

ÍNDICE DE ACESSO À CIDADE

Um instrumento de incentivo
às boas práticas na gestão
da mobilidade

2022

Idealização:



Realização:



multiplicidade
MOBILIDADE URBANA

Apoio:



ÍNDICE DE ACESSO À CIDADE: UM INSTRUMENTO DE INCENTIVO ÀS BOAS PRÁTICAS NA GESTÃO DA MOBILIDADE

Idealização:

Coordenação Executiva:

Apoio:



multiplicidade
MOBILIDADE URBANA



ISBN 978-65-997582-0-1

COMO CITAR

99; MULTIPLICIDADE MOBILIDADE URBANA. Índice de acesso à cidade: um instrumento de incentivo às boas práticas na gestão da mobilidade. Multiplicidade Mobilidade Urbana: São Paulo, 2022.

Equipe 99

Carolina Guimarães
Rodrigo Santos Ferreira
Bruna Cordeiro

Equipe Multiplicidade Mobilidade Urbana

Glaucia Pereira - Coordenação geral
Flavio Soares - Coordenador de dados sobre acesso a oportunidades
Diego Dutra - Analista de pesquisa
Milene Fernandes - Assistente administrativa
Marcelo de Tróia - Analista de informação

Geocodificação RAIS : Sandro Valeriano - GeoAnalytics

Design Gráfico: XL Soluções Criativas

Revisão final: Nanda Gobbi

Maio de 2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Índice de acesso à cidade [livro eletrônico] : um instrumento de incentivo às boas práticas na gestão da mobilidade / 99, Multiplicidade Mobilidade Urbana. -- São Paulo, SP : Multiplicidade Mobilidade Urbana, 2022.
PDF

ISBN 978-65-997582-0-1

1. Acessibilidade ao transporte local
2. Acessibilidade urbana 3. Desigualdades sociais
4. Mobilidade urbana 5. Políticas públicas I. 99.
II. Multiplicidade Mobilidade Urbana.

22-106961

CDD-388.40981

Índices para catálogo sistemático:

1. Brasil : Mobilidade humana : Transportes urbano
388.40981

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Capa: Photo by Bianca Neves on Unsplash



Atribuição-Compartilhado 4.0
Internacional (CC BY-SA 4.0)

APRESENTAÇÃO

A parceria entre a empresa de tecnologia 99 e o instituto Multiplicidade Mobilidade Urbana, com apoio do CLP - Centro de Liderança Pública, pretende potencializar gestões públicas responsáveis em prol da construção de cidades melhores e menos desiguais. Neste contexto, a convite da 99, o CLP agregou módulos especiais de conteúdo sobre mobilidade urbana ao seu curso de liderança voltado a gestores públicos. A Multiplicidade Mobilidade Urbana, por sua vez, elaborou o Índice de Acesso à Cidade (ICA), um instrumento para gestão da mobilidade urbana com impacto na redução das desigualdades sociais.



99

Fundada em 2012, a 99 é fruto da vontade de fazer diferente de três conhecidos *geeks* da internet brasileira: Ariel Lambrecht, Renato Freitas e Paulo Veras. Seis anos depois, a empresa de tecnologia foi adquirida pela DiDi, a maior plataforma de transporte por celular do mundo que atinge mais de 60% da população mundial e cobre mais de mil cidades com um serviço de mobilidade cada dia melhor. Além do trabalho constante pelo melhor serviço, a 99 persegue a missão de impactar positivamente a população. Por meio da tecnologia, a empresa torna o transporte mais barato, rápido e seguro para passageiros e o dia a dia mais rentável e tranquilo para motoristas.



Multiplicidade Mobilidade Urbana

Fundada em 2017, a Multiplicidade Mobilidade Urbana promove conhecimento e transforma pessoas para a construção de cidades melhores. A mobilidade urbana é uma área em constante construção e exige estudos em diversos campos do conhecimento. Pensando nisso, a Multiplicidade Mobilidade Urbana foi criada com o intuito de prover pesquisas e novos conhecimentos sobre o assunto. Nasceu com o objetivo de produzir pesquisas inéditas e necessárias, com robustez metodológica, em prol de cidades mais humanas e sustentáveis. O instituto faz pesquisas e desenvolve metodologias para aumentar a compreensão de todas e todos sobre este importante tema.



CLP

O CLP – Centro de Liderança Pública é uma organização suprapartidária que busca engajar a sociedade e desenvolver líderes públicos para enfrentar os problemas mais urgentes do Brasil. Há 13 anos trabalha por um Estado Democrático de Direito, mais eficiente no uso de seus recursos e com respeito à coisa pública. Criado em 2008, a organização já ultrapassou a marca de mil cidades impactadas por projetos ou cursos; e tem mais de 300 pessoas na rede de líderes, alcançando 24 estados, diferentes partidos políticos e setores da administração pública. O CLP cria campanhas para que a sociedade seja ativa na transformação do Estado; faz estudos, desenvolve ferramentas e levanta dados de estímulo para o setor público tomar as melhores decisões; além disso, desenvolve gestores públicos para serem líderes responsáveis e parte ativa da construção de um Brasil melhor.

Este relatório apresenta o desenvolvimento e os resultados do Índice de Acesso à Cidade (ICA) e está dividido em duas partes:

Parte I

Conceito do Índice de Acesso à Cidade

Público-alvo: alta cúpula de tomadores de decisão em mobilidade urbana no âmbito municipal, corpo diretivo de organizações públicas e privadas e financiadores, nível gerencial do poder público municipal, coordenadores de projetos e pesquisas e sociedade civil organizada e atuante em mobilidade urbana.

A parte I contém informações gerais sobre o índice, escritas em linguagem não técnica, e apresenta conceitos essenciais para o entendimento e a importância deste projeto.

Capítulos: Introdução, Síntese dos resultados, Sugestões para melhoria do ICA e Aspectos metodológicos.

Parte II

Cálculos e códigos

Público-alvo: corpo técnico da gestão municipal da mobilidade urbana, pesquisadores e demais pessoas interessadas em produzir avanços de conhecimento em mobilidade urbana.

A parte II contém detalhes técnicos sobre o desenvolvimento do Índice de Acesso à Cidade.

Capítulos: Cálculos e códigos – IAC, Cálculos e códigos – IAOD, Cálculo do IATP, Limitações e trabalhos futuros e Considerações finais.

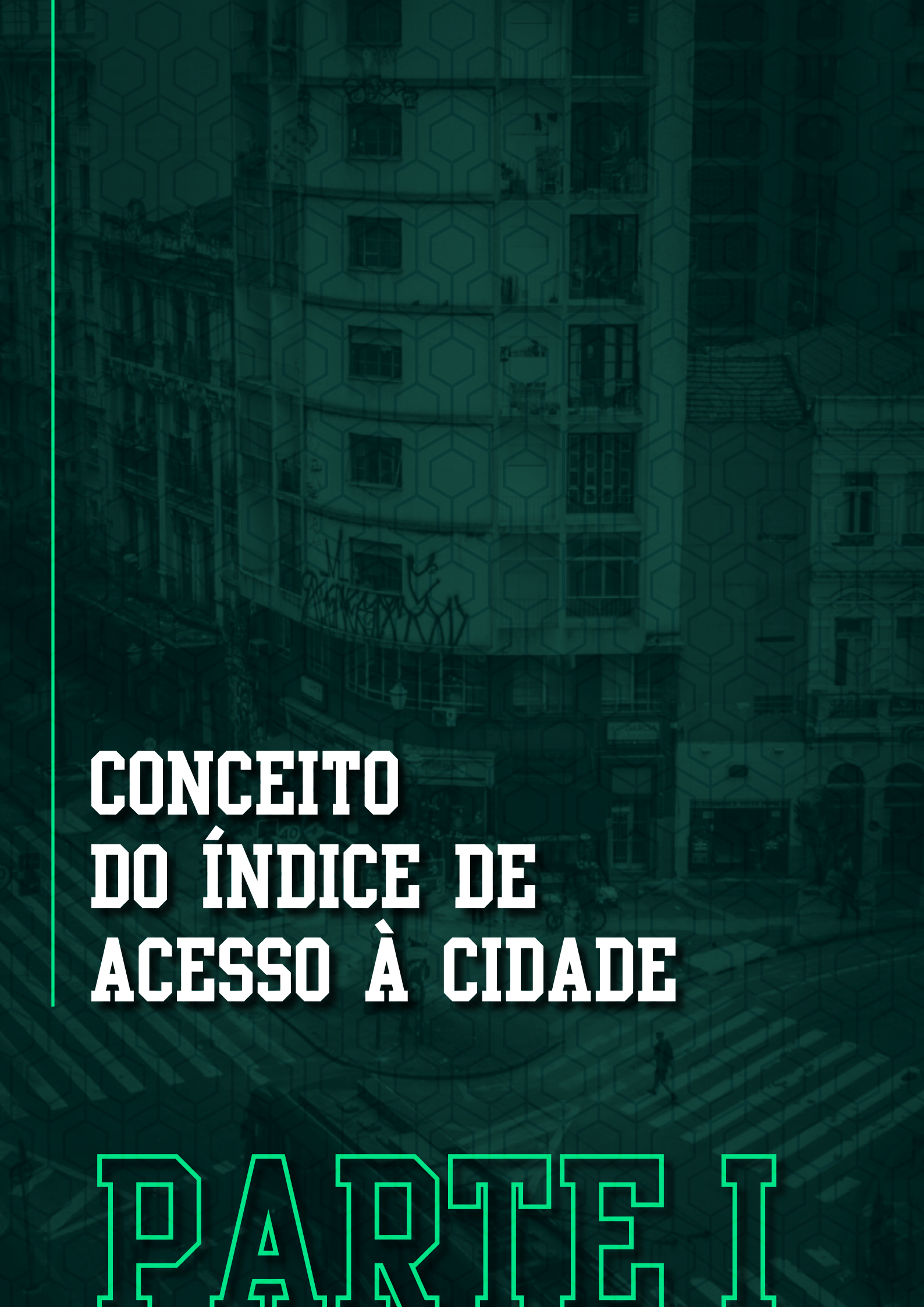
Componentes: metodologia.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

