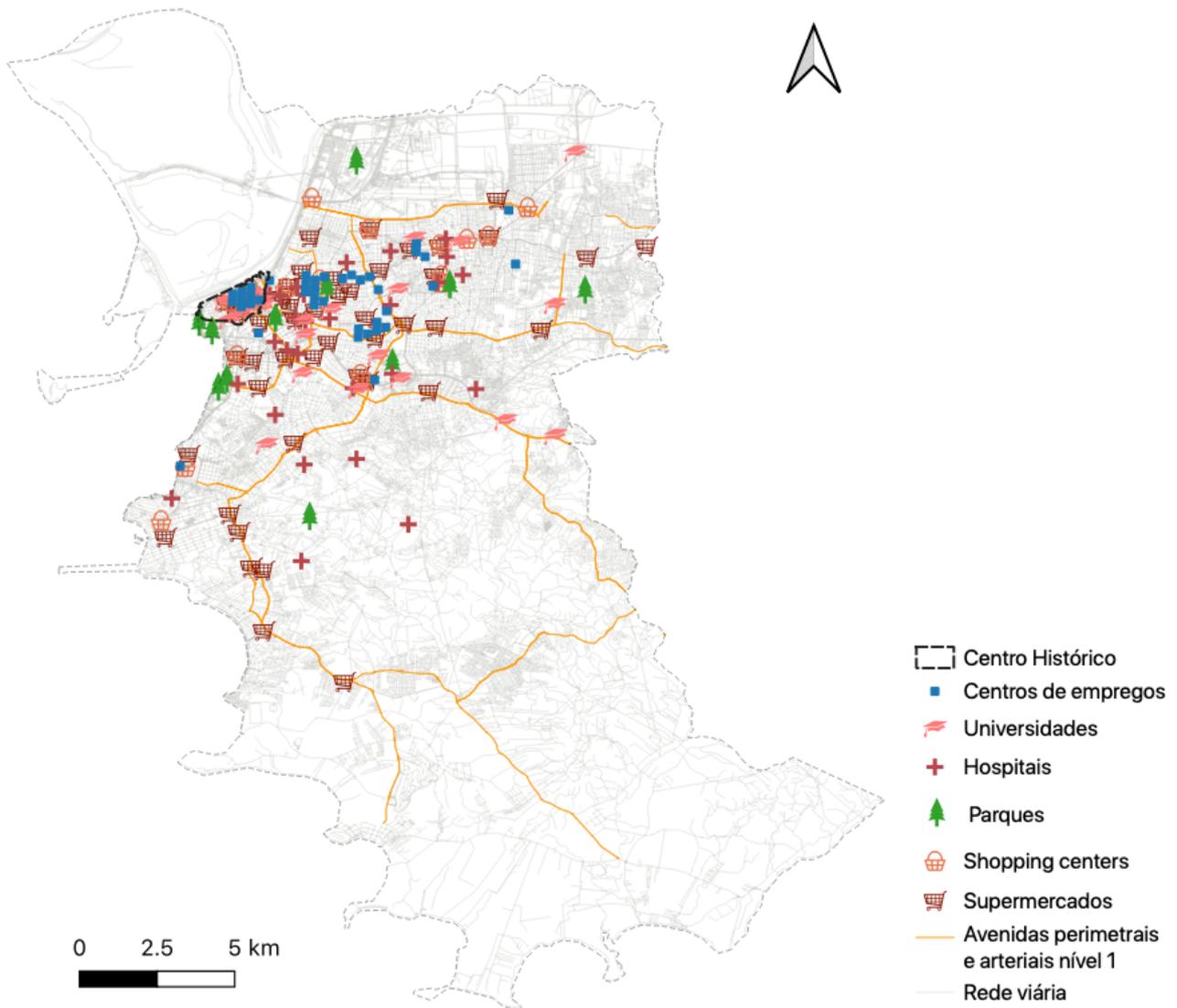
Uma vez que a proposta central da pesquisa é analisar a acessibilidade aos principais centros de oportunidades e grandes atratores de viagens da cidade, e não especificamente aos postos de trabalho, somente os hexágonos pertencentes ao primeiro decil de número de vínculos estimados foram considerados nas análises. Foram acrescentados ainda os hexágonos que contêm universidades, hospitais, shoppings e supermercados (locais com grande número de funcionários) e que não estavam no primeiro decil pela estimativa a partir dos CEPs, a fim de evitar dupla contagem. Assim, as oportunidades associadas à emprego consideradas na pesquisa totalizaram **133 destinos**. Uma vez que somente as regiões com maiores concentrações foram consideradas, e com “pesos” iguais, a limitação relacionada à concentração indevida de locais dos empregos públicos foi minimizada.

As oportunidades relativas aos motivos **educação, saúde, compras e lazer** tiveram suas coordenadas obtidas a partir de bases de dados derivadas, em parte do *Open Street Maps* (<https://www.openstreetmap.org/>) e em parte de dados abertos da Prefeitura de Porto Alegre (<http://datapoa.com.br/>). Respectivamente, elas são:

- **28 unidades de saúde** de diferentes níveis de complexidade, obtidas a partir dos dados disponíveis no serviço Geosaúde, da Secretaria Municipal de Saúde. Foram consideradas na pesquisa todas as unidades que constam como “Hospital” no levantamento (excluídas unidades que fazem parte de um mesmo complexo hospitalar, como os diversos hospitais do Complexo da Santa Casa) e acrescidas de duas Unidades de Pronto Atendimento (UPAs) de grande porte - Cruzeiro do Sul e IAPI - que apresentam grande fluxo de pessoas e têm considerável relevância para as comunidades onde estão localizadas.
- **16 shopping centers** selecionados a partir da lista da ABRASCE - Associação Brasileira de Shopping Centers (<https://abrasce.com.br/guia-de-shoppings/?state=RS&city=Porto+Alegre&letter=>) e 50 grandes **supermercados** referentes às unidades das maiores redes que operam na cidade;
- **11 parques** que constam na relação da Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Porto Alegre (http://www2.portoalegre.rs.gov.br/smam/default.php?p_secao=290).

A Figura 5 apresenta a localização de todas as oportunidades urbanas consideradas no pesquisa.

Figura 5: Distribuição espacial das oportunidades consideradas no trabalho



Fonte: elaborada pelo autor.

3.2 DADOS DE TRANSPORTE

A base contendo a rede viária e as infraestruturas para pedestres e ciclistas foi obtida a partir da plataforma colaborativa OpenStreetMap (OSM) em fevereiro de 2022. O OSM é uma plataforma livre cujos dados geográficos são construídos colaborativamente através de uma comunidade de contribuidores que incluem, alteram e complementam dados de forma permanente, sendo largamente utilizada em pesquisas acadêmicas e outras aplicações profissionais e comerciais, por exemplo.

Os dados relativos à operação do transporte público foram obtidos a partir da disponibilização em dados abertos da Prefeitura Municipal (<http://datapoa.com.br/dataset/gtfs>) no formato GTFS (*General Transit Feed Specification*), e são referentes a um dia útil de operação em maio de 2019. Esta opção foi feita para refletir um cenário pré-pandemia de Covid-19, quando a operação do

transporte público foi largamente afetada e ainda estava em patamares fora da normalidade durante o desenvolvimento do estudo em 2021 e 2022.

3.3 MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

Duas medidas de acessibilidade foram calculadas: a **acessibilidade baseada em tempo**, relativa aos tempos de viagem por cada um dos quatro modos de transporte até cada uma das oportunidades urbanas, e a **acessibilidade baseada em tempo e custo**, referente à capacidade das pessoas de pagarem pela viagem a partir do hexágono onde residem (aplicável somente aos modos transporte público e aplicativo). A acessibilidade baseada em tempo e custo de uma viagem só é analisada caso a oportunidade seja acessível pelo tempo de viagem, logo, o número de oportunidades acessíveis por tempo e custo a partir de uma origem nunca será maior do que o número de oportunidades acessíveis por tempo, no máximo igual.

3.3.1 Acessibilidade baseada em tempo

Para a acessibilidade baseada em tempo, a medida utilizada foi a de **oportunidades cumulativas**, que calcula o número total de oportunidades acessíveis dentro de um tempo máximo de viagem indicado (NEUTENS *et al.*, 2010; PEREIRA *et al.*, 2019). Os intervalos utilizados foram de 15, 30, 45 e 60 minutos, a fim de obter um panorama amplo do acesso às oportunidades e verificar como variam os índices de desigualdade com o aumento no tempo de viagem.

De acordo com (NEUTENS *et al.*, 2010), o indicador de oportunidades cumulativas pode ser calculado de acordo com a seguinte expressão (Equação 3):

$$CUM = \sum_q P(t_{hq}) \quad (3)$$

Onde:

- CUM = medida de oportunidades cumulativas;
- \sum_q = somatório de oportunidades acessíveis a partir de um ponto
- $P(t_{hq}) = \begin{cases} 1, & \text{se } t_{hq} < \text{tempo máximo} \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases}$

O indicador de oportunidades cumulativas está entre as medidas de acessibilidades mais simples e mais utilizadas na literatura, uma vez que possuem a vantagem de serem fáceis de compreender e de explicar ao público (HANDY; NIEMEIER, 1997; HANDY, 2020). Porém, essa abordagem possui algumas limitações como a não-inclusão de fatores de competição, preferência e características pessoais das pessoas que realizam as viagens (GEURS; VAN WEE, 2004; PEREIRA *et al.*, 2019). Outra limitação comumente apontada é a falta de outros componentes que influenciam

na escolha modal e na acessibilidade, como o custo monetário, o conforto e a segurança da viagem. A fim de incluir o primeiro, foi desenvolvido um segundo componente da acessibilidade, conforme exposto na próxima subseção.

A ferramenta de roteamento de viagens multimodal *r5r*, que consiste em um pacote para a de roteamento *open-source* desenvolvido em Java para a linguagem R baseado na ferramenta R5, desenvolvida pela Conveyal (CONWAY; BYRD; VAN EGGERMOND, 2018; CONWAY; STEWART, 2019; PEREIRA *et al.*, 2021). O R5 consiste em uma ferramenta que calcula itinerários utilizando algoritmo de “caminho mínimo” para diferentes modos de transporte, considerando mãos de direção nas vias e *headways* estimados para o transporte coletivo, a partir de pacotes GTFS estático.

Os dados básicos requeridos pelo *r5r* são:

- Uma rede viária no modelo do OpenStreetMap (em formato .pbf);
- Um pacote de arquivos de transporte público no formato GTFS;
- Listas com coordenadas espaciais de pontos dentro da área da rede viária (em formato .csv) (PEREIRA *et al.*, 2021).

Entre as três funções fundamentais disponíveis no pacote, a escolhida para o cálculo das matrizes foi a “*detailed_itinerares()*”, que disponibiliza não só os tempos, mas também as distâncias percorridas em cada viagem, necessárias para o cálculo das tarifas das viagens por aplicativo (detalhado na próxima seção). Esta função “computa informações detalhadas entre um ou mais pares origem/destino para uma única hora de embarque. O resultado inclui informações detalhadas em alternativas de rotas como o modo de transporte, tempo de espera e distância de cada segmento da viagem” (PEREIRA *et al.*, 2021, p. 2, tradução nossa).

Um trecho do código utilizado na pesquisa pode ser encontrado abaixo, representando as viagens de aplicativo a partir de todos os centroides da base hexagonal do município até todos os centros de empregos (somente a viagem mais curta possível). Uma vez que a função em questão só funciona com um ponto de origem por vez ou quando o número de origens e destinos é o mesmo, foi realizada uma operação prévia para criar bases de dados contendo o mesmo número de linhas para as origens e os destinos.

```
#setup
options(java.parameters = "-Xmx2G")
path <- system.file("extdata/poa", package = "r5r")
r5r_core <- setup_r5(data_path = path, verbose = FALSE)

#obter todas as combinações possíveis de origens e destinos
```


Tal operação tem como resultado um *data.frame* (base de dados) contendo as informações apresentadas na Figura 6.

Figura 6: Trecho de base de dados gerada a partir da função `detailed_itinerares` do `r5r`

	fromId	toId	mode	total_duration	segment_duration	distance
1	89a9012b397ffff	89a901283cbffff	CAR	18.16667	18.16667	9612
2	89a9012b393ffff	89a901283cbffff	CAR	20.56667	20.56667	9612
3	89a9012b383ffff	89a901283cbffff	CAR	18.96667	18.96667	9923
4	89a9012b387ffff	89a901283cbffff	CAR	26.36667	26.36667	9009
5	89a9012b14bffff	89a901283cbffff	CAR	19.81667	19.81667	9562

Fonte: elaborado pelo autor.

Posteriormente, foi gerado um arquivo `.csv` com os resultados para propiciar as análises estatísticas e visualização de resultados.

Os tempos de viagem foram calculados para uma segunda-feira de maio de 2019, a fim de capturar o cenário pré-pandemia de Covid-19, às 14h (fora-pico). Para o transporte público, foi calculado um cenário adicional em hora-pico, às 8h. Para o caso do transporte público, o acesso às paradas/estações é feito por caminhada, com uma distância máxima a ser percorrida de 2km.

O tempo de viagem por aplicativo calculado não inclui o tempo de espera referente ao deslocamento do motorista até o ponto de embarque do passageiro, que tende a ser menor nas regiões centrais e densas e maior em regiões periféricas. Dada a alta variabilidade do tempo de espera entre diferentes regiões e períodos da semana e do dia, somados a certa imprevisibilidade e dificuldade de estimativa ele **não foi incorporado nos cálculos de acessibilidade**. A consequência prática é uma provável supervalorização da acessibilidade por aplicativo, sobretudo para os intervalos de tempo mais curtos.

3.3.2 Acessibilidade baseada em tempo e custo

Para cada oportunidade acessível por tempo por transporte público e por aplicativo foi verificada a viabilidade de um residente no hexágono de origem pagar pelo deslocamento em questão.

Para as viagens por transporte público, o preço considerado foi o da tarifa de Porto Alegre em maio de 2019, R\$4,55. Já para os aplicativos foram usadas médias simples das estimativas fornecidas pelas plataformas Uber e 99 em cada um nos próprios aplicativos nas páginas de “detalhamento do preço” (Uber) e “Detalhes da tarifa” (99), apresentadas nas Equações 4 e 5. Tais valores são referentes ao primeiro semestre de 2022, uma vez que não existem registros públicos do histórico de cálculo das tarifas de cada plataforma, o que fez com que o estudo considerasse preços superiores àqueles praticados em 2019.

$$T(uber) = 2,01 + 0,36 * t(min) + 1,12 * d(km) \geq R\$ 5,60 \quad (4)$$

$$T(99) = 2,50 + 0,15 * t(\text{min}) + 2,20 * d(\text{km}) \geq R\$ 8,15 \quad (5)$$

Importante ressaltar que ambas os aplicativos apresentam grandes variações nos preços praticados de acordo com a oferta de motoristas e demanda de usuários (a chamada “tarifa dinâmica”), sendo essas estimativas apenas um valor-base. A tendência é que as viagens que acontecem em horários de pico ou em dias de chuva, por exemplo, tenham valores ainda mais elevados.

O cálculo da viabilidade de uma viagem depende de dois fatores. O primeiro é o **número médio de viagens realizadas para cada um dos diferentes motivos de viagem em um mês**, baseado nos padrões de mobilidade da população local. Segundo o relatório da última Pesquisa Origem e Destino de Porto Alegre, uma pessoa móvel realiza, em média, 2,4 viagens por dia, totalizando aproximadamente 53 viagens por mês (EMPRESA PÚBLICA DE CIRCULAÇÃO E TRANSPORTES, 2004). A Tabela 1 apresenta a repartição percentual das viagens por motivos de acordo com duas fontes: a pesquisa OD de Porto Alegre (2004), para um cidadão móvel médio, e da Pesquisa Mobilidade da População Urbana (CNT; NTU, 2017), para municípios entre 1 milhão e 3 milhões de habitantes.

Tabela 1: Distribuição percentual de viagens por motivos

Motivo	OD POA (2003)	CNT e NTU (2017)
Trabalho	40%	52,30%
Estudo	27%	12,70%
Compras	6%	11,80%
Saúde	3%	8,10%
Recreação	4%	-
Procurar trabalho	-	7,90%
Assuntos pessoais	12%	-
Levar outra pessoa	6%	-
Outros motivos	2%	6,80%
NS/NR	-	40,00%

Fonte: adaptado de EMPRESA PÚBLICA DE CIRCULAÇÃO E TRANSPORTES, 2004 e CNT e NTU, 2017.

Existem grandes divergências entre ambas as fontes, começando pela diferença entre os motivos pesquisados e diferenças consideráveis nos valores para os mesmos motivos.

Uma vez que a pesquisa de Porto Alegre é específica para o município e contou com uma amostra de 16,300 entrevistas, contra 3,100 distribuídas entre 35 municípios da outra fonte, optou-se pela primeira, apesar de sua realização ter sido há quase 20 anos. Porém, optou-se por atribuir os percentuais associados aos motivos “Levar outra pessoa” e “Outros motivos” (“Assuntos pessoais” foi suprimida) aos motivos “Compras” e “Saúde”, que apresentaram percentuais bastante inferiores àqueles encontrados na segunda fonte.

Desta forma, foi possível associar os principais motivos de viagem realizados na cidade com as oportunidades escolhidas para o estudo, descritas na seção 3.1. “Trabalho” corresponde às viagens ao conjunto de oportunidades Centros de empregos, “Estudo” às Universidades, “Saúde” aos Hospitais, “Recreação” aos parques e “Compras” à soma de supermercados e *shopping centers*. Assim, o número de viagens mensais por motivo ficou de acordo com a Tabela 2:

Tabela 2: Número de viagens por mês por motivo de viagem

Motivo	Viagens/mês
Centros de empregos	22
Universidades	16
Shoppings e supermercados	6
Hospitais	3
Parques	3

Fonte: elaborado pelo autor.

É importante ressaltar que tais levantamentos mostram quantas vezes as pessoas se deslocam de fato, sem levar em consideração quantas viagens seriam necessárias para cumprir suas necessidades, ou quantas vezes elas gostariam de se deslocar caso tivessem recursos (monetários, de tempo, entre outros) suficientes.

O segundo fator é uma **limitação de despesas com transporte a 20% da renda média per capita mensal do hexágono de origem**, sendo este um valor aproximado da média do percentual do orçamento familiar que é gasto em transporte na região Sul, segundo a última Pesquisa de Orçamentos Familiares (IBGE, 2021). Uma vez que os valores de renda média disponíveis por hexágono são oriundos do Censo de 2010 e não existem dados de rendimento recentes em um nível tão desagregado, foi feita uma atualização nos valores baseada na valorização do Salário Mínimo entre 2010 e 2019, de acordo com a Equação 6.

$$R(2019) = \frac{SM(2019)}{SM(2010)} R(2010) \quad (6)$$

Onde:

- $R(2019)$ = Renda média per capita do hexágono em 2019;
- $SM(2019)$ = Salário Mínimo nacional em 2019 (R\$998,00);
- $SM(2010)$ = Salário Mínimo nacional em 2010 (R\$510,00);
- $R(2010)$ = Renda média per capita do hexágono em 2010;

Se o valor total mensal a ser gasto com deslocamentos por um determinado motivo de viagem for inferior à restrição de renda do hexágono de origem, o preço será considerado viável e a oportunidade acessível para uma determinada origem.

Esta abordagem, contudo, considera cada motivo de viagem de forma isolada, sem considerar deslocamentos realizados pelos outros motivos. Considerando um cenário onde a pessoa realiza todos os seus deslocamentos por um mesmo modo de transporte e não possui recursos financeiros suficientes para isso (no caso do transporte público e do aplicativo), na prática ela irá optar por realizar algumas das viagens por um modo “pago” e outras, não, priorizando conforme a sua necessidade.

Assim, também foram realizadas análises (para transporte público e aplicativos) combinando mais de um motivo de viagem dentro da mesma restrição de renda, sendo os 20% da renda destinados ao transporte divididos proporcionalmente entre os deslocamentos de cada motivos em questão. As combinações escolhidas dividiram o total de viagens em deslocamentos “utilitários” (aqueles realizados diariamente e que são mandatórios, no caso “centros de emprego” e “universidades”) e “complementares” (aquelas de caráter acessório e que não precisam ser realizadas todos os dias, no caso “hospitais”, “parques” e “compras”). As Tabelas 3 e 4 apresentam o percentual de renda destinado a cada um dos motivos para cada análise.

Tabela 3: Número de viagens por mês e percentual da renda dedicado por motivos “utilitários”

Motivo de viagem	Número de viagens por mês	Percentual de renda dedicado
Centros de emprego	22	11.58%
Universidades	16	8.42%
Total	38	20%

Fonte: elaborado pelo autor.

Tabela 4: Número de viagens por mês e percentual da renda dedicado por motivos “complementares”

Motivo de viagem	Número de viagens por mês	Percentual de renda dedicado
Hospitais	3	5%
Parques	3	5%
Compras	6	10%
Total	12	20%

Fonte: elaborado pelo autor.

3.4 MEDIDAS DE DESIGUALDADE

Duas medidas de desigualdade foram aplicadas sobre os resultados obtidos nas duas primeiras etapas. Para cada distribuição de valores dos resultados -distâncias, tempos e preços médios de viagem até as oportunidades por cada modo de transporte, número de oportunidades acessíveis por modo e limite de tempo - foram calculados Índices de Gini e Razões de Palma.

3.4.1 Índices de Gini

O índice de Gini é calculado através da área entre uma curva de distribuição igualitária (linha reta de 45 graus) e a chamada Curva de Lorenz, que reflete os valores acumulados do conjunto de números em questão (THOMAS; WANG; FAN, 2001). O valor do índice se dá pela divisão da área

entre as duas curvas (a) e a área do triângulo abaixo da curva de distribuição igualitária (a+b), conforme a Equação 7, onde:

G = índice de Gini,

μ = média da variável (valores de acessibilidade),

N = número total de observações (número de hexágonos),

y_i, y_j = valores individuais de acessibilidade de cada grupo (THOMAS; WANG; FAN, 2001).

$$G = \frac{1}{\mu N (N-1)} * \sum_{i>j} \sum_j |y_i - y_j| \quad (7)$$

3.4.2 Razão de Palma

A Razão de Palma pode ser medida conforme a Equação 8 (GUZMAN; OVIEDO, 2018; HERSZENHUT *et al.*, 2021; PALMA, 2011; PEREIRA *et al.*, 2019).

$$P = \frac{A_{10}}{A_{40}} \quad (8)$$

Onde:

P = Razão de Palma

A_{10} = Acessibilidade média dos grupos 10% maior renda

A_{40} = Acessibilidade média dos grupos 40% menor renda (HERSZENHUT *et al.*, 2021).

3.5 LIMITAÇÕES DA METODOLOGIA

A metodologia proposta possui algumas limitações, algumas de caráter conceitual e outras práticas, como a inexistência, desatualização ou dificuldade de obtenção de dados.

Uma primeira simplificação é o conceito “operacional” de **equidade** aqui adotado, que considera apenas as diferenças/desigualdades socioeconômicas, representadas pela renda. Equidade *lato sensu* é um conceito multidimensional que pode se referir às diversas manifestações da justiça social em diversos aspectos. Gênero, raça/cor e idade, por exemplo, que hoje estão no centro das discussões acerca das desigualdades urbanas, possuem forte relação com a equidade, porém não são abordados na pesquisa.

Outra limitação está associada ao **tempo decorrido desde a aplicação do último Censo Nacional (2010)**, fonte de todos os dados populacionais e socioeconômicos utilizados. Para minimizar as imprecisões, uma medida que foi tomada foi a atualização das rendas médias per capita de cada hexágono de acordo com a valorização do Salário Mínimo nacional entre 2010 e 2019. Além disso, a utilização da malha hexagonal, embora seja de alta desagregação espacial quando comparado

a bairros ou setores censitários, não capta diferenças de indicadores sociais dentro deles, considerando que todas as pessoas que residem ali possuem a mesma renda, por exemplo.

Também os dados provenientes da **Pesquisa Origem e Destino de Porto Alegre**, realizada pela última vez em 2003, estão desatualizados, como o número de viagens médio por pessoa por dia e a distribuição percentual de viagens por motivo. Mesmo que fossem mais recentes, a própria utilização dos dados da Pesquisa OD para determinar o número de viagens por motivo é uma limitação do trabalho, uma vez que existem grandes disparidades nestes números entre a população, e seria necessário uma pesquisa específica e abrangente para captar tais números com mais precisão.

A medida de acessibilidade de oportunidades cumulativas, embora seja muito utilizada e de fácil compreensão e comunicação, possui algumas limitações já abordadas na literatura. Uma delas é o fato de considerar o tempo de viagem como o único componente da acessibilidade, algo que o trabalho busca corrigir ao incluir aspectos de custo monetário, porém não leva em consideração aspectos como segurança e conforto de cada modo de transporte, bem como as preferências individuais. Outros aspectos que não são levados em conta por essa abordagem são a competição entre as pessoas (aplicável a postos de emprego, vagas em universidades e hospitais, por exemplo) e que todas as oportunidades são igualmente desejáveis para cada usuário, por exemplo, duas oportunidades são consideradas igualmente acessíveis para um limite de tempo mesmo que uma possa estar várias vezes mais distante do que a outra.

Por fim, pelo fato de a pesquisa se propor a analisar o panorama da acessibilidade a grandes centros de oportunidades e atratores de viagens, com uma abordagem macro, alguns conjuntos de destinos não foram considerados em suas totalidades. Aqui, podem ser citados os centros de emprego (1% dos hexágonos com mais vínculos empregatícios), a escolha somente por universidades no motivo “educação” e somente parques no motivo “recreação”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO – PORTO ALEGRE/RS

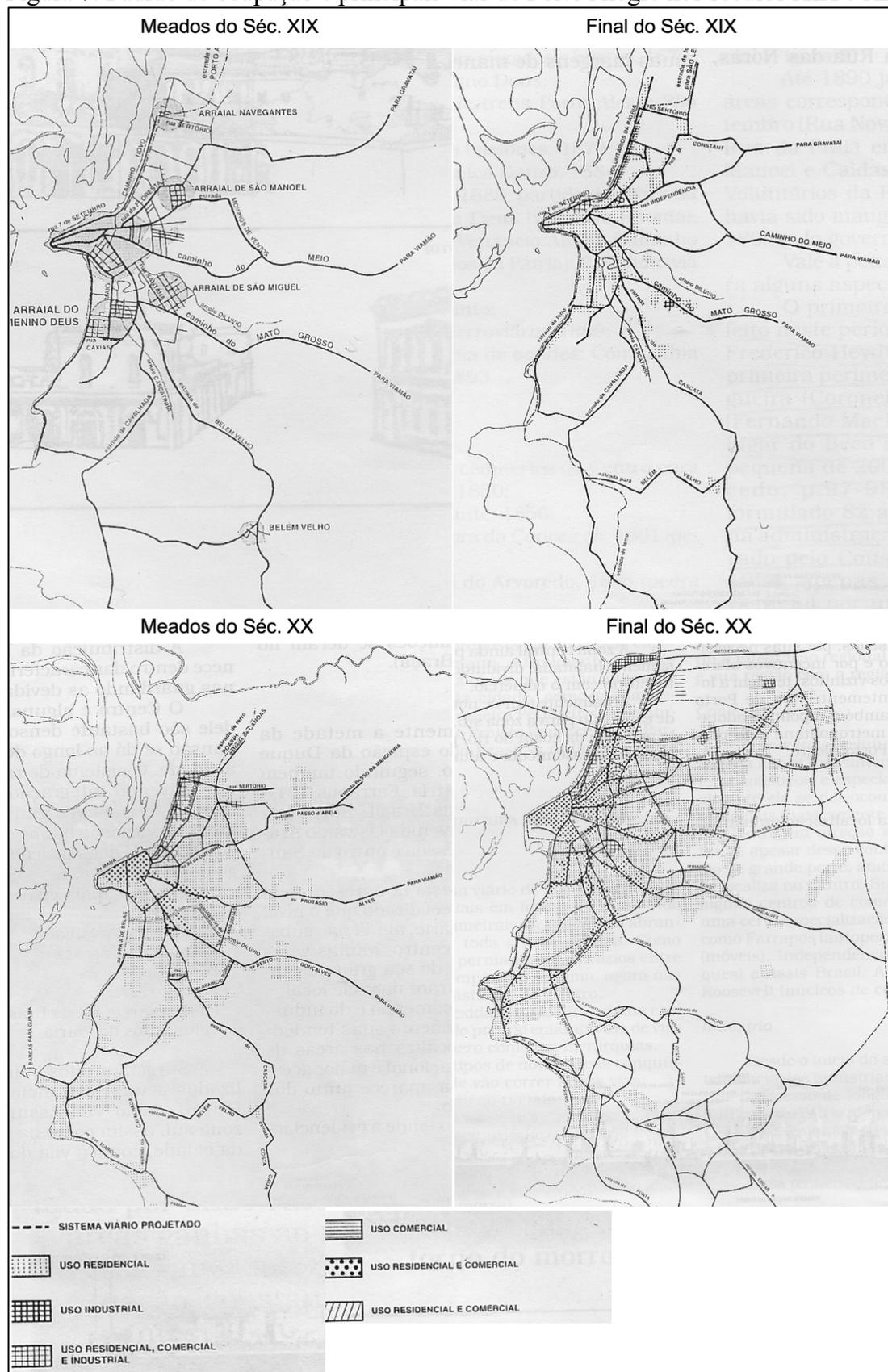
4.1.1 Contexto geral

Porto Alegre é uma cidade da região Sul do Brasil, capital do seu estado (Rio Grande do Sul) e que possui população próxima a 1,5 milhão de habitantes em uma área de quase 500km², sendo o décimo município mais populoso do país (IBGE, 2020).

O crescimento da cidade se deu a partir da região onde hoje se encontra o bairro Centro Histórico, uma península na margem leste do Lago Guaíba. Em linhas gerais, a cidade segue uma estrutura urbana radial, com os principais eixos de transporte saindo do centro para as demais regiões. Importante destacar o desenvolvimento da cidade na direção Leste, por avenidas como a Protásio Alves (antigo Caminho do Meio), Ipiranga e Bento Gonçalves, que distribuem os fluxos vindos de

diferentes regiões (e municípios da Região Metropolitana, como Viamão) na direção central. A Figura 7 apresenta os padrões de ocupação e vias principais para meados e fim dos séculos XIX e XX.

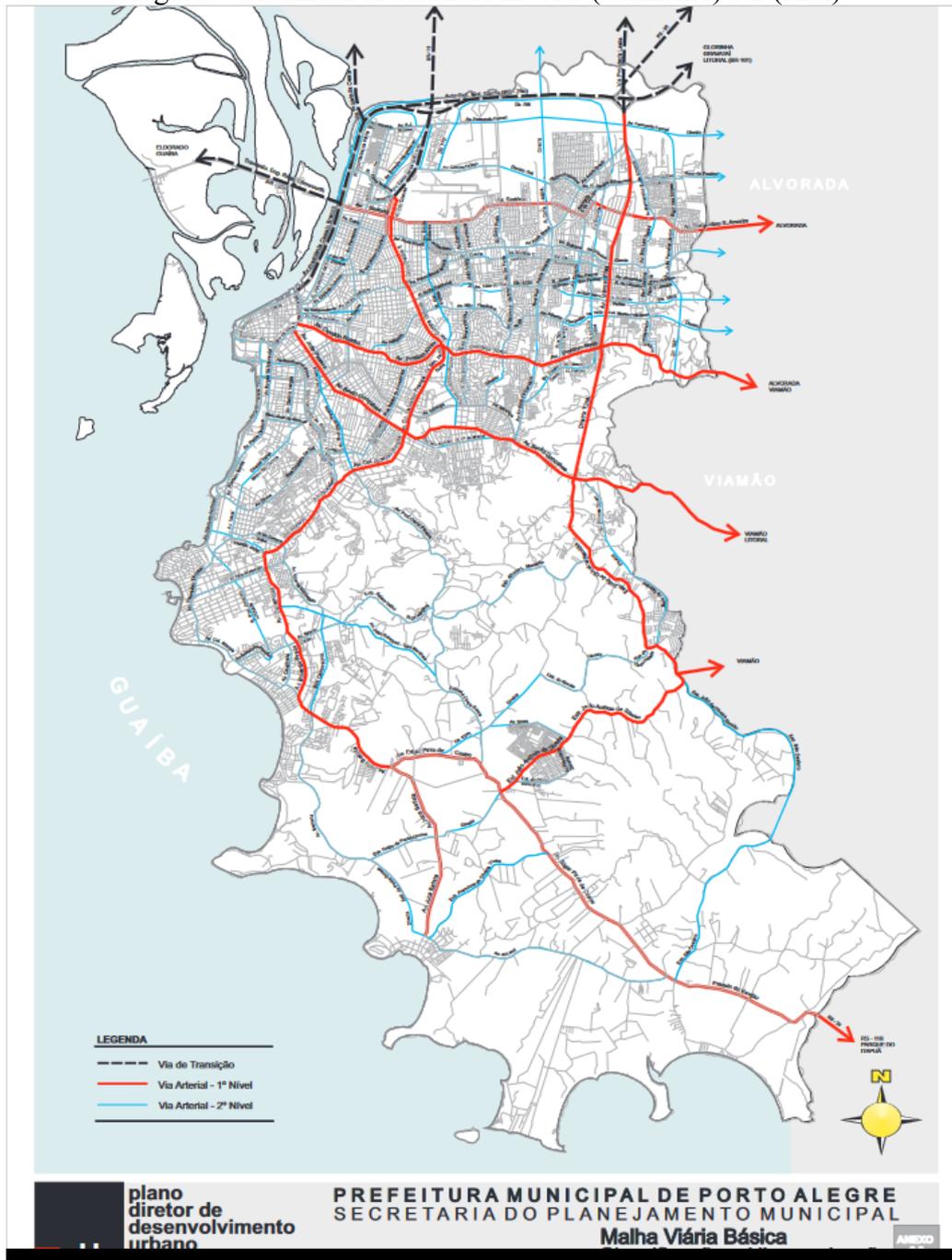
Figura 7: Padrão de ocupação e principais vias de Porto Alegre nos séculos XIX e XX



Fonte: adaptado de Souza, 2007.

Outro importante aspecto da configuração urbana de Porto Alegre é a presença das chamadas “perimetrais”: avenidas arteriais que cruzam diversos bairros da cidade ligando diferentes regiões, sendo que a “primeira” perimetral é o entorno do Centro Histórico. A Figura 8 apresenta o traçado das vias arteriais da cidade, em vermelho e azul (PORTO ALEGRE, 1999). As avenidas arteriais de nível 1, referentes às três perimetrais e as principais radiais, daqui em frente serão chamadas em conjunto de “sistema viário estrutural”.

Figura 8: Avenidas arteriais de nível 1 (vermelho) e 2 (azul)

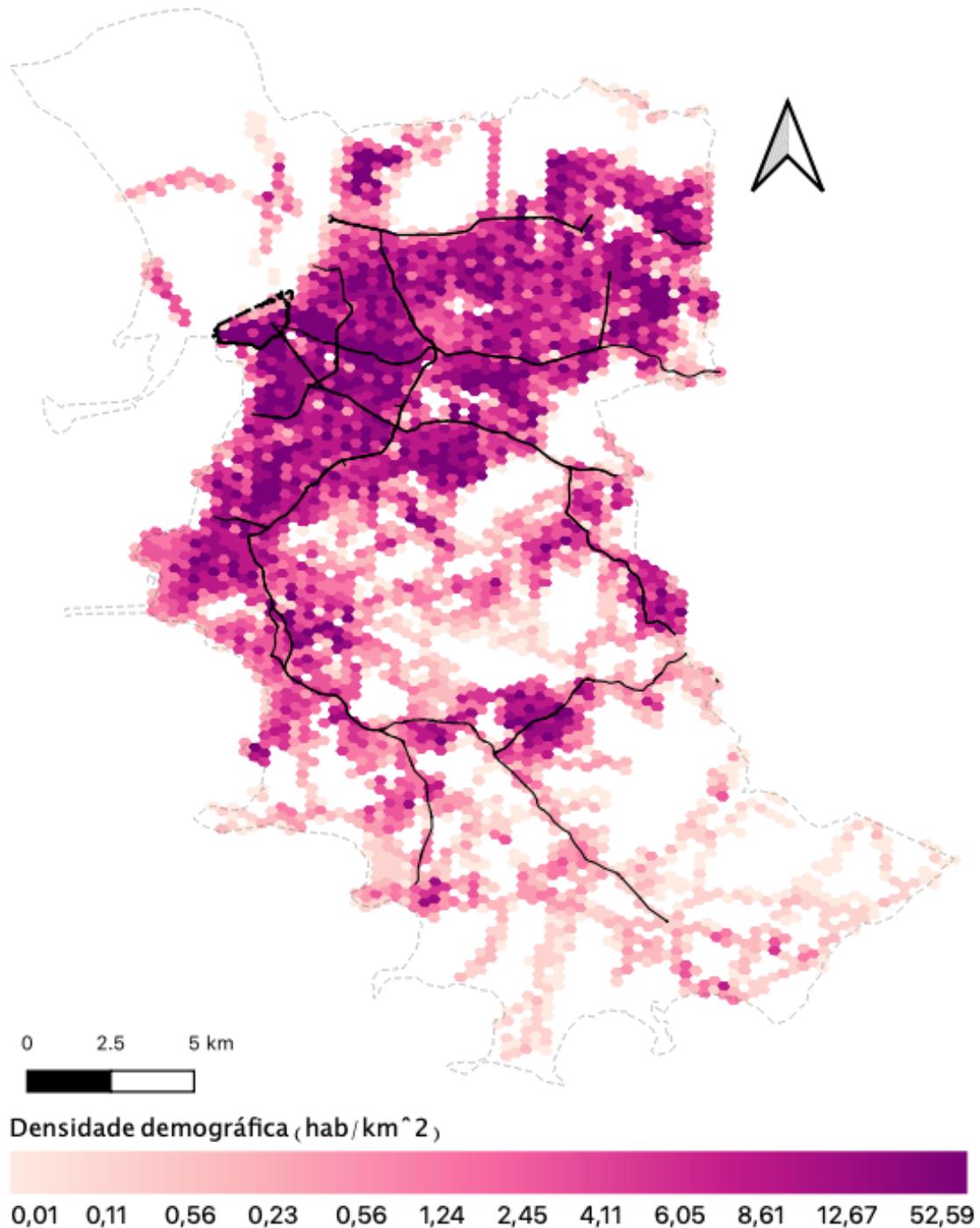


Fonte: Porto Alegre (1999).

As maiores densidades populacionais da cidade se encontram sobretudo no entorno destes eixos e nas regiões do eixo nordeste, onde há uma conturbação com o município de Alvorada. A zona

sul, ao contrário, abriga principalmente regiões residenciais e de baixas densidades, incluindo uma considerável área rural. A Figura 9 apresenta um mapa com as densidades populacionais do município, com destaque para o sistema viário estrutural.

Figura 9: Mapa de densidades e sistema viário estrutural de Porto Alegre.



Fonte: adaptado de Pereira et al. (2019)

As Figuras 10 e 11 trazem, respectivamente, imagens de satélite e fotos de diferentes partes da cidade buscadas no Google Maps. Nas primeiras linhas de cada uma, imagens retratando o interior

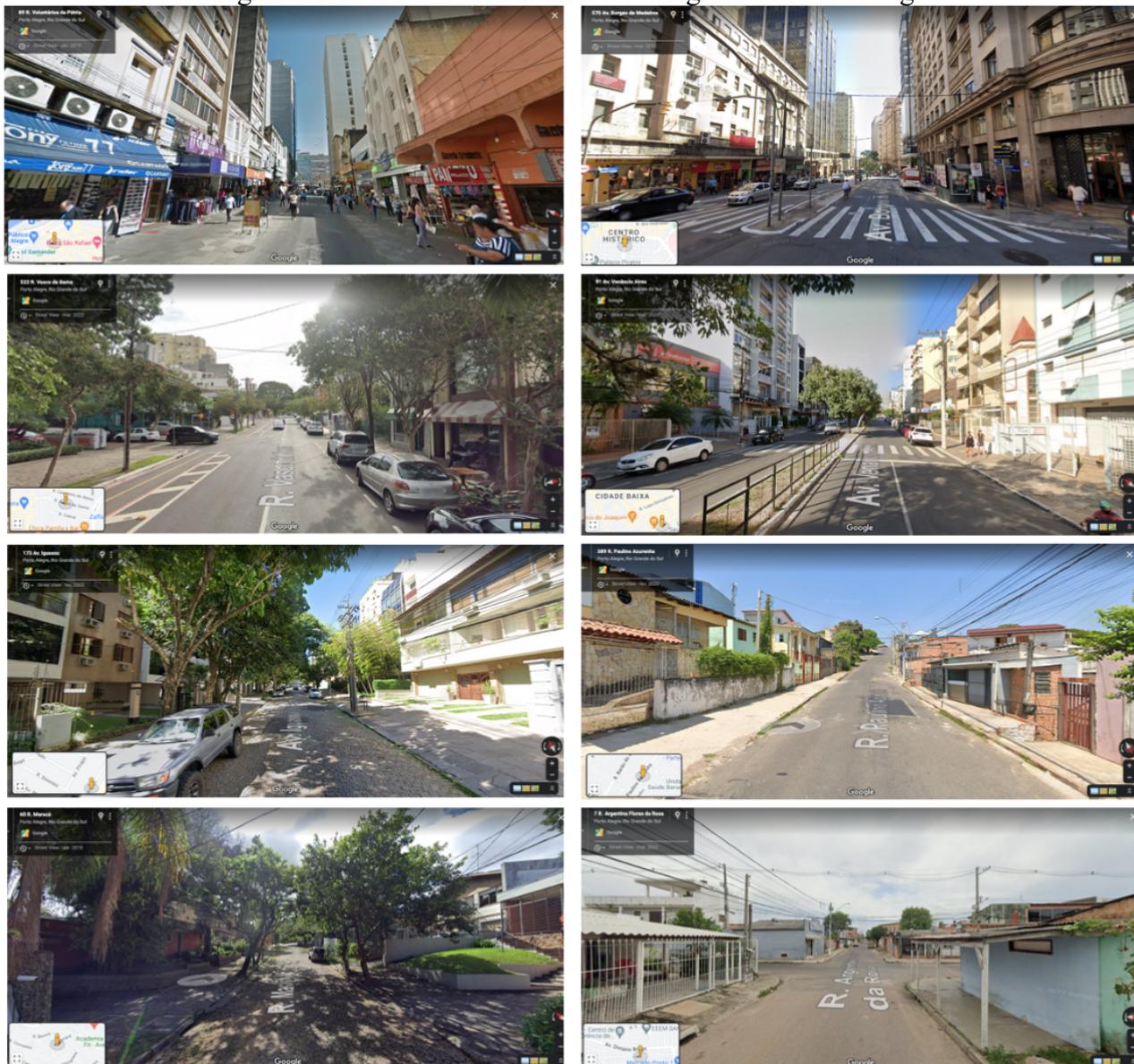
da primeira perimetral (bairro Centro Histórico), nas segundas linhas, regiões entre a primeira e a segunda perimetral (nos exemplos, bairros Rio Branco e Cidade Baixa), nas terceiras linhas, regiões entre a segunda e a terceira perimetral (bairros Petrópolis e Partenon) e, nas últimas, regiões além da terceira perimetral (bairros Vila Assunção e Rubem Berta). A Figura 12 destaca no mapa cada uma dessas diferentes “zonas”.

Figura 10: Imagens de satélite de diferentes regiões de Porto Alegre



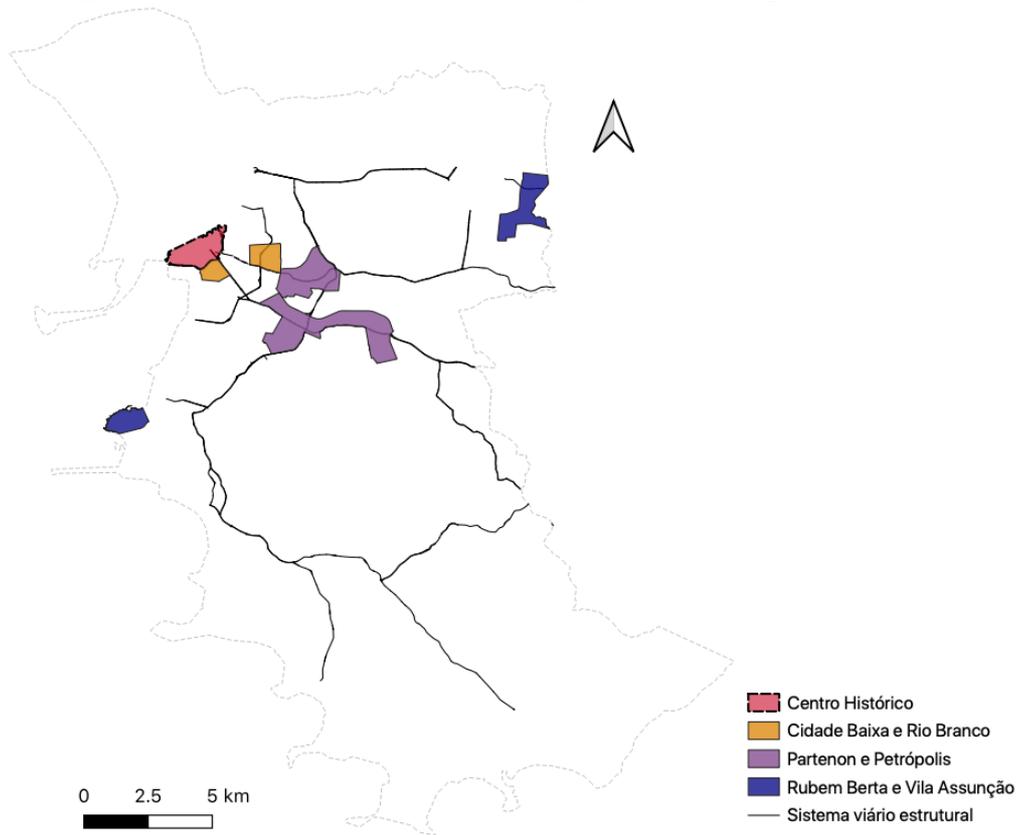
Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 11: Fotos de ruas em diferentes regiões de Porto Alegre



Fonte: elaborado pelo autor

Figura 12: Localização das diferentes regiões dos exemplos anteriores

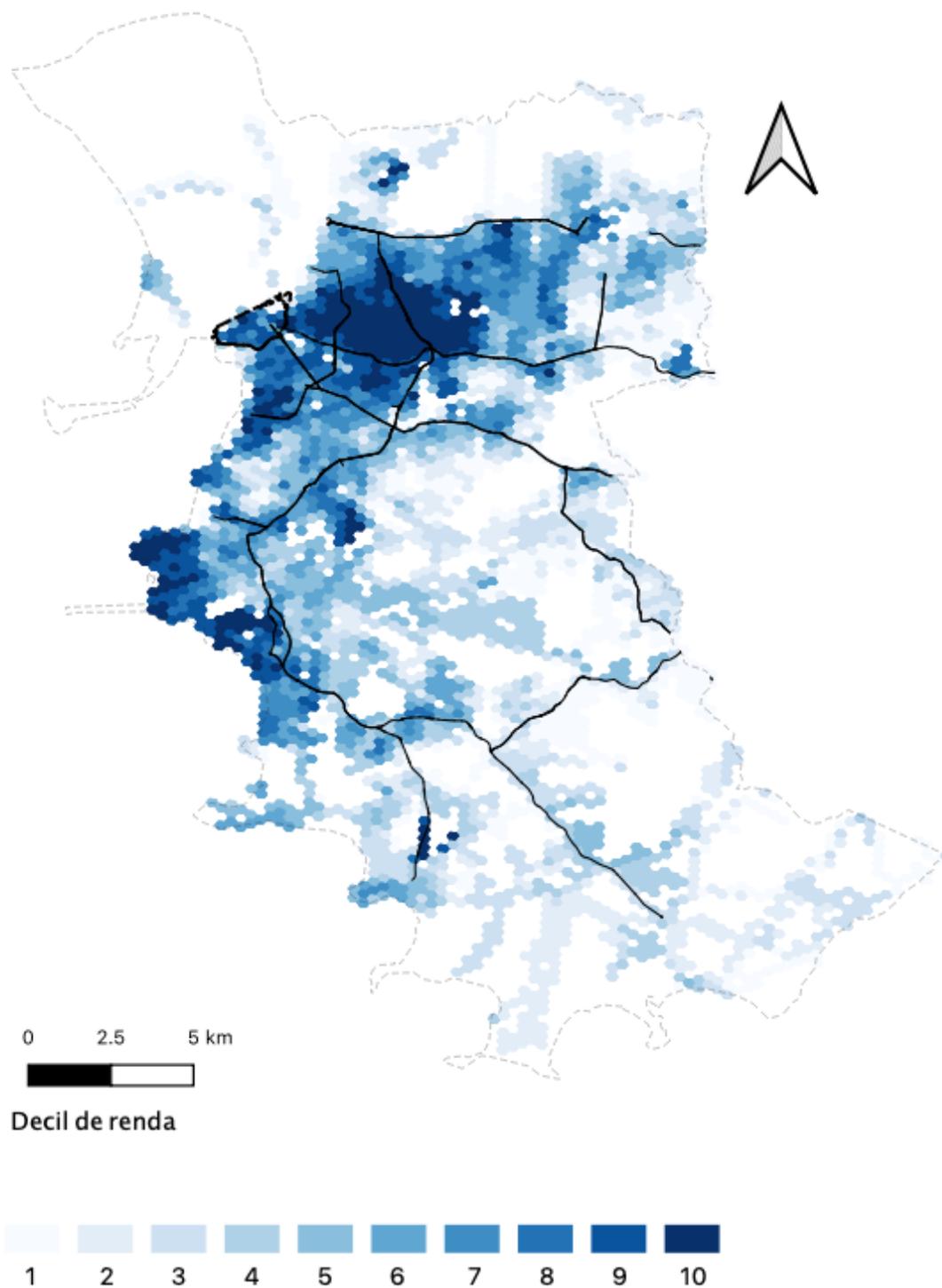


Fonte: elaborado pelo autor

Conforme sugerido nas imagens, em linhas gerais a ocupação da cidade é cada vez mais rarefeita conforme se distancia do Centro Histórico. Porém, dentro dos limites das perimetrais, sobretudo próximo de avenidas arteriais, se encontram mais regiões de alta densidade do que fora delas.

As regiões de rendas per capita mais altas se encontram principalmente à leste do Centro Histórico, distantes entre dois e cinco quilômetros, e em alguns bairros majoritariamente residenciais e de baixa densidade no sul. Já as regiões mais pobres são majoritariamente distantes do Centro, estando localizadas nos limites do município, na região das Ilhas (à Norte do Centro Histórico) e também na Zona Leste (a distâncias maiores da região central). A Figura 13 apresenta a renda média per capita de cada decil, classificada em decis.

Figura 13: Renda média mensal per capita de Porto Alegre, por decil.



Fonte: adaptado de Pereira et al. (2019).

4.1.2 Panorama do sistema de transportes

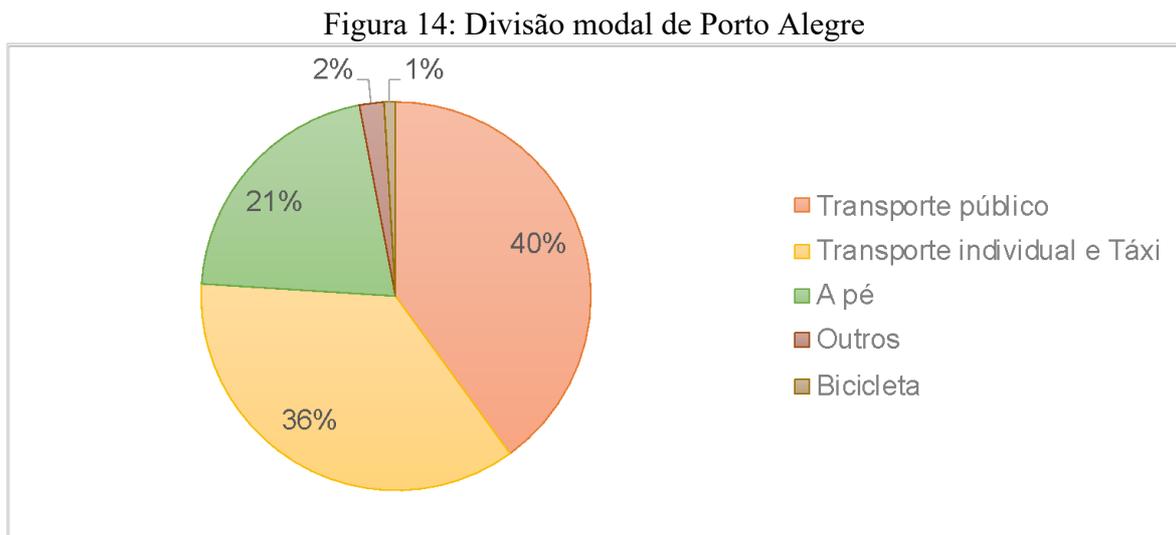
O sistema de **transporte público urbano** da cidade compreende serviços de ônibus, lotação e táxis tradicionais. No sistema de ônibus, três consórcios privados operam uma bacia cada (Sul, Norte e Leste/Sudeste), e em geral as linhas realizam trajetos Centro/Bairro e Bairro/Centro. A cidade ainda conta com a Carris, empresa pública que opera linhas transversais e circulares entre os bairros.

A cidade segue o modelo de tarifa única (R\$ 4,55 em junho de 2021), e para os casos de integração (uso de mais de uma linha num mesmo deslocamento) a segunda passagem saía pela metade do preço se utilizado o TRI (cartão de transporte oficial). Neste modelo, as viagens curtas “subsidiaram” as mais longas, o que pode se justificar pelo fato de que, em geral, a população de renda mais baixa é a que vive mais afastada da região central. Assim como a maioria das capitais brasileiras, o sistema é custeado unicamente pela tarifa, sem subsídios externos, apesar das diretrizes das políticas recentes de mobilidade urbana no âmbito nacional, como a Política Nacional de Mobilidade Urbana, que prezam pela priorização dos modos públicos coletivos (BRASIL, 2012).

Nos anos 1970, a cidade adotou uma política de construção de corredores de ônibus, sendo uma das primeiras cidades do país a tomar esta iniciativa. Os corredores, que atualmente somam 55km de extensão (BRTData, 2021), estruturam o sistema radial da cidade e atualmente a priorização do transporte público segue sendo expandida, porém com adoção de faixas exclusivas para ônibus, sem segregação física.

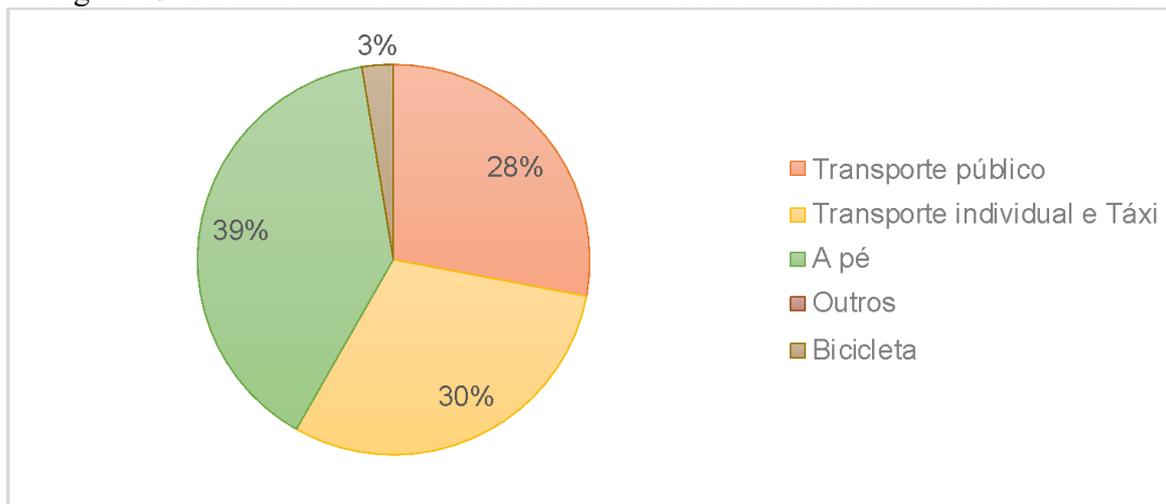
A cidade também conta com uma linha de trem metropolitano desde a década de 1980 (o Trensurb), que alimenta boa parte da região Norte da cidade e mais cinco municípios da Região Metropolitana, porém não possui sistema de metrô urbano.

A distribuição modal da cidade de 2003 (referente à última Pesquisa Origem e Destino realizada) pode ser encontrada na Figura 14. Em comparação com a média de todas as cidades brasileiras com mais de 1 milhão de habitantes em 2018 (Figura 15), os habitantes de Porto Alegre se deslocam proporcionalmente mais por transporte público e por transporte individual e menos a pé.



Fonte: Empresa pública de transportes e circulação, 2004.

Figura 15: Divisão modal das cidades brasileiras com mais de 1 milhão de habitantes

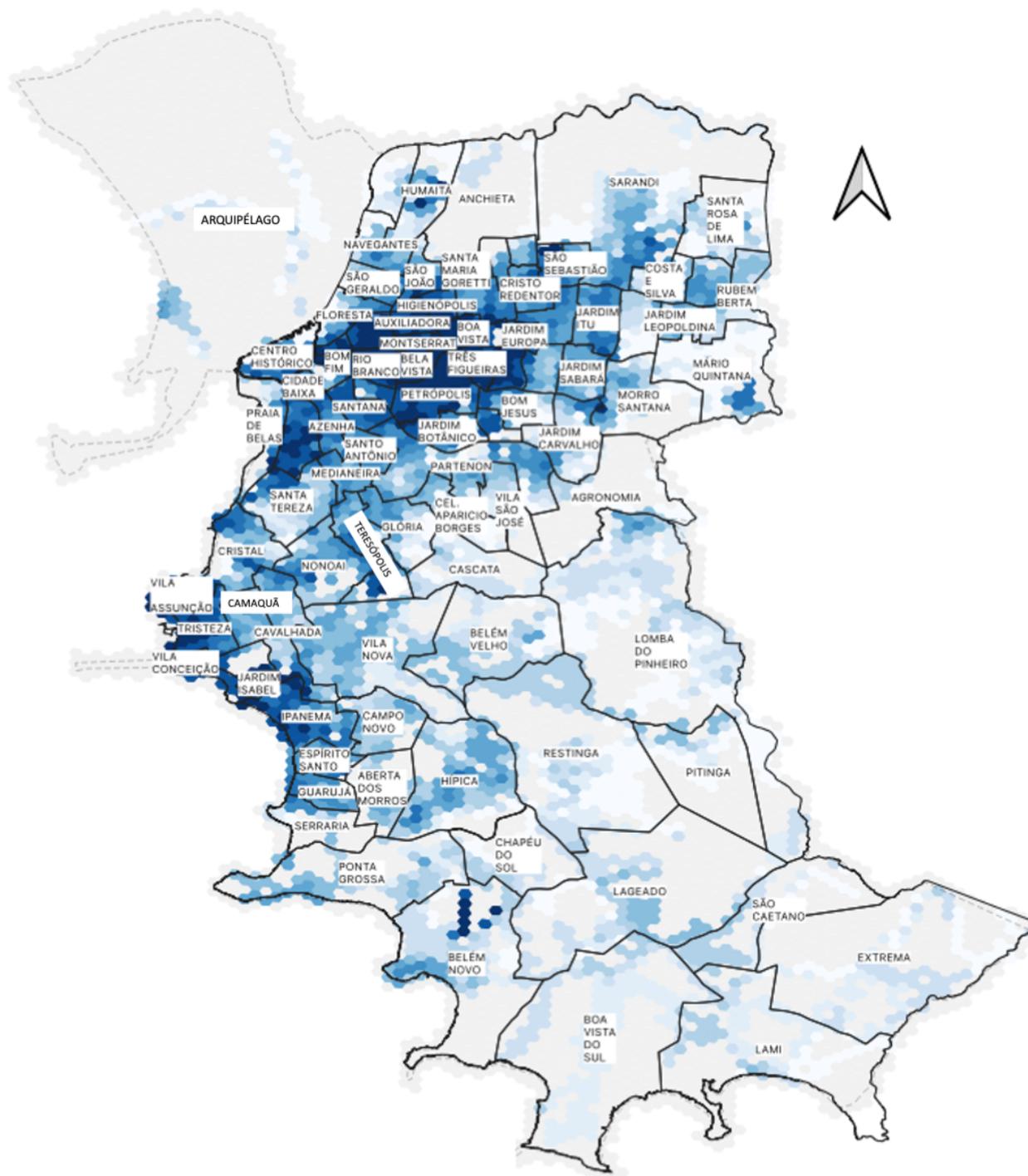


Fonte: Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos, 2021.

4.1.3 Divisão de bairros

O município está dividido territorialmente em 95 bairros de acordo com a última atualização, que data de 2016. A Figura 16 apresenta tal divisão, com a classificação em decis de renda ao fundo.

Figura 16: Divisão territorial de Porto Alegre em bairros



Fonte: elaborado pelo autor

A região de alta renda mais tradicional da cidade é aquela que abrange os bairros localizados à norte da arterial Av. Protásio Alves e nos entornos da segunda e terceira perimetral, sendo eles (em ordem crescente de distância do Centro Histórico) Bom Fim, Independência, Moinhos de Vento, Rio Branco, Auxiliadora, Montserrat, Bela Vista, Petrópolis, Higienópolis, Boa Vista, Três Figueiras e Jardim Europa. Estas se caracterizam por serem regiões próximas do Centro Histórico (todos os citados estão à menos de 6km) e de densidades populacionais altas.

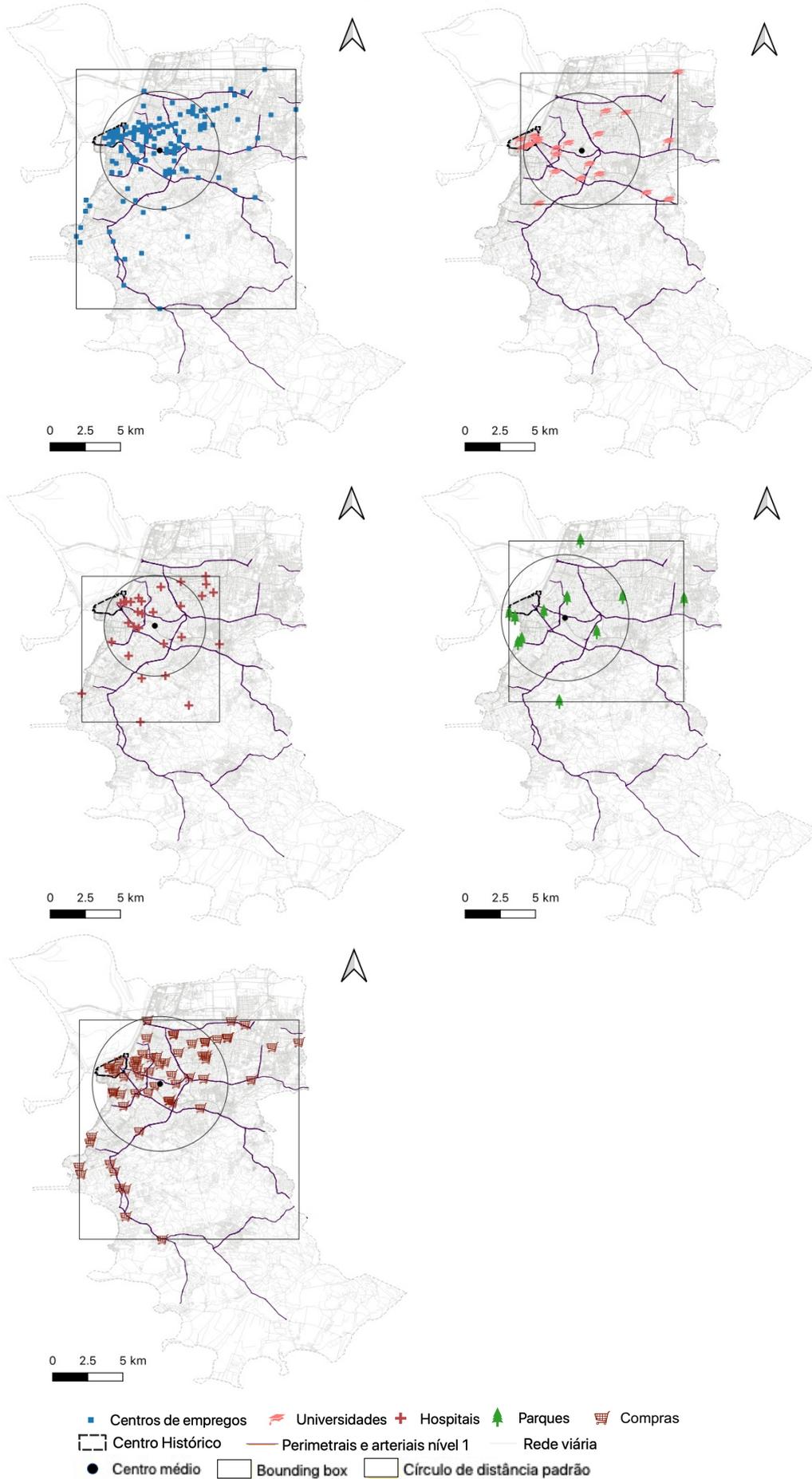
Há um outro núcleo na Zona Sul, às margens do Guaíba, com alta concentração de renda, que abrange a maior parte dos bairros Vila Assunção, Tristeza, Vila Conceição, Pedra Redonda, Jardim Isabel e alguns trechos de Ipanema. Aqui as densidades são mais baixas, os bairros ocupados majoritariamente por casas e há grande presença de áreas verdes. Por outro lado, todos os listados se encontram à cerca de 10km de distância do Centro Histórico, sendo regiões onde predomina o uso de veículos individuais.

As regiões de renda baixa podem ser encontradas na maioria das regiões da cidade, porém alguns bairros se destacam pela forte presença de aglomerados subnormais, falta de infraestrutura urbana e altas densidades. Eles são Farrapos e Humaitá (região norte, próximas da divisão com o município de Canoas); Sarandi, Santa Rosa de Lima, Rubem Berta e Mário Quintana (nordeste, próximos da divisão com Alvorada); Cel. Aparício Borges, Partenon, Vila João Pessoa e Vila São José (zona Leste) e os bairros Lomba do Pinheiro (divisa com Viamão) e Restinga, que são considerados “cidades dentro da cidade” devido à distância do Centro, algum isolamento de outras regiões e altas populações (50 mil e 30 mil habitantes, respectivamente, em 2010).

4.2 DISTRIBUIÇÃO DAS OPORTUNIDADES

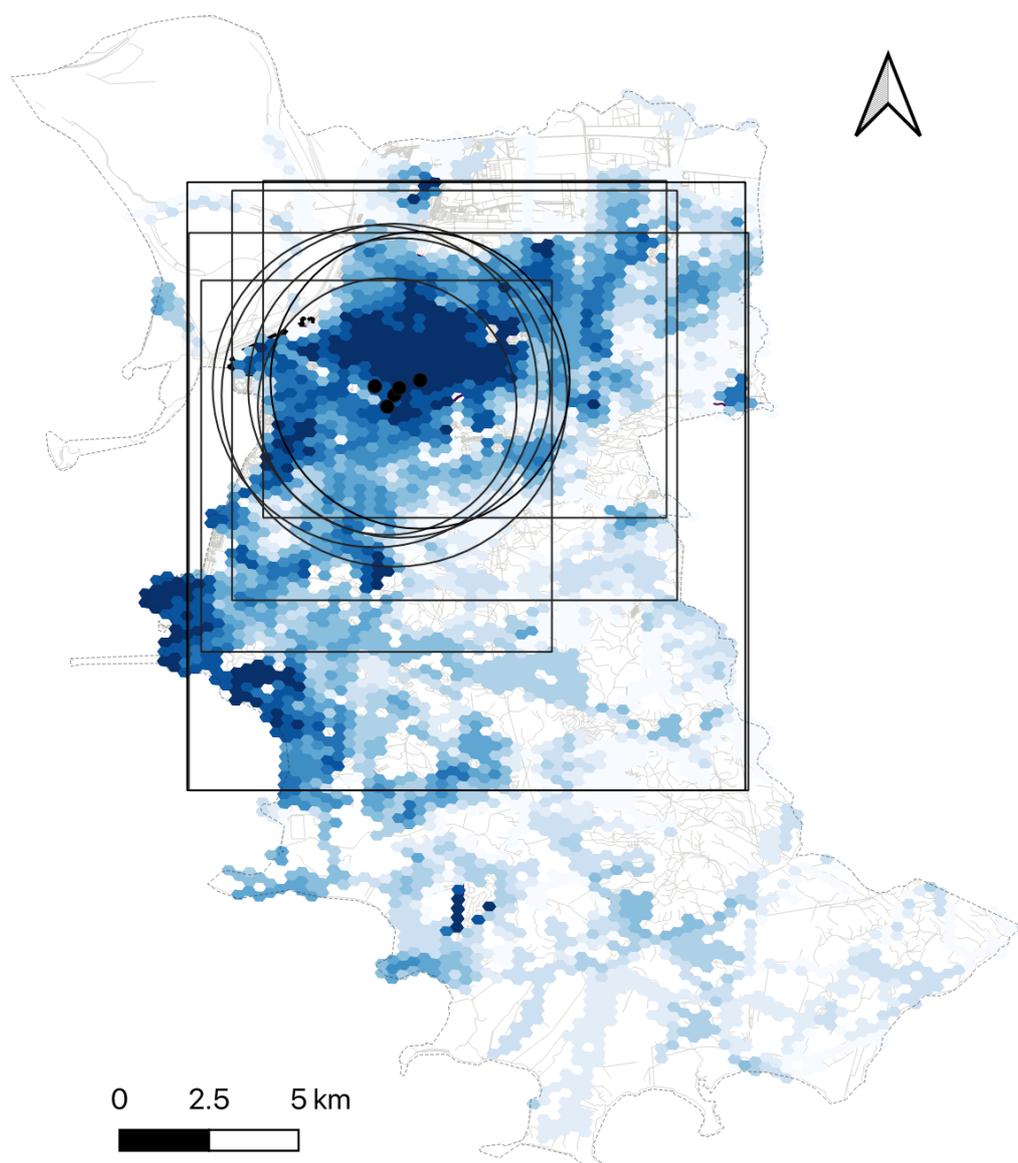
A Figura 17 apresenta, para cada conjunto de oportunidades, uma análise de estatística espacial das localizações, com o centro médio (ponto com a menor distância média de todas as localizações), o círculo de distância padrão (em torno do centro médio), e a *bounding box* (retângulo que abriga todas as localizações). Em suma, quanto mais espalhado ao longo do território for um conjunto de localizações, maiores serão o círculo e o retângulo. As Figuras 18 e 19 trazem o conjunto das *bounding boxes* e círculos padrão de todos, de maneira agregada.