API	<i>Application Programming Interface</i>
CEM	Centro de Estudos da Metrópole
CEP	Código de Endereçamento Postal
CLP	Centro de Liderança Pública
CMA	Índice de Acessibilidade Cumulativa
CNES	Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde
CRAS	Centro de Referência da Assistência Social
DNE	Diretório Nacional de Endereços
GTFS	<i>General Transit Feed Specification</i>
IAC	Índice de Acesso à Cidade
IAOD	Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução de Desigualdades
IATP	Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
LTS	<i>Level of Traffic Stress</i>
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
RAIS	Relação Anual de Informações Sociais
SRC	Sistema de Referência de Coordenadas
SRTM	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
UBS	Unidade Básica de Saúde

SUMÁRIO

Parte I: Conceito do índice de acesso à cidade	8
1. Introdução	9
1.1. O IAC	10
1.2. O IAOD	12
1.3. O IATP	13
1.4. As dezessete cidades estudadas	14
2. Síntese dos resultados	16
3. Sugestões de ações para melhoria do IAC	18
4. Aspectos metodológicos	20
4.1. Princípios e diretrizes	20
4.2. Disponibilização do método	21
4.3. Fontes de dados - IAOD	21
4.4. Fonte de dados - IATP	24
Parte II: Cálculos e códigos	27
5. Cálculos e códigos - IAC	28
5.1. Principais referências bibliográficas	28
5.2. Índice de Acesso à Cidade - IAC	28
6. Cálculos e códigos - IAOD	29
6.1. Dados de oportunidades	29
6.2. Mapeamento das cidades	30
6.3. Agrupamentos	32
6.4. Tempos de viagem	33
6.5. Acessibilidade Cumulativa	37
6.6. Cálculo do IAOD	39
7. Cálculo do IATP	42
7.1. Resultados do IATP	43
8. Limitações e trabalhos futuros	46
9. Considerações finais	48
10. Referências	49
Apêndice I: Visualização do IAOD em Belo Horizonte	52
Resultados gerais	53
Interpretação do IAOD e seus mapas	54

The background of the entire page is a dark, teal-tinted photograph of a city street. A prominent hexagonal pattern is overlaid on the image, creating a grid-like effect. The street scene includes buildings, a crosswalk, and some figures in the distance.

CONCEITO DO ÍNDICE DE ACESSO À CIDADE

PARTE I

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 85% das pessoas no Brasil moram em cidades (IBGE, 2010). Podemos dizer que as cidades concentram atividades econômicas diversificadas, assim oferecem para a população acesso à cultura, lazer, saúde, educação etc.

Neste sentido, a qualidade de vida das pessoas está, em parte, ligada à possibilidade de participar das oportunidades que as cidades proporcionam.

O processo de urbanização no Brasil, principalmente entre as décadas de 1950 e 2000, criou condições para a ocorrência de fenômenos urbanos, como a centralização das atividades e a ocupação desigual do território.

Nesse modelo, nas áreas centrais há maior provisão de infraestrutura e serviços, enquanto as regiões periféricas, onde moram as pessoas mais pobres, são desprovidas de infraestrutura. A constatação de que existe um fluxo permanente de pessoas da periferia das cidades para as regiões centrais é um tema importante e recorrente no debate sobre os sistemas de transporte.

Em 2020, com a pandemia de Covid-19, a pauta do trabalho remoto ganhou força. O ensino à distância virou realidade para muitas famílias e o *home office* foi colocado em prática, mesmo por instituições que nunca haviam discutido tal possibilidade.

Ainda assim, dados divulgados pelo IBGE (2020) coletados já no período pandêmico, na Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios - PNAD, mostraram que, na primeira semana de maio de 2020, isto é, ainda no começo da pandemia, apenas 13,4% das pessoas ocupadas estavam em trabalho remoto no Brasil, porcentagem que representou o maior índice alcançado durante todo o estudo.

Isso significa que, mesmo em condições adversas, a maior parte das pessoas precisa realizar suas tarefas fora de casa, reforçando que o município precisa garantir o acesso das pessoas às suas atividades.

A pandemia mostrou que entre os desafios enfrentados para o planejamento da mobilidade, orientados para o desenvolvimento das cidades sustentáveis, é preciso garantir acesso às oportunidades de trabalho, educação, serviços de saúde e atividades culturais e lazer de forma equitativa.

A igualdade de acesso está longe de ser alcançada nas grandes cidades brasileiras, sendo comuns questões como a centralização das atividades, a oferta de sistemas públicos de transportes de má qualidade e a falta de priorização dos modos ativos de transporte. O planejamento e a gestão da mobilidade que não se atentam ao problema da desigualdade do acesso são incapazes de atender às necessidades da população.

Cada vez mais a mobilidade urbana contempla estudos, projetos e ações utilizados como ferramentas de acesso às cidades, considerando as interações entre pessoas, suas atividades, o uso do solo e a integração dos modos de transporte.

Diferentemente do estudo sobre os sistemas de transportes, a mobilidade urbana é mais complexa e exige do poder público e da sociedade conhecimentos mais abrangentes, inter-relacionados e multifacetados.

Neste contexto, tomar decisões em mobilidade urbana exige considerar variáveis simultaneamente, com diferentes impactos em curto, médio e longo prazo, e em diferentes recortes sociais e territoriais. Ainda assim, as decisões, muitas vezes, são tomadas em cenários com poucos dados ou baixa confiabilidade de informações.

O presente trabalho apresenta o Índice de Acesso à Cidade - IAC, um instrumento desenvolvido com exclusividade para esta pesquisa com o intuito de consolidar informações, mensurar e sintetizar diversos aspectos da mobilidade urbana nas cidades.

1.1. O IAC

O IAC é uma ferramenta voltada para nortear decisões estratégicas de planejamento com o objetivo específico de reduzir desigualdades sociais, aumentar o acesso às oportunidades e promover a integração de modos de transporte, contribuindo para cidades inclusivas e sustentáveis.

As motivações desta pesquisa estão alicerçadas na Política Nacional de Mobilidade Urbana - PNMU (BRASIL, 2012), que tem entre seus objetivos “I - reduzir as desigualdades e promover a inclusão social; e II - promover o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais”. Também tem entre suas diretrizes, “II - prioridade dos modos de transportes não motorizados sobre os motorizados e dos serviços de transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado; III - integração entre os modos e serviços de transporte urbano”.

Índices são medidas quantitativas que pretendem resumir aspectos complexos da realidade. Sendo assim, a simplificação do mundo real é uma consequência inerente a esse processo e o Índice de Acesso à Cidade não foge à regra. Como outros, o IAC é repleto de cálculos e suposições matemáticas. Por outro lado, é possível compreendê-lo de forma mais estratégica, sem entrar no detalhe dos números.

Desta forma, a compreensão do Índice de Acesso à Cidade é estratégica para a tomada de decisão no âmbito das políticas de mobilidade que dizem respeito ao uso do ônibus, da bicicleta, da mobilidade a pé e dos automóveis por aplicativo. Consideradas as limitações de dados e o tempo de adaptação das cidades às intervenções do poder público, é possível apontar ações que podem aumentar o IAC na prática.

O IAC é composto por outros dois índices:

- Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução de Desigualdades – IAOD;
- Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte – IATP.

Os três índices são formados por indicadores e componentes, conforme ilustra a Figura 1.