Figura 17: Distribuição e estatística espacial das oportunidades consideradas na análise



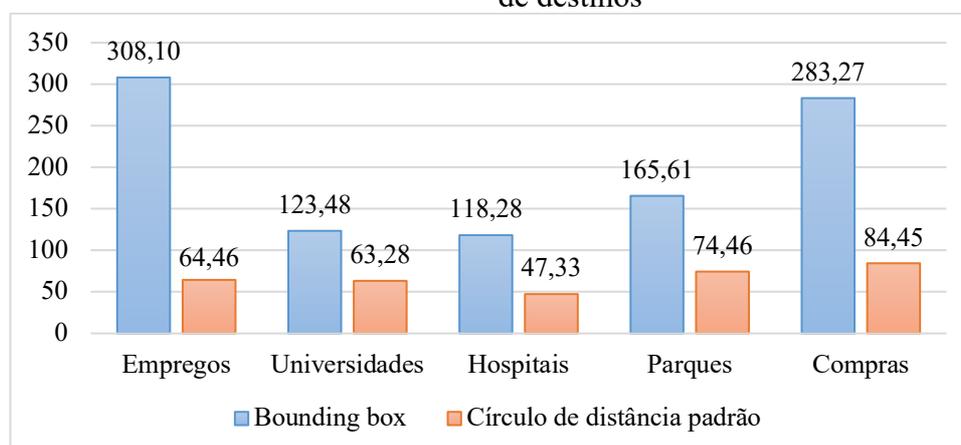
Fonte: elaborado pelo autor

Figura 18: Bounding boxes, círculos de distância padrão e pontos médios de todas as categorias de oportunidades.



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 19: Áreas (em km²) das bounding boxes e dos círculos de distância padrão de cada categoria de destinos

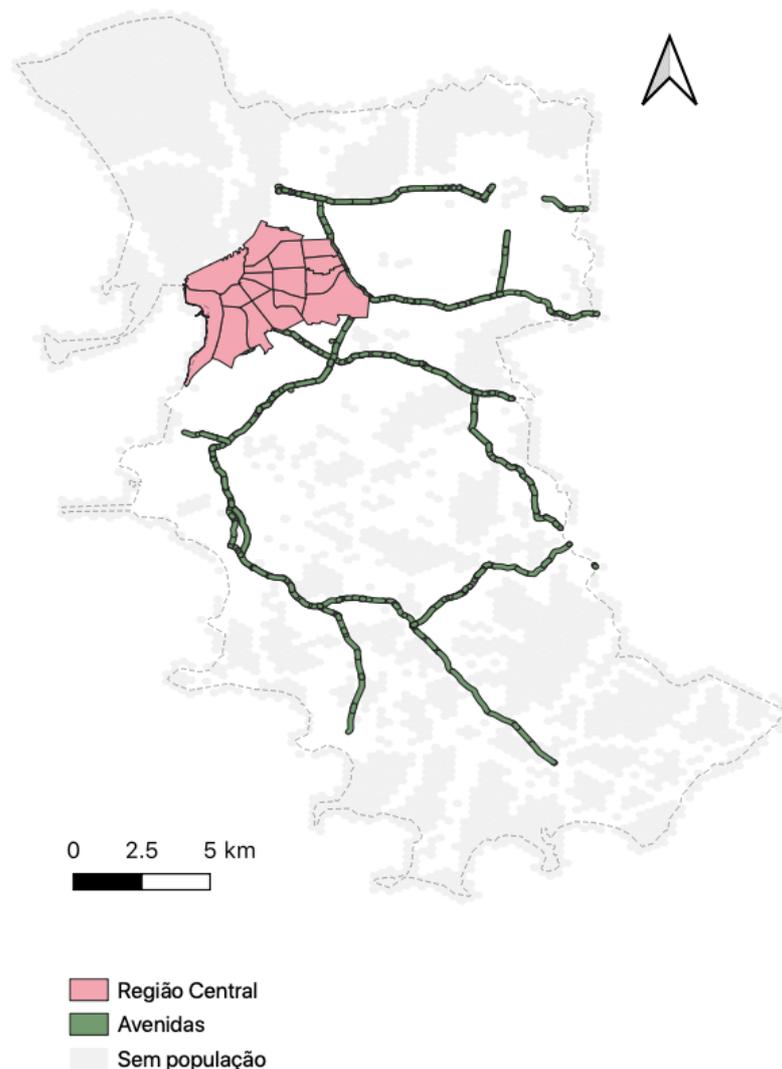


Fonte: elaborado pelo autor.

Os centros de emprego e locais de compras são, por grande vantagem, os destinos com as maiores *bounding boxes*, o que significa que são aqueles onde há a maior distância entre um par de pontos, porém não necessariamente que o conjunto de pontos é aglomerado ou não. O círculo de distância padrão, que indica com alguma razoabilidade a aglomeração dos pontos, indica que o conjunto com o menor valor (menor distância média, maior agrupamento) é o de hospitais, e o com o maior (mais espalhamento) são os locais de compras.

Ainda, foram analisadas as quantidades de oportunidades de cada categoria que estão localizadas nas proximidades das principais avenidas da cidade e/ou dentro dos limites da região central. As avenidas escolhidas para a análise foram as perimetrais e as arteriais de nível 1, com um *buffer* de 100 metros em seus redores. Já a região central considerou os 17 bairros classificados como constituintes da Região 1 de Gestão do Planejamento (RGP-1 do município, excluindo o extinto bairro Marcílio Dias (PORTO ALEGRE, 1999). A Figura 20 destaca a região central, bem como as avenidas com os buffers no entorno

Figura 20: Região central e principais avenidas (com buffer de 100m)



A Tabela 5 mostra o número absoluto e percentual de oportunidades de cada categoria que estão nas proximidades das avenidas, dentro dos limites da Região Central, bem como as que pertencem a ambos os casos.

Tabela 5: Número absoluto e percentual de oportunidades no entorno das principais avenidas e/ou dentro da Região Central.

Oportunidade	n	AVENIDAS	% AV	CENTRO	% CENTRO	AV+C	% AV+C
Centros de emprego	133	25	18,80%	65	48,87%	78	58,65%
Universidades	21	6	28,57%	9	42,86%	11	52,38%
Hospitais	29	6	20,69%	14	48,28%	15	51,72%
Parques	11	1	9,09%	6	54,55%	6	54,55%
Compras	62	15	24,19%	26	41,94%	37	59,68%
Todos	256	53	20,70%	120	46,88%	147	57,42%

Fonte: elaborado pelo autor.

As universidades são as categorias mais concentradas nas grandes avenidas ou suas proximidades, ao passo que os parques são as oportunidades mais “centralizadas”. Quando considerados em conjunto o centro e os eixos estruturais, os locais de compra são os mais presentes.

Uma maneira estatisticamente mais rigorosa de analisar agrupamentos no espaço é o Índice do Vizinho mais Próximo (*Nearest Neighbor Index*), que calcula, para uma distribuição de pontos, a média das distâncias entre cada ponto e o seu vizinho mais próximo, comparando então esta média com a distância média esperada em uma distribuição aleatória hipotética com o mesmo número de pontos e mesma *bounding box* (retângulo que cobre as maiores distâncias nos dois sentidos de uma distribuição).

Se a razão entre a média observada e a hipotética for igual a um, elas são iguais e a distribuição é considerada totalmente aleatória. Se a razão é **inferior** a um, a média observada é menor do que a esperada, logo a distribuição é considerada **aglomerada**. Se a razão for **superior** a um, a média observada é maior do que a esperada e, portanto, a distribuição é **dispersa**.

Quanto mais próxima de 0 (valor para padrão totalmente concentrado) for a razão, mais concentrada a distribuição é, e quanto maior ela for (não existe limite superior), mais dispersa.

A significância do índice é verificada através do escore z. Para um nível de confiança igual a 99,9%, o chamado valor z deve ser maior do que 3,27 (padrão disperso) ou inferior à -3,27 (padrão concentrado).

A Tabela 6 apresenta os índices para cada uma das categorias de destino do trabalho, bem como os valores z.

Tabela 6: Índices do vizinho mais próximo para as oportunidades

Oportunidades	Pontos	observada	esperada	NNI	Z	Distribuição
Centros de emprego	133	587,50	760,56	0,77	-5,02	aglomerada
Universidades	21	1407,57	1212,43	1,16	1,41	dispersa
Hospitais	29	1221,62	1009,24	1,21	2,17	dispersa
Parques	11	2516,35	1939,46	1,30	1,89	dispersa
Compras	62	729,15	1067,85	0,68	-4,78	aglomerada
Todos	256	161,70	550,44	0,29	-21,62	aglomerada

Fonte: elaboração própria.

Considerando todos os destinos em conjunto, a distribuição é significativamente concentrada. Analisadas separadamente, somente os centros de emprego e locais de compra são significativamente aglomerados, enquanto as universidades, hospitais e parques são dispersos, porém com valores z que não indicam significância.

Utilizando como referência o padrão urbano de um “quarteirão” a cada 100 metros e comparando as distâncias entre pontos dos diferentes tipos de oportunidades, podemos dizer que existe aproximadamente 1 centro de emprego a cada seis quarteirões, uma universidade a cada 14, um hospital a cada 12, um parque a cada 25 e uma unidade de compras a cada sete.

4.2.1 Centros de empregos

As oportunidades de trabalho, além de serem em maior número na análise, estão presentes no maior número de bairros da cidade: em 49 de 95. Os 133 centros de empregos considerados estão localizados exatamente no centroide de cada um dos hexágonos onde foram calculados os maiores índices de vínculos empregatícios.

Há uma grande concentração no bairro Centro Histórico, localização tradicional de comércio da cidade (SOUZA; MARASCHIN, 2021) e onde estão localizados diversos órgãos públicos e administrativos do município e do estado, bem como universidades e hospitais. O Moinhos de Vento, importante centro comercial e sede de diversas empresas, é o segundo bairro com mais oportunidades, e outros bairros também próximos do Centro, como Rio Branco, Auxiliadora e Independência estão entre os dez com maior número de oportunidades, indo em encontro aos resultados encontrados por Souza e Maraschin (2021). É possível identificar concentrações nas direções Leste, ao longo de avenidas estruturantes como Ipiranga, Bento Gonçalves e Protásio Alves, e Nordeste, em bairros populosos como o Sarandi.

4.2.2 Universidades

As 21 universidades, presentes em 21 hexágonos diferentes, estão majoritariamente aglomeradas no eixo Centro-Leste da cidade, tendo uma das menores abrangências espaciais entre os seis conjuntos de oportunidades. Uma grande parte delas se localiza nas proximidades do bairro

Centro Histórico (as mais antigas, como o campus Central da Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e ao longo das avenidas Ipiranga e Bento Gonçalves, com algumas exceções. Importante ressaltar o papel da Av. Ipiranga, que fornece grande acessibilidade e articula a cidade de leste à oeste, distribuindo os fluxos que vêm das regiões sul e norte. Importante ressaltar a inexistência de universidades na região Sul da cidade, indicando que as pessoas lá residentes tendem a ter uma baixa acessibilidade a universidades.

4.2.3 Hospitais

Os 29 estabelecimentos de saúde, que ocupam 28 hexágonos, também são relativamente bem distribuídos na cidade. Ao contrário de outras categorias de destinos, a lógica por trás da distribuição espacial de hospitais deve ser a de oferecer alternativas acessíveis para toda a população, por ser um serviço básico e de responsabilidade do Estado. Apesar disso, a existência de hospitais privados faz com que regiões mais centrais e densas da cidade tendam a ter maior número de unidades.

Apesar de uma concentração nos bairros próximos ao Centro Histórico, há oferta em bairros periféricos, principalmente devido à presença de unidades de saúde como o da Vila Cruzeiro e do IAPI, nas regiões sul e norte, respectivamente.

Ressalta-se que existem mais equipamentos de saúde na cidade, sobretudo unidades básicas e postos de saúde, distribuídos em praticamente todos os bairros da cidade, que não foram incluídos na análise pelo caráter da pesquisa de analisar um panorama abrangente de acessibilidade.

4.2.4 Parques

Apesar de ser o conjunto com o menor número de oportunidades, os 11 parques considerados - que ocupam 11 hexágonos distintos - possuem uma das distribuições mais abrangentes entre os destinos analisados. Por partirem de uma lógica estritamente pública, parte-se do pressuposto que idealmente toda a população tenha acesso a áreas de recreação. Devido ao escopo do trabalho, somente os dez parques que constam na lista da SMAM foram considerados, porém ressaltar-se que existem inúmeras praças distribuídas pela cidade.

A maior presença de parques está principalmente na orla do Lago Guaíba, região que futuramente receberá ainda mais áreas verdes e de convivência. Destaca-se também a presença de parques em regiões periféricas no sul, norte e nordeste.

4.2.5 Shopping centers e supermercados

Os estabelecimentos de compra considerados no trabalho, 16 shopping centers e 50 supermercados, ocupam 65 hexágonos. Eles pertencem ambos ao motivo de viagem “compras”, e seguem a lógica privada mercadológica, isto é, são estabelecidos onde os empresários julgam que há uma demanda maior e maiores margens de lucro. Por isso, observam-se as principais concentrações

no Centro Histórico e nas regiões de alta renda próximas a ele, bem como nas zonas de alta densidade no nordeste.

Destaca-se a proximidade que os centros médios dos diferentes conjuntos de oportunidades ficaram localizados: a maior distância euclidiana entre eles é de 2 quilômetros (entre o centro dos shopping centers, mais ao norte, e dos supermercados, mais ao sul). Quatro deles (empregos, universidades, hospitais e supermercados) estão localizados dentro do Petrópolis, bairro tradicional e de renda alta, enquanto os outros dois nos bairros vizinhos de Santa Cecília (parques, mais a oeste) e Montserrat (shopping centers, mais a norte), também regiões de renda alta. Estas observações indicam como a população residente nesta parte da cidade (que, em geral, é de renda alta) tende a ter os maiores índices de acessibilidade a todas as categorias de oportunidade, não só pela proximidade que está dos destinos, mas também da infraestrutura urbana que dispõe, como a proximidade de importantes avenidas e presença constante de transporte público.

4.3 MEDIDAS DE ACESSIBILIDADE

4.3.1 Distância média

Uma primeira medida calculada foi a distância média entre as origens e as oportunidades urbanas. Embora seja um indicador mais simples, uma vez que não considera a infraestrutura urbana e os diferentes meios de transporte, ela pode ser um indicativo das tendências dos resultados da análise de oportunidades cumulativas, tendo em vista especialmente a estrutura urbana e a distribuição das localizações vistas na seção anterior.

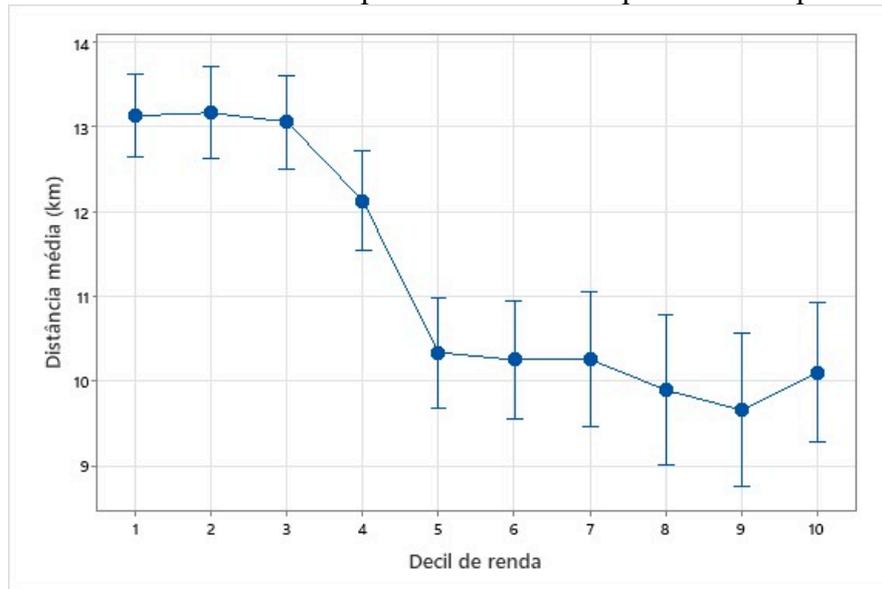
A fim de investigar a relação da proximidade de oportunidades com a renda dos moradores das diferentes partes da cidade, foram calculados também as distâncias médias até cada categoria de oportunidades por decil de renda, apresentados na Tabela 7 e Figura 21.

Tabela 7: Distância média das oportunidades de cada motivo por decil de renda

Distância média das oportunidades (km)						
Decil de renda	Empregos	Universidades	Hospitais	Parques	Compras	Todas
1	13,08	13,06	12,69	13,34	13,43	13,13
2	13,11	13,05	12,80	13,40	13,43	13,16
3	13,01	12,96	12,60	13,29	13,37	13,06
4	12,08	12,05	11,65	12,35	12,45	12,13
5	10,28	10,27	9,88	10,52	10,65	10,34
6	10,20	10,21	9,81	10,40	10,55	10,25
7	10,21	10,25	9,78	10,41	10,57	10,26
8	9,85	9,95	9,41	9,99	10,19	9,90
9	9,61	9,72	9,13	9,74	9,97	9,66
10	10,06	10,18	9,57	10,15	10,40	10,10
Média	12,32	12,30	12,00	12,58	12,90	12,43

Fonte: Elaboração própria.

Figura 21: Distância média e desvios padrão de todas as oportunidades por decil de renda

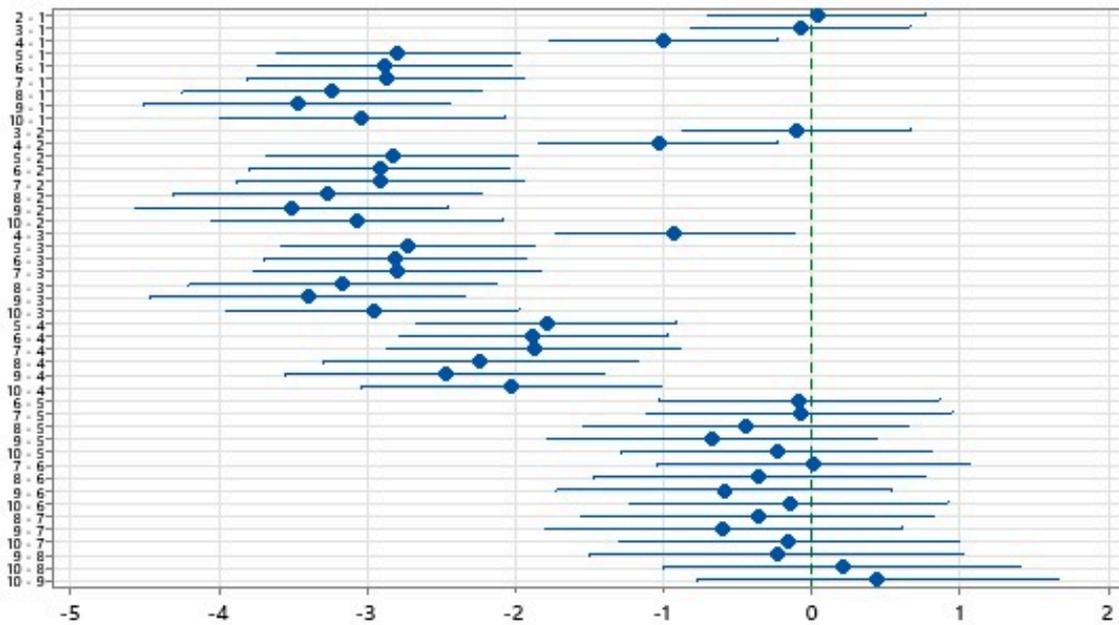


Fonte: Elaboração própria.

Os gráficos mostram que o comportamento é similar para todos os motivos de viagens: a média dos três decis de menor renda é notadamente mais alta do que as dos demais, enquanto as variações entre os decis 5-10 são pequenas, inferiores a 1km para cada motivo. Para todas as categorias, o decil 9 (segundo mais rico) apresenta as menores distâncias, mostrando que, em termos de distância, não é exatamente linear a relação entre renda e proximidade das oportunidades, mas há sim um padrão de privilégio locacional para as classes mais altas.

Realizou-se, então, uma análise de variância (ANOVA) para testar estatisticamente as diferenças entre as médias para cada um dos motivos de viagem. A Figura 22 mostra, para a distância média a todas as oportunidades por decil de renda, o gráfico das diferenças de médias com intervalos de confiança de 95% do teste pareado de Tukey, no qual se analisa a diferença entre cada par de decis de renda. No eixo y estão todos os pares possíveis entre os decis de renda, enquanto no eixo x estão as diferenças entre as médias. Os pares cujo intervalo cruza a linha do zero (pontilhada vertical) não têm diferença significativa de média de acessibilidade entre si, com $p < 0,05$. Quanto mais distante do zero, mais significativa é a diferença de médias daquele par.

Figura 22: Intervalos dos testes simultâneos de Tukey para diferenças de distâncias médias de todas as oportunidades por pares de decis de renda.

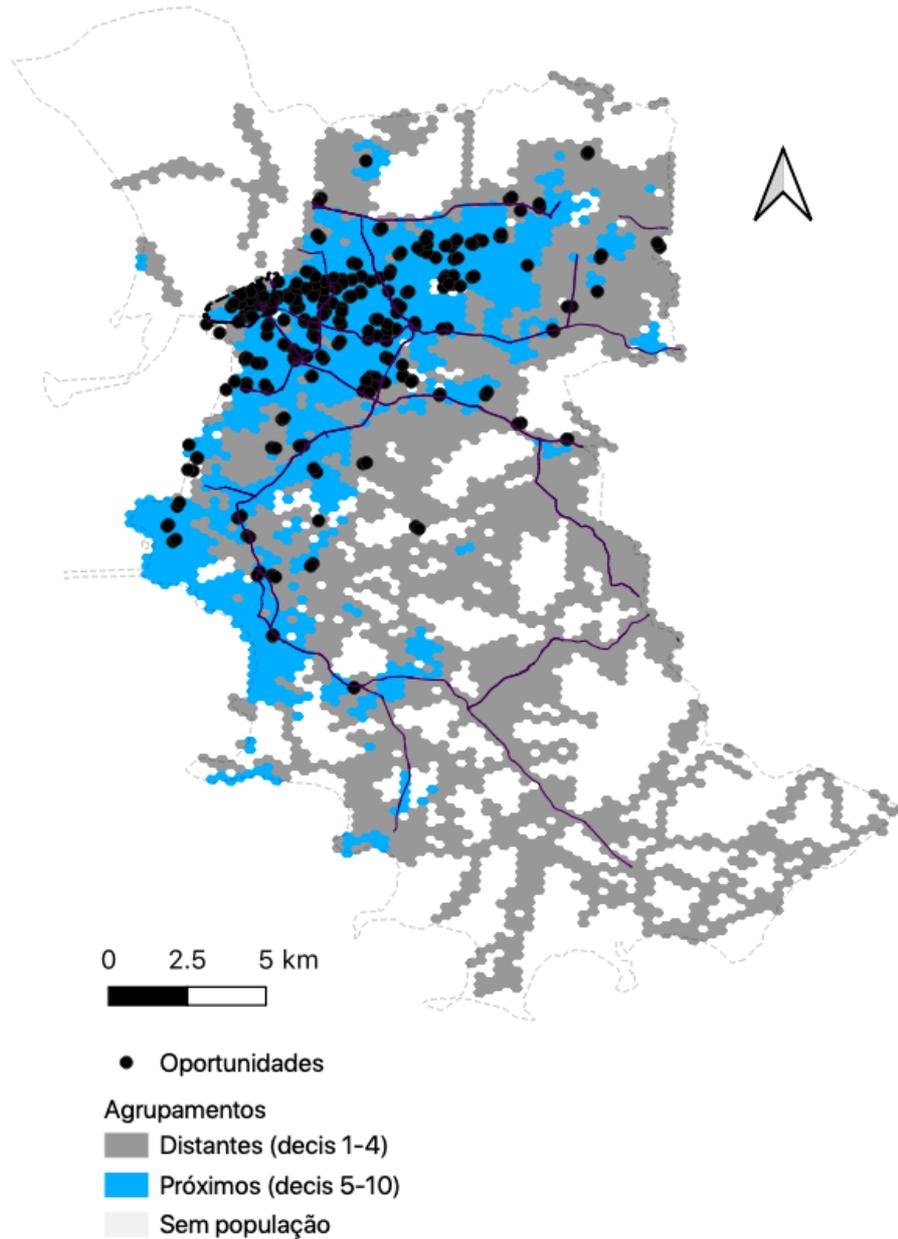


Fonte: elaboração própria.

Encontrou-se o mesmo padrão também para os conjuntos de destinos separadamente, sugerindo que existem dois blocos de decis de renda similares: um que abrange os decis 1-4 e o outro os decis 5-10.

Logo, podemos considerar que existem dois grandes agrupamentos populacionais no que diz respeito à proximidade das principais oportunidades urbanas do município, que serão chamados daqui para a frente de regiões ou hexágonos “**próximos**” (maior renda e menor distâncias médias) e “**distantes**” (menor renda e maior distâncias médias). Os dois grupos contém, respectivamente, a 58% e 42% dos hexágonos habitados do município. A Figura 23 destaca onde estão os hexágonos de cada um destes dois grupos.

Figura 23: Localização dos dois agrupamentos de renda.



Fonte: baseado em Pereira et al. (2019).

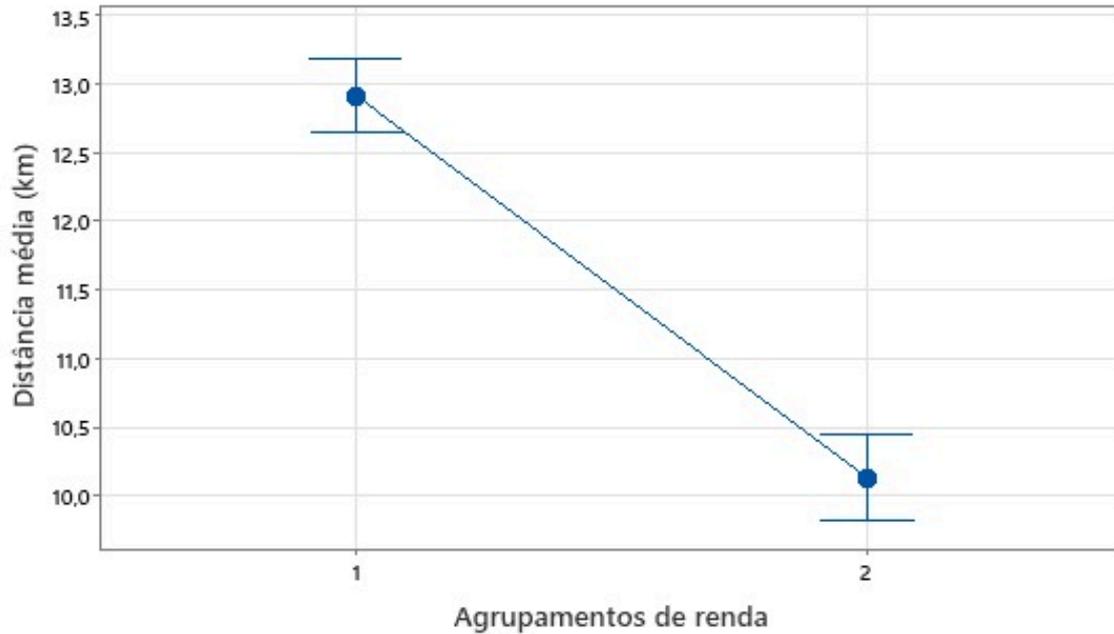
Realizando o mesmo procedimento da análise da diferença das médias, agora entre os dois agrupamentos, verificou-se que, de fato, elas são significativamente muito diferentes entre os dois agrupamentos. A Tabela 8 apresenta os valores das distâncias médias por motivo para cada um dos agrupamentos, e a Figura 24 as distâncias médias e desvios-padrão para todos os destinos.

Tabela 8: Distância média das oportunidades de cada motivo para cada grupo de renda

Grupo de renda	Distância média das oportunidades (km)					
	Empregos	Universidades	Hospitais	Parques	Compras	Todas
1	12,86	12,82	12,48	13,13	13,21	12,91
2	10,08	10,13	9,65	10,26	10,44	10,13
Média	12,32	12,30	12,00	12,58	12,90	12,43

Fonte: Elaboração própria.

Figura 24: Distância média e desvio padrão de todas as oportunidades por agrupamento de renda



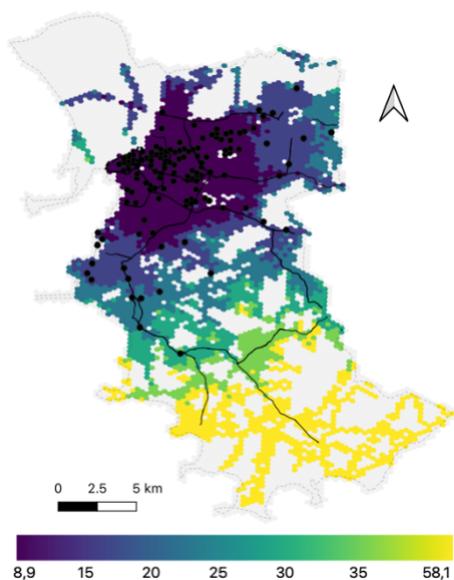
Fonte: Elaboração própria.

4.3.2 Tempo médio de viagem

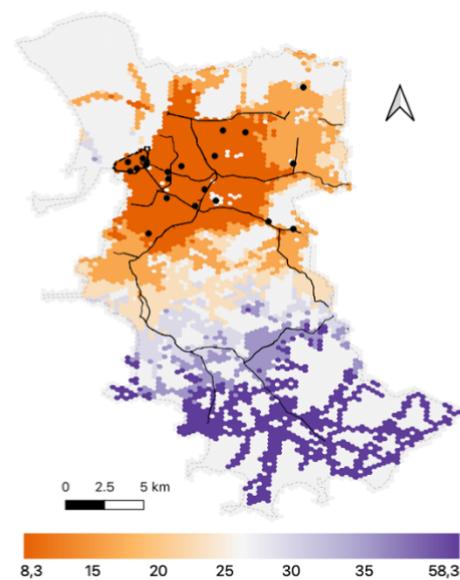
Os primeiros resultados obtidos do roteamento de viagens com o r5r entre todas as origens e todos os destinos são **matrizes com os tempos de viagem** para cada modo e cada motivo. Uma vez que um dos parâmetros de entrada do r5r é o tempo máximo de viagem, em geral muito superior e com maiores variações para os modos ativos, optou-se por apresentar os resultados somente para os motos motorizados. A Figura 25 apresenta mapas com a distribuição dos tempos médios das viagens realizadas de aplicativo para cada motivo, e a Figura 26 a distribuição para viagens realizadas por transporte público.

Figura 25: Tempos médios de viagem de aplicativo por motivo.

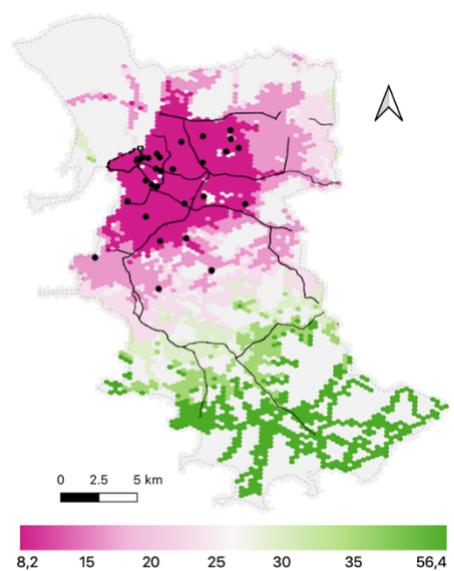
EMPREGOS



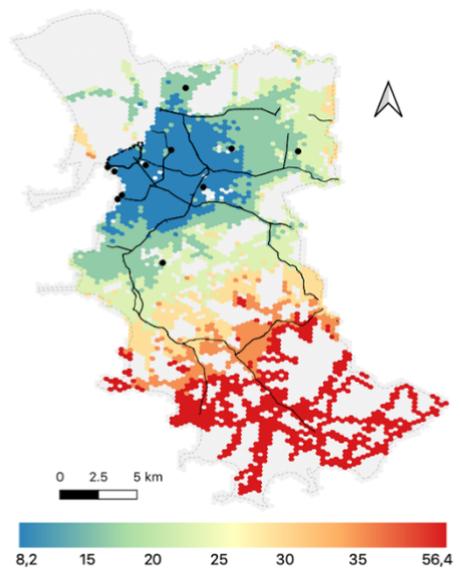
UNIVERSIDADES



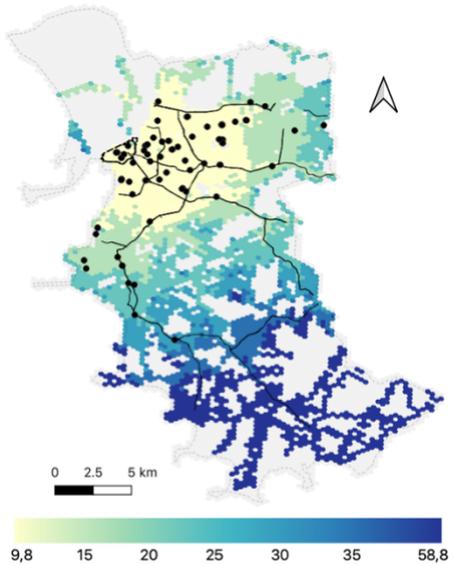
HOSPITAIS



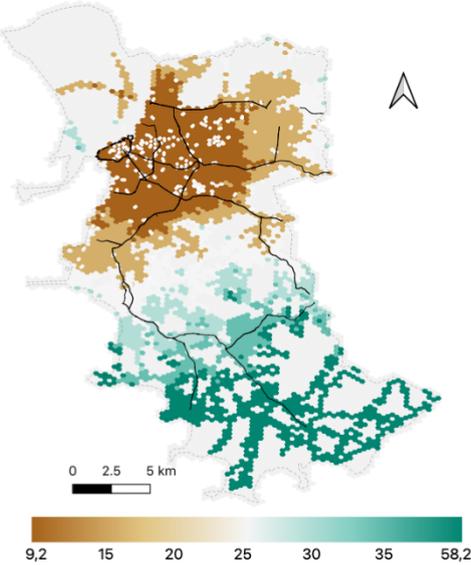
PARQUES



COMPRAS

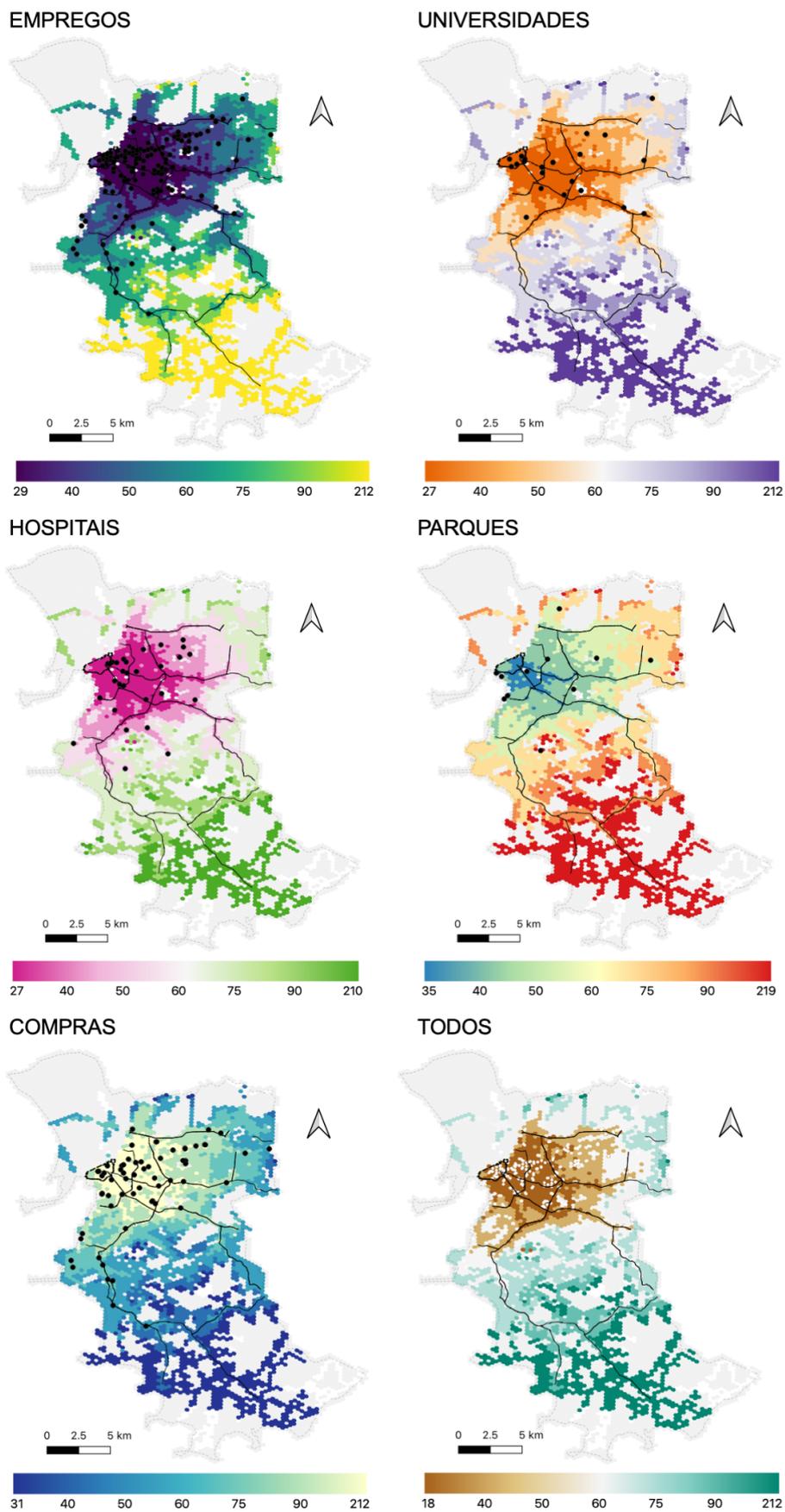


TODOS



Fonte: Elaboração própria.