- O IAC aponta o quanto as cidades estão acessíveis para a população, considerando diferentes modos de transporte.
- O IAOD aponta o quanto as pessoas conseguem acessar as oportunidades em suas cidades - tem peso de 80% na composição do IAC.
- O IATP aponta o quanto os automóveis por aplicativo contribuem ao integrar viagens ao transporte público - tem peso de 20% na composição do IAC.

Índice de Acesso à Cidade

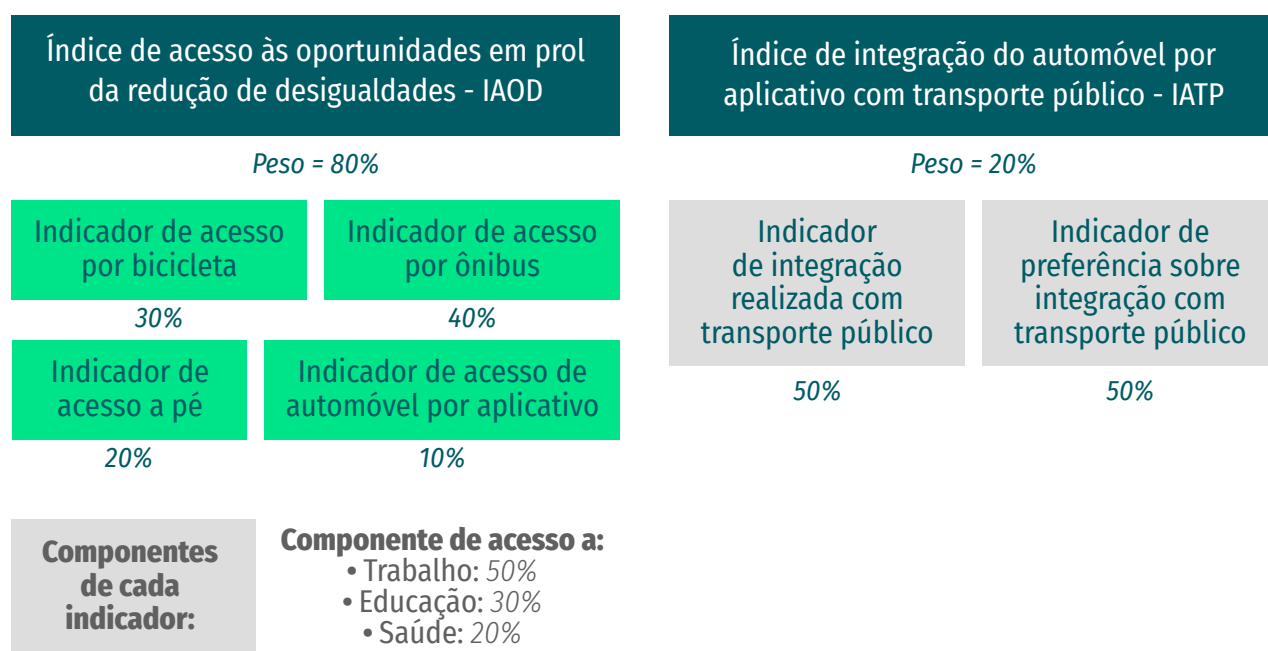


Figura 1: Esquema do IAC e seus componentes.
Fonte: elaboração própria, 2022.

No estudo pioneiro apresentado neste relatório, o Índice de Acesso à Cidade foi medido em 17 municípios de todas as regiões do Brasil. A escolha foi em razão de parcerias e decisões estratégicas entre os poderes municipais, a empresa 99 e o CLP.

Vale destacar, entretanto, que tanto o IAC como este relatório foram concebidos com o objetivo de possibilitar a sua reprodução por gestores e pesquisadores.

Toda a metodologia empregada está descrita em detalhes na parte II deste relatório e os procedimentos de cálculo estão disponíveis em formato de código aberto. Assim, outros municípios ficam convidados a calcular seu Índice de Acesso à Cidade e contribuir para a discussão da acessibilidade no Brasil.

Em consonância com a Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012), cada componente, indicador e índice receberam pesos diferentes nos procedimentos de cálculo. Isso acontece em função do desafio de fazer as fórmulas conversarem com a realidade das cidades, considerando as diferenças entre as oportunidades, os modos de transporte e as limitações dos dados.

1.2. O IAOD

A acessibilidade, no contexto desse trabalho, é definida como o número de oportunidades que podem ser acessadas, a partir de um ponto no território, por meio de diferentes modos de transporte e em determinado período.

As oportunidades, por sua vez, são as atividades e serviços disponíveis para a população no meio urbano, tais como estabelecimentos de saúde, educação e emprego. Comércio, serviço, cultura e lazer também são oportunidades, mas não foram incluídas neste trabalho.

O Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução de Desigualdades - IAOD consiste em medir o acesso das pessoas residentes às oportunidades de trabalho, educação e saúde, considerando o uso do ônibus, bicicleta, mobilidade a pé e automóvel por aplicativo.

As principais fontes de dados utilizadas nos cálculos deste trabalho vêm de órgãos públicos federais e de plataformas georreferenciadas de planejamento de viagens.

O IAOD teve como ponto de partida o importante estudo desenvolvido pelo Instituto Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, em parceria com Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento - ITDP, em 2019 (PEREIRA *et al*, 2019). A pesquisa prova que o tema do acesso às oportunidades, discutido na literatura científica há mais de 50 anos, teve uma retomada no Brasil pelo uso de dados públicos e códigos abertos, este último, uma prática de disseminação e democratização do conhecimento.

Em resumo, o procedimento metodológico desta pesquisa funcionou da seguinte forma: o território de cada município analisado foi dividido em áreas iguais de formato hexagonal.

A cada hexágono foram agrupados dados sobre a população residente, postos de trabalho, educação e saúde. A mobilidade urbana foi considerada a partir do cálculo do tempo de percurso entre as áreas hexagonais e em cada modo de transporte utilizado.

Em outras palavras, o IAOD mediu a quantidade de oportunidades que a população residente de um determinado hexágono consegue alcançar, por modo de transporte, considerado um tempo máximo de viagem. Foram levados em conta dois cenários: um atual, revelado pelos dados; e outro com parâmetros mais favoráveis do que o primeiro.

Assim, o índice funciona em prol da redução de desigualdades; para isso, as áreas com maior presença de pessoas negras em cada cidade receberam maior ponderação.

Sobre os dados, vale mencionar que as bases possuem temporalidades diferentes, entre 2010 e 2022, sendo os dados de oportunidades referentes ao período antes da pandemia de Covid-19.

O índice também contou com o uso de mapas colaborativos em plataformas abertas, com detalhamentos que podem variar de uma cidade para outra. Na prática, isso aponta uma oportunidade para os municípios refletirem sobre a gestão da informação e o uso e disponibilização de dados sobre mobilidade e território.

1.3. O IATP

O Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP foi elaborado a partir dos dados quantitativos e qualitativos de uma pesquisa realizada em 2022 com clientes da 99, realizada especialmente para este trabalho. Na ocasião, foram estudadas as viagens realizadas pelo automóvel por aplicativo e sua integração com o transporte coletivo. Também foi considerada a opinião das pessoas sobre estes temas.

Em resumo, o procedimento metodológico constituiu na análise de respostas sobre viagens realizadas no dia anterior e de opiniões sobre integração modal e acesso à cidade.

Como visto, a integração entre os modos é uma das diretrizes da PNMU (BRASIL, 2012). Neste sentido, a possibilidade de utilizar mais de um modo de transporte em uma viagem é importante para as pessoas escolherem a combinação de maior conveniência. Na prática, os automóveis de aplicativo podem auxiliar na completação da rede de transportes coletivo.

1.4. As dezessete cidades estudadas

As cidades foram selecionadas a partir da colaboração entre a 99 e o CLP e os poderes públicos municipais que demonstraram interesse em participar de programas de capacitação e espaços de debate sobre o tema da mobilidade urbana. Ao total, foram escolhidas 13 capitais e 4 cidades de relevância econômica distribuídas nas cinco regiões do país. Observe a seguir.



Figura 2: Dezessete cidades estudadas.
Fonte: elaboração própria, 2022.

Município	População est. 2021 (hab.)	Área total (km²)	Densidade pop est. 2021 (hab/km²)	PIB per capita 2018 (R\$)	IDHM 2010	Taxa de motorização (por mil hab.)	Frota de bicicletas
Belo Horizonte	2.530.701	331,35	7.637,45	36.759,66	0,810	901	316.314
Campinas	1.223.237	794,57	1.539,49	51.417,44	0,805	750	-
Campo Grande	916.001	8.082,98	113,32	32.942,46	0,784	669	192.425
Curitiba	1.963.726	434,89	4.515,43	45.458,29	0,823	813	336.873
Fortaleza	2.703.391	312,35	8.654,92	25.356,73	0,754	420	317.542
Goiânia	1.555.626	728,84	2.134,38	33.004,01	0,799	775	279.522
João Pessoa	825.796	210,04	3.931,54	25.035,80	0,763	490	80.805
Manaus	2.255.903	11.401,09	197,87	36.445,75	0,737	334	116.147
Natal	896.708	167,40	5.356,65	27.122,37	0,763	467	77.522
Recife	1.661.017	218,84	7.589,99	31.994,38	0,772	424	252.436
Rio de Janeiro	6.775.561	1.200,33	5.644,75	54.426,08	0,799	428	706.988
Santo André	723.889	175,78	4.118,11	40.489,21	0,815	747	-
São José dos Campos	737.310	1.099,41	670,64	55.603,18	0,807	609	-
São Paulo	12.396.372	1.521,11	8.149,56	58.691,90	0,805	691	1.614.144
Teresina	871.126	1.391,29	626,13	24.333,00	0,751	588	78.695
Uberlândia	706.597	4.115,21	171,70	54.801,25	0,789	673	-
Vitória	369.534	97,12	3.804,80	73.632,55	0,845	548	81.328

Tabela 1: Apresentação das dezessete cidades estudadas.

Fonte: elaboração própria, baseada em IBGE (2017); PNUD Brasil (2010); Denatran (2019); Pereira (2021).

2. SÍNTESE DOS RESULTADOS

A Tabela 2, a seguir, apresenta os resultados dos índices IAC, IAOD e IATP das cidades analisadas.

É importante destacar que o IAC, o IAOD e o IATP variam de 0 a 100. Assim, quanto maior o número melhor, pois significa que a cidade provê mais acesso às suas oportunidades, considerados os modos de transporte prioritários para a PNMU (BRASIL, 2012).

Podemos dizer que cidades menores têm predisposição a IAOD maiores. Isso acontece porque em territórios mais compactos a tendência é que mais oportunidades (das totais existentes) possam ser acessadas dentro de um período máximo, havendo menor dependência da qualidade do transporte. Na elaboração desta proposta, buscamos contornar, parcialmente, este fator.

Por outro lado, nas cidades maiores, que apresentam mais possibilidades de integração do transporte coletivo, o IATP tende a ser maior.

Município	Índice de Acesso à Cidade - IAC	Índice de Acesso à Cidade em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD	Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP
Belo Horizonte	38,3	45,1	11,2
Campinas	26,2	29,6	12,8
Campo Grande	33,9	22,9	78,0
Curitiba	50,9	47,0	66,4
Fortaleza	42,3	43,6	37,0
Goiânia	37,7	37,0	40,5
João Pessoa	35,4	30,6	54,7
Manaus	25,2	18,9	50,4
Natal	56,1	57,1	52,2
Recife	40,5	46,5	16,2
Rio de Janeiro	37,2	36,5	39,8
Santo André	29,4	25,1	46,4
São José dos Campos	44,1	43,0	48,6

Município	Índice de Acesso à Cidade - IAC	Índice de Acesso à Cidade em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD	Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP
São Paulo	40,9	34,6	66,2
Teresina	15,3	12,6	25,9
Uberlândia	19,2	15,6	33,5
Vitória	29,6	32,5	18,0

Tabela 2: Resultado geral do IAC, IAOD e IATP. / Fonte: elaboração própria, 2022.

Município	Índice de Acesso à Cidade em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD	Modo ônibus	Mobo bicicleta	Modo a pé	Modo automóvel por aplicativo
Belo Horizonte	45,1	28,6	70,3	54,0	17,7
Campinas	29,6	13,7	53,2	32,7	16,1
Campo Grande	22,9	21,8	28,5	19,3	17,4
Curitiba	47,0	29,3	73,7	53,5	25,3
Fortaleza	43,6	26,1	70,6	50,5	18,9
Goiânia	37,0	21,6	61,0	42,8	14,6
João Pessoa	30,6	0,0	72,6	44,2	0,0
Manaus	18,9	14,0	30,6	17,8	5,6
Natal	57,1	48,1	76,7	48,3	51,8
Recife	46,5	35,0	67,8	42,1	37,7
Rio de Janeiro	36,5	8,2	73,5	50,6	10,8
São José dos Campos	25,1	20,1	36,8	19,6	21,3
Santo André	43,0	36,3	60,0	40,9	23,1
São Paulo	34,6	12,1	66,9	45,2	6,4
Teresina	12,6	0,0	31,9	15,3	0,0
Uberlândia	15,6	17,1	17,5	11,3	12,2
Vitória	32,5	0,0	69,4	58,3	0,0

Tabela 3: Detalhamento do IAOD por modo de transporte. / Fonte: elaboração própria.

O IAC não tem como objetivo criar concorrência entre os municípios, nem concentrar a análise na comparação numérica. Cada município vivencia diferentes condições de oportunidades, uso do solo, desigualdades e sistemas de transporte.

Nossa proposta é que os resultados permitam à gestão municipal diagnosticar seus pontos fortes e fracos e planejar estratégias para a melhoria da qualidade da mobilidade urbana, com enfoque na redução das desigualdades e, conseqüentemente, melhoria dos índices.

3. SUGESTÕES DE AÇÕES PARA MELHORIA DO IAC

Nesta seção são apresentadas sugestões de ações para melhoria do Índice de Acesso à Cidade (Tabela 3). Tais ações estão em consonância com a Política Nacional de Mobilidade Urbana – PNMU (BRASIL, 2012), e contemplam práticas no alcance do poder municipal, ou seja, podem ser implementadas com diferentes custos financeiros e prazos. É provável que muitas das propostas já estejam nos Planos Municipais de Mobilidade.

Modo	Objetivos	Ações
A pé	Diminuir o tempo de percurso e aumentar a segurança viária	• Aumentar o tempo de travessia dedicado a pedestres com reprogramação semafórica; • Diminuir o tempo de espera de pedestres com reprogramação semafórica; • Reduzir a velocidade máxima regulamentada das vias; • Construir rampas de acessibilidade universal; • Construir faixas elevadas/lombofaixas.
Bicicleta	Diminuir o tempo de percurso, aumentar a infraestrutura cicloviária e a segurança viária.	• Construir faixas segregadas (ciclovias); • Construir ciclofaixas; • Conectar ciclovias e ciclofaixas existentes; • Reduzir a velocidade máxima regulamentada das vias; • Construir ciclovias e ciclofaixas no entorno e em caminhos importantes até escolas.

Modo	Objetivos	Ações
Ônibus	Diminuir tempo de percurso	• Disponibilizar dados georreferenciados (GTFS); • Reduzir a distância de caminhada entre os estabelecimentos de saúde e as paradas de ônibus; • Reduzir tempos de embarque e desembarque com pré-embarque e rampas acessíveis; • Reduzir tempos de espera com reprogramação do sistema; • Criar faixas exclusivas e corredores de ônibus; • Aumentar a capilaridade do sistema de ônibus.
Automóvel por aplicativo	Promover integração e aumentar a segurança viária	• Criar pontos de embarque e desembarque em estações de transporte coletivo; • Criar pontos de embarque e desembarque, em especial, próximos aos estabelecimentos de saúde; • Reduzir velocidades regulamentadas para diminuir a ocorrência e a gravidade de atropelamentos e colisões.

Tabela 4: Sugestão de ações para melhoria do IAC.
Fonte: elaboração própria, 2022.

As ações mencionadas na Tabela 4 estão no âmbito tático/operacional. No nível estratégico, a gestão municipal deve garantir recursos para que essas ações aconteçam, estabelecendo uma visão comum entre as partes responsáveis pelas medidas. É importante que os planos municipais, como o plano de metas e os planos setoriais estejam de acordo com o que pode gerar aumentos do IAC.

Há limitações de ordem prática que podem fazer o índice não responder de forma proporcional às mudanças, porque os dados são baseados em plataformas colaborativas como *OpenStreetMap* - OSM, que requerem atualização dos mapas. Tais plataformas são atualizadas, principalmente, pela sociedade civil e pesquisadores independentes, e têm como princípio a universalização de acesso de dados e códigos abertos.

As gestões municipais, com foco na informação em mobilidade urbana, podem e devem contribuir com a atualização das características da infraestrutura urbana da sua cidade no OSM.

As pessoas interessadas podem consultar a metodologia, assim como os códigos abertos utilizados nas seções correspondentes deste relatório.

4. ASPECTOS METODOLÓGICOS

O desenvolvimento deste trabalho está dividido em duas etapas, que resultaram nos dois índices que compõem o IAC. A primeira etapa envolveu a coleta e análise de dados secundários, referentes às condições de acesso às oportunidades nas cidades. A segunda etapa consistiu na coleta de dados primários, em pesquisa online realizada com clientes da 99.

Nesta seção serão apresentados os princípios e diretrizes que orientaram este trabalho, assim como os detalhes das fontes de dados secundários consultados e a coleta de dados primários no estudo conduzido junto a empresa 99.