Figura 26: Tempos médios de viagem de transporte público por motivo.

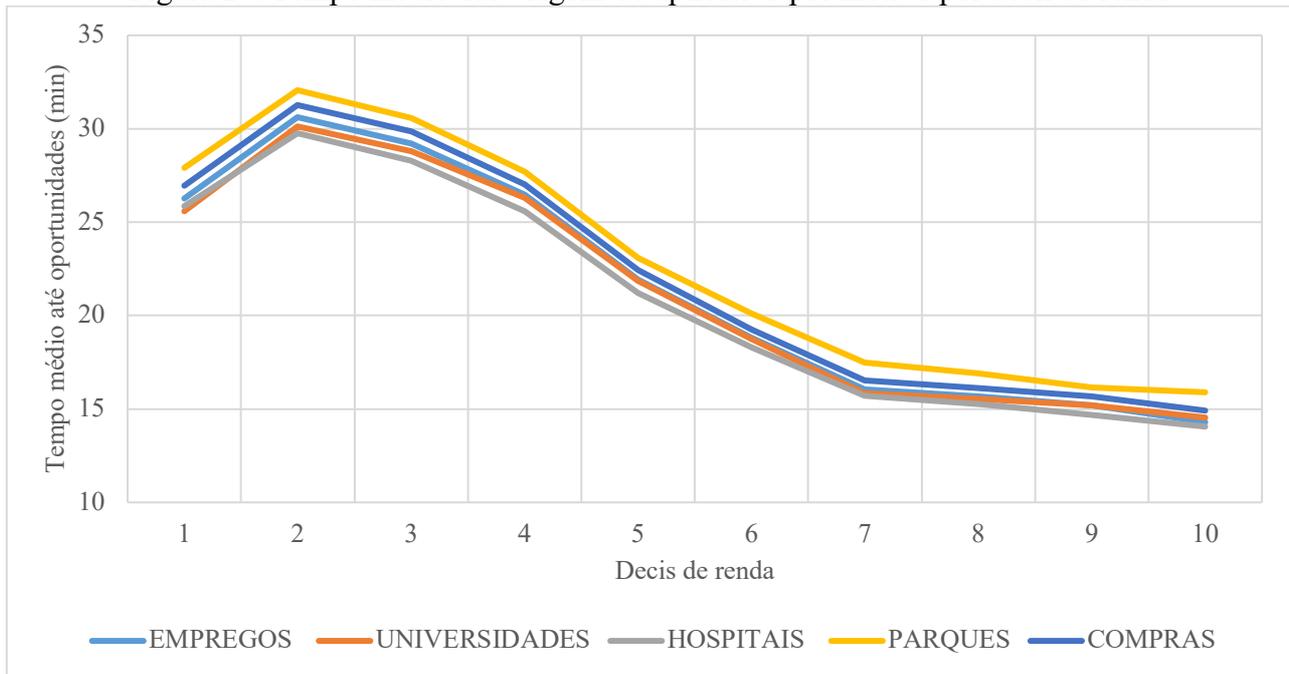


Fonte: Elaboração própria.

Cada hexágono está colorido de acordo com o valor do tempo médio de viagem entre seu centroide e todos os pontos de destino de cada grupo. Os degradês resultantes mostram um claro padrão centro-periferia, com os hexágonos centrais tendo claras vantagens em termos de tempos de viagem.

As Figuras 27 e 28, acompanhadas das Tabelas 9 e 10, apresentam as distribuições dos tempos médios de viagem até cada conjunto de destinos, agrupados por decis de renda para cada modo.

Figura 27: Tempo médio das viagens de aplicativo por motivo por decil de renda



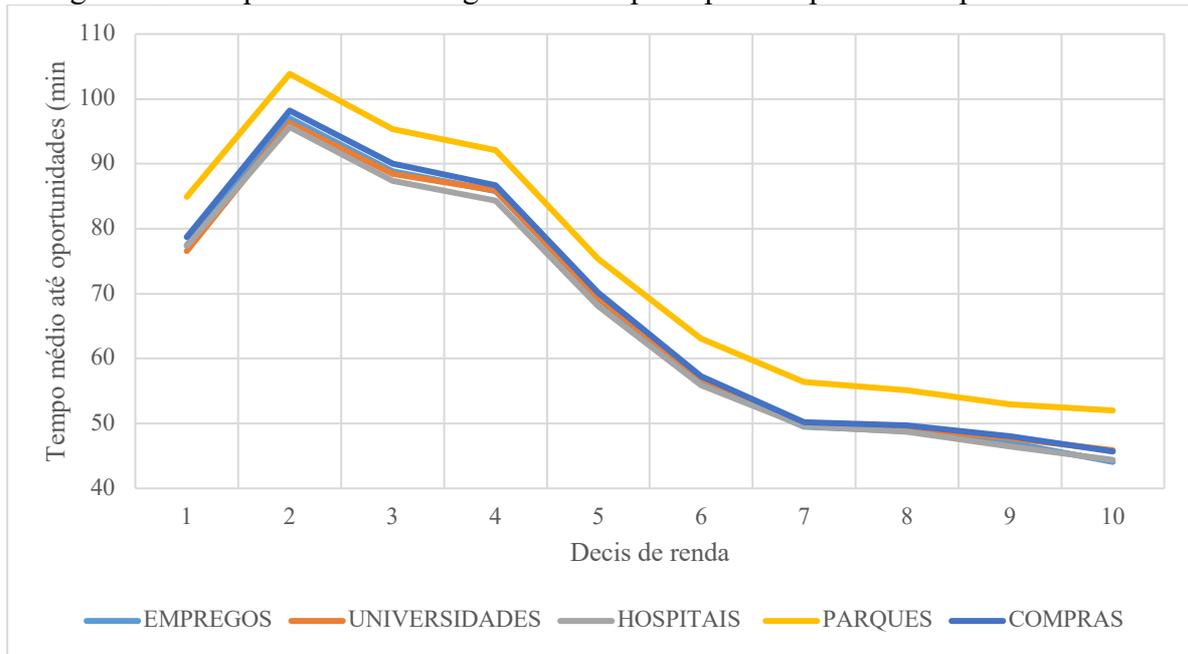
Fonte: Elaboração própria.

Tabela 9: Tempo médio das viagens de aplicativo para cada motivo por decil de renda.

Tempo médio de viagem (min)						
Decil de renda	Empregos	Universidades	Hospitais	Parques	Compras	Todas
1	26,28	25,58	25,86	27,90	26,94	26,41
2	30,62	30,12	29,76	32,06	31,27	30,70
3	29,20	28,79	28,29	30,57	29,85	29,28
4	26,49	26,30	25,57	27,71	27,03	26,55
5	21,94	21,85	21,21	23,08	22,44	22,02
6	18,81	18,76	18,31	20,11	19,27	18,92
7	16,03	15,85	15,72	17,49	16,52	16,16
8	15,66	15,54	15,27	16,91	16,13	15,77
9	15,20	15,19	14,69	16,14	15,66	15,30
10	14,30	14,54	14,06	15,89	14,91	14,51
Média	28,64	28,33	28,05	29,95	29,64	28,65

Fonte: Elaboração própria.

Figura 28: Tempo médio das viagens de transporte público por motivo por decil de renda.



Fonte: Elaboração própria.

Tabela 10: Tempo médio das viagens de transporte público para cada motivo por decil de renda.

Decil de renda	Tempo médio de viagem (min)					
	Empregos	Universidades	Hospitais	Parques	Compras	Todas
1	77,47	76,59	77,38	84,94	78,73	78,02
2	97,02	96,30	95,67	103,86	98,21	97,39
3	88,88	88,43	87,37	95,34	90,02	89,22
4	85,80	85,86	84,37	92,06	86,65	86,12
5	69,28	69,43	68,12	75,39	70,18	69,64
6	56,40	57,04	55,93	63,09	57,27	56,90
7	49,48	49,90	49,56	56,44	50,23	50,00
8	48,83	49,34	48,72	55,14	49,67	49,33
9	47,08	47,70	46,51	53,00	48,00	47,55
10	44,09	45,89	44,40	52,01	45,69	45,00
Média	81,87	81,93	81,18	88,61	84,76	82,78

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados são, de alguma forma, similares àqueles encontrados para as distâncias médias, com os decis de menor renda concentrando maiores tempos médios de viagem e vice-versa. No entanto, aqui o teste de diferenças de médias não mostra com a mesma clareza os dois “blocos” de renda com acessibilidade semelhante, trazendo maior variação de tempos de viagem através das rendas.

Essa distinção, especialmente relevante para o caso do transporte público, na qual alguns grupos (decis) de renda levam mais tempo para acessar os mesmos destinos que outros, apesar da distância média semelhante em relação a eles, demonstra o relevante efeito da disponibilidade e frequência do serviço coletivo para a acessibilidade.

4.3.3 Oportunidades cumulativas

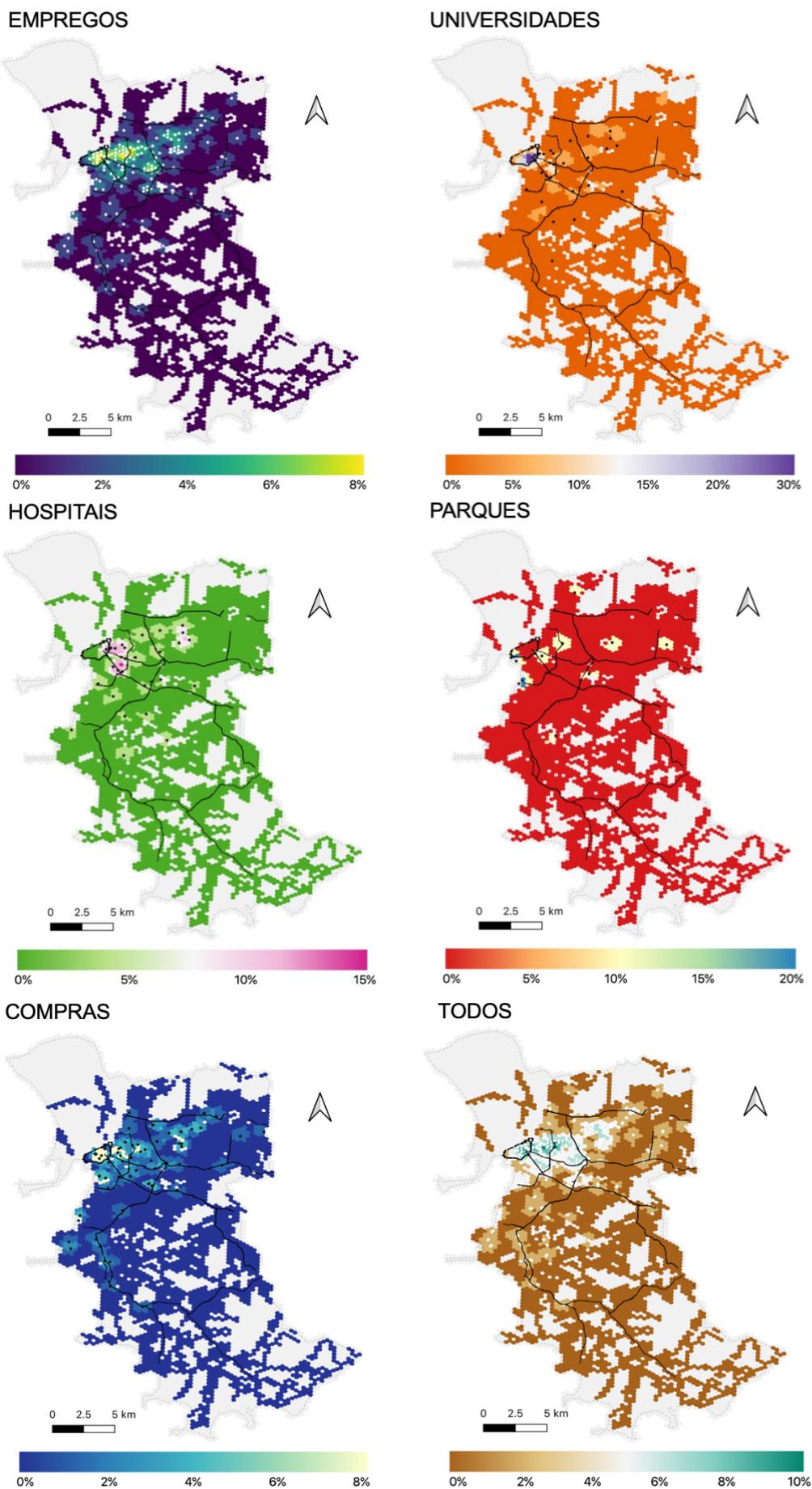
Os resultados das análises de oportunidades cumulativas para cada modo de transporte foram exaustivamente calculados para intervalos de 15, 30, 45 e 50 minutos, mas serão apresentados de forma completa somente para um limite de tempo, por questões de concisão. Para os modos ativos (a pé e bicicleta) serão apresentados os resultados completos para o limite de 15 minutos (o equivalente a cerca de 1km de caminhada e 3km de bicicleta), seguindo a tendência das “cidades de 15 minutos” (MORENO *et al.*, 2021; POZOUKIDOU; CHATZIYIANNAKI, 2021). Para os modos motorizados (transporte público e aplicativo), o tempo escolhido foi o de 30 minutos, uma vez que estes dependem pouco da condição física do indivíduo e que 15 minutos é pouco para identificar os impactos da presença do transporte público, uma vez que os tempos de caminhada até os pontos de ônibus e de espera pelo veículo são considerados na análise.

Para os modos ativos, a análise realizada diz respeito somente à acessibilidade baseada em tempo, uma vez que, em princípio, deslocamentos por tais modos não possuem componentes monetários. Já para o transporte público e por aplicativo, os resultados são divididos em duas partes - **acessibilidade baseada em tempo** e **acessibilidade baseada em tempo e custo** (referente à capacidade das pessoas de pagarem pelas viagens, de acordo com a sua localização de residência).

4.3.3.1 Deslocamentos a pé

A Figura 29 apresenta os mapas com os resultados da análise de oportunidades cumulativas para os cinco motivos de viagem considerados, destacando o número de oportunidades acessíveis a partir de cada hexágono.

Figura 29: Percentual de oportunidades acessíveis em 15 minutos a pé.



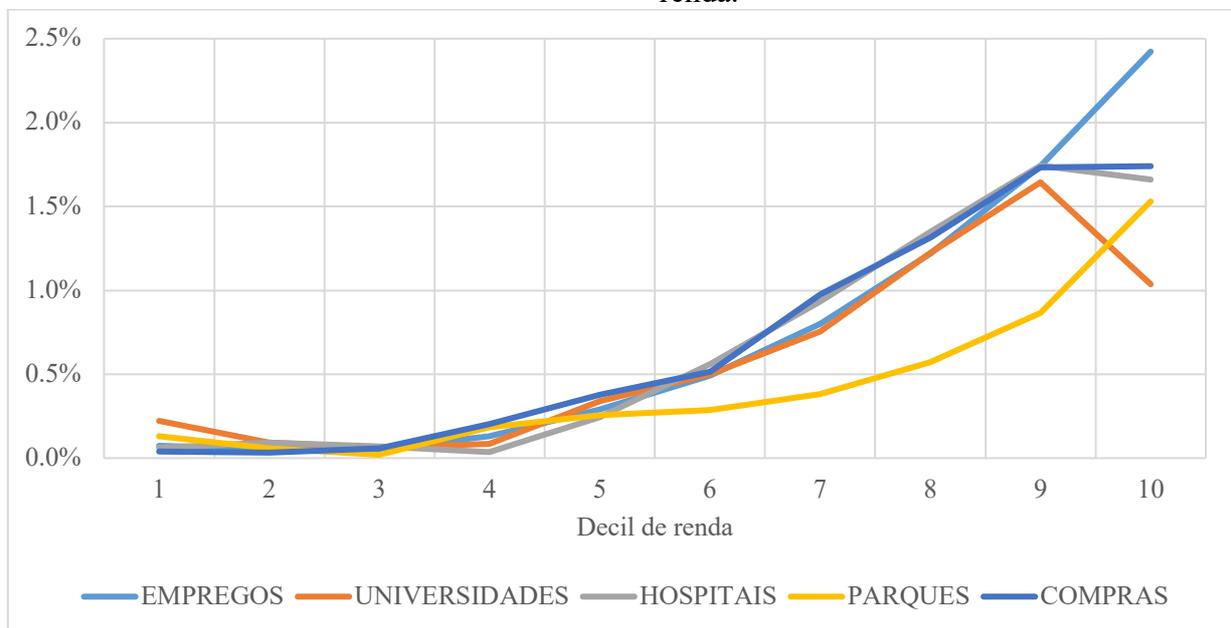
Fonte: Elaboração própria.

Para um intervalo de tempo curto como o analisado, os resultados refletem basicamente a proximidade física: os hexágonos com os valores de acessibilidade mais altos são aqueles que abrangem as oportunidades em seus perímetros.

Para o acesso a empregos os maiores valores estão localizados no Centro Histórico e seu entorno e demais regiões fisicamente próximas das oportunidades, conforme aprofundado na seção 4.3.1. Quanto às universidades, todos os maiores valores estão no Centro Histórico. Para os hospitais e parques, as distribuições são mais descentralizadas, marcando somente os hexágonos no entorno das oportunidades. Quanto aos parques, somente hexágonos nos entornos dos mesmos possuem valores superiores a zero - apenas 103 hexágonos, que representam 6% da população, conseguem acessar algum parque a pé em até 15 minutos. Para as oportunidades de compras (shopping centers e supermercados), nota-se novamente as maiores concentrações nos hexágonos próximos, com alguns outros pontos de alta densidade na zona norte.

A Figura 30 mostra a distribuição das médias de oportunidades acessíveis por motivo e decil de renda. Em todos os casos, os três decis de menor renda possuem valores muito próximos (entre 0 e 0,1) e, em geral, as médias aumentam constantemente do decil 5 ao 10. Somente no caso das universidades o decil mais rico não possui a média mais alta.

Figura 30: Percentual médio de oportunidades acessíveis a pé em 15 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 11: Percentual médio de oportunidades acessíveis a pé em 15 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	0,08%	0,22%	0,06%	0,13%	0,04%	0,08%
2	0,05%	0,09%	0,09%	0,06%	0,03%	0,06%
3	0,05%	0,06%	0,07%	0,02%	0,06%	0,06%
4	0,13%	0,08%	0,04%	0,18%	0,20%	0,14%
5	0,29%	0,34%	0,24%	0,25%	0,38%	0,31%
6	0,49%	0,50%	0,56%	0,29%	0,51%	0,50%
7	0,80%	0,76%	0,93%	0,38%	0,98%	0,84%
8	1,22%	1,22%	1,35%	0,57%	1,32%	1,23%
9	1,74%	1,64%	1,74%	0,87%	1,73%	1,69%
10	2,42%	1,04%	1,66%	1,53%	1,74%	2,02%
Média	0,27%	0,23%	0,25%	0,22%	0,26%	0,26%

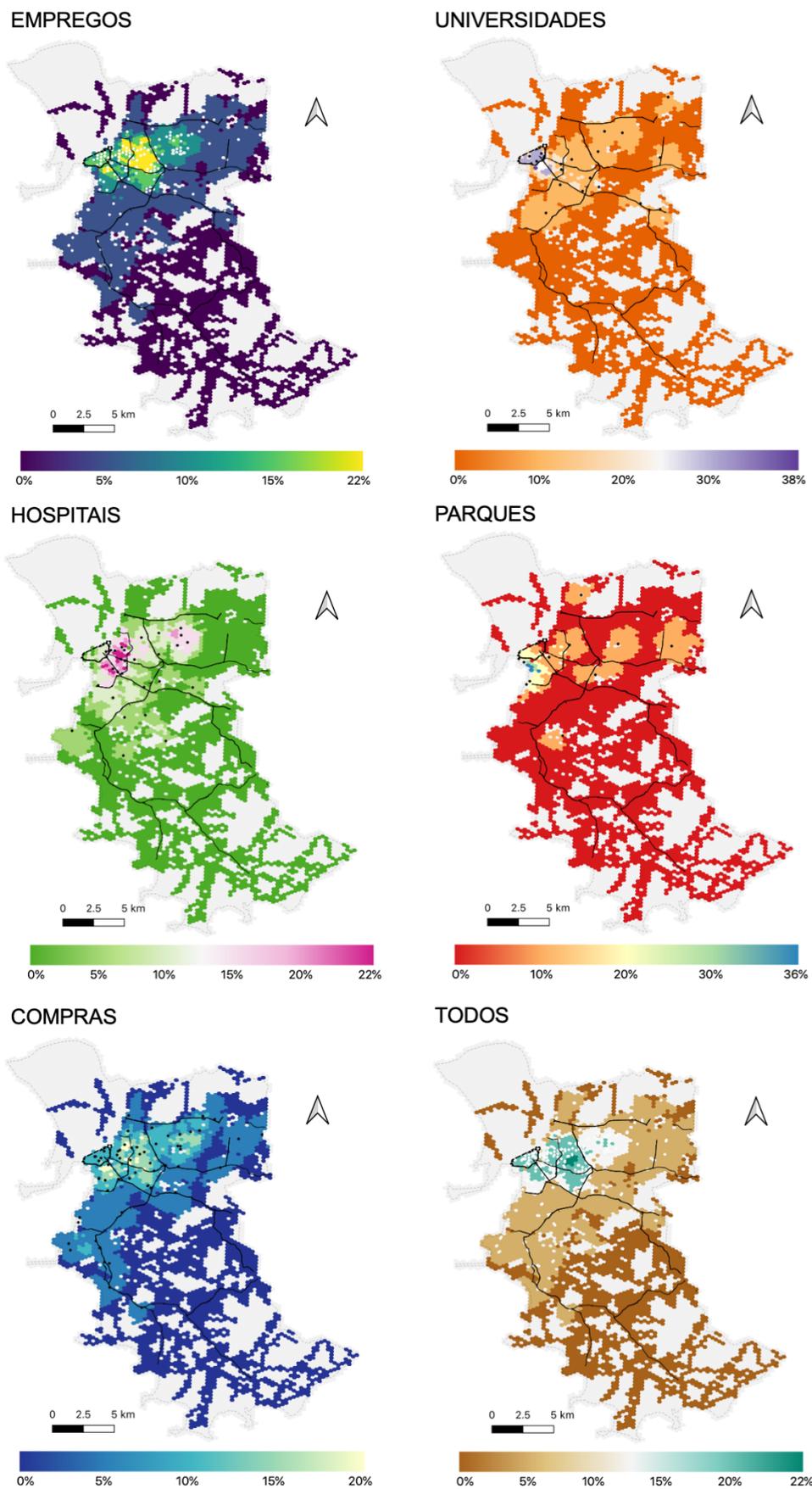
Fonte: elaboração própria.

Novamente, o teste de diferenças de médias (ANOVA) não apresenta dois “blocos” de renda com acessibilidade semelhante, e sim entre quatro e sete grupos, dependendo do motivo, consequência da maior variação de tempos de viagem através dos decis de renda. No entanto, importante ressaltar que, para todos os motivos, **os decis 1 a 4 aparecem em agrupamentos de médias similares, enquanto os decis 7 a 10, em geral, são agrupados separadamente.**

4.3.3.2 Bicicleta

Os resultados para o modo bicicleta, com tempo máximo de viagem igual a 15 minutos, estão apresentados na Figura 31.

Figura 31: Percentual de oportunidades acessíveis em 15 minutos por bicicleta.



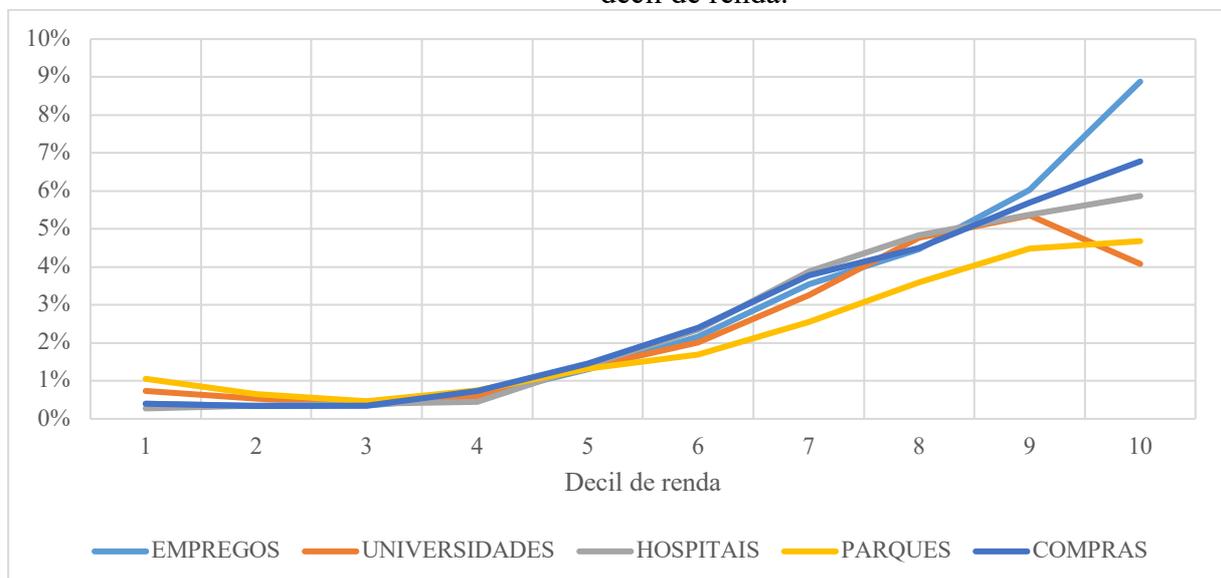
Fonte: elaboração própria.

Assim como para os deslocamentos a pé, de maneira geral os resultados refletem a proximidade física de cada região até as oportunidades. Aqui, os maiores valores de acessibilidade não estão concentrados no Centro Histórico, como para a maioria dos casos da análise de deslocamentos a pé. Em geral, os hexágonos no interior da Terceira Perimetral possuem altos valores de acessibilidade, com algumas outras regiões fisicamente próximas às oportunidades.

Para o motivo de empregos, observa-se que a área com os maiores valores está entre a segunda e a terceira perimetral, em uma das regiões mais ricas da cidade. Para as universidades, todos os hexágonos da classe mais alta se encontram dentro do bairro Cidade Baixa, indicando uma acessibilidade importante por bicicleta nesta região, similar ao encontrado no acesso a oportunidades de educação por Pereira *et al.* (2019), que considera uma gama de oportunidades mais vasta. Para os hospitais, a maior concentração de valores está também a leste do Centro Histórico, entre a primeira e a segunda perimetral, também com um padrão similar aos encontrado por Pereira *et al.* (2019) para estabelecimentos de saúde de alta complexidade. Quanto aos parques, observa-se uma abrangência considerável de hexágonos de onde se consegue acessar no mínimo um parque em 15 minutos - são 504, que representam 32% da população. Contudo, ressalta-se que a grande maioria se localiza nas regiões centrais ou norte/nordeste, com as regiões sul e leste possuindo, quase que nas suas totalidades, valores nulos.

A Figura 32 e a Tabela 12 apresentam a evolução das médias de oportunidades acessíveis por decil de renda. Para todos os motivos, os valores são similares e baixos até o decil 4, e do 5 em diante crescem consideravelmente (somente para as universidades o crescimento não é constante até o último decil), indicando novamente que, para a bicicleta, os padrões de desigualdade no acesso a oportunidades tendem a se repetir.

Figura 32: Percentual médio de oportunidades acessíveis de bicicleta em 15 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 12: Percentual médio de oportunidades acessíveis de bicicleta em 15 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	0,40%	0,73%	0,27%	1,06%	0,40%	0,44%
2	0,34%	0,54%	0,34%	0,65%	0,34%	0,37%
3	0,35%	0,39%	0,40%	0,46%	0,35%	0,36%
4	0,61%	0,59%	0,45%	0,76%	0,73%	0,62%
5	1,31%	1,35%	1,40%	1,33%	1,45%	1,36%
6	2,17%	2,01%	2,35%	1,68%	2,41%	2,21%
7	3,55%	3,25%	3,87%	2,55%	3,77%	3,57%
8	4,46%	4,76%	4,84%	3,58%	4,50%	4,50%
9	6,03%	5,36%	5,38%	4,49%	5,69%	5,75%
10	8,88%	4,08%	5,87%	4,68%	6,78%	7,46%
Média	1,07%	0,96%	0,95%	1,00%	1,04%	1,04%

Fonte: elaboração própria.

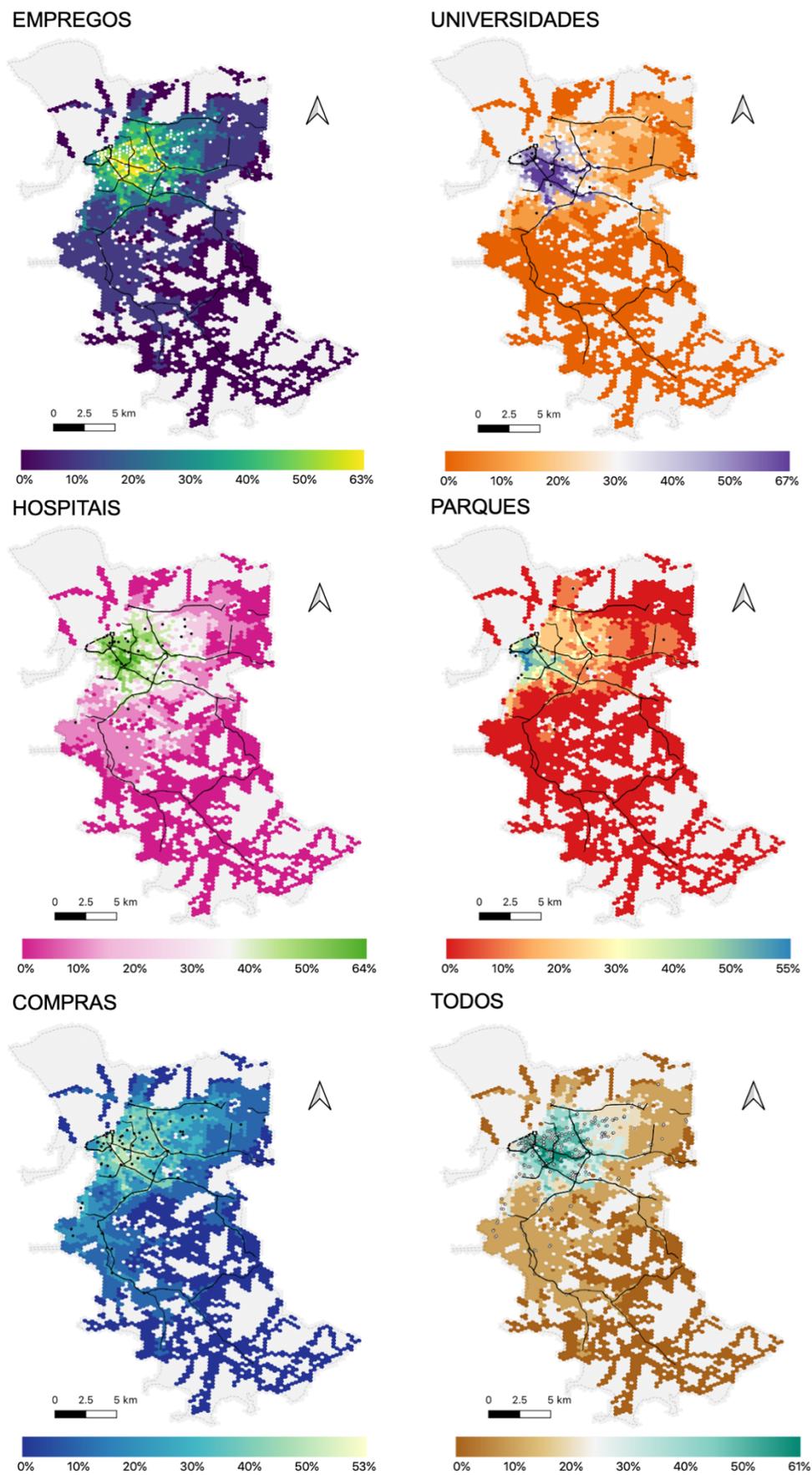
Similarmente à caminhada, a análise de diferença de médias (ANOVA) apresentou agrupamentos menos homogêneos (entre cinco e sete grupos diferentes), novamente havendo aglutinação entre os decis 1-4 e maior disparidade entre os de renda superior.

4.3.3.3 Transporte Público (fora-pico)

4.3.3.3.1 Acessibilidade baseada em tempo

A Figura 33 traz os mapas com os resultados de acessibilidade baseada em tempo para viagens de transporte público, fora de hora-pico, com tempo máximo de 30 minutos.

Figura 33: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por TP.