4.1. Princípios e diretrizes

O desenvolvimento deste trabalho teve como ponto de partida princípios e diretrizes que serviram para nortear o processo de tomada de decisão e facilitar a comunicação. Confira, a seguir:

- combate às desigualdades sociais;
- consonância com a PNMU;
- incentivo à integração modal;
- priorização da mobilidade ativa e coletiva;
- gestão municipal;
- licenciamento livre e aberto (*FOSS - Free and Open Source*);
- transparência;
- simplicidade dos cálculos;
- baixo custo;
- modicidade da tarifa de automóvel por aplicativo;
- conformidade com os termos de uso das plataformas de geolocalização utilizadas.

4.2. Disponibilização do método

Em conformidade com os princípios da transparência e o modelo de licenciamento livre, que guiaram este trabalho, todo o material produzido e relacionado ao método, como os códigos, funções e a própria metodologia estão disponíveis no repositório online do instituto Multiplicidade Mobilidade Urbana na plataforma *GitHub*¹. O material está publicado sob a licença MIT, permitindo o uso, modificação e distribuição de todo o seu conteúdo.

4.3. Fontes de dados - IAOD

Dados populacionais e de oportunidades

Este projeto considerou o acesso às oportunidades de saúde, educação e empregos nas 17 cidades analisadas. São dados públicos que estão disponíveis e podem ser acessados diretamente na página das instituições responsáveis, conforme informado na Tabela 4.

Com exceção do Censo 2010 (IBGE, 2010), que teve sua última edição realizada há mais de uma década, todas as outras bases de dados tiveram como referência o ano de 2019 (CNES; INEP; PDET).

Dados	Fonte	Ano	Referência
Sociodemográficos	Censo	2010	Link
Saúde	CNES	2019	Link
Educação	Censo Escolar	2019	Link
Trabalho	RAIS	2019	Link

Tabela 5: Apresentação dos dados secundários².
Fonte: elaboração própria, 2022.

Apesar de sabermos que as áreas da cidade podem restringir o acesso das pessoas em função do gênero³, os dados do Censo 2010 (IBGE, 2010) disponíveis não permitem essa análise. O Brasil vem passando por um “apagão” de dados em função da falta de realização do novo Censo, antes previsto para 2020. Esta situação compromete, inclusive, qualquer análise relativa à renda, principalmente em função do aumento do custo de vida, aumento da inflação e informalidade do mercado de trabalho.

¹ A página do GitHub do Multiplicidade Mobilidade Urbana está disponível em: https://github.com/Multiplicidademobilidade/indice_acesso_cidade.

² Apesar de não ter sido contemplado neste trabalho, nos códigos disponibilizados constam dados do Centro de Referência de Assistência Social - CRAS, disponibilizados pelo Ministério da Cidadania.

³ O tema não é absolutamente novo na literatura. Gayle Rubin (2017) foi uma das principais teóricas a afirmar o gênero como categoria política que organiza os sistemas de poder, incluindo a organização capitalista do trabalho, o sistema jurídico e também a cidade. Especificamente sobre o espaço urbano e o direito à cidade, ver a publicação do Instituto Brasileiro de Direito Urbanístico (2017), os trabalhos de Cláudia Vieira (2017), Marina Harkot (2018) e Laura Kemmer (2020).

Contudo, é evidente que o recorte racial é determinante nas análises dos territórios da cidade, algo presente no Censo 2010, mesmo que desatualizado. Neste sentido, o IAOD levou em conta os territórios onde há mais pessoas negras e, sendo assim, áreas da cidade marcadas por mais desigualdades.

No intuito de incorporar o recorte das desigualdades sociais e por termos esse dado, diferentemente da perspectiva de gênero, consideramos fundamental incluir as informações relativas à população e à raça dos diferentes municípios analisados.

As informações sobre as oportunidades de saúde foram extraídas do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde – CNES, levantamento realizado pelo Ministério da Saúde. As informações sobre as oportunidades de educação foram coletadas por meio do Censo Escolar (INEP), levantamento realizado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira - INEP.

Por fim, as informações relativas ao emprego foram coletadas da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS, organizada pelo Ministério da Economia.

Na expectativa da realização de um novo Censo em 2022, recomendamos que os gestores públicos se preparem para a atualização dos dados deste trabalho, assim como seus índices, revelando novas relações de desigualdades em seus municípios.

Dados espaciais

A análise territorial é feita a partir de áreas em formato hexagonal. A conversão dos mapas dos municípios em malhas hexagonais tem a vantagem de prover maior homogeneidade das distâncias entre seus elementos, além de permitir diferentes resoluções de análise.

É importante ter em mente que diferentes tamanhos de hexágonos levam a precisões diferentes e custos que variam de forma não linear. Há, então, decisões gerenciais de custo financeiro e tempo de processamento que precisam ser tomadas neste aspecto.

A ferramenta usada para malha hexagonal chama-se H3 e disponibiliza uma série de resoluções diferentes, entre elas, resoluções maiores que oferecem maior nível de detalhamento ao custo de maior demanda de processamento.

A quantidade de pares aumenta, exponencialmente, com o aumento da resolução. Em função dessas considerações, adotamos para este trabalho a resolução 7 para a análise do ônibus e do automóvel por aplicativo e a resolução 8 para a análise da mobilidade a pé e da bicicleta.

A Figura 3 ilustra a diferença entre as duas resoluções adotadas.

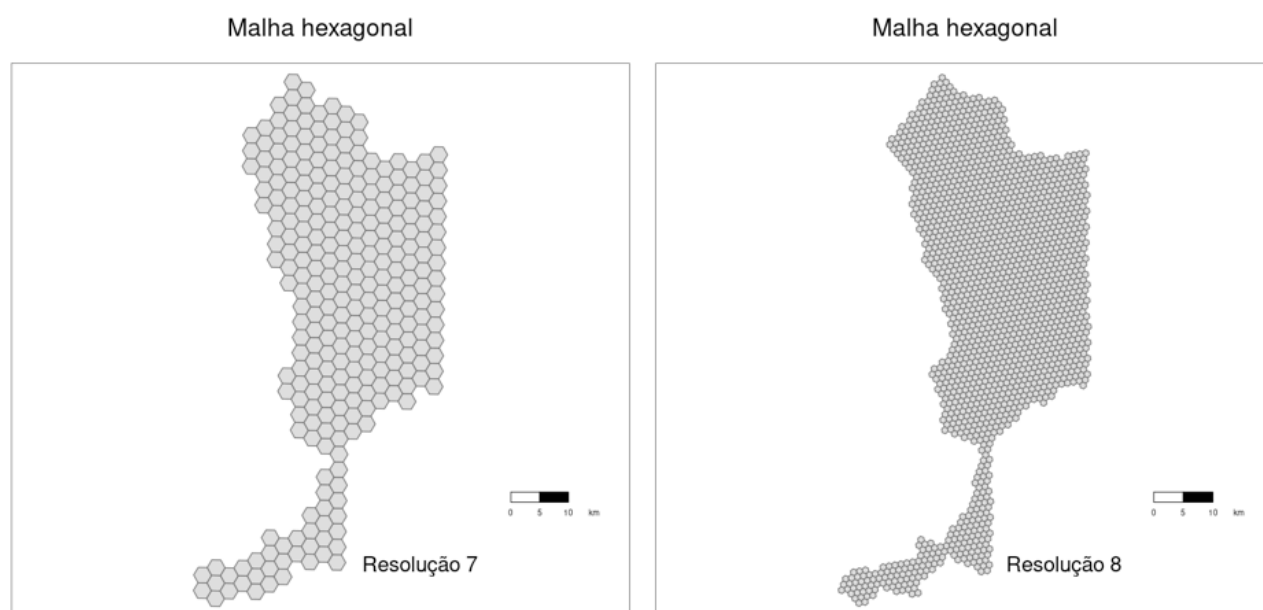


Figura 3: Comparativo da cidade de Teresina mapeada nas resoluções 7 e 8. A resolução 7 foi usada para automóveis por aplicativo e ônibus e a resolução 8 foi usada para bicicleta e mobilidade a pé.

Fonte: elaboração própria, 2022.

Dados de tempos de viagem

A pesquisa de 2019 realizada pelo IPEA (PEREIRA *et al*, 2019) utilizou o protocolo de dados GTFS - *General Transit Feed Specification*, responsável por delinear as rotas e descrever as frequências dos ônibus nas cidades, contemplando os dados em sete cidades. A pesquisa de Índice de Acesso à Cidade não se limita a esses dados, em função de sua escassez e falta de abertura por parte das prefeituras.

Entretanto, grande parte dos dados georreferenciados estão presentes no *Google Maps* e foram utilizados na análise das mobilidades de 14 cidades deste estudo. Durante a execução deste trabalho, as cidades de João Pessoa, Teresina e Vitória não possuíam informações do sistema de ônibus no serviço online e gratuito de pesquisa e visualização da estadunidense Google.

Pelos termos de uso do Google, não é permitida a coleta e/ou armazenamento de grande volume de dados da plataforma Google Maps (GOOGLE CLOUD). Para contornar essa restrição, convertemos os dados de uso para uma faixa de tempo de 30, 45, ou 60 minutos. Neste caso, realizamos pesquisa relativa a um dia da semana (quarta-feira) e um horário (7h).

Cada centróide de hexágono corresponde a uma origem e um possível destino. Assim, a malha hexagonal gera uma matriz com o tamanho igual ao número de origens vezes o número de destinos. A lista de origens e destinos foi filtrada excluindo as origens que representavam hexágonos sem população residente e destinos sem oferta de oportunidades.

Após esse processo de filtragem, foram estimados os tempos de viagem entre os pares de hexágonos restantes para a mobilidade a pé, por bicicleta, ônibus e automóvel por aplicativo. Utilizamos como referência o período da manhã em um dia útil. As fontes de dados para cada modo de transporte podem ser consultadas na Tabela 6.

A produção das matrizes de tempos de viagens envolveu a consulta em diferentes serviços de mapeamento por meio de APIs (*Application Programming Interface*). O *r5r* (*Rapid Realistic Routing with R5 in R*), por exemplo, é uma aplicação desenvolvida pelo IPEA (GITHUB), que utiliza o serviço de roteamento de viagens R5 (*Rapid Realistic Routing on Real-world and Reimagined networks*) para calcular rotas e estimativas de tempos de viagem na plataforma R.

Modo	Fontes dos dados
Ônibus	Google Maps
A Pé	r5r
Bicicleta	r5r
Automóvel por aplicativo	99 e r5r

Tabela 6: Fonte dos dados de tempos de viagem.
Fonte: elaboração própria, 2022.

4.4. Fonte de dados - IATP

A pesquisa realizada com clientes da 99 avaliou o comportamento dos clientes da 99 em relação ao uso do automóvel por aplicativo com foco no acesso à cidade. A pesquisa foi realizada entre janeiro e fevereiro de 2022 e abordou aspectos como:

- integração modal de veículos de aplicativo com o transporte público;
- criação de viagens que não seriam realizadas por outros modos;
- opinião dos usuários sobre o acesso à cidade.

Durante o período de aplicação da pesquisa, entre quartas-feiras e sextas-feiras, selecionamos os clientes da 99 que haviam realizado uma viagem pelo aplicativo no dia anterior. Essas pessoas receberam uma notificação do próprio aplicativo e um convite para responder ao questionário com perguntas sobre a última viagem realizada.

Até 100 entrevistas	São José dos Campos, Santo André, Vitória
De 101 a 200	Belo Horizonte, Campinas, Campo Grande, Curitiba, Goiânia, João Pessoa, Natal, Recife, Teresina, Uberlândia
Mais de 200	Fortaleza, Manaus, Rio de Janeiro, São Paulo

*Tabela 7: Perfil da amostra nas 17 cidades⁴.
Fonte: elaboração própria, 2022.*

No questionário incluímos perguntas para coletar informações sobre raça, gênero e o motivo da viagem realizada, para fins de caracterização da amostra; e outras duas perguntas destinadas a compor os dois indicadores do IATP: integração realizada com o transporte público e preferência sobre integração com o transporte público.

O Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público foi estruturado em duas perguntas. Na primeira pergunta, nosso objetivo era entender se as viagens realizadas pelo aplicativo tiveram complementação com o transporte público, por exemplo, se foram feitas para acessar uma estação de transporte ou após o desembarque. Já a segunda avaliou a percepção dos clientes da 99 sobre o uso do serviço e a integração com o transporte público.

⁴ A amostra em cada cidade é mostrada por faixas de entrevistas para preservar informações mercadológicas.

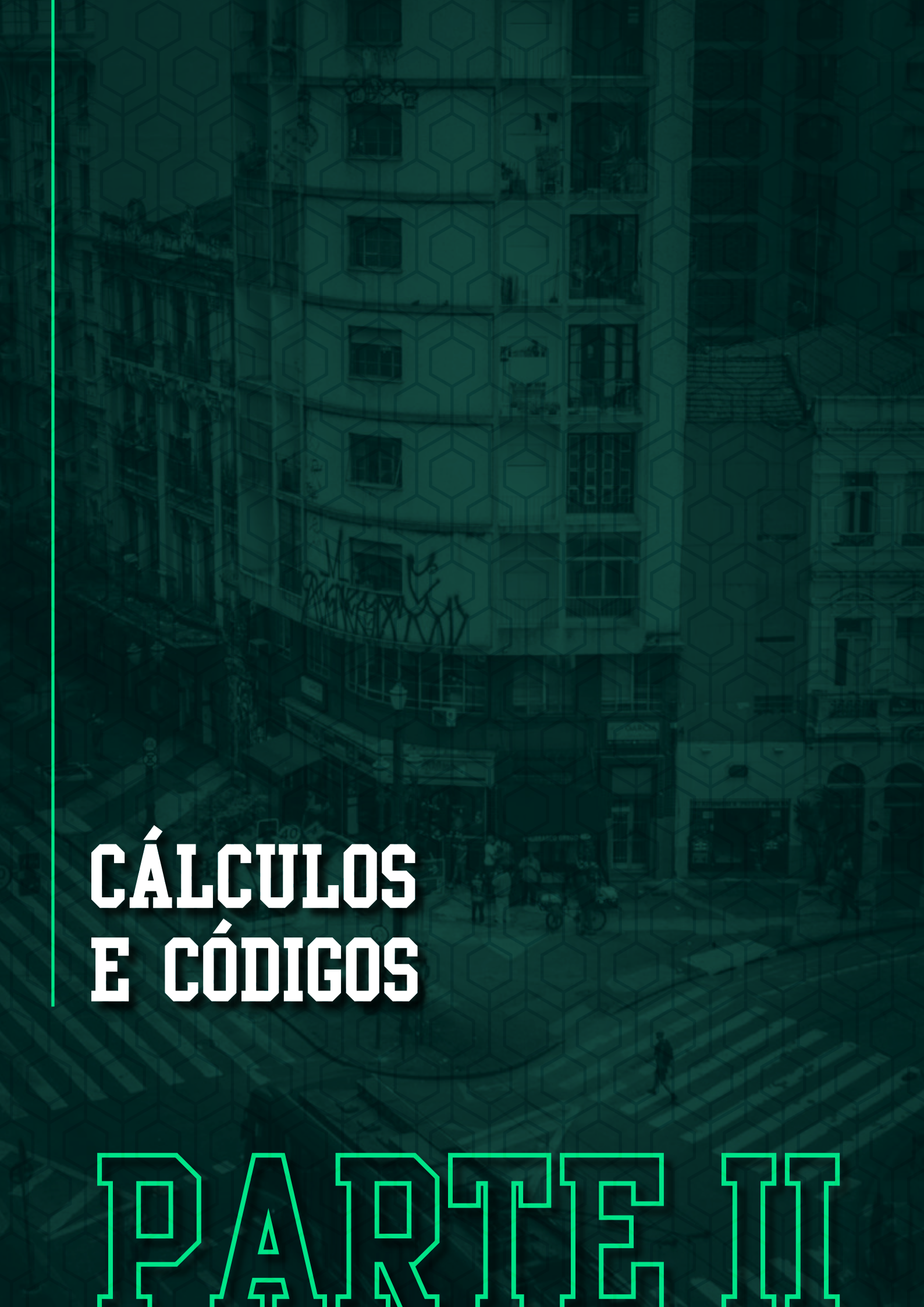
Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público	Alternativas
1. Para esta última viagem, você usou o veículo de aplicativo em combinação com o transporte coletivo?	Sim; Não; Não sei responder
2. Prefiro sempre combinar o carro de aplicativo com transporte público	Discordo totalmente; Discordo; Nem concordo, nem discordo; Concordo; Concordo totalmente

*Tabela 8: Formulação dos indicadores do IATP.
Fonte: elaboração própria, 2022.*

A pergunta referente à percepção dos clientes da 99 (Tabela 8) buscou aferir o nível de concordância dos respondentes com a afirmativa proposta. Para a coleta de dados sobre a percepção dos clientes utilizamos a escala de cinco pontos, estruturada da seguinte forma:

1. Discordo totalmente.
2. Discordo.
3. Nem discordo, nem concordo.
4. Concordo.
5. Concordo totalmente.

Vale destacar ainda que adotamos o percentual de concordância com os temas apresentados, ou seja, tanto as respostas “Concordo” como “Concordo totalmente” foram consideradas.

The background of the entire page is a dark, teal-tinted photograph of a city street scene. A semi-transparent hexagonal grid pattern is overlaid on the image. The street shows buildings, a crosswalk, and some figures of people. On the left side, there is a vertical teal line.