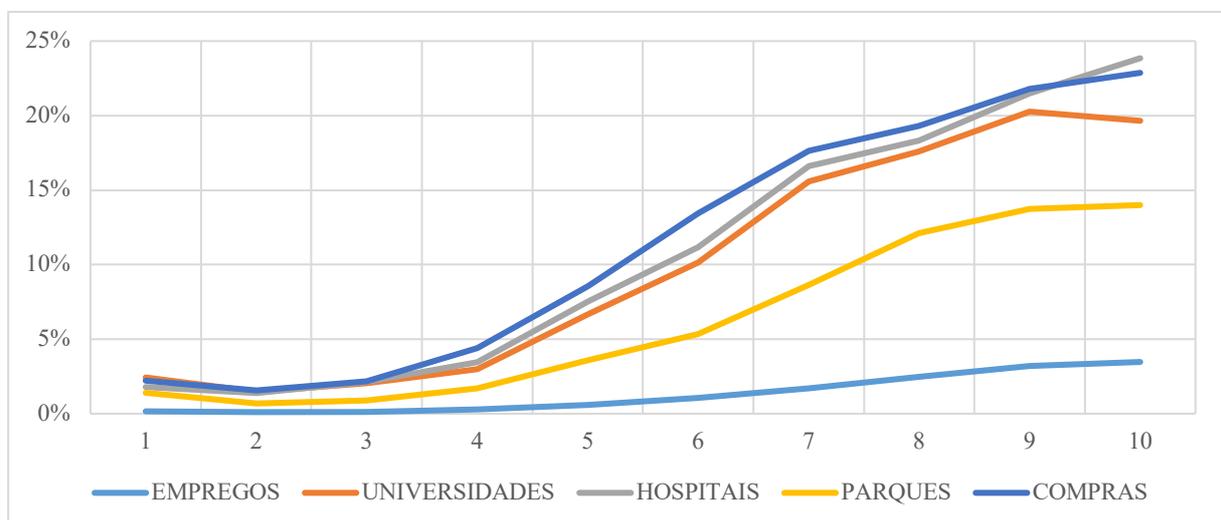
Fonte: elaboração própria.

Uma vez que a análise para o transporte público apresentada é para um intervalo de tempo superior àquele utilizado para os modos ativos, não é possível fazer comparações diretas com os mapas anteriores. Porém, é visível como há um padrão onde, para todos os motivos de viagem, os hexágonos no entorno do Centro Histórico e dentro das perimetrais abrigam as classes dos maiores valores de acessibilidade (em geral, hexágonos do agrupamento “próximos”). Também há um padrão onde os hexágonos próximos às vias arteriais - principalmente a Avenida Protásio Alves e a Terceira Perimetral, destacadas nos mapas - apresentam valores superiores em relação aos seus vizinhos. Ambas as avenidas (assim como a maioria das outras arteriais) possuem alguma forma de priorização para o transporte público, evidenciando como esta é uma política importante para o aumento da acessibilidade urbana. Para todos os motivos, a zona sul da cidade concentra a grande maioria dos menores valores de acessibilidade.

Para todos os motivos, regiões dentro das três perimetrais e próximas das avenidas radiais concentram os maiores valores. No caso das universidades, regiões no entorno da Avenida Bento Gonçalves - arterial com corredores exclusivos para ônibus que faz ligação com a região Leste, onde há um campus da Universidade Federal - também se destaca com valores de alta acessibilidade em comparação com hexágonos vizinhos. Para os hospitais, há um destaque para o eixo da Terceira Perimetral em direção à zona sul. Para os parques, regiões mais próximas da Orla do Guaíba apresentam valores altos, e 836 hexágonos não possuem acesso a nenhum parque para estas condições, representando 38% da população.

A Figura 34 e a Tabela 13 apresentam as médias por decil de renda para cada categoria de destino. Em todos os casos, os primeiros três ou quatro decis apresentam médias próximas e a partir do decil 4 ou 5 há um “salto” onde a média aumenta continuamente (exceto para universidades, onde o decil 9 possui um valor superior ao 10).

Figura 34: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 13: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.

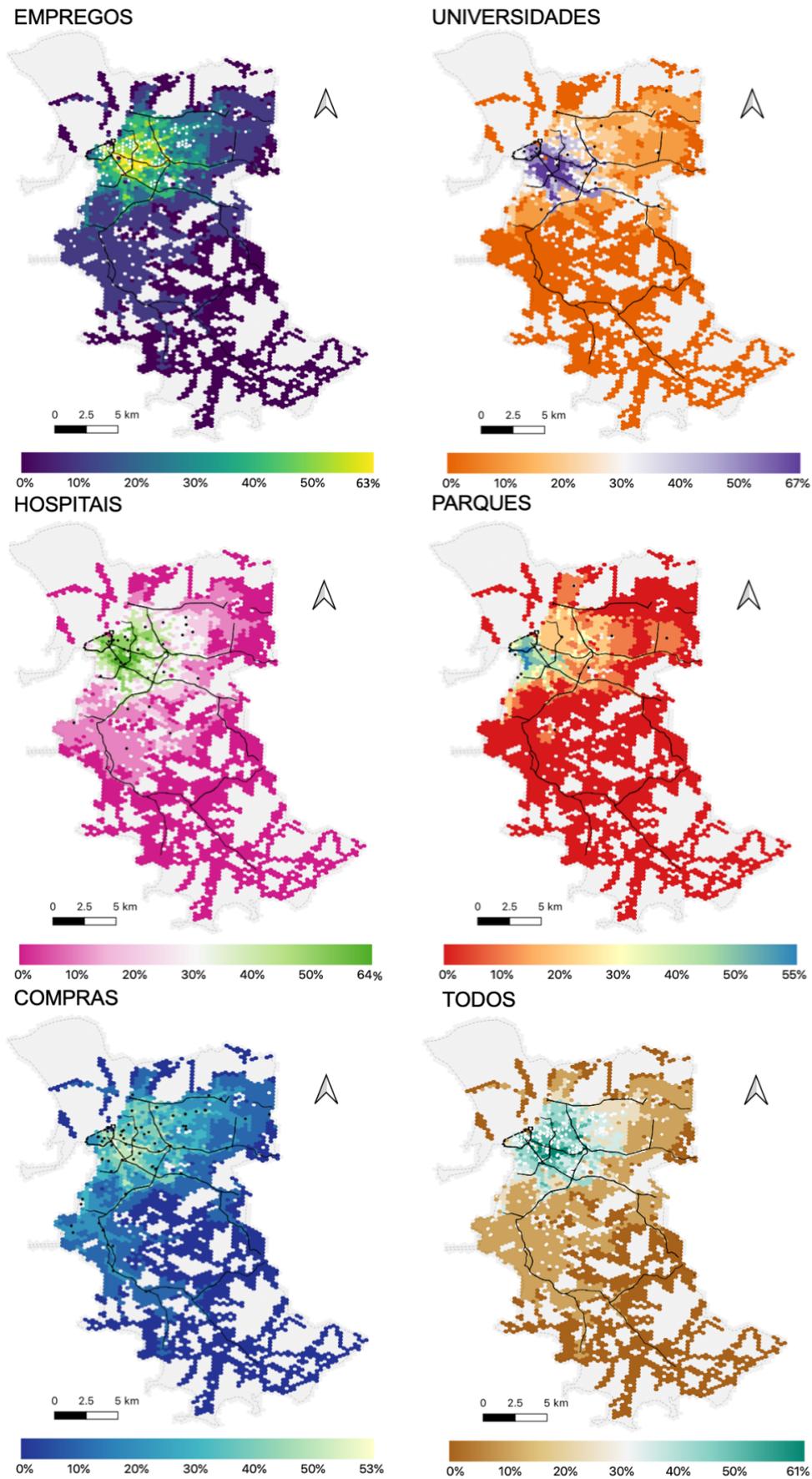
Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	0,18%	2,44%	1,77%	1,38%	2,21%	1,09%
2	0,11%	1,48%	1,39%	0,69%	1,56%	0,74%
3	0,14%	2,04%	2,12%	0,89%	2,19%	1,05%
4	0,29%	3,01%	3,46%	1,70%	4,40%	1,93%
5	0,59%	6,66%	7,52%	3,60%	8,56%	3,94%
6	1,06%	10,16%	11,19%	5,34%	13,46%	6,14%
7	1,72%	15,58%	16,62%	8,62%	17,62%	8,69%
8	2,47%	17,58%	18,33%	12,10%	19,32%	10,00%
9	3,20%	20,27%	21,51%	13,74%	21,78%	11,63%
10	3,47%	19,64%	23,85%	14,00%	22,87%	12,26%
Média	0,49%	4,07%	4,27%	2,53%	4,66%	2,31%

Fonte: elaboração própria.

4.3.3.3.2 *Acessibilidade baseada em tempo e custo*

A Figura 35 apresenta os resultados para a análise de acessibilidade baseada em tempo e custo, na qual são feitas verificações de viabilidade monetária para todas as viagens, a partir do número de viagens e renda média mensais de cada hexágono.

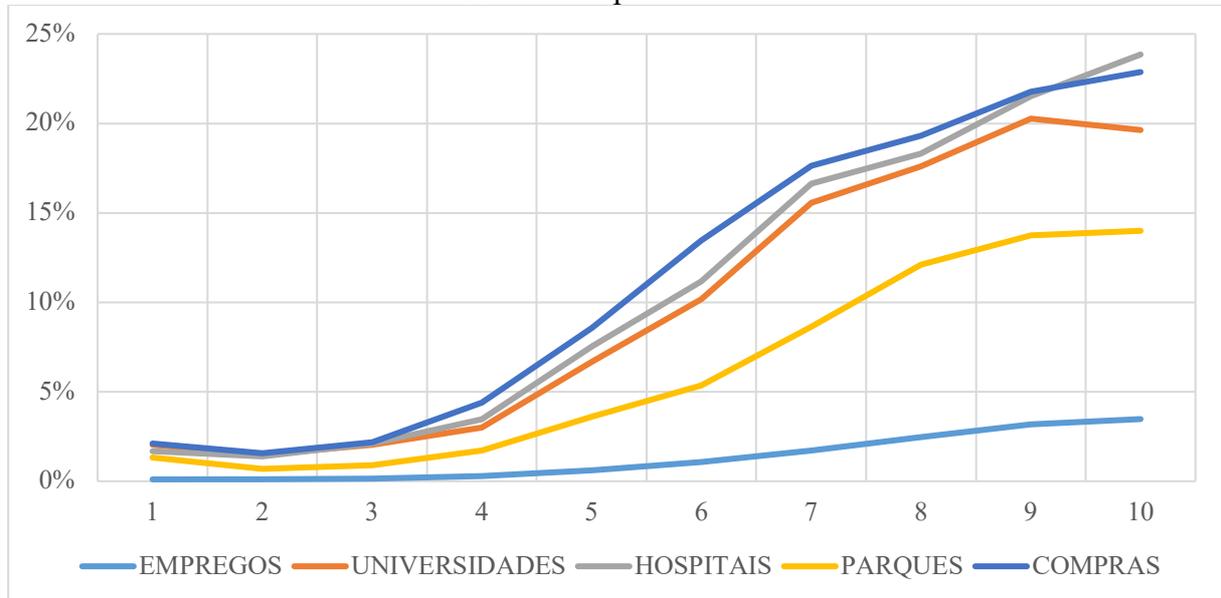
Figura 35: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP fora-pico.



Fonte: elaboração própria.

Mesmo com a utilização dos mesmos intervalos para cada classe de resultados, não é possível identificar grandes variações visualmente. A Figura 36 e a Tabela 14 apresentam os valores médios de acessibilidade por decil de renda, com a tabela destacando entre parênteses quando houve variação em relação aos números de acessibilidade baseada em tempo.

Figura 36: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público em 30 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 14: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público (fora-pico) em 30 minutos por motivo e decil de renda.

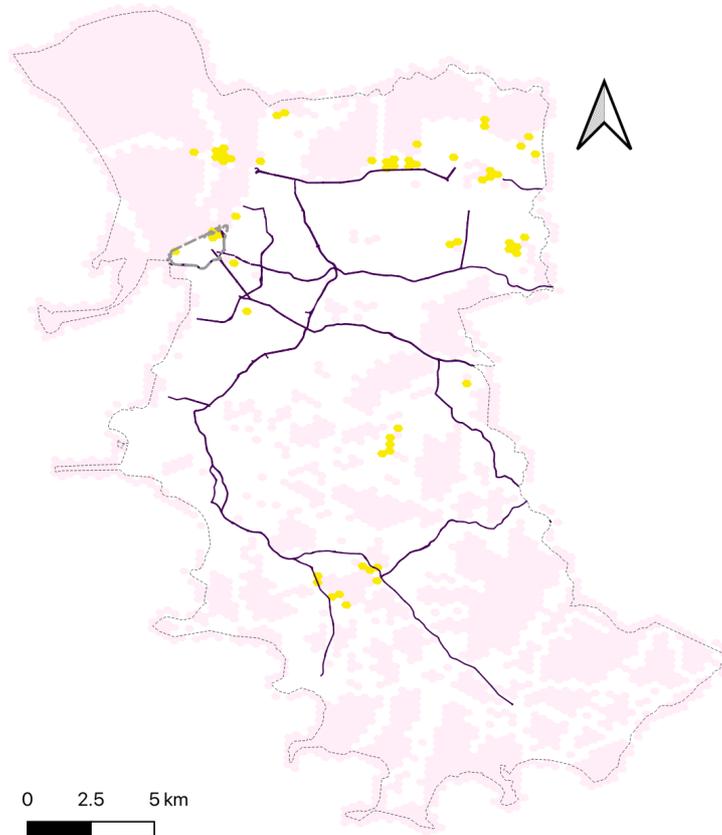
Decil	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	0,10% (-0,08%)	2,04% (-0,40%)	1,67% (-0,10%)	1,33% (-0,05%)	2,11% (-0,10%)	0,98% (-0,11%)
2	0,11%	1,48%	1,39%	0,69%	1,56%	0,74%
3	0,14%	2,04%	2,12%	0,89%	2,19%	1,05%
4	0,29%	3,01%	3,46%	1,70%	4,40%	1,93%
5	0,59%	6,66%	7,52%	3,60%	8,56%	3,94%
6	1,06%	10,16%	11,19%	5,34%	13,46%	6,14%
7	1,72%	15,58%	16,62%	8,62%	17,62%	8,69%
8	2,47%	17,58%	18,33%	12,10%	19,32%	10,00%
9	3,20%	20,27%	21,51%	13,74%	21,78%	11,63%
10	3,47%	19,64%	23,85%	14,00%	22,87%	12,26%
Média	0,46% (-0,03%)	3,72% (-0,35%)	4,04% (-0,23%)	2,28% (-0,25%)	4,36% (-0,30%)	2,16% (-0,15%)

Fonte: elaboração própria.

Os únicos casos onde houveram variações, ainda que em baixos valores absolutos (0,1 ou menos), foram para o decil de renda 1 (destacados em vermelho), mostrando que para o comportamento da população média a tarifa do transporte público pode ser um impeditivo principalmente para a população mais vulnerável. Analisando espacialmente quais são estas regiões, se descobriu que, dos 419 hexágonos onde a acessibilidade baseada em tempo e custo é inferior à

baseada em tempo para o caso dos empregos, somente 59 são habitados e totalizam 7340 habitantes. A Figura 37 destaca quais são estes hexágonos.

Figura 37: Hexágonos onde a acessibilidade baseada em tempo a empregos em 30 minutos por transporte público é superior à acessibilidade baseada em tempo e custo (em amarelo).



Fonte: elaboração própria.

Estes casos estão bem espalhados ao longo do território, aparecendo tanto nas regiões norte, sul/sudeste e na região das ilhas, mas também em alguns pontos da região central.

A análise de diferença de médias (ANOVA) de acessibilidade entre os decis de renda, tanto para a acessibilidade baseada em tempo para a baseada em tempo e custo, novamente apresentou agrupamentos variados e pouco significativos.

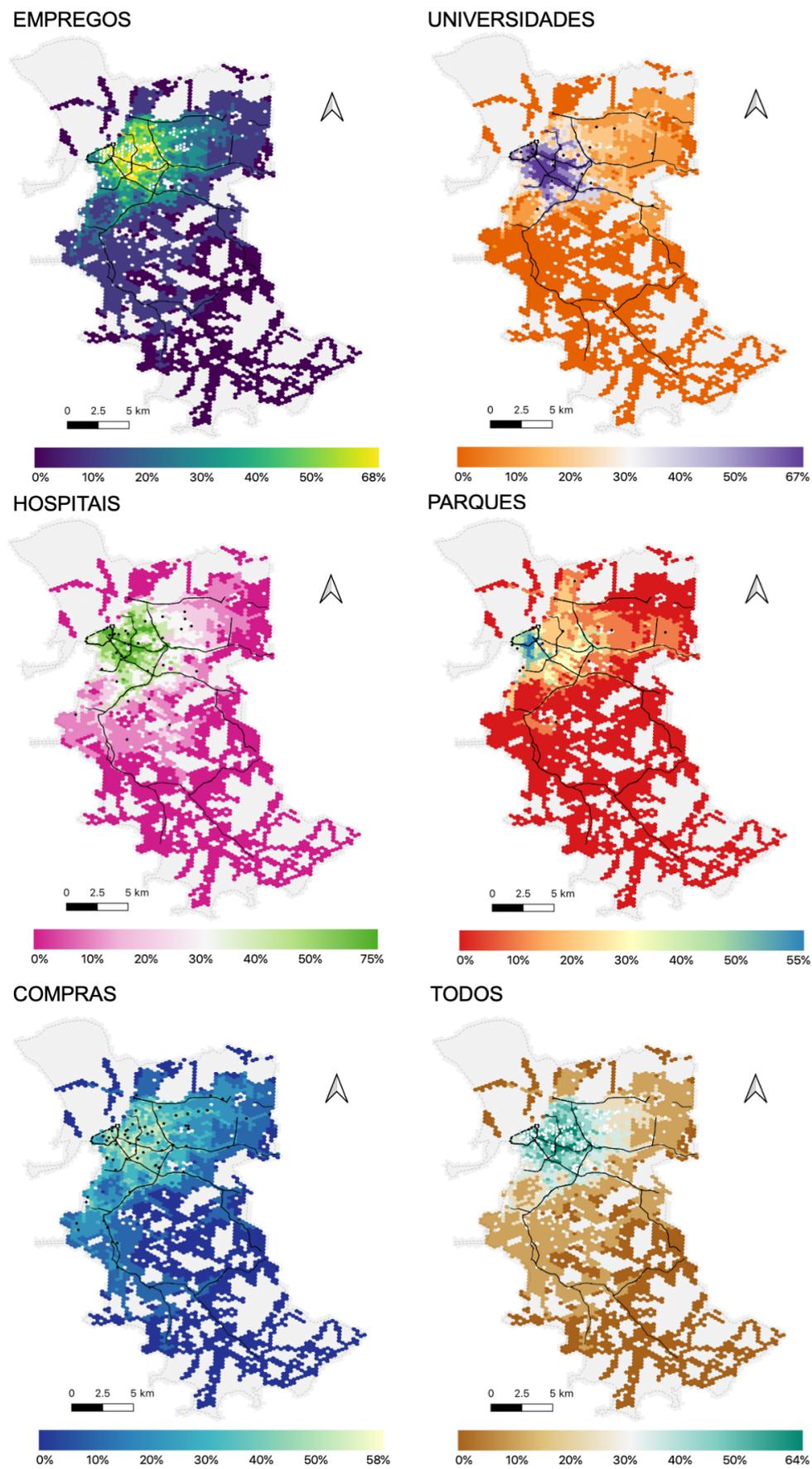
Importante destacar que, embora os resultados apresentem variações pouco significativas entre as acessibilidades baseada em tempo e baseada em tempo e custo, o limite de 20% do orçamento está sendo considerado individualmente para cada motivo de viagem. Na prática, o orçamento destinado ao transporte pode ser comprometido totalmente por viagens a trabalho ou estudo, não restando o suficiente para outros deslocamentos, por exemplo.

4.3.3.4 Transporte Público (hora-pico)

4.3.3.4.1 *Acessibilidade baseada em tempo*

A Figura 38 traz os mapas com os resultados de acessibilidade baseada em tempo para viagens de transporte público, em hora-pico, com tempo máximo de 30 minutos.

Figura 38: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por TP hora-pico.



Fonte: elaboração própria.

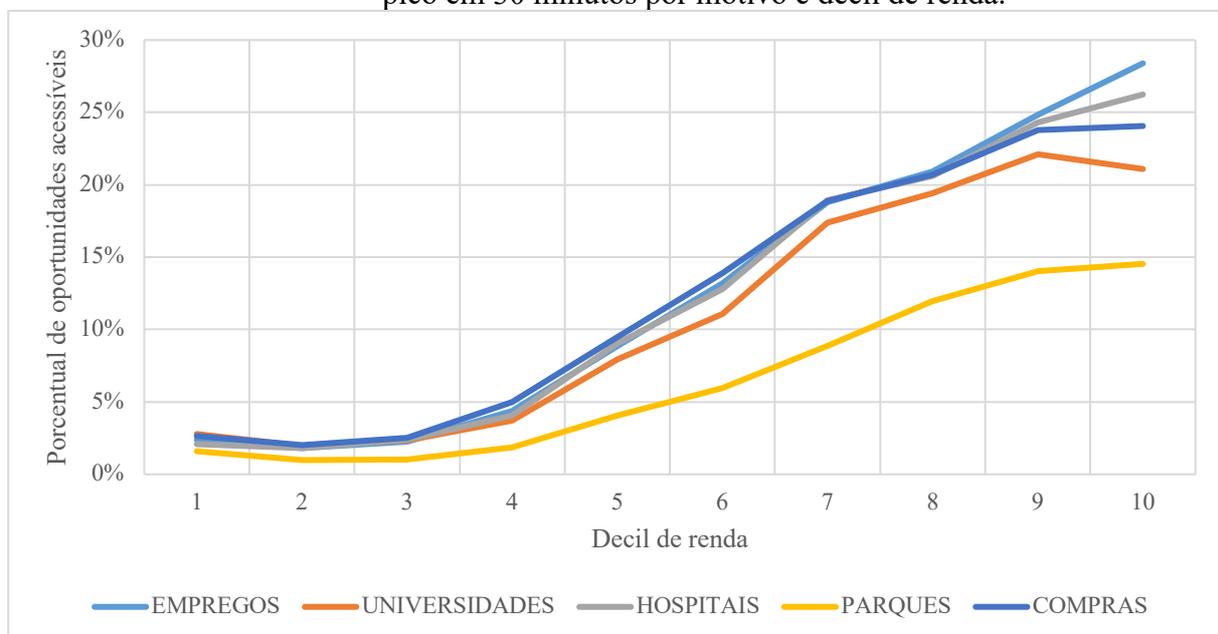
Durante a hora-pico a frequência dos ônibus é maior, o que gera um aumento generalizado nos níveis de acessibilidade. Os resultados são similares à análise de TP fora de hora-pico, sendo as mesmas as regiões com maiores e menores níveis de acessibilidade, porém com valores superiores devido às maiores frequências. A Tabela 15 e a Figura 39 trazem os resultados médios de acessibilidade baseada em tempo por decil de renda.

Tabela 15: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	2,37%	2,77%	2,10%	1,61%	2,64%	2,41%
2	1,82%	1,95%	1,81%	0,99%	2,02%	1,84%
3	2,28%	2,33%	2,41%	1,01%	2,50%	2,30%
4	4,36%	3,70%	4,09%	1,88%	5,00%	4,32%
5	8,89%	7,97%	9,05%	4,08%	9,50%	8,78%
6	13,20%	11,07%	12,80%	5,94%	13,88%	12,83%
7	18,80%	17,38%	18,93%	8,88%	18,88%	18,29%
8	20,89%	19,43%	20,59%	11,95%	20,71%	20,31%
9	24,83%	22,11%	24,32%	14,02%	23,76%	23,83%
10	28,39%	21,10%	26,24%	14,54%	24,06%	25,91%
Média	5,07%	4,55%	4,89%	2,69%	5,10%	4,91%

Fonte: elaboração própria.

Figura 39: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

4.3.3.4.2 Acessibilidade baseada em tempo e custo

Assim como no caso fora de hora-pico, os resultados entre acessibilidades baseada em tempo e baseada em tempo e custo são muito similares, somente havendo diferença para alguns hexágonos

pertencentes ao primeiro decil de renda. Assim, dadas as similaridades com as figuras dos resultados da acessibilidade baseada em tempo, serão apresentados os resultados médios por decil de renda (Tabela 16), apontando para os casos onde há diferença da acessibilidade baseada em tempo.

Tabela 16: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo por transporte público em hora-pico em 30 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	1,59% (-0,78%)	2,37% (-0,39%)	1,97% (-0,13%)	1,56% (-0,05%)	2,50% (-0,13%)	1,92% (-0,49%)
2	1,82%	1,95%	1,81%	0,98%	2,02%	1,84%
3	2,28%	2,33%	2,41%	1,01%	2,50%	2,30%
4	4,36%	3,70%	4,09%	1,88%	5,00%	4,32%
5	8,89%	7,97%	9,05%	4,08%	9,50%	8,78%
6	13,20%	11,07%	12,80%	5,94%	13,88%	12,83%
7	18,80%	17,38%	18,93%	8,88%	18,88%	18,29%
8	20,89%	19,43%	20,59%	11,95%	20,71%	20,31%
9	24,83%	22,11%	24,32%	14,02%	23,76%	23,83%
10	28,39%	21,10%	26,24%	14,54%	24,06%	25,91%
Média	4,69% (-0,38%)	4,18% (-0,37%)	4,61% (-0,27%)	2,42% (-0,27%)	4,73% (-0,36%)	4,55% (-0,35%)

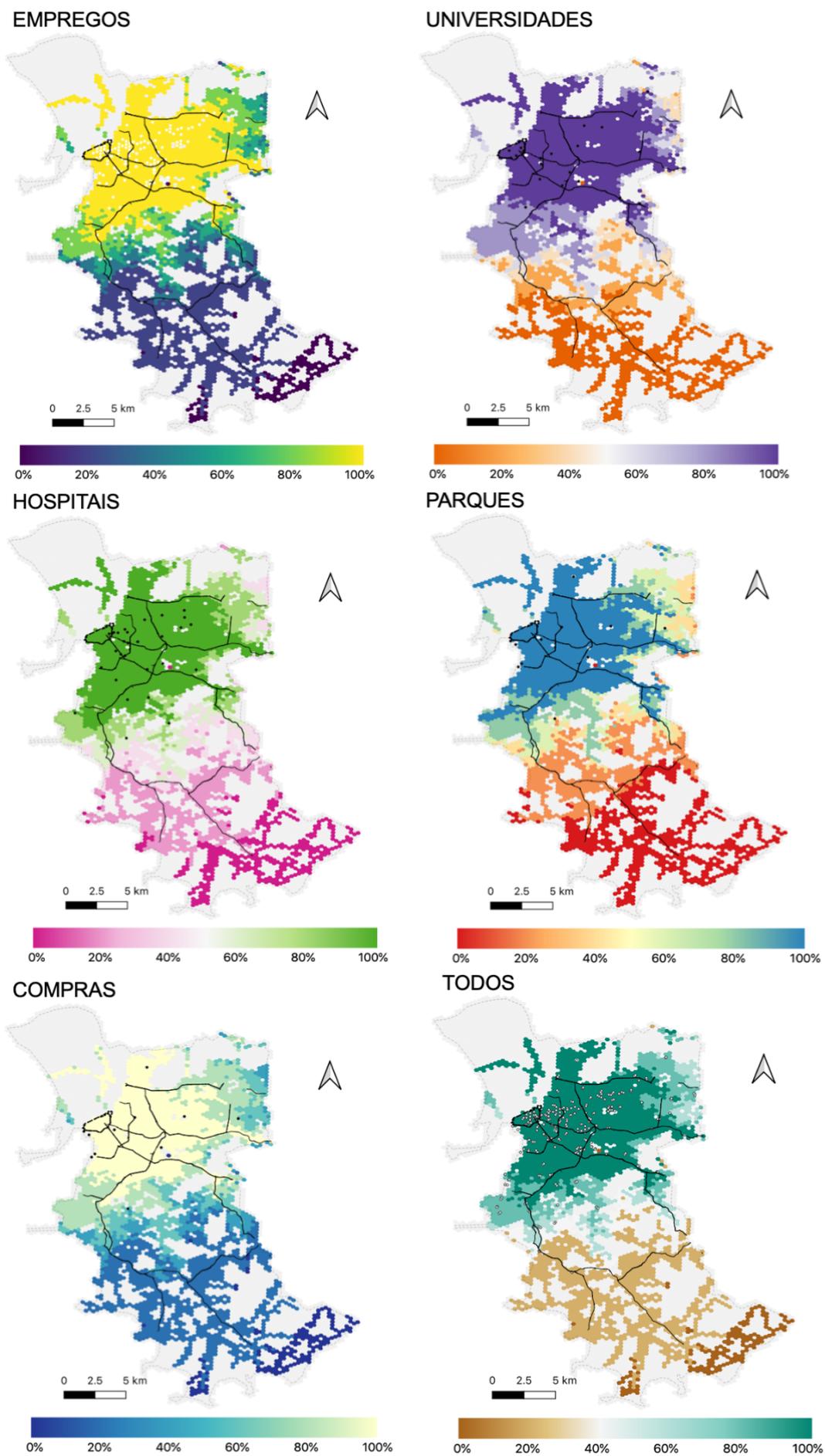
Fonte: elaboração própria.

4.3.3.5 Aplicativos

4.3.3.5.1 Acessibilidade baseada em tempo

A Figura 40 apresenta os resultados da análise de oportunidades cumulativas para viagens de aplicativo no intervalo de 30 minutos, considerando somente a acessibilidade baseada em tempo.

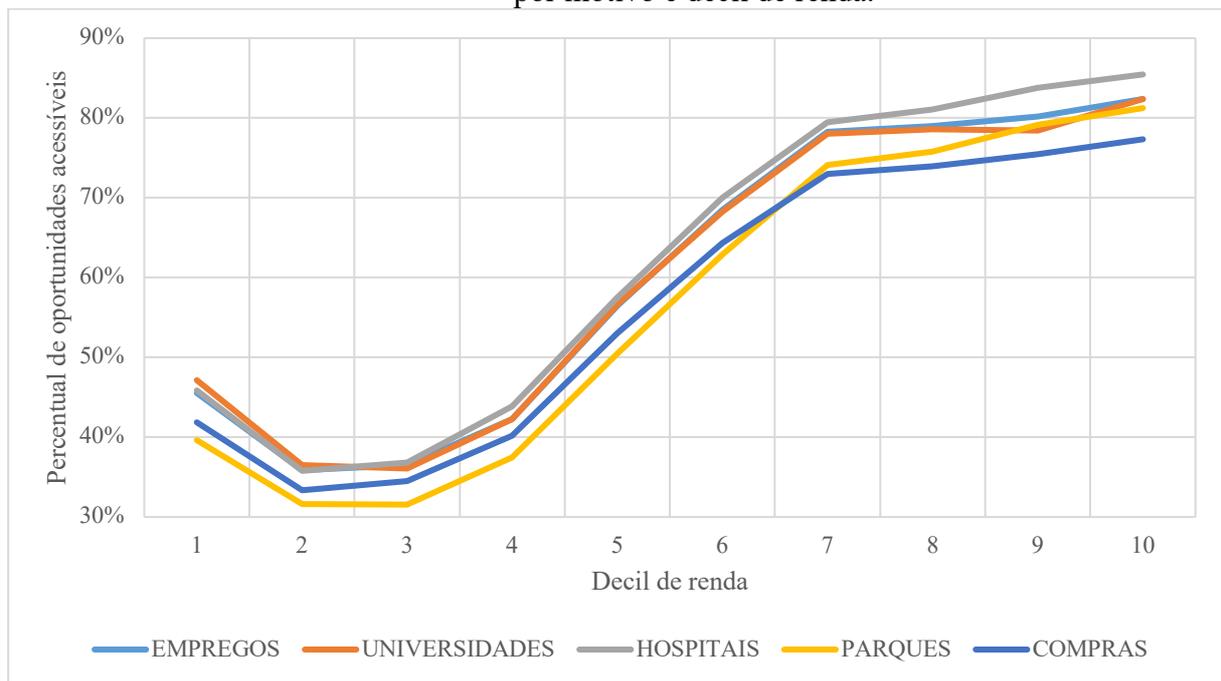
Figura 40: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo em 30 minutos por app.



Fonte: elaboração própria.

Para os motivos Empregos, Hospitais e Compras, observa-se um padrão onde os maiores valores (regiões de onde pode se acessar entre 80 e 100% dos centros de emprego) cobrem o entorno das três perimetrais e também as principais avenidas radiais. Já para as universidades, as regiões mais próximas de 100% de acessibilidade estão deslocadas à leste e nordeste do Centro Histórico. Para os parques, os maiores valores são encontrados a sudeste do Centro e ao sul da Av. Protásio Alves. Para todos os casos, as regiões com valores nulos ou muito baixos estão quase na totalidade localizados na zona sul. A Figura 41 e a Tabela 17 trazem a distribuição de acessibilidade por decil de renda.

Figura 41: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 17: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	45,50%	47,12%	45,82%	39,65%	41,86%	44,54%
2	35,87%	36,47%	35,78%	31,63%	33,35%	35,12%
3	36,53%	36,07%	36,79%	31,56%	34,48%	35,81%
4	42,27%	42,24%	43,86%	37,44%	40,19%	41,74%
5	56,50%	56,62%	57,53%	50,50%	53,07%	55,54%
6	68,48%	68,30%	69,98%	62,91%	64,35%	67,40%
7	78,26%	78,04%	79,46%	74,13%	73,00%	76,93%
8	79,00%	78,56%	81,06%	75,74%	73,92%	77,83%
9	80,18%	78,43%	83,78%	79,17%	75,44%	79,25%
10	82,37%	82,37%	85,45%	81,23%	77,33%	81,45%
Média	40,79%	40,71%	41,26%	37,25%	38,41%	40,11%

Fonte: elaboração própria.

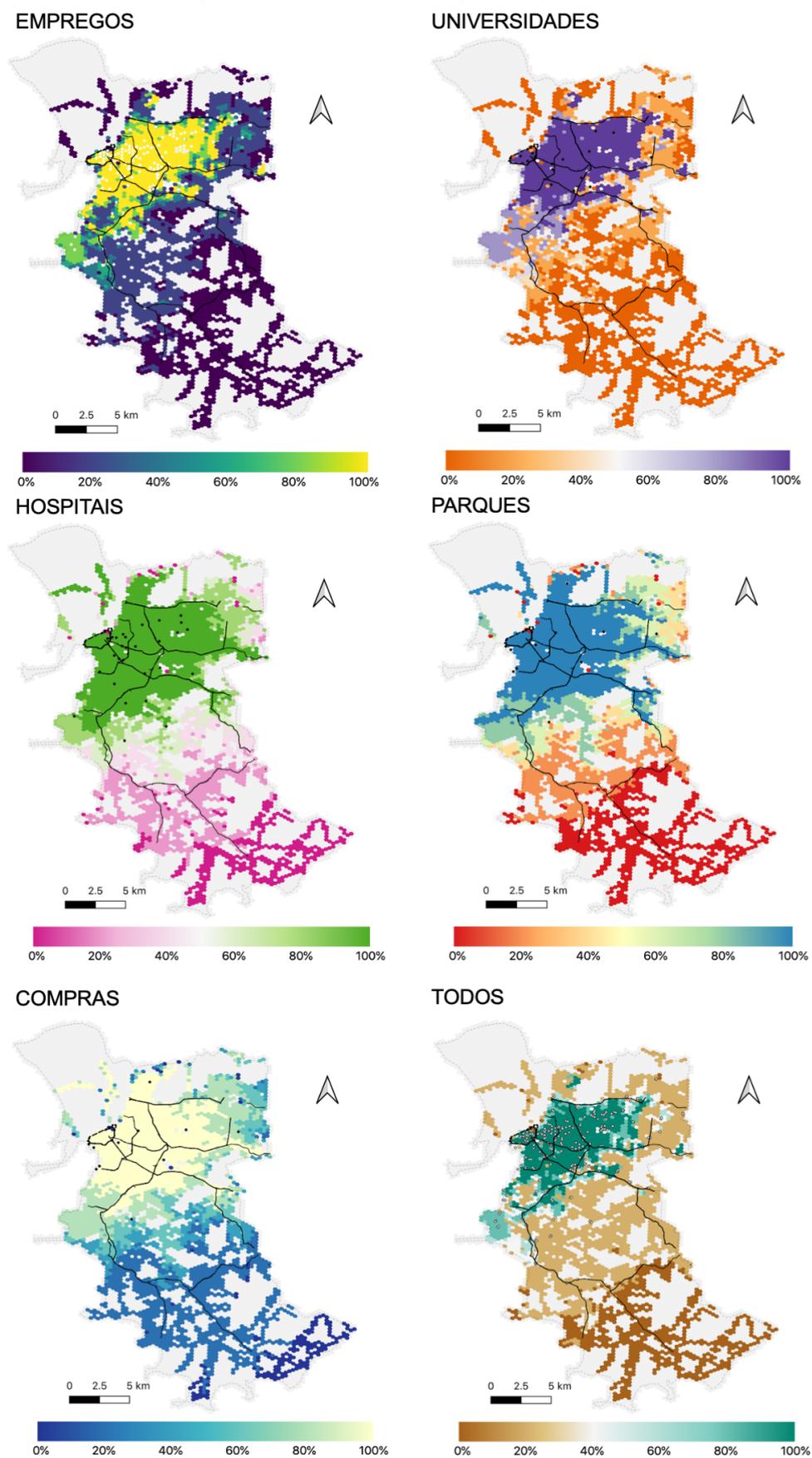
Embora para todos os casos o decil de maior renda tenha as maiores médias, para o aplicativo é possível constatar alguns comportamentos diferentes: para todos os casos, o decil 1 possui médias superiores aos decis 2 a 4, por exemplo. Além disso, a razão entre os valores dos decis 10 e 1 é muito inferior àquelas dos outros modos, ficando próxima de 2 para todos os modos. Este é um primeiro indicativo de que o aplicativo, quando considerado somente o componente temporal e ignorando outros fatores e suas consequências negativas, fornece uma distribuição de acessibilidades mais igualitária do que os outros modos de transporte.

A análise de diferenças de médias, embora apresente agrupamentos consistentes entre os decis mais inferiores ou mais superiores para os motivos empregos e hospitais, não mostra a aglutinação observada para as distâncias médias, indicando que não existem grupos de acessibilidade homogêneos quanto à acessibilidade baseada em tempo fornecida pelos aplicativos.

4.3.3.5.2 Acessibilidade baseada em tempo e custo

A Figura 42 apresenta os resultados para a análise de acessibilidade baseada em tempo e custo, na qual são feitas verificações de viabilidade monetária para todas as viagens, a partir da estimativa do preço da viagem para dois aplicativos, do número de viagens médio por motivo da população e da renda mensal média de cada hexágono.

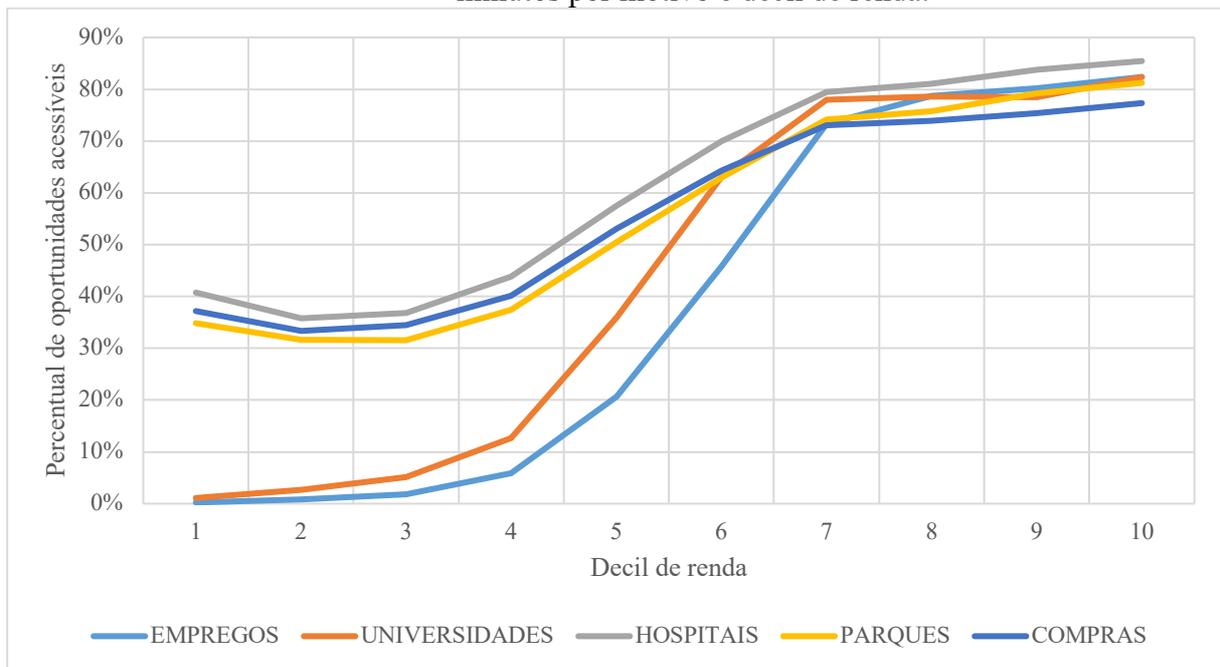
Figura 42: Percentual de oportunidades acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app.



Fonte: elaboração própria

Visualmente, é possível perceber diferenças significativas somente para os casos de Empregos e Universidades, onde há presença menor de valores altos e maior de valores baixos. As regiões que se mantiveram com valores altos para a acessibilidade baseada em tempo e baseada em tempo e custo são, sobretudo, as “próximas”, pertencentes aos decis de renda mais altos e próximas do Centro Histórico e das avenidas perimetrais. Por exemplo, para o motivo de empregos, a cor amarela (90 a 100% de acessibilidade) se estende muito mais a sul e leste para a acessibilidade baseada em tempo, enquanto fica mais restrita às proximidades das principais avenidas no caso da acessibilidade baseada em tempo e custo. No caso das universidades, se destaca a forte presença de hexágonos vermelhos (entre 0 e 10% de acessibilidade) na região nordeste (próxima da divisa com o município de Alvorada), onde as cores em geral estão mais próximas do cinza escuro no caso da acessibilidade baseada em tempo. Para os outros três motivos, as análises são imperceptíveis por análise visual. A Figura 43 e a Tabela 18 mostram os valores médios por decil de renda e por motivo.

Figura 43: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo de aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.



Fonte: elaboração própria.

Tabela 18: Percentual médio de oportunidades acessíveis por tempo e custo de aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	0,23%	1,10%	40,81%	34,85%	37,14%	15,32%
2	0,81%	2,70%	35,78%	31,63%	33,35%	14,13%
3	1,79%	5,17%	36,79%	31,56%	34,48%	15,23%
4	5,87%	12,63%	43,86%	37,44%	40,19%	20,40%
5	20,67%	35,93%	57,53%	50,50%	53,07%	35,23%
6	45,82%	63,00%	69,98%	62,91%	64,35%	55,19%
7	73,32%	78,04%	79,46%	74,13%	73,00%	74,36%
8	78,68%	78,56%	81,06%	75,74%	73,92%	77,66%
9	80,18%	78,43%	83,78%	79,17%	75,44%	79,25%
10	82,37%	82,37%	85,45%	81,23%	77,33%	81,45%
Média	13,57%	16,19%	28,50%	25,53%	26,15%	19,03%

Fonte: elaboração própria.

A análise ANOVA, embora não apresente o agrupamento dualitário observado para as distâncias médias, em geral segue um padrão onde há um agrupamento para os decis 7-10 ou 8-10 e outro que abrange os decis 1-3, com os decis intermediários ficando, em geral, em agrupamentos separados dos outros. Isso indica que, apesar de não ser mantida a lógica “próximos e distantes”, os extremos costumam ter valores similares entre si e que diferem bastante do outro extremo. A Tabela 19 destaca a diferença entre a acessibilidade baseada em tempo e a baseada em tempo e custo, quando aplicável.

Tabela 19: Diferença entre o percentual de oportunidades acessíveis por tempo e por tempo e por custo por aplicativo em 30 minutos por motivo e decil de renda.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS	TODAS
1	45,27%	46,03%	5,02%	4,80%	4,72%	29,21%
2	35,07%	33,78%	0,00%	0,00%	0,00%	20,99%
3	34,74%	30,90%	0,00%	0,00%	0,00%	20,58%
4	36,41%	29,62%	0,00%	0,00%	0,00%	21,34%
5	35,83%	20,69%	0,00%	0,00%	0,00%	20,31%
6	22,66%	5,29%	0,00%	0,00%	0,00%	12,21%
7	4,94%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	2,57%
8	0,32%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,17%
9	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
10	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Média	27,22%	24,52%	12,76%	11,71%	12,26%	21,07%

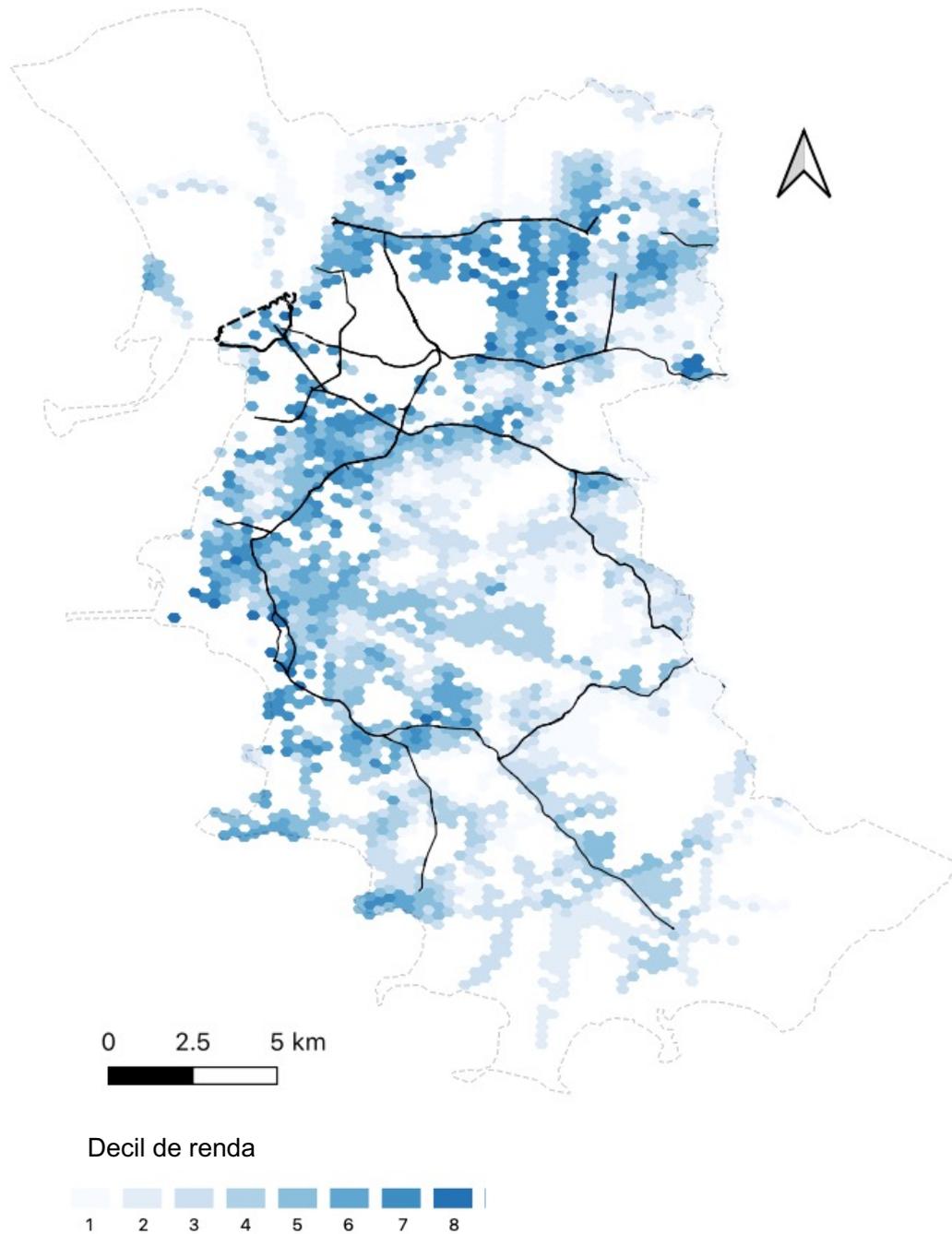
Fonte: elaboração própria

Foram encontradas diferenças significativas principalmente para Empregos (motivo com o maior número de viagens por mês), onde somente os decis 9 e 10 não apresentaram nenhuma diferença entre acessibilidade baseada em tempo e baseada em tempo e custo, e as diferenças para os primeiros 5 decis são superiores à metade dos valores da acessibilidade baseada em tempo. Para o

caso das universidades, também se observam diferenças consideráveis (ainda que menores) para os primeiros 5 decis, e os 4 superiores não tiveram diferenças na média. Para os outros três motivos, somente o decil de menor renda teve diferenças em relação às médias de acessibilidade baseada em tempo, de menores magnitudes quando comparada aos outros motivos.

Como esperado, o número de viagens praticado por cada motivo aparece como um fator de grande influência nos resultados, uma vez que, para os motivos que representam poucas viagens por mês, quase não há diferença entre a acessibilidade baseada em tempo e a baseada em tempo e custo, enquanto para os motivos de emprego e estudo existem diferenças consideráveis para a população de menor renda. A Figura 44 destaca, para os motivo Empregos, quais são os hexágonos que apresentam diferenças entre os valores de acessibilidade baseada em tempo e baseada em tempo e custo, categorizando qual a renda de cada um.

Figura 44: Hexágonos onde a acessibilidade baseada em tempo é superior à baseada em tempo e custo para viagens por aplicativo com destino a centros de empregos, 30 minutos.



Fonte: elaboração própria.

O fato de os decis de maior renda não apresentarem nenhuma diferença entre as duas métricas indica **como as desigualdades de renda e espacial são significativas e se retroalimentam**. Os mais ricos são justamente aqueles que vivem mais próximos das oportunidades e das principais infraestruturas de transporte, logo, por mais caro que seja o serviço de viagens por aplicativo, não é o suficiente para comprometer mais de 20% da renda destas pessoas. Na prática, uma pessoa que vive em qualquer um dos hexágonos dos decis 9 e 10 e possui a renda média daquele lugar, consegue acessar 80% dos centros de emprego da cidade em 30 minutos utilizando um aplicativo, e pagar por isso sem esgotar o seu orçamento médio previsto para transporte.

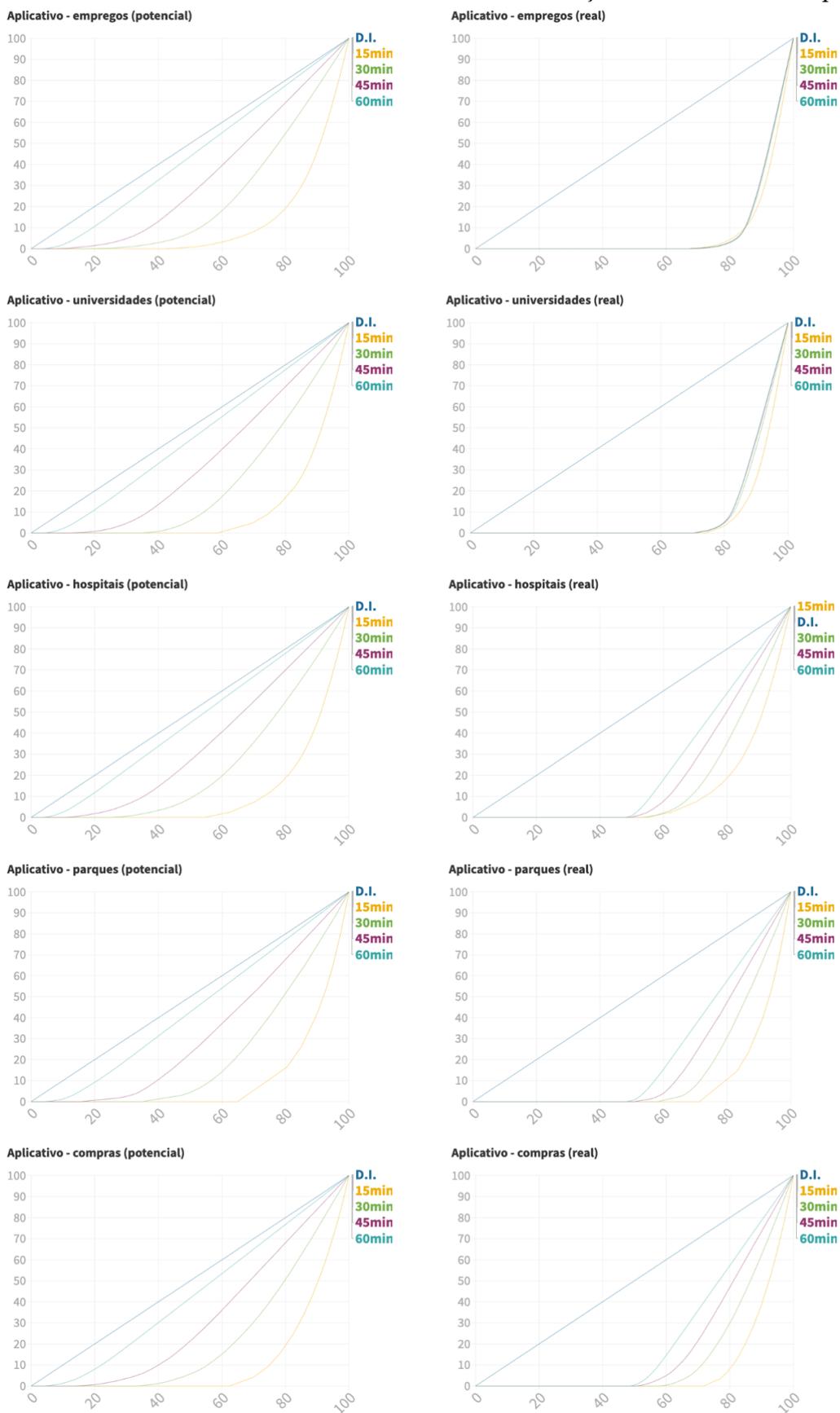
4.4 MEDIDAS DE DESIGUALDADE

Para cada um dos conjuntos de valores dos resultados da seção de oportunidades cumulativas foram calculados os índices de desigualdade de Gini e de Palma. Conforme introduzido na seção de metodologia, o primeiro calcula somente a desigualdade de uma distribuição de valores sem considerar outros fatores, enquanto o segundo compara os valores entre grupos de maior (10% mais ricos) e menor (40% mais pobres) renda.

A Figura 45 apresenta as curvas de Lorenz associadas aos índices de Gini das distribuições de acessibilidades de viagens por aplicativo, agregadas por motivo de viagem e separadas por acessibilidade baseada em tempo e baseada em tempo e custo.

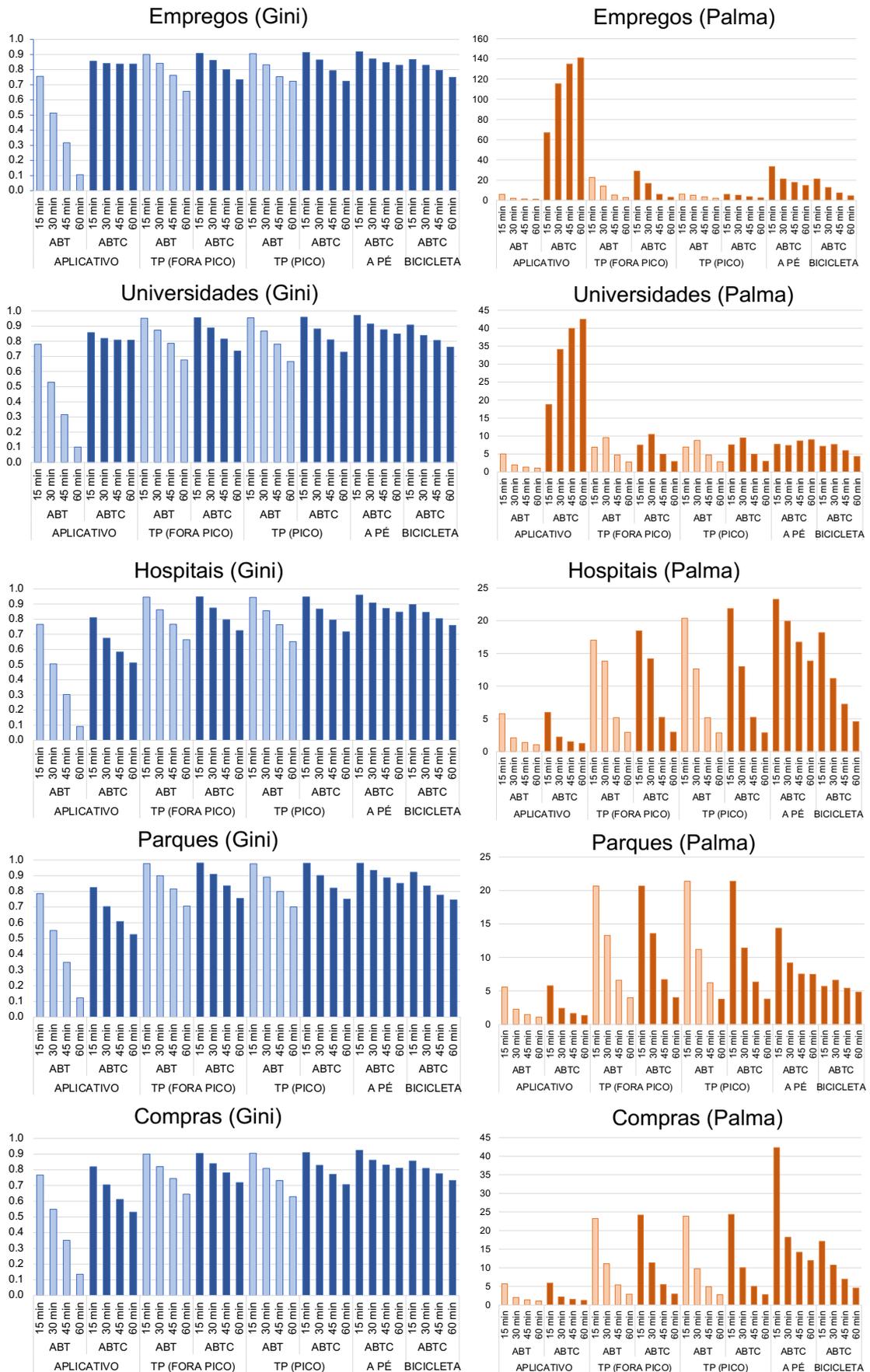
Os resultados dos índices de Gini e medidas de Palma estão agregados por motivo de viagem e apresentados na Figura 46, onde “ABT” se refere aos valores de acessibilidade baseada em tempo e “ABTC” aos valores de acessibilidade baseada em tempo e custo, para os modos motorizados.

Figura 45: Curvas de Lorenz dos Índices de Gini das distribuições de acessibilidade por app.



Fonte: elaboração própria.

Figura 46: Valores dos Índices de Gini e Palma das distribuições por motivo de viagem



Fonte: elaboração própria.

Analisando primeiramente os índices de Gini, onde visualmente há menos disparidades entre os valores, as desigualdades são maiores para o intervalo de tempo de 15 minutos e diminuem com o aumento do tempo, como esperado. A acessibilidade baseada em tempo fornecida pelo aplicativo é a que apresenta maior igualdade para todos os casos, porém a acessibilidade baseada em tempo e custo do mesmo atinge patamares similares aos dos outros modos para os motivos “centros de emprego” e “universidades”, justamente os com maiores números de viagem por mês, nos intervalos de tempos mais altos.

Para as viagens com destino a centros de emprego, no intervalo de 60 minutos, a acessibilidade baseada em tempo e custo do aplicativo é a mais desigual (0,84), e para 45 minutos é a segunda mais desigual (0,84), ficando atrás somente dos deslocamentos a pé (0,85). Para 30 minutos, a caminhada também apresenta a maior desigualdade (0,87), seguida pelo transporte público em hora-pico (0,86), e para 15 minutos o transporte público em hora-pico (0,91) e a pé (0,92) também são os mais desiguais. Analisando somente a acessibilidade baseada em tempo e custo, os modos que apresentam mais igualdade são o próprio aplicativo para 15 minutos (0,85), a bicicleta para 30 (0,83) e 45 minutos (0,79), empatado com o TP em hora-pico, que é o modo mais igualitário para 60 minutos (0,72). Importante ressaltar como é normal o transporte público aparecer com altas desigualdades em intervalos de tempos curtos, uma vez que a metodologia considera tanto o tempo de deslocamento até a parada de ônibus como o tempo de espera do mesmo, fazendo com que o resultado de acessibilidade refletido seja muito similar ao do deslocamento a pé.

Para o acesso a universidades, as viagens a pé possuem a maior desigualdade para todos os intervalos de tempo. Analisando somente as acessibilidades baseadas em tempo e custo, o aplicativo é o modo com maior igualdade para 15 e 30 minutos, a bicicleta para 45 e o transporte público em hora-pico para 60 minutos.

Para os outros três motivos, que são aqueles com menor número de viagens, os índices seguem um comportamento similar: mesmo analisando somente a acessibilidade baseada em tempo e custo, o aplicativo é o que possui menores índices (mais igualdade) em todos os intervalos de tempo. Isso se dá exatamente pelo número de viagens no mês, que não comprometem a renda dos cidadãos a ponto de tornar os deslocamentos inviáveis. Por outro lado, para estes motivos a caminhada é a com maiores índices de desigualdade em quase todos os casos, com o transporte público fora-pico aparecendo com o maior valor em um caso (15 minutos no acesso a parques).

Os resultados das medidas de Palma, contudo, mostram que quando a renda é um aspecto considerado diretamente a desigualdade é mais acentuada. Para as viagens com destino os centros de emprego e universidades, a medida de Palma da acessibilidade baseada em tempo e custo do aplicativo é a mais alta, com muita vantagem, para todos os intervalos de tempo, sendo que as desigualdades aumentam conforme o tempo de viagem aumenta.

Para o transporte público, contudo, o índice de Palma em geral diminui conforme aumenta o tempo de viagem, o que é condizente com os resultados encontrados por Herszenhut *et al.* (2021) em análise similar no Rio de Janeiro. Isso se dá devido ao custo fixo da passagem, ou seja, se a pessoa utilizou uma só linha (ou realizou integração), ela gastou a mesma coisa independente de o deslocamento ter durado 15 ou 60 minutos, por exemplo.

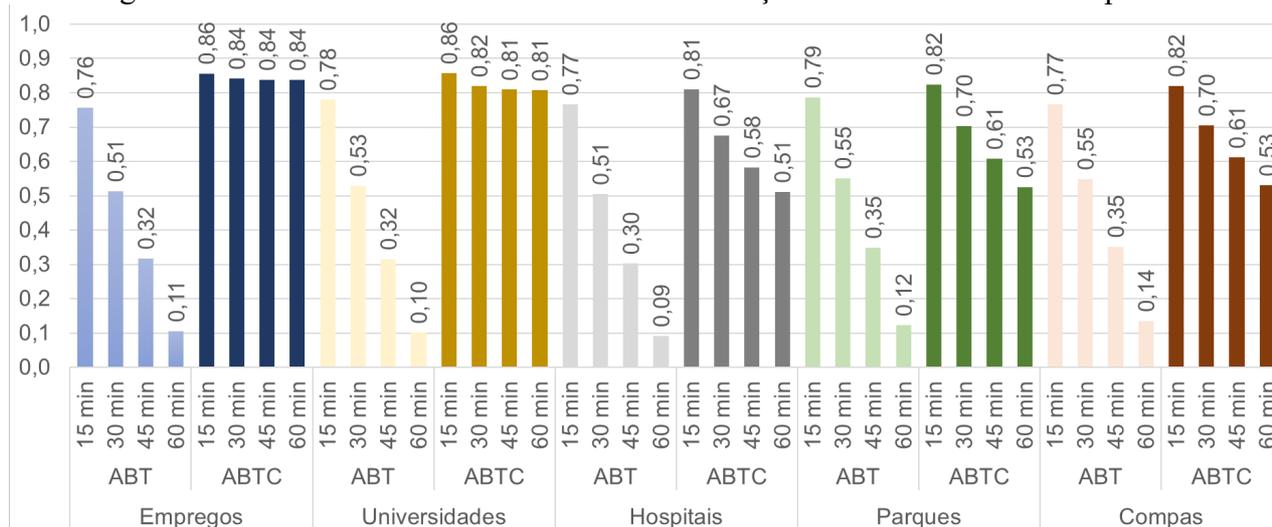
Considerando somente a acessibilidade baseada em tempo e custo, para o motivo de empregos, o transporte público em hora-pico possui as distribuições mais igualitárias para todos os intervalos de tempo, seguido do transporte público fora-pico (45 e 60 minutos) e da bicicleta (15 e 30 minutos). Nas distribuições com motivo de viagem “universidades”, as distribuições mais igualitárias variam entre bicicleta (15 minutos), a pé (30 minutos) e transporte público fora-pico (45 e 60 minutos), sempre com valores praticamente iguais aos do em hora-pico.

Para as outras três categorias de destinos os valores seguem um padrão similar, com a acessibilidade baseada em tempo e custo fornecida pelo aplicativo sendo a mais igualitária para todos os intervalos de tempo. Assim como justificado para os valores do índice de Gini, isso acontece devido ao baixo número de viagens por mês associados a estes motivos. O modo mais desigual para quase todos os casos é o a pé, sendo as exceções os intervalos de 15 e 30 minutos dos parques, nos quais o transporte público é o modo mais desigual.

Importante ressaltar como nas medidas de Palma para os destinos mais frequentes (empregos e universidades) a diferença entre a acessibilidade baseada em tempo e a acessibilidade baseada em tempo e custo do aplicativo é a mais evidente, sendo a baseada em tempo a **mais igualitária** para todos os casos e a baseada em tempo e custo, **a menos**.

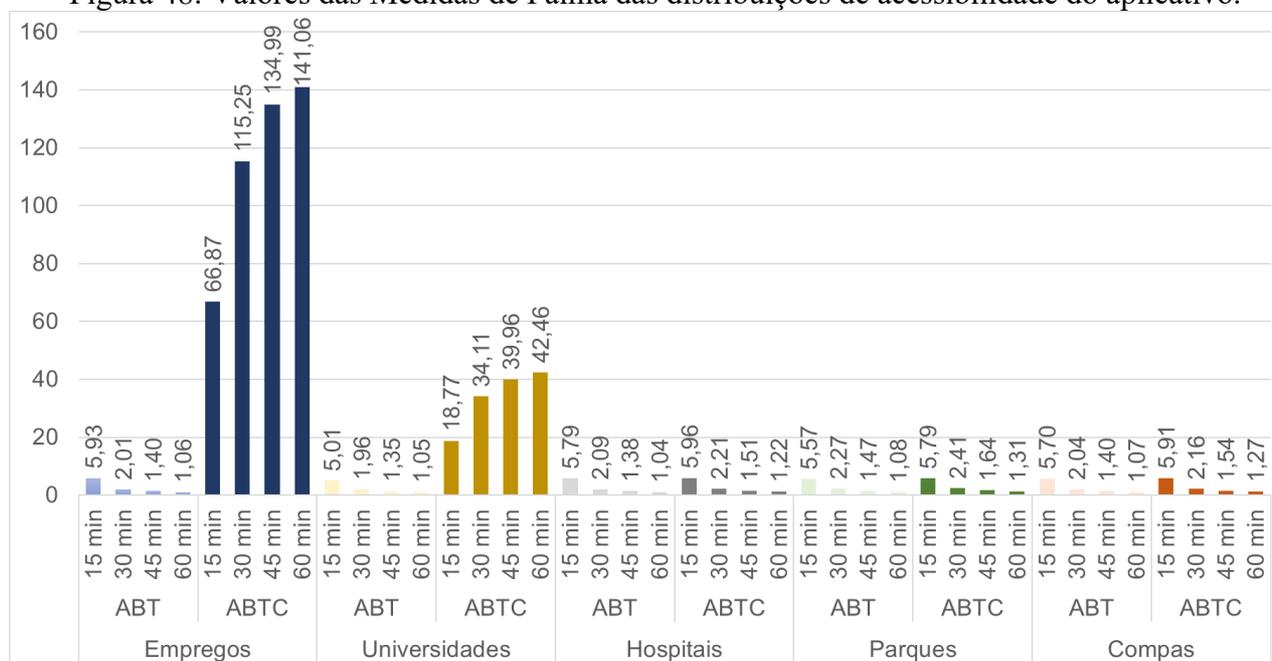
As Figuras 47 e 48 detalham os valores dos resultados de Gini e Palma exclusivamente para o aplicativo, evidenciando como as distribuições mais desiguais são as associadas às viagens a trabalho e estudo, com a diferença sendo mais evidente nos resultados de Palma do que de Gini, e os demais motivos de viagem tendo valores e comportamentos muito similares.

Figura 47: Valores dos Índices de Gini das distribuições de acessibilidade do aplicativo



Fonte: elaboração própria.

Figura 48: Valores das Medidas de Palma das distribuições de acessibilidade do aplicativo.



Fonte: elaboração própria.

Enquanto na análise de todos os modos não há um motivo de viagem que apresente explicitamente maior desigualdade do que os outros, quando observado somente o aplicativo, o motivo “empregos” apresenta os maiores valores em ambas as medidas de desigualdade para todos os intervalos de tempo (exceto o Gini com intervalo de 15 minutos).

A interpretação das medidas de desigualdade de Gini e Palma evidencia como, apesar de os aplicativos terem resultados positivos considerando somente o tempo de viagem (acessibilidade baseada em tempo), com os menores índices de desigualdade em todos os casos, quando a renda é incorporada (acessibilidade baseada em tempo e custo) eles são caracterizados por distribuições de acessibilidade bastante desiguais, sobretudo para os motivos de viagens mais recorrentes, empregos

e universidades, responsáveis por mais de 70% dos deslocamentos. Por outro lado, quando estes são deixados de lado e as viagens a hospitais, parques e compras são analisadas separadamente, os aplicativos são o modo com as distribuições de acessibilidade mais igualitárias, mostrando que esta alternativa de transporte pode cumprir um papel importante para deslocamentos eventuais e menos recorrentes.

A discrepância entre os valores de Gini e Palma, onde a segunda técnica apresenta resultados de desigualdade consideravelmente mais exacerbados, sendo justamente o método que incorpora a renda como elemento central, nos leva a uma conclusão similar e mostra como a renda é um fator central para que os cidadãos possam acessar os seus destinos de interesse e exercer o seu direito à cidade.

Embora não tenham sido estabelecidos valores de referência para estabelecer o que seria uma distribuição de acessibilidades “justa” ou “injusta”, as grandes diferenças observadas na acessibilidade baseada em tempo e custo, tanto entre os modos quanto entre motivos de viagem, possibilita identificar onde as desigualdades se manifestam com mais força.