CÁLCULOS E CÓDIGOS

PARTE II

5. CÁLCULOS E CÓDIGOS - IAC

5.1. Principais referências bibliográficas

O campo de estudo sobre acessibilidade tem mais de 50 anos. Apesar do presente trabalho não se propor a apresentar uma revisão da bibliografia sobre a acessibilidade na mobilidade urbana, é importante ressaltar que algumas obras foram consultadas, em diferentes profundidades. A seguir, são comentadas algumas essenciais e que podem propiciar maior conhecimento do tema.

Para uma melhor compreensão dos conceitos envolvidos no tema da acessibilidade, assim como dos paradigmas adotados no planejamento de transporte e outros elementos práticos sobre sua implementação, sugerimos os trabalhos de Venter (2016) e Litman (2003).

Além disso, importantes trabalhos de revisão foram feitos por Boisjoly e El-Geneidy (2017). Essas pessoas autoras analisaram a incorporação da acessibilidade nos planos de mobilidade de 32 cidades ao redor do mundo. Além de Bhat *et al.* (2000) que propõem uma extensa discussão sobre os diferentes métodos de mensuração da acessibilidade encontrados na literatura.

No Brasil, a chegada da PNMU (BRASIL, 2012) estabeleceu diretrizes e incentivos ao desenvolvimento de políticas públicas orientadas à mobilidade urbana sustentável. Em paralelo a isso, o tema da acessibilidade vem recebendo crescente atenção nos últimos anos em trabalhos produzidos pela academia e institutos de pesquisa, como aqueles publicados por Boisjoly *et al.* (2020), Pinto; Loureiro; Souza (2020) e Silva (2021), além do já mencionado Pereira *et al.* (2019).

5.2. Índice de Acesso à Cidade - IAC

O cálculo do IAC é bastante simples, sendo composto 80% do IAOD e 20% do IATP, conforme a equação:

$$IAC = \frac{P1 * IAOD + P2 * IATP}{P1 + P2}$$

Onde P1 e P2 são as ponderações aplicadas ao IAOD e IATP, respectivamente.

6. CÁLCULOS E CÓDIGOS - IAOD

A seguir vamos apresentar, em detalhes, o processo de tratamento dos dados utilizados nesta pesquisa e a formulação de cada um dos índices constituintes do IAC.

6.1. Dados de oportunidades

O acesso à educação foi avaliado a partir de dados do Censo Escolar, levantamento coordenado pelo INEP, que mapeia a situação da educação básica no país. Para este estudo foram consideradas apenas escolas da rede pública de ensino, que atendem os níveis Infantil, Fundamental e Médio. A base de dados do Censo Escolar está georreferenciada, no entanto, existem registros faltantes. Para o tratamento desses casos, realizamos um processo de georreferenciamento das escolas a partir dos endereços utilizando o *Google Maps*.

O acesso ao trabalho foi avaliado a partir de dados da RAIS. Assim, a partir da base de dados dos estabelecimentos pudemos obter o número total de vínculos trabalhistas e o CEP, utilizado para realizar o georreferenciamento dos postos de trabalho. O processo de geocodificação dos dados de trabalho foi realizado utilizando o software QGIS, responsável pela interface com o geocoder do *Google Maps*.

Vale destacar que muitos registros apresentaram CEPs repetidos ou inconsistentes. Para tratar esses casos realizamos um processo de validação dos endereços por meio das bases do Centro de Estudos da Metrópole - CEM, para a cidade de São Paulo, e do Diretório Nacional de Endereços - DNE, para as demais cidades.

O acesso à saúde foi avaliado a partir de dados do Cadastro Nacional de Estabelecimentos de Saúde - CNES, coordenado pelo Ministério da Saúde. Este cadastro reúne informações detalhadas de todos os estabelecimentos de saúde do país.

Primeiramente, foram selecionados apenas os estabelecimentos estaduais e municipais caracterizados como pessoa jurídica e que prestam atendimento por meio do Sistema Único de Saúde - SUS.

Como os dados do CNES são georreferenciados, realizamos um processo de validação das coordenadas e encontramos dados inconsistentes e repetidos. Observamos registros em um único endereço ou coordenada. Por isso, a análise desses dados revelou registros duplicados com diferentes níveis de atendimento. Há casos, como na cidade de Manaus, que as Unidades Básicas de Saúde - UBS móvel são registradas em um único endereço. Devido a essas inconsistências, decidimos desconsiderar os casos com repetição de mais de três registros em um mesmo endereço.

Funções auxiliares	Título
01.03	dados_setores_censitarios
01.04	dados_educacao
01.05	dados_saude
01.06	dados_trabalho

Tabela 9: Lista de scripts utilizados na etapa de dados de oportunidades.
Fonte: elaboração própria, 2022.

6.2. Mapeamento das cidades

O mapeamento das cidades envolveu limites municipais, a grade estatística dos municípios e setores censitários fornecidos pelo IBGE, e a grade hexagonal, definida por meio da plataforma H3. O Sistema de Referência de Coordenadas - SRC adotado para este trabalho foi o WGS 84. As bases de dados fornecidas pelo IBGE foram lidas por meio do pacote *geobr*, desenvolvido pelo IPEA.

A ferramenta H3 consiste em um sistema de indexação espacial que subdivide os territórios em uma grade de células hexagonais. A adoção do formato hexagonal se justifica pela simplicidade na comparação de diferentes células: cada hexágono possui seis vizinhos, que compartilham cada um de seus lados, com centros equidistantes. Essa característica não é observada em grades compostas por quadrados, por exemplo.

A H3 disponibiliza grades fixas mundiais, em diversas resoluções. Como forma de atingir uma resolução satisfatória sem prejuízo para a demanda computacional, foram empregadas neste trabalho duas resoluções para o mapeamento das cidades. A resolução 7 contém hexágonos com cerca de 5 km² de área e foi utilizada na análise dos modos motorizados. Já a resolução 8 tem hexágonos com cerca de 0,7 km², que foram utilizados na análise dos modos ativos.

Resolução	Modos de transporte	Área do hexágono (km ²)	Distância entre centros (km)
7	Ônibus, automóvel por aplicativo	5,16	2,11
8	A pé, bicicleta	0,74	0,79

Tabela 10: Métricas dos hexágonos nas resoluções 7 e 8.
Fonte: elaboração própria, 2022.

A Figura 4 apresenta o exemplo de Teresina nas duas resoluções.

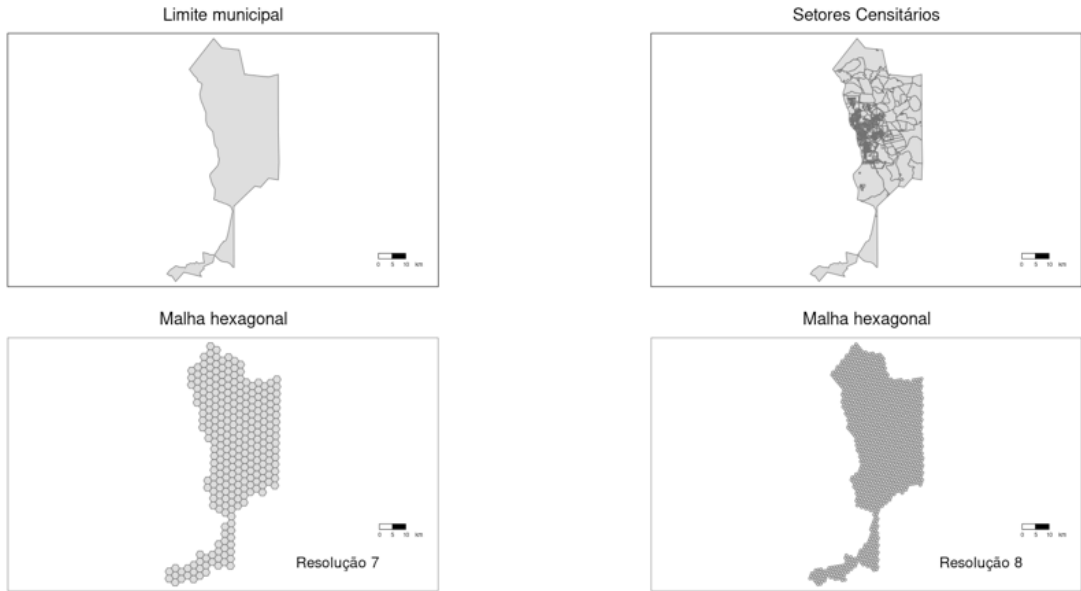


Figura 4: Exemplo dos diferentes níveis de mapeamento para a cidade de Teresina.
Fonte: elaborado pela autora, 2022.

A partir do mapeamento feito pela ferramenta H3, conseguimos localizar os hexágonos cujos centroides ficaram posicionados fora dos limites municipais. Nesses casos, adotamos um recorte da área do hexágono que extrapola os limites municipais e calculamos um novo centroide da área restante, contida no interior do município.