4.5 ANÁLISE COM COMBINAÇÃO DE MOTIVOS DE VIAGEM

Os resultados de acessibilidade baseada em tempo e custo calculados até aqui tratam os motivos de viagem de forma isolada, ou seja, a restrição de renda de 20% é aplicada separadamente por cada motivo. Porém, na prática, esse orçamento é dividido pelas pessoas em viagens por diferentes motivos e diferentes modos de transporte. São inúmeras as possibilidades de combinações de modos e motivos que podem ser realizadas, logo foram calculados dois exemplo onde a limitação orçamentária de 20% é dividida proporcionalmente entre as viagens. No primeiro caso, entre as viagens “obrigatórias” e mais recorrentes, a trabalho e a estudo, e no segundo caso, os deslocamentos “complementares” (hospitais, parques e compras), tanto para o transporte público como para os aplicativos. A mesma técnica pode ser aplicada sobre outras combinações de motivos de viagens de acordo com diferentes perfis de pessoas, algo que pode ser mais aprofundado em estudos futuros com abordagem qualitativa.

Nos casos abordados nesta seção, os valores de acessibilidade serão sempre inferiores àqueles calculados na abordagem anterior (seções 4.3.3.4.2 e 4.3.3.5.2), uma vez que a restrição de renda é sempre uma parcela dos 20% até aqui aplicados. Contudo, é importante pontuar que esta é uma abordagem mais próxima da realidade, onde o limite do orçamento é aplicado para viagens por mais de um motivo.

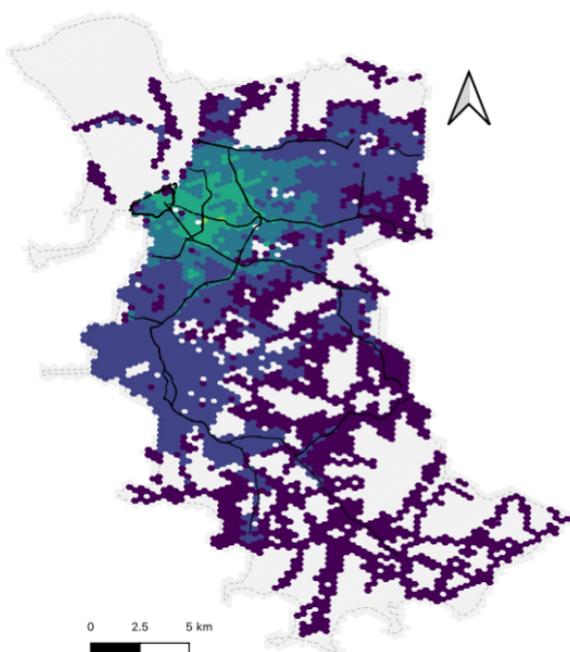
4.5.1 Deslocamentos utilitários

4.5.1.1 Transporte público

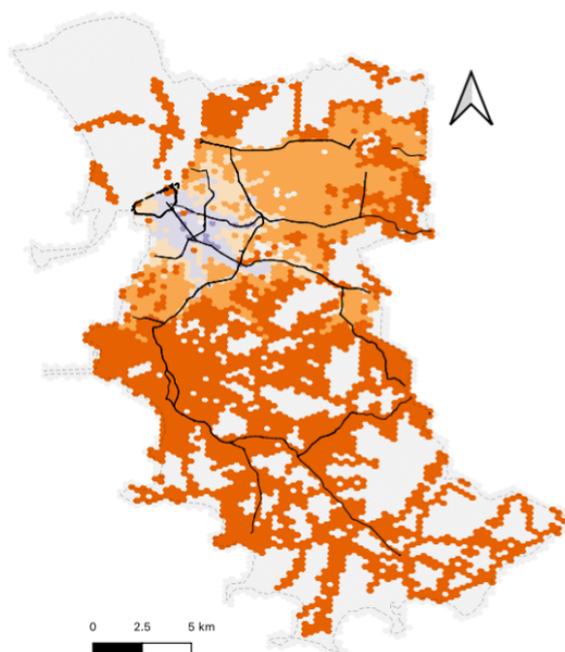
A Figura 49 mostra as distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo para o caso onde a restrição de orçamento de 20% é aplicada somente para as viagens utilitárias (empregos e universidades) e todas elas são feitas por transporte público em até 30 minutos. Uma vez que não foram identificadas diferenças significativas entre os resultados para o transporte público em hora-pico e fora-pico, as análises desta seção foram calculadas somente para o primeiro tipo. A Tabela 20 e a Figura 51 apresentam as médias de oportunidades acessíveis por decil de renda.

Figura 49: Percentual de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP com combinação de motivos.

EMPREGOS



UNIVERSIDADES



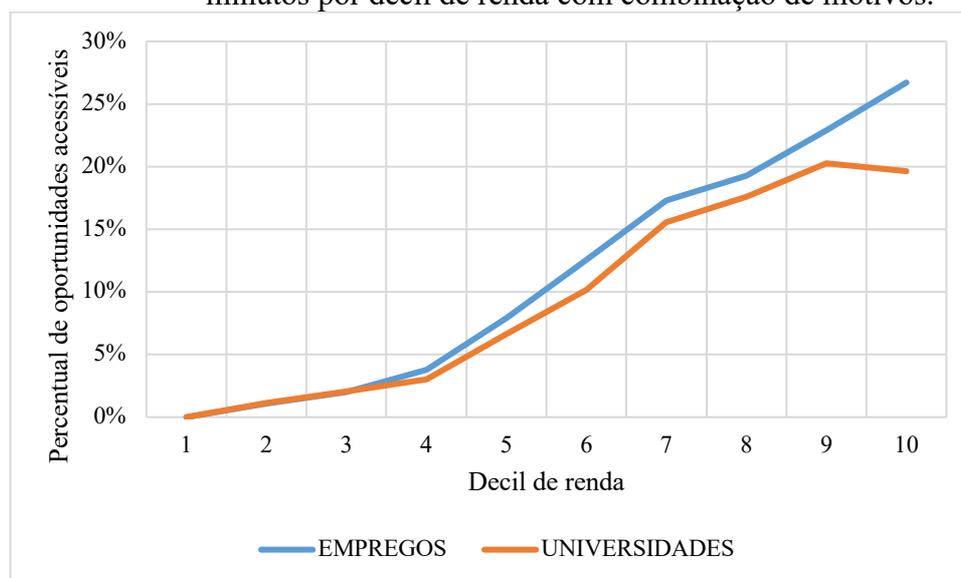
Fonte: elaboração própria.

Tabela 20: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES
1	0,00%	0,00%
2	1,06%	1,15%
3	1,99%	2,04%
4	3,77%	3,01%
5	7,91%	6,66%
6	12,53%	10,16%
7	17,28%	15,58%
8	19,27%	17,58%
9	22,91%	20,27%
10	26,71%	19,64%
Média	4,14%	3,51%

Fonte: elaboração própria.

Figura 50: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.



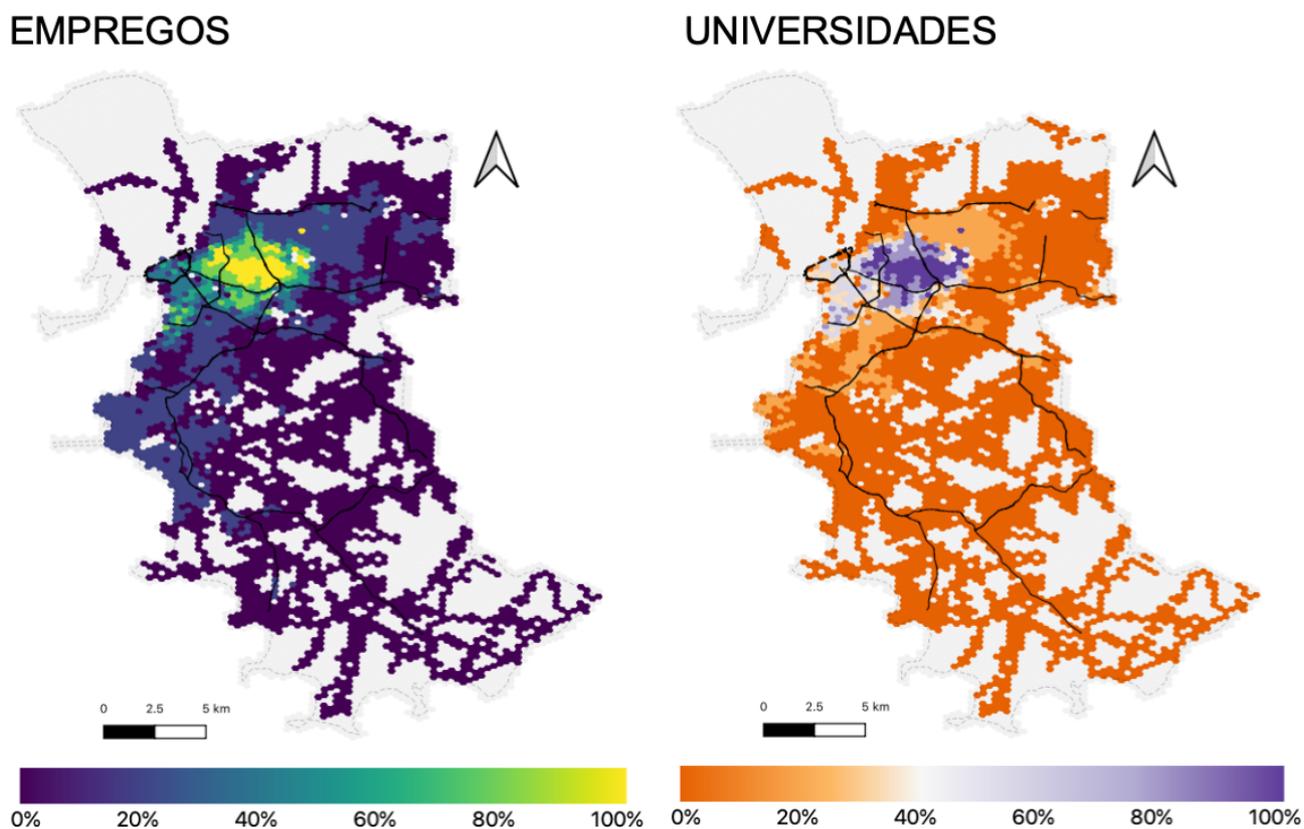
Fonte: elaboração própria.

Conforme esperado, os valores são inferiores àqueles da seção 4.3.3.4.2, porém aqui uma primeira diferença importante é verificada: o primeiro decil de renda possui acessibilidade nula para ambos os motivos, ou seja, nenhuma pessoa pertencente ao grupo mais vulnerável da cidade consegue realizar esse número de deslocamentos utilitários por mês utilizando o sistema de transporte coletivo. Embora não tenham sido estabelecidos níveis mínimos de acessibilidade que cada grupo deveriam possuir, esta é uma manifestação clara de desigualdades, ainda mais quando se trata de um sistema público que deveria ser acessível (inclusive financeiramente) para toda a população. Uma vez que não é possível calcular uma razão entre os decis 10 e 1, foi calculada a razão entre os decis 10 e 2, sendo, respectivamente, 25,20 e 17,08.

4.5.1.2 Aplicativos

A Figura 51 apresenta os mapas com as distribuições de acessibilidades para viagens utilitárias por aplicativo com até 30 minutos, e a Figuras 52 e a Tabela 21 as médias por decil de renda.

Figura 51: Percentual de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app com combinação de motivos.



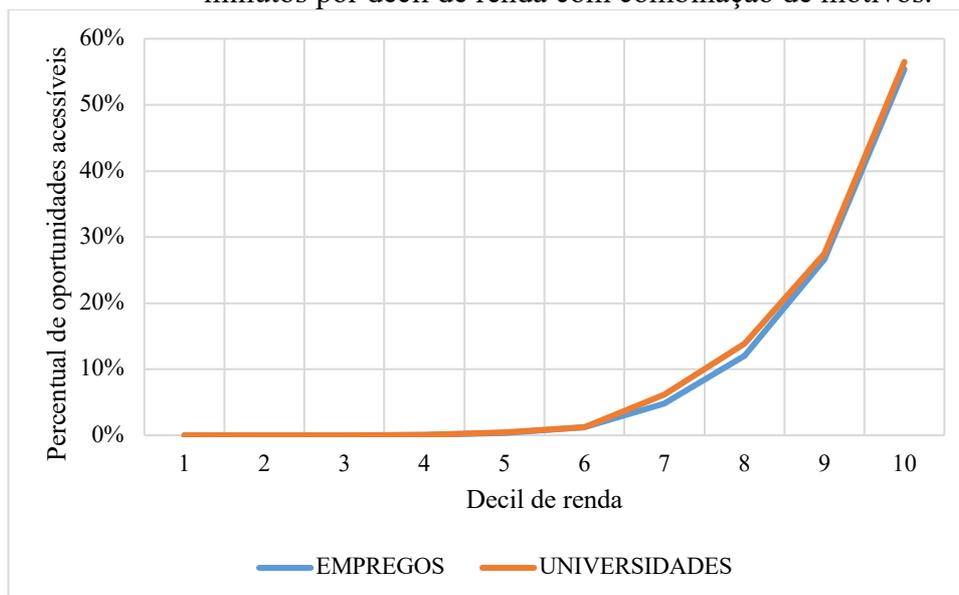
Fonte: elaboração própria.

Tabela 21: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.

Decil de renda	EMPREGOS	UNIVERSIDADES
1	0,00%	0,00%
2	0,00%	0,00%
3	0,01%	0,00%
4	0,06%	0,05%
5	0,30%	0,40%
6	1,18%	1,23%
7	4,83%	6,10%
8	12,02%	13,85%
9	26,62%	27,52%
10	55,40%	56,51%
Média	3,15%	3,31%

Fonte: elaboração própria.

Figura 52: Percentual médio de oportunidades utilitárias acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.



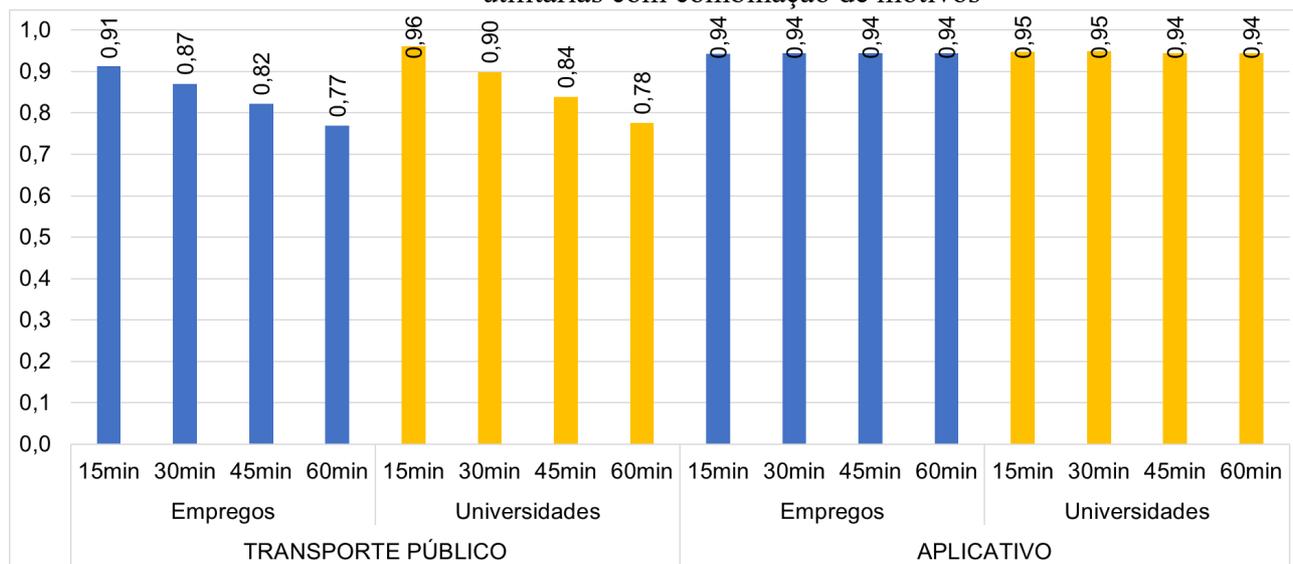
Fonte: elaboração própria.

Nos mapas, se observa com ainda mais clareza a concentração de valores altos próximos a 100% na região de maior renda da cidade e próxima ao centro. Assim como para o transporte público, aqui se verificam grupos de renda onde a totalidade das pessoas (decis 1 e 2 para empregos e 1, 2 e 3 para universidades) não possui capacidade de se deslocar a todos os seus destinos no mês utilizando aplicativo, sendo que o valor é inferior a 2% até o decil 6. As razões entre o decil mais rico e o mais pobre (com valor superior a 0) são ainda mais acentuadas do que no caso do transporte público, sendo de 5.540 e 1.130, respectivamente.

4.5.1.3 Medidas de desigualdade

A Figura 53 apresenta os valores do Índice de Gini para as distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens utilitárias.

Figura 53: Índices de Gini das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens utilitárias com combinação de motivos

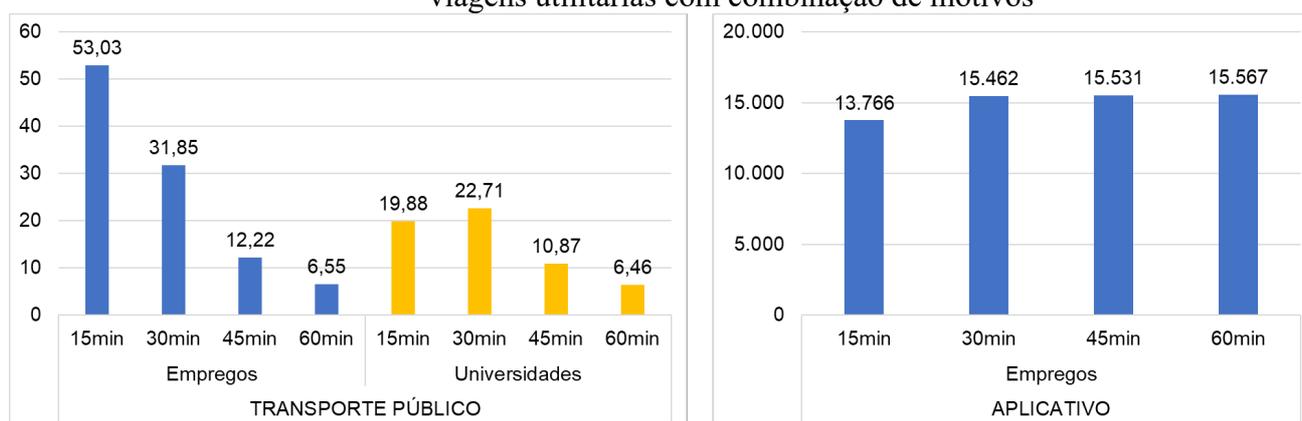


Fonte: elaboração própria.

Assim como no capítulo anterior, os valores para o transporte público se tornam mais igualitários conforme o intervalo aumenta, uma vez que a tarifa não varia com o tempo. Para os aplicativos, os valores são todos superiores a 0,9, indicando uma desigualdade muito alta. Além disso, os valores praticamente iguais provam que o tempo de viagem não interfere na equidade deste caso.

A Figura 54 apresenta os índices de Palma para as mesmas distribuições. Dada a grande discrepância entre os valores para transporte público e aplicativo foi necessário apresentar gráficos distintos, com escalas diferentes.

Figura 54: Razões de Palma das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens utilitárias com combinação de motivos



Fonte: elaboração própria.

Assim como no Gini, em geral os valores para transporte público diminuem com o aumento no tempo de viagem (exceto de 15 para 30 minutos no caso dos empregos, possivelmente se explica por 15 minutos ser um tempo irrisório para este modo uma vez que considera também o acesso até a parada e o tempo de espera pelo veículo) e são consideravelmente inferiores aos números dos

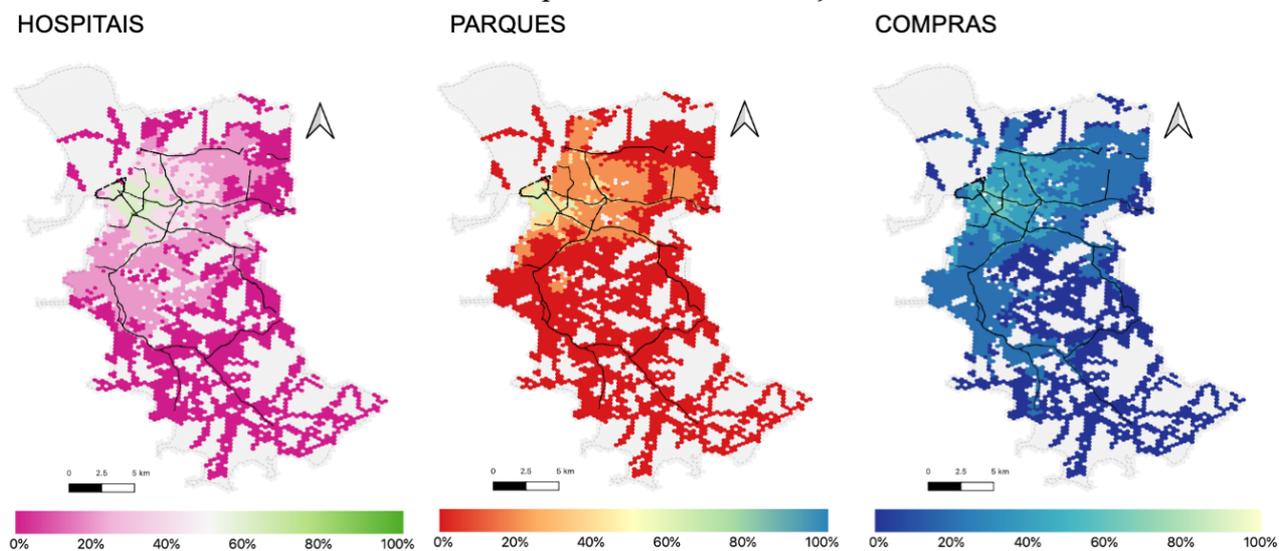
aplicativos. As desigualdades apresentada pelos aplicativos neste caso são muito acentuadas, superiores a 12.000 para empregos e incalculáveis para as universidades, uma vez que a acessibilidade baseada em tempo e custo para os 40% mais pobres é igual a zero, ou seja, a medida de Palma neste caso tende ao infinito, indicando uma desigualdade extremamente alta.

4.5.2 Deslocamentos complementares

4.5.2.1 Transporte público

A Figura 55 traz os distribuições de acessibilidade por transporte público para deslocamentos com destino a hospitais, parques e compras em até 30 minutos. Visualmente, a primeira diferença que se constata é a baixa presença de hexágonos com valores de 100% ou próximos, mesmo nas regiões mais ricas.

Figura 55: Percentual de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por TP com combinação de motivos.



Fonte: elaboração própria.

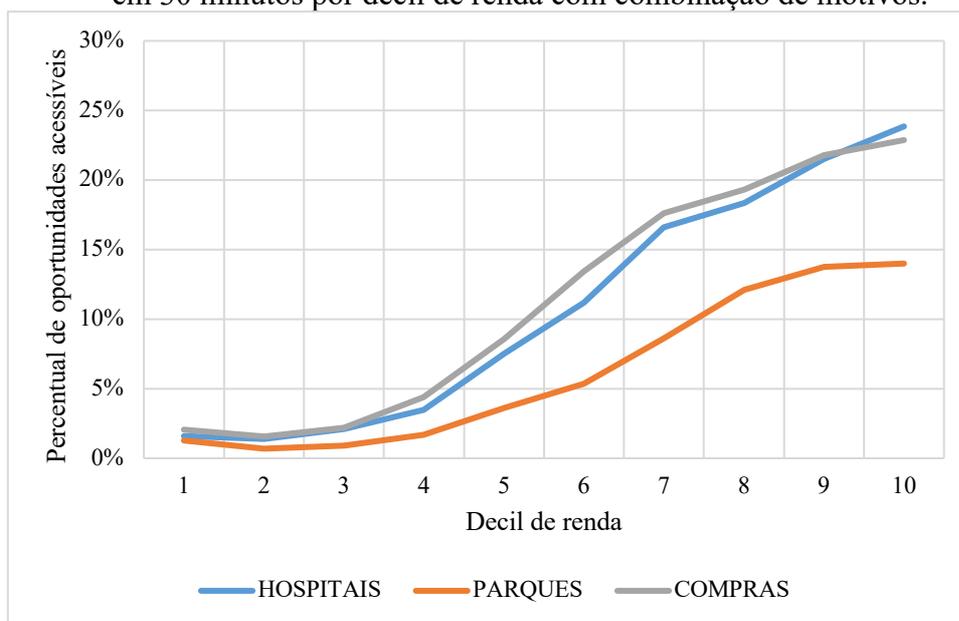
A Tabela 22 e a Figura 56 trazem os valores médios de acessibilidade baseada em tempo e custo por decil de renda. Apesar de a média de nenhum decil de renda ser nula, ainda são valores consideravelmente baixos. As razões entre os valores extremos são de grandezas similares àquelas calculadas no caso anterior: 17,16, 20,29 e 14,66; o que indica que a desigualdade entre viagens utilitárias e complementares é similar quando se trata de transporte público.

Tabela 22: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.

Decil de renda	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS
1	1,60%	1,27%	2,07%
2	1,39%	0,69%	1,56%
3	2,12%	0,89%	2,19%
4	3,46%	1,70%	4,40%
5	7,52%	3,60%	8,56%
6	11,19%	5,34%	13,46%
7	16,62%	8,62%	17,62%
8	18,33%	12,10%	19,32%
9	21,51%	13,74%	21,78%
10	23,85%	14,00%	22,87%
Média	4,04%	2,27%	4,36%

Fonte: elaboração própria.

Figura 56: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por TP em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.

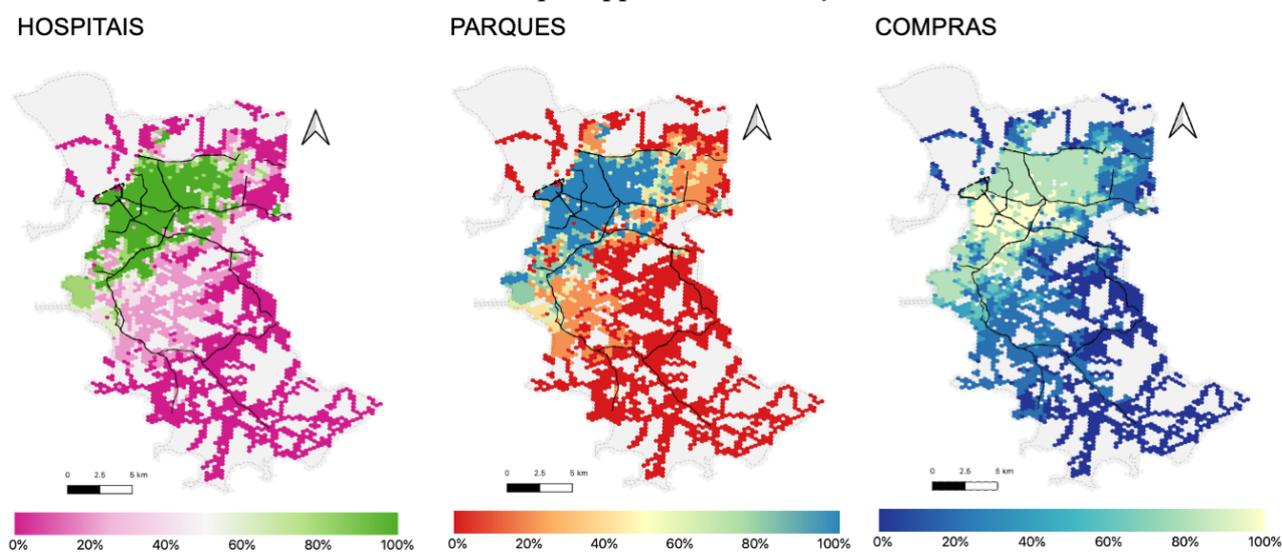


Fonte: elaboração própria.

4.5.2.2 Aplicativos

A Figura 57 apresenta os mapas com as distribuições de acessibilidades para viagens complementares por aplicativo, e as Figuras 58 e Tabela 23 as médias por decil de renda.

Figura 57: Percentual de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo em 30 minutos por app com combinação de motivos.



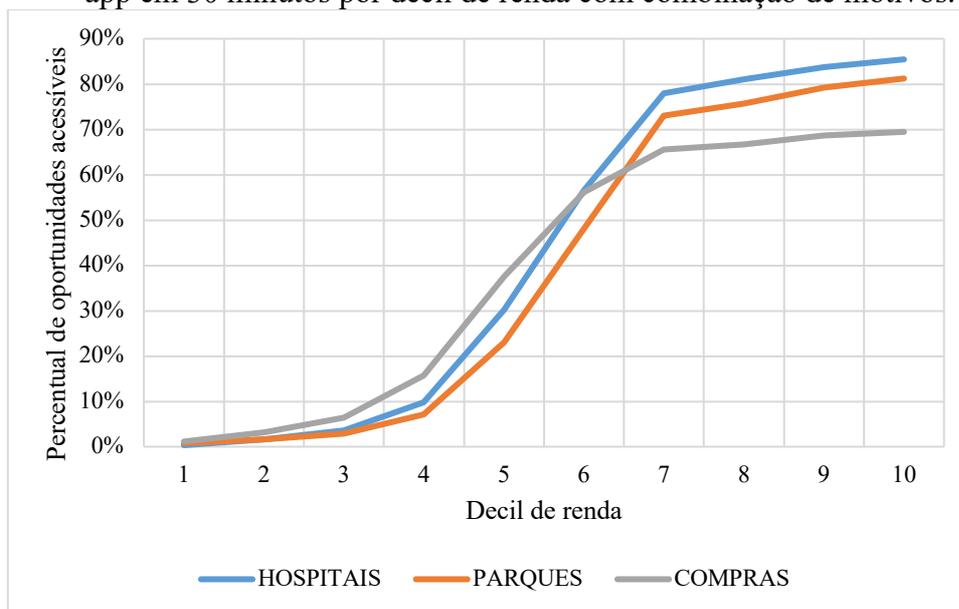
Fonte: elaboração própria.

Tabela 23: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.

Decil de renda	HOSPITAIS	PARQUES	COMPRAS
1	0,34%	0,80%	1,14%
2	1,69%	1,56%	3,24%
3	3,58%	2,83%	6,38%
4	9,77%	7,09%	15,65%
5	30,17%	23,00%	37,55%
6	56,52%	48,16%	56,16%
7	78,02%	72,98%	65,56%
8	81,06%	75,74%	66,68%
9	83,78%	79,17%	68,65%
10	85,45%	81,23%	69,46%
Média	15,46%	13,90%	14,81%

Fonte: elaboração própria.

Figura 58: Percentual médio de oportunidades complementares acessíveis por tempo e custo por app em 30 minutos por decil de renda com combinação de motivos.



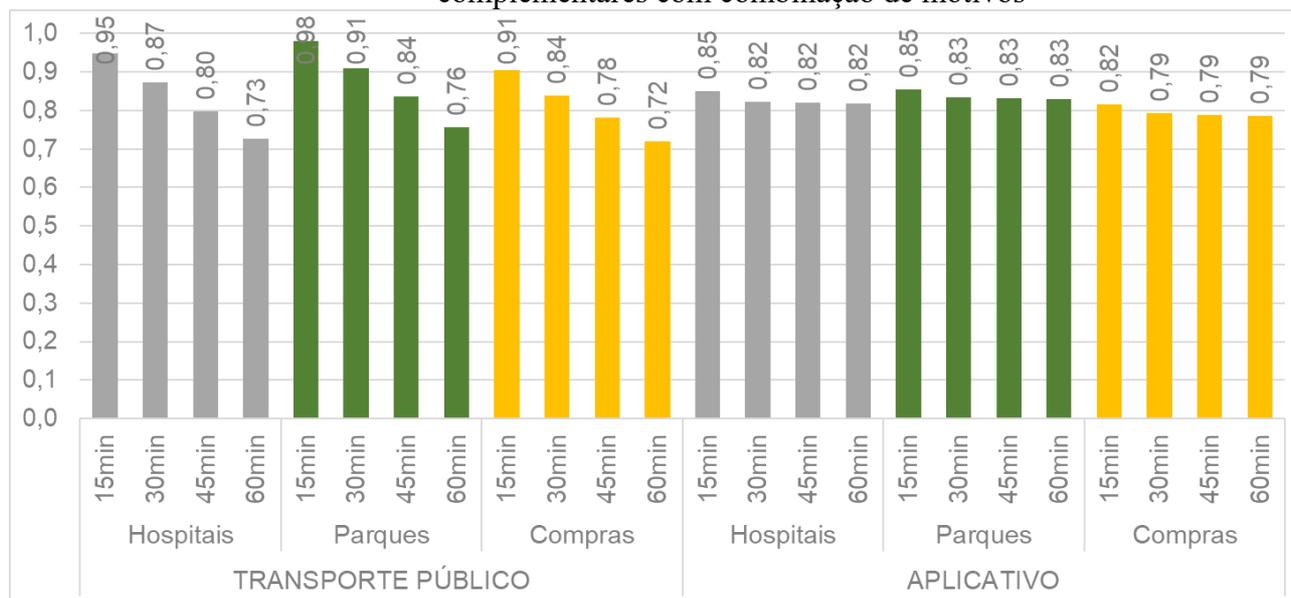
Fonte: elaboração própria.

Conforme esperado, a cobertura do aplicativo é superior em relação ao transporte público, e neste caso se observa os decis pertencentes aos hexágonos “distantes” e nos “próximos” em patamares similares de acessibilidade. As razões das médias de acessibilidade entre os decis extremos, embora bastante acentuadas (251,32, 101,53, 60,92), são consideravelmente menores do que aquelas encontradas para os aplicativos nas viagens utilitárias (superiores a 1.000).

4.5.2.1 Medidas de desigualdade

A Figura 59 apresenta os valores do Índice de Gini para as distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens complementares. Novamente observa-se, para o transporte público, uma diminuição nos índices com o aumento do intervalo de tempo e, para o aplicativo, uma similaridade grande entre os valores (exceto para o intervalo de 15 minutos, levemente maior em todos os casos). Embora seja mais difícil captar diferenças analisando somente os Índices de Gini, sobretudo nos valores para aplicativos se observam reduções consideráveis quando comparado ao caso dos deslocamentos utilitários (todos superiores a 0,9).

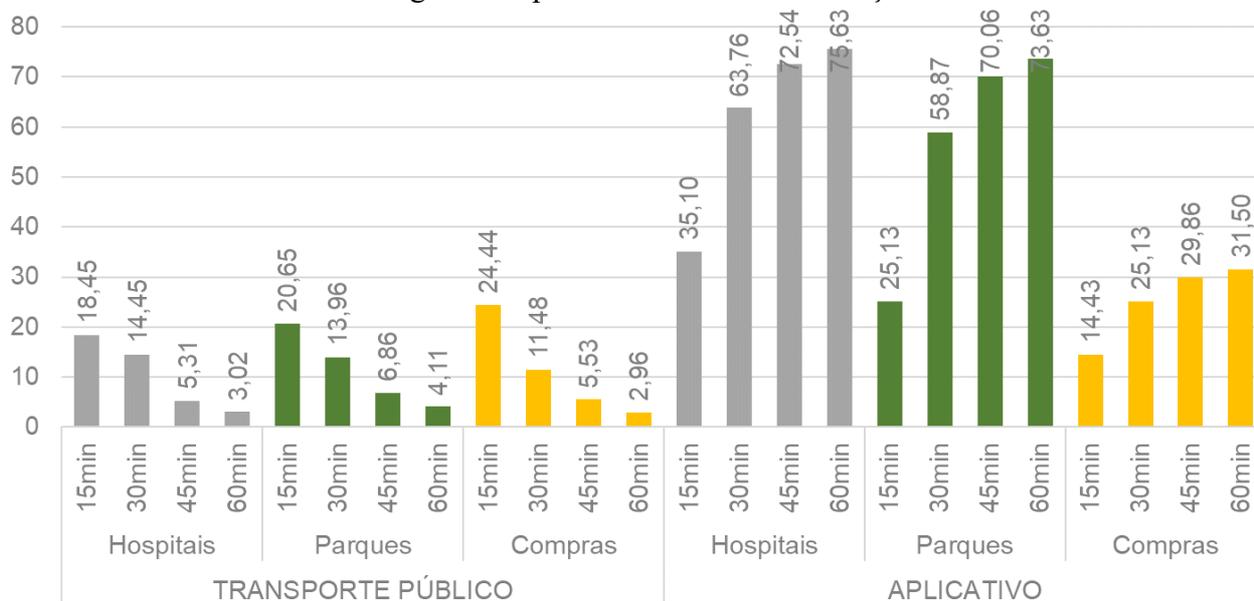
Figura 59: Índices de Gini das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens complementares com combinação de motivos



Fonte: elaboração própria.

Os valores da Medida de Palma, apresentados na Figura 60, também apresentam diminuições importantes quando comparados aos dos deslocamentos utilitários, principalmente para o aplicativo. No caso presente, eles já são passíveis de apresentação na mesma escala dos valores de transporte público e, ao contrário deste, apresentam padrão de aumento com o aumento no intervalo.

Figura 60: Razões de Palma das distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo das viagens complementares com combinação de motivos



Fonte: elaboração própria.

Embora os valores de Razão de Palma encontrados para o aplicativo no caso dos deslocamentos complementares ainda sejam bastante significativos, eles são consideravelmente inferiores aos calculados para o mesmo modo nas viagens utilitárias (superiores a 13.000 ou

incalculáveis). Novamente, isso é explicado pelo número de viagens realizado para cada uma das categorias de viagens.

Apesar de, trivialmente, ainda resultar em desigualdades superiores às aquelas calculadas no capítulo 4.3.3, os resultados encontrados aqui indicam que os aplicativos podem servir como uma alternativa de transporte, inclusive para a população de menor renda, para deslocamentos que não acontecem diariamente, principalmente aqueles de curta duração.

5 CONCLUSÕES

A desigualdade se manifesta em diversos âmbitos nas cidades brasileiras, sendo o campo dos transportes um dos mais evidentes. Enquanto uma parte da população possui automóveis próprios e mora em regiões próximas à maioria dos serviços urbanos, a parcela de menor renda vive nas periferias e, em geral, depende de outras alternativas de transporte. Isso faz com que os cidadãos pobres gastem em média mais tempo em transporte do que os mais ricos, e conseqüentemente tenham o seu acesso à cidade, e aos recursos que ela oferece, reduzido.

O surgimento dos aplicativos de transporte (como o Uber e a 99 no Brasil), na primeira metade da década de 2010, levantava preocupações entre pesquisadores a respeito dos seus impactos no trânsito e a sustentabilidade, contudo também se apresentava como uma alternativa de transporte que poderia servir regiões periféricas pouco atendidas pelo transporte público, além de ser mais abrangente e acessível do que o táxi tradicional. Estas características teriam, em princípio, o potencial de aumentar a acessibilidade de grupos menos favorecidos e, conseqüentemente, a equidade no transporte urbano, porém o custo monetário das viagens pode funcionar como uma barreira para o seu uso frequente, principalmente para esta parcela da população que, teoricamente, seria a mais beneficiada.

Embora exista uma literatura consolidada que aprofunda o impacto dos aplicativos no trânsito e alguns estudos que avaliam aspectos de equidade quanto à disponibilidade do serviço, como discriminação e diferenças nos tempos de espera por região, são poucos os estudos que incorporam os aplicativos em análises de justiça distributiva e acesso a oportunidades. Ainda, a proeminente literatura de acessibilidade muitas vezes não incorpora o custo monetário, relevante para o transporte motorizado em geral, nas suas análises.

Buscando aprofundar este entendimento, o presente estudo propôs quantificar a acessibilidade fornecida pelas viagens por aplicativos de transporte e compará-la com a acessibilidade de viagens a pé, bicicleta e transporte público, através de um estudo de caso na cidade de Porto Alegre, abordando aspectos de justiça distributiva e equidade. Uma vez que o custo monetário é um aspecto relevante das viagens por aplicativo e transporte público, ele foi considerado como um dos componentes da “acessibilidade baseada em tempo e custo” juntamente do tempo de deslocamento, que corresponde

à “acessibilidade baseada em tempo”. A renda média de cada parte do município, o limite do orçamento dedicado ao transporte e o número de viagens por mês por motivo foram considerados para verificar se o aplicativo é uma opção de transporte viável para a realização de deslocamentos frequentes até os principais destinos da cidade, e as medidas de desigualdade de Gini e Palma foram aplicadas sobre as distribuições de acessibilidade para avaliar o impacto dos aplicativos na equidade.

O estudo de caso demonstrou que as regiões centrais e de renda alta apresentam níveis de acessibilidade em média bastante superiores aos das regiões periféricas e pobres, o que é condizente com os resultados de estudos similares conduzidos recentemente em outras cidades brasileiras (BITTENCOURT; GIANNOTTI; MARQUES, 2021; PEREIRA *et al.*, 2019; SLOVIC *et al.*, 2019).

As diferenças entre os valores de acessibilidade baseada em tempo e baseada em custo para os aplicativos se mostrou significativa somente para as viagens aos destinos mais frequentes e “compulsórios”, centros de emprego e universidades (os deslocamentos de dia-a-dia, também chamados de *commuting*) e para os decis de menor renda, para os quais o valor de repetidas corridas em um mês comprometem mais do que a renda disponível para transporte. Além disso, a aplicação das medidas de desigualdade mostrou que, embora existam variações entre os diferentes intervalos de tempo, quando se faz uma comparação entre o aplicativo e os demais modos, eles promovem uma acessibilidade baseada em tempo e custo mais desigual do que todos os outros modos para os mesmos dois conjuntos de destinos, e mais igualitária do que os outros modos para os demais destinos - hospitais, parques e supermercados/shopping centers. A medida de Palma, que compara os valores entre os 10% mais ricos e os 40% mais pobres da amostra, indicou desigualdades mais acentuadas do que o índice de Gini, que é baseado somente na desigualdade entre todos os valores da distribuição, evidenciando como a renda é um aspecto relevante de acessibilidade. O uso de ambas as metodologias mostrou como, quando a renda é um aspecto a se levar em conta, o Índice de Gini aplicado à acessibilidade pode mascarar desigualdades muito elevadas que são evidenciadas pela Medida de Palma.

Tais resultados mostram que, quando se trata de deslocamentos frequentes, o surgimento dos aplicativos não contribui para um aumento na equidade no transporte urbano em Porto Alegre, uma vez que promove distribuições de acessibilidade baseada em tempo e custo ainda mais desiguais do que os outros modos de transporte. Contudo, para os deslocamentos que possuem caráter mais eventual e acontecem menos vezes, este serviço aparece como uma alternativa viável e com desigualdades menos acentuadas do que as apresentadas nos deslocamentos recorrentes.

As análises realizadas com “combinações de motivos” dentro da mesma restrição de renda - ou seja, os 20% da renda mensal cobrindo todos os deslocamentos “utilitários” (centros de emprego e universidades) ou os “complementares” (hospitais, parques e compras) - que mais se aproximam de um cenário real, reforçam que os aplicativos podem ser uma alternativa viável, inclusive para a população de menor renda, para deslocamentos que acontecem em menor número e são mais

esporádicos. Quando aplicados sobre os deslocamentos utilitários, os índices de Gini e Palma apontaram desigualdades extremamente elevadas, inclusive sendo impossível obter um valor de Palma para o acesso a universidades por aplicativos, devido ao fato de que, neste caso, a acessibilidade dos 40% mais pobres da população é nula.

O trabalho não se propôs a estabelecer valores mínimos de acessibilidade que uma região deveria possuir para que seus cidadãos possam ter uma vida digna, ou qual o valor de Gini ou Palma que identificaria uma distribuição de acessibilidades “justa” ou “injusta”. Contudo, as grandes diferenças de acessibilidade observadas entre ricos e pobres e entre regiões centrais e periféricas, reforçadas pelos resultados das medidas de desigualdade, mostram como o direito à cidade e às oportunidades que ela oferece não são uma realidade para uma grande parte da população.

Assim, pode-se concluir que o surgimento dos aplicativos gera, além dos impactos já comprovados pelo aumento de viagens por veículos motorizados sobre a qualidade de vida urbana (poluição, congestionamento, acidentes, entre outros), uma acentuação nas desigualdades de acesso entre ricos e pobres quando se trata de deslocamentos utilitários e frequentes.

As análises de NNI - *Nearest Neighbor Index* e de proximidade do Centro e de avenidas arteriais mostraram que, apesar de serem associadas a motivos de viagem diferentes, de forma geral, as oportunidades utilizadas como destinos são próximas entre si e estão aglomeradas próximas às regiões centrais. Assim, é possível constatar que as condições socioeconômicas e a localização residencial são aspectos preponderantes para se ter maior acessibilidade, em oposição à distribuição das oportunidades em si.

Os resultados ajudam a entender melhor os impactos causados pelos serviços de transporte por aplicativo nas cidades e indicam que os mesmos devem ser observados com cautela pelo poder público. Mesmo que não contribuam para uma maior acessibilidade em deslocamentos frequentes pela população pobre e periférica, eles podem cumprir um papel importante na mobilidade urbana em deslocamentos noturnos a lazer ou quando o motorista irá consumir bebidas alcoólicas, por exemplo.

A intenção do estudo não é a de exigir de empresas privadas o cumprimento de uma função que é, fundamentalmente, papel do poder público (fornecer transporte e acessibilidade para as pessoas realizarem as atividades básicas de suas vidas), nem de fazer um julgamento moral de iniciativas capitalistas, porém entende-se que, uma vez que o serviço utiliza a infraestrutura pública das cidades para operar, é relevante estudar quem se beneficia dele e subsidiar a formulação de políticas públicas que aumentem os benefícios trazidos pelos aplicativos de transporte.

De um ponto de vista regulatório, caso a intenção seja aumentar a acessibilidade da população periférica por este modo, subsídios ou outros incentivos a estes grupos podem ser pensados para viagens a trabalho e estudo, porém com a ressalva dos impactos negativos gerados no trânsito pelo aumento no número de viagens realizadas de carro.

Políticas que incentivem a multimodalidade, como descontos para viagens com destino a terminais de transporte público, por exemplo, podem contribuir com o aumento no acesso da população segregada espacialmente e gerar menos impactos negativos. Práticas deste tipo já foram aplicadas no Estados Unidos (KING, 2016; CENTENNIAL, 2017; STEINER *et al.*, 2021) e passaram por pilotos em São Paulo e no Rio de Janeiro (METRÔ, 2017). Uma política de cobrança de impostos variável, que cobre mais de viagens iniciadas em regiões centrais e menos em regiões periféricas, ou que cobre menos de viagens com veículos híbridos ou elétricos, como a sugerida em São Paulo, é alternativa que pode contribuir com o aumento da acessibilidade e mitigar os impactos negativos dos aplicativos ao mesmo tempo.

No médio e longo prazo, as cidades que almejam mais equidade devem optar por políticas que aumentem a acessibilidade tanto por qualificações no transporte quanto em mudanças no padrão de uso do solo. Pelo primeiro, tornar o transporte público mais atraente, confiável e acessível, aumentando a disponibilidade e frequência, sobretudo em regiões de menor renda, e também incentivar os modais ativos através da construção de mais ciclovias e ciclofaixas, por exemplo. Quanto ao uso do solo, medidas podem ser tomadas tanto pelo lado da habitação, como incentivo à habitação social em regiões centrais e próximas às oportunidades (não somente em regiões afastadas), quanto pelo lado da oferta de serviços, que hoje são bastante concentrados em alguns bairros e poderiam ser mais espalhados, com políticas de incentivo para determinadas regiões, por exemplo.

Apesar de incluir o custo monetário das viagens e as restrições de renda da população na análise, insuficiências recorrentes em estudos de acessibilidade, o trabalho apresenta algumas limitações que devem ser atentadas. A falta de dados recentes sobre o padrão de mobilidade e a renda da população de Porto Alegre faz com que os resultados não reflitam com precisão a realidade atual, algo que poderá ser mais bem entendido com a aplicação do Censo 2022 e da próxima Pesquisa Origem Destino do município. Além disso, devido a falta de dados, os resultados foram calculados para somente um comportamento de mobilidade, sem variações no número de viagens por motivo ou no limite do orçamento a ser gasto com transporte. Estudos futuros devem explorar melhor esta limitação, identificando como tais aspectos variam de acordo com características pessoais e socioeconômicas da população e, conseqüentemente, como afetam a acessibilidade baseada em tempo e custo pelos diferentes modos e a equidade no transporte.

Uma vez que o trabalho optou por avaliar a acessibilidade de uma forma ampla e com oportunidades associadas a diversos motivos de viagem, outra sugestão para trabalhos futuros é realizar análises para os conjuntos de destino de forma mais detalhada - considerando todas as vagas de emprego (não somente os locais com maior concentração), instituições de ensino de diversos níveis ou todos os estabelecimentos de saúde e detalhando os seus níveis de complexidade, por exemplo.

Outro aspecto que pode ser melhor explorado é a multiplicidade de dimensões do conceito de equidade. Enquanto o trabalho trata apenas da equidade socioeconômica, através da relação da

acessibilidade com a renda, aspectos como raça/cor e gênero, por exemplo, podem ser incorporados na análise para identificar como a distribuição de acessibilidade varia entre regiões com diferentes proporções raciais ou entre mulheres e homens. Mais ainda, uma lente interseccional pode ser aplicada para identificar como a acessibilidade se altera quando dois ou mais desses fatores sociais interagem.

Outras limitações são inerentes à medida de oportunidades cumulativas, que foi escolhida devido à sua facilidade de aplicação e facilidade de comunicação dos resultados, além da possibilidade de inclusão dos custos monetários que foi identificada. Apesar de ser amplamente utilizada em estudos de acessibilidade, a medida de oportunidades cumulativas não incorpora aspectos como funções de impedância e competição por oportunidades restritas, que são considerados em indicadores mais elaborados. A extensão do escopo do estudo para outros indicadores de acessibilidade é outra recomendação possível.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALONSO-MORA, J. *et al.* On-demand high-capacity ride-sharing via dynamic trip-vehicle assignment. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 3, p. 462–467, 2017.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Anuário NTU: 2020-2021**. Brasília: NTU, 2021.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Anuário NTU: 2020-2021**. Brasília: NTU, 2021. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub637677328510412847.pdf>>. Acesso em 08 set. 2022.

BAKER, D. M. Transportation Network Companies (TNCs) and public transit: Examining relationships between TNCs, transit ridership, and neighborhood qualities in San Francisco. **Case Studies on Transport Policy**, v. 8, n. 4, p. 1233–1246, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2020.08.004>.

BARAJAS, J. M.; BROWN, A. Not minding the gap: Does ride-hailing serve transit deserts? **Journal of Transport Geography**, v. 90, p. 102918, 2021.

BERTÃO, N. Uber capta US\$ 8,1 bilhões no IPO, bem abaixo do que sonhava. **Valor Investe**, 2019. Disponível em: <<https://valorinveste.globo.com/mercados/renda-variavel/empresas/noticia/2019/05/09/uber-capta-us-81-bilhoes-no-ipo-bem-abaixo-do-que-sonhava.ghhtml>>. Acesso em: 14 jun. de 2021.

BEYAZIT, E. Evaluating Social Justice in Transport: Lessons to be Learned from the Capability Approach. **Transport Reviews**, v. 31, n. 1, p. 117–134, 2011.

BITTENCOURT, T. A.; GIANNOTTI, M.; MARQUES, E. Cumulative (and self-reinforcing) spatial inequalities: Interactions between accessibility and segregation in four Brazilian metropolises. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, v. 48, n. 7, p. 1989–2005, 2021.

BOISJOLY, G. *et al.* Accessibility measurements in São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba and Recife, Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 82, p. 102551, 2020.

BRASIL. IBGE. **Censo Demográfico 2010**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 08 set. 2021.

BRASIL. IBGE. **Porto Alegre**. 2021. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>>. Acesso em: 08 set. 2021.

BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. **Lei Federal no. 12.587**, de 03 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana; revoga dispositivos dos Decretos-Leis nos 3.326, de 3 de junho de 1941, e 5.405, de 13 de abril de 1943, da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), aprovada pelo Decreto-Lei no 5.452, de 1o de maio de 1943, e das Leis nos 5.917, de 10 de setembro de 1973, e 6.261, de 14 de novembro de 1975; e dá outras providências. Brasília, DF, 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm>. Acesso em: 20 jun. 2021.

BRTData. **Porto Alegre**. Disponível em: <https://brtdata.org/location/latin_america/brazil/porto_alegre>. Acesso em 10 dez. 2021.

CASSEL, D. L. **Caracterização dos Serviços de Ridesourcing e a Relação com o Transporte Público Coletivo: Estudo de Caso em Porto Alegre**. 2018. 146 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2018.

CATS, O. *et al.* Beyond the dichotomy: How ride-hailing competes with and complements public transport. **PLOS ONE**, v. 17, n. 1, p. e0262496, 2022.

CENTENNIAL. **GoCentennial final report, 2017**. Disponível em: <<https://www.centennialco.gov/files/sharedassets/public/documents/communications/go-centennial-final-report.pdf>>. Acesso em: 08 set. 2022.

CERIANI, L.; VERME, P. The origins of the Gini index: extracts from Variabilità e Mutabilità (1912) by Corrado Gini. **The Journal of Economic Inequality**, v. 10, n. 3, p. 421–443, 2012.

CLEWLOW, R. R.; MISHRA, G. S. Disruptive Transportation: The Adoption , Utilization , and Impacts of Ride-Hailing in the United States. Research Report UCD-ITS-RR-17-07. Institute of Transportation Studies, University of California. Davis, 2017.

COCKAYNE, D. G. Sharing and neoliberal discourse: The economic function of sharing in the digital on-demand economy. **Geoforum**, v. 77, p. 73–82, 2016.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES e ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS. **Pesquisa Mobilidade da População Urbana 2017**. Brasília: CNT:NTU, 2017. Disponível em: <<https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub636397002002520031.pdf>>. Acesso em 08 set. 2022. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no município de porto alegre, institui o plano diretor de desenvolvimento urbano ambiental de porto alegre e dá outras providências. Porto Alegre, 1999. Disponível em: <<http://www.portoalegre.rs.gov.br/planeja/spm/default.htm>>. Acesso em 08 set. 2022.

CONWAY, M W.; STEWART, A. F. Getting Charlie off the MTA: a multiobjective optimization method to account for cost constraints in public transit accessibility metrics. **International Journal of Geographical Information Science**, v. 33, n. 9, p. 1759-1787, 2019.

CONWAY, M. W.; BYRD, A.; VAN EGGEMOND, M. Accounting for uncertainty and variation in accessibility metrics for public transport sketch planning. **Journal of Transport and Land Use**, v. 11, n. 1, p. 541-558, 2018.

COOK, K. S.; HEGTVEDT, K. A. Distributive Justice, Equity, and Equality. **Annual Review of Sociology**, v. 9, n. 1, p. 217-241, 1983.

COSTA, C. Uber completa 5 anos de Brasil com 2,6 bilhões de viagens realizadas. **Uber Newsroom**, 2019. Disponível em: <<https://www.uber.com/pt-BR/newsroom/uber-completa-5-anos-de-brasil-com-26-bilhoes-de-viagens-realizadas/>>. Acesso em 14 jun. de 2021.

DE SOUZA, C. F.. **Porto Alegre e sua evolução urbana**. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2007.

DIAO, M.; KONG, H.; ZHAO, J. Impacts of transportation network companies on urban mobility. **Nature Sustainability**, v. 4, n. 6, p. 494-500, 2021.

DUDLEY, G.; BANISTER, D.; SCHWANEN, T. The Rise of Uber and Regulating the Disruptive Innovator. **The Political Quarterly**, v. 88, n. 3, p. 492-499, 2017.

EMPRESA PÚBLICA DE TRANSPORTE E CIRCULAÇÃO. **Pesquisa de Origem e Destino de Porto Alegre**: EDOM, linha de contorno, aferição 2003. Porto Alegre, 2004

FAINSTAIN, S. S. The just city. **International Journal of Urban Sciences**, v. 18, n. 1, p. 1-18, 2014.

FRANCO, D. S.; FERRAZ, D. L. D. S. Uberização do trabalho e acumulação capitalista. **Cadernos EBAPE.BR**, v. 17, p. 844-856, 2019.

FURTADO, D. B. S. et al. Iniciativas sociais na superação da crise de mobilidade urbana em áreas segregadas: o caso da Jaubra na Brasilândia, São Paulo, Brasil. **Humanidades & Inovação**, v. 7, n. 5, p. 52-67, 2020.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. **Journal of Transport Geography**, v. 12, n. 2, p. 127-140, 2004.

GIL, A.C. et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GÖSSLING, S. Urban transport justice. **Journal of Transport Geography**, v. 54, p. 1-9, 2016.

GUIMARÃES, T.; LUCAS, K. O papel da equidade no planejamento de transporte coletivo urbano no Brasil. **TRANSPORTES**, v. 27, n. 4, p. 76-92, 2019.

GUZMAN, L. A.; OVIEDO, D. Accessibility, affordability and equity: Assessing ‘pro-poor’ public transport subsidies in Bogotá. **Transport Policy**, [s. l.], v. 68, p. 37-51, 2018.

HANDY, S. Is accessibility an idea whose time has finally come?. **Transportation Research Part D: Transport and Environment**, v. 83, p. 102319, 2020.

HANDY, S. L.; NIEMEIER, D. A. Measuring Accessibility: An Exploration of Issues and Alternatives. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 29, n. 7, p. 1175-1194, 1997.

HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Institute of Planners**, v. 25, n. 2, p. 73-76, 1959.

HARVEY, David. **Social justice and the city**. University of Georgia press, 2010.

HENAO, A. **Impacts of Ridesourcing - Lyft and Uber - on Transportation Including VMT, Mode Replacement, Parking, and Travel Behavior**. 2017. 109 f. Thesis for the Doctor of Philosophy degree – University of Colorado at Denver, Civil Engineering Program. College of Engineering and Applied Sciences Denver, 2017. Disponível em: <<https://www.proquest.com/openview/5486ff6cc229889a3cdf2df1cd3993cb/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>>. Acesso em: 08 set. 2022.

HERSZENHUT, D. *et al.* **The impact of transit monetary costs on transport equity analyses**. [S. l.]: Open Science Framework, 2021. preprint. Disponível em: <https://osf.io/e3tac>. Acesso em: 14 set. 2021.

HÖRCHER, D.; G, D. J. The Gini index of demand imbalances in public transport. **Transportation**, v. 48, n. 5, p. 2521-2544, 2021.

HUGHES, Ryan; MACKENZIE, Don. Transportation network company wait times in Greater Seattle, and relationship to socioeconomic indicators. **Journal of Transport Geography**, v. 56, p. 36–44, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.08.014>.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **POF - Pesquisa de Orçamentos Familiares 2017-2018**. Rio de Janeiro: IBGE. 2021.

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101–107, 1971.

INSARDI, André; LORENZO, Rodolfo. Medindo a acessibilidade: Uma perspectiva de Big Data sobre os tempos de espera do serviço da Uber. **RAE-Revista de Administração de Empresas**, v. 59, n. 6, p. 402–414, 2019.

JIAO, J.; WANG, F.. Shared mobility and transit-dependent population: A new equity opportunity or issue? **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 15, n. 4, p. 294–305, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1747578>.

KING, H. New Jersey town is subsidizing Uber rides. **CNN Tech**. New Jersey, NJ, USA. Disponível em: <<https://money.cnn.com/2016/10/03/technology/uber-subsidized-commutes-summit-new-jersey/index.html>>. Acesso em 08 set. 2022.

LEVINSON, D.; KING, D. **Transport access manual: A guide for measuring connection between people and places**. 2020. Disponível em: <<https://hdl.handle.net/2123/23733>>. Acesso em 08 set. 2022.

LIU, Y.; GASTWIRTH, J. L. On the capacity of the Gini index to represent income distributions. **METRON**, v. 78, n. 1, p. 61–69, 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, 2016.

LUZ, G.; PORTUGAL, L. Understanding transport-related social exclusion through the lens of capabilities approach. **Transport Reviews**, v. 42, n. 4, p. 503–525, 2022.

MARCUSE, P. From critical urban theory to the right to the city. **City**, v. 13, n. 2–3, p. 185–197, 2009.

MARKARD, J.; RAVEN, R.; TRUFFER, B. Sustainability transitions: An emerging field of research and its prospects. **Research Policy**, v. 41, n. 6, p. 955–967, 2012.

MARTIN, C. J. The sharing economy: A pathway to sustainability or a nightmarish form of neoliberal capitalism?. **Ecological Economics**, v. 121, p. 149–159, 2016.

MENEZES, E. **Metodologia para avaliação estratégica da problemática da acessibilidade urbana sob o princípio da equidade**. 2015. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

METRÔ e 99 lançam cartão com descontos para os dois transportes. **VEJARio**. 31 ago. 2017. Disponível em: <[MORENO, C. *et al.* Introducing the “15-Minute City”: Sustainability, Resilience and Place Identity in Future Post-Pandemic Cities. **Smart Cities**, v. 4, n. 1, p. 93–111, 2021.](https://vejario.abril.com.br/cidade/metro-e-99-lancam-cartao-com-descontos-para-os-dois-transportes/#:~:text=O%20Metr%C3%B4%20Rio%20e%20o,de%20metr%C3%B4%20por%20R%2420.>https://vejario.abril.com.br/cidade/metro-e-99-lancam-cartao-com-descontos-para-os-dois-transportes/#:~:text=O%20Metr%C3%B4%20Rio%20e%20o,de%20metr%C3%B4%20por%20R%2420.>. Acesso em: 08 set. 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

MORTAZAVI, S. A. H.; AKBARZADEH, M. A framework for measuring the spatial equity in the distribution of public transportation benefits. **Journal of Public Transportation**, v. 20, n. 1, p. 3, 2017.

MORTAZAVI, S. A. H.; AKBARZADEH, M.. A framework for measuring the spatial equity in the distribution of public transportation benefits. **Journal of Public Transportation**, v. 20, n. 1, p. 3, 2017.

MOTA, C. V. De Uber a Nubank: as empresas que valem bilhões, mas nunca registraram lucro. **BBC News Brasil**, 2019. Disponível em: <<https://economia.uol.com.br/noticias/bbc/2019/09/30/de-uber-a-nubank-as-empresas-que-valem-bilhoes-mas-nunca-registraram-lucros.htm>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

MURILLO, D.; BUCKLAND, H.; VAL, E. When the sharing economy becomes neoliberalism on steroids: Unravelling the controversies. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 125, p. 66–76, 2017.

NAHMIA-BIRAN, B.; SHARABY, N.; SHIFTAN, Y. Equity Aspects in Transportation Projects: Case Study of Transit Fare Change in Haifa. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 8, n. 1, p. 69–83, 2014.

NEUTENS, T. *et al.* Equity of Urban Service Delivery: A Comparison of Different Accessibility Measures. **Environment and Planning A: Economy and Space**, v. 42, n. 7, p. 1613–1635, 2010.

OHNMACHT, T.; MAKSIM, H.; BERGMAN, M. M. Mobilities and Inequality – An Introduction. p. 5, 2009.

PACHECO, T. S.. **Moradia, localização e o programa habitacional " Minha Casa Minha Vida" no município do Rio de Janeiro**. 2019. 100f. Dissertação (Mestrado em Administração Pública e Governo) - Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 2019.

PALMA, J. G. Homogeneous Middles vs. Heterogeneous Tails, and the End of the ‘Inverted-U’: It’s All About the Share of the Rich: *It’s All About the Share of the Rich*. **Development and Change**, v. 42, n. 1, p. 87–153, 2011.

PASQUAL, F. M.; PETZHOLD, G. S. PANORAMA DAS REGULAMENTAÇÕES DE SERVIÇOS DE VIAGEM SOB DEMANDA NO BRASIL. p. 12,

PASQUAL, F.; CORRÊA, F. Ferramenta do WRI permite explorar e comparar regulamentações da nova mobilidade no Brasil. 2020. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/ferramenta-do-wri-permite-explorar-e-comparar-regulamentacoes-da-nova-mobilidade-no-brasil>. Acesso em: 30 ago. 2022.

PASQUAZZI, L.; ZENGA, M. Components of Gini, Bonferroni, and Zenga Inequality Indexes for EU Income Data. **Journal of Official Statistics**, v. 34, n. 1, p. 149–180, 2018.

PEREIRA, R. H. M. *et al.* r5r: Rapid Realistic Routing on Multimodal Transport Networks with R^s in R. **Findings**, 2021. Disponível em: <https://findingspress.org/article/21262-r5r-rapid-realistic-routing-on-multimodal-transport-networks-with-r-5-in-r>. Acesso em: 23 nov. 2021.

PEREIRA, R. H. M.; BRAGA, C. K. V.; SERRA, Bernardo; NADALIN, V. Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras. **Texto para Discussão IPEA**, p. 2535, 2019. Disponível em: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/9586/1/td_2535.pdf. Acesso em: 08 set. 2022.

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T. Tempo de deslocamento casa-trabalho no Brasil (1992-2009): Diferenças entre regiões metropolitanas, níveis de renda e sexo. p. 39,

PEREIRA, R. H. M.; SCHWANEN, T.; BANISTER, D. Distributive justice and equity in transportation. **Transport Reviews**, v. 37, n. 2, p. 170–191, 2017.

PORTO ALEGRE. **Lei Complementar nº 434**, de primeiro de dezembro de 1999. Dispõe sobre o desenvolvimento urbano no município de porto alegre, institui o plano diretor de desenvolvimento urbano ambiental de porto alegre e dá outras providências. Porto Alegre, RS, 1999. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/rs/p/porto-alegre/lei-complementar/1999/43/434/lei-complementar-n-434-1999-dispoe-sobre-o-desenvolvimento-urbano-no-municipio-de-porto-alegre-institui-o-plano-diretor-de-desenvolvimento-urbano-ambiental-de-porto-alegre-e-da-outras-providencias>. Acesso em 12 out. 2022.

POZOUKIDOU, G.; CHATZIYIANNAKI, Z. 15-Minute City: Decomposing the New Urban Planning Eutopia. **Sustainability**, v. 13, n. 2, p. 928, 2021.

PRITCHARD, J. P. *et al.* An International Comparison of Equity in Accessibility to Jobs: London, São Paulo, and the Randstad. **Transport Findings**, 2019. Disponível em: <https://findingspress.org/article/7412-an-international-comparison-of-equity-in-accessibility-to-jobs-london-sao-paulo-and-the-randstad>. Acesso em: 26 ago. 2022.

PUSCHMANN, T.; ALT, R. Sharing Economy. **Business & Information Systems Engineering**, v. 58, n. 1, p. 93–99, 2016.

QUARESMA, C. C. *et al.* Iniciativas sociais na superação da crise de mobilidade urbana em áreas segregadas: o caso da Jaubra na Brasilândia, São Paulo, Brasil. **Revista Humanidades e Inovação**, v. 7, n. 5, p. 52-75, 2020.

RAWLS, John. Justiça como equidade: uma concepção política, não metafísica. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, v. 25, p. 25-59, 1992.

RAYLE, L. *et al.* Just a better taxi? A survey-based comparison of taxis, transit, and ridesourcing services in San Francisco. **Transport Policy**, v. 45, p. 168–178, 2016.

SANTOS, B.; ANTUNES, A.; MILLER, E. J. Integrating Equity Objectives in a Road Network Design Model. **Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board**, v. 2089, n. 1, p. 35–42, 2008.

SEN, A. Human Rights and Capabilities. **Journal of Human Development**, v. 6, n. 2, p. 151–166, 2005.

SLOVIC, A. D. *et al.* The long road to achieving equity: Job accessibility restrictions and overlapping inequalities in the city of São Paulo. **Journal of Transport Geography**, v. 78, p. 181–193, 2019.

SOUZA, J.L.; MARASCHIN, C. Centralidade e distribuição espacial do comércio varejista em Porto Alegre, RS. **Projectare Revista de Arquitetura de Urbanismo**, v. 2, n. 12, p. 73-91, 2021.

STEINER, Ruth L. *et al.* Partnerships between Agencies and Transportation Network Companies for Transportation-Disadvantage Populations: Benefits, Problems, and Challenges. **Transportation Research Record**, v. 2675, n. 12, p. 1260-1271, 2021.

TAVOLARI, B. Direito à cidade: uma trajetória conceitual. **Novos estudos CEBRAP**, v. 35, p. 93-109, 2016.

THOMAS, V.; WANG, Y.; FAN, X. **Measuring education inequality: Gini coefficients of education**. World Bank Publications, 2001.

TOMASIELLO, D. B.; GIANNOTTI, M.; FEITOSA, F. F. ACCESS: An agent-based model to explore job accessibility inequalities. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 81, p. 101462, 2020.

TYLER, N. Capabilities and Radicalism: Engineering Accessibility in the 21st century. **Transportation Planning and Technology**, v. 29, n. 5, p. 331–358, 2006.

VAN WEE, B. Accessibility and equity: A conceptual framework and research agenda. **Journal of Transport Geography**, v. 104, p. 103421, 2022.

VAN WEE, B. How suitable is CBA for the ex-ante evaluation of transport projects and policies? A discussion from the perspective of ethics. **Transport Policy**, v. 19, n. 1, p. 1–7, 2012.

VAN WEE, B.; GEURS, K. Discussing equity and social exclusion in accessibility evaluations. **European journal of transport and infrastructure research**, v. 11, n. 4, 2011

VAN WEE, B.; MOUTER, N. Evaluating transport equity. *Em: ADVANCES IN TRANSPORT POLICY AND PLANNING*. [S. l.]: Elsevier, 2021. v. 7, p. 103–126. *E-book*. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2543000920300354>. Acesso em: 26 ago. 2022.

VASCONCELLOS, E. A. Urban transport policies in Brazil: The creation of a discriminatory mobility system. **Journal of Transport Geography**, v. 67, p. 85–91, 2018.

VECCHIO, G.; MARTENS, K. Accessibility and the Capabilities Approach: a review of the literature and proposal for conceptual advancements. **Transport Reviews**, v. 41, n. 6, p. 833–854, 2021.

VERLINGHIERI, E.; SCHWANEN, T. Transport and mobility justice: Evolving discussions. **Journal of Transport Geography**, v. 87, p. 102798, 2020.

WORLD BANK. **Gini index**. Disponível em: <<https://data.worldbank.org/indicator/SI.POV.GINI>>. Acesso em 08 set. 2022.

WU, H. *et al.* Urban access across the globe: an international comparison of different transport modes. **npj Urban Sustainability**, v. 1, n. 1, p. 16, 2021.

ZEIFERT, A. P.; STURZA, J. As políticas públicas e a promoção da dignidade : uma abordagem norteadas pelas capacidades (capabilities approach) propostas por Martha Nussbaum. **Revista Brasileira de Políticas Públicas**, v. 9, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.publicacoes.uniceub.br/RBPP/article/view/5894>. Acesso em: 29 jul. 2022.