Código	Título
01.01	shapes_municipios_e_setores
01.02	grade_censo
02.01	criar_hexagonos

Tabela 11: Lista de scripts utilizados na etapa de mapeamento das cidades.
Fonte: elaboração própria, 2022.

6.3. Agrupamentos

Após a coleta e tratamento dos dados referentes à população e oportunidades, realizamos um trabalho para agrupá-los sobre um mesmo sistema de mapeamento.

Os dados da população, obtidos do Censo 2010 (IBGE, 2010), estavam agregados nos setores censitários, uma unidade espacial utilizada pelo IBGE para realização de suas pesquisas. No entanto, para estabelecer uma padronização e facilitar o acesso aos dados das pesquisas, o IBGE lançou a grade estatística, ou seja, um mapeamento do território brasileiro em quadrados de 200m x 200m, para as áreas urbanas, e de 1km x 1km, para as áreas rurais.

Assim, após o mapeamento dos municípios, realizamos o agrupamento dos dados do Censo 2010 dos setores para a grade estatística. Os dados relativos à saúde, educação e trabalho foram agregados sobre a grade estatística dos municípios.

Após a reunião de todos os dados na grade estatística, chegou o momento de fazer um reagrupamento para a base do mapeamento em hexágonos. A partir da consolidação dos dados, nesta última etapa de agrupamento, o projeto pôde avançar para o cálculo dos tempos de viagem.

Código	Título
02.02	agrupamento_setor_para_grade
02.03	agrupamento_das_variaveis_por_hexagono

Tabela 12: Lista de scripts utilizados na etapa de agrupamentos.
Fonte: elaboração própria, 2022.

6.4. Tempos de viagem

A coleta de dados consistiu em estimar os tempos de viagens entre os hexágonos para os modos a pé, bicicleta, ônibus e automóvel por aplicativo. Os dados de tempo de viagem permitem avaliar o número de oportunidades que podem ser acessadas a partir de diferentes modos de transporte e horizontes temporais. Como será explicado adiante, foram consideradas diferentes condições de deslocamento na composição dos cenários reais e favoráveis.

Os tempos de viagem para os modos a pé, bicicleta e automóvel foram calculados a partir do r5r. A plataforma r5r usa bases de dados de malha viária e dados topográficos. A malha viária é proveniente do *OpenStreetMap* e serve para roteamento das viagens. Os dados topográficos são provenientes da plataforma SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*), um programa da agência espacial americana para produção e publicação de dados sobre a superfície terrestre, usada para considerar penalidades para a velocidade da mobilidade ativa.

Como dito anteriormente, o IAOD compara um cenário real com um cenário mais favorável. A seguir, por modo de transporte, são explicados os dados do cenário real e do cenário mais favorável. É importante enfatizar que os cenários mais favoráveis consideram o aumento das velocidades médias de percurso, mas isso não sugere que as velocidades máximas regulamentadas (para o caso de veículos motorizados) devem ser aumentadas.

Modo a pé

O principal dado de entrada é a velocidade média de caminhada. O valor padrão sugerido pelo r5r é 3,6 km/h. Porém, vale ressaltar que esta é a velocidade média. Por isso, quando consideramos o percurso de uma pessoa na cidade, devemos considerar os tempos de espera para travessias, principalmente em locais onde a mobilidade a pé não é priorizada, o que reflete boa parte das cidades brasileiras.

O valor escolhido para o cenário real foi 2,6 km/h, estimado com base nos dados da Pesquisa Origem Destino 2007 da Região Metropolitana de São Paulo, usando a mediana da velocidade média calculada a partir da distância linear e tempo declarado, sem ponderação pelo fator de expansão de viagem. O valor sugerido pelo r5r (3,6 km/h) foi usado como cenário mais favorável.

Bicicleta

O principal dado de entrada é a velocidade média de percurso. O valor padrão sugerido pelo r5r é 12 km/h. Para bicicleta, arbitrariamente, foram escolhidos 12 km/h para o cenário real e 15 km/h para o cenário mais favorável. Isto foi necessário porque a variabilidade da velocidade média das bicicletas é grande e não foram achadas boas referências para balizamento.

Foram mantidas por padrão as rotas de bicicleta que consideram o *Level of Traffic Stress*⁵ (LTS) máximo LTS2 e incluem:

- **LTS 1:** tolerável para crianças. Isso inclui ruas de baixa velocidade e baixo volume, bem como aquelas com infraestrutura segregada para bicicletas (como protegidas por faixas de estacionamento ou ciclovias);
- **LTS 2:** tolerável para a população adulta convencional. Isso inclui ruas onde os ciclistas têm faixas exclusivas e só precisam interagir com o tráfego no cruzamento formal.

Automóvel por aplicativo

Os tempos de viagem por fluxo livre (sem congestionamento) foram obtidos pela aplicação r5r. O cenário real inclui limite de distância para considerar viagens mais baratas e trânsito com congestionamento.

A modicidade da tarifa foi importante na concepção do projeto, pois não era desejável incluir corridas de valor alto como forma de aumento do acesso à cidade. Decidimos usar corridas de R\$ 10,00 (dez reais) como balizadoras para uma viagem média. A implementação ocorreu por média de quilômetros das viagens entre R\$ 9,00 e R\$ 11,00 realizadas entre outubro e novembro de 2021. Para cada cidade, a distância média foi convertida em número um máximo de hexágonos a ser percorrido na resolução 7. Depois, aplicamos um filtro para restringir os deslocamentos de acordo com essas distâncias.

O percentual de congestionamento para cada cidade foi calculado pela 99, a partir da base de dados de viagens realizadas no seu aplicativo, com dados de outubro e novembro de 2021, comparando-se o tempo da madrugada versus tempo entre 6h às 9h da manhã.

⁵ Level of Traffic Stress (LTS): [link](#)

Cidade	Número máximo de hexágonos	Distância (km)	Fator de congestionamento
Belo Horizonte	2	4,23	0,344
Campinas	3	6,34	0,271
Campo Grande	3	6,34	0,140
Curitiba	3	6,34	0,269
Fortaleza	2	4,23	0,317
Goiânia	3	6,34	0,285
João Pessoa	3	6,34	0,237
Manaus	2	4,23	0,245
Natal	3	6,34	0,276
Recife	3	6,34	0,367
Rio de Janeiro	2	4,23	0,312
Santo André	3	6,34	0,156
São José dos Campos	2	4,23	0,318
São Paulo	2	4,23	0,329
Teresina	2	4,23	0,234
Uberlândia	3	6,34	0,166
Vitória	2	4,23	0,281

Tabela 13: Métricas para cenário real do modo automóvel por aplicativo.
Fonte: elaboração própria, 2022.

No caso dos automóveis por aplicativo, o cenário mais favorável considera uma integração deste modo com o transporte público, sendo 15 minutos de viagem por automóvel por aplicativo e 45 minutos complementado por viagem de ônibus. Para simplicidade de cálculo na implementação do código, o denominador foi aproximado por 60 minutos de ônibus a aproximadamente 20 km/h. Vale ressaltar que esta aproximação foi possível por estarmos trabalhando na resolução hexagonal 7.

Ônibus

Os tempos de viagem utilizando o ônibus foram estimados utilizando a plataforma de serviços do *Google Maps* por meio da *API Distance Matrix*. Visando garantir tempos de viagens consistentes com a realidade dos deslocamentos das grandes cidades brasileiras, consideramos uma viagem realizada no pico da manhã (07h00), em uma quarta-feira do mês de fevereiro de 2022.

Para otimizar o volume de consultas feitas à plataforma do Google, foram aplicados filtros na base dos dados agregados nos hexágonos, onde seus centroides foram a referência para as origens e destino.

Assim, foram consideradas origens válidas todos os hexágonos que possuem população residente e destinos válidos e aqueles que possuem alguma oportunidade. Também só foram consultados pares origem-destino com distância até 10 hexágonos na resolução 7, o equivalente a cerca de 20 km. Para 60 minutos este filtro não causa prejuízo à análise, pois os dados de ônibus no *Google Maps* apontam velocidades inferiores a 20 km/h, incluindo os tempos de caminhada na origem e no destino.

Outra observação feita nesta etapa é que muitos dos pontos consultados não puderam ser traduzidos em um trajeto válido pelo *Google Maps*. Tais episódios foram tratados por deslocamento do centroide para o sistema viário mais próximo, e uma segunda consulta foi realizada.

Para cumprir os termos de serviços do Google, os tempos não foram coletados por caracterizar raspagem de dados. Ou seja, o processo de consulta automática converteu os resultados obtidos em uma variável *dummy*, de forma que foram classificadas de acordo com as seguintes faixas de tempo: até 15 minutos, de 15 a 30 minutos, de 30 a 45 minutos, de 45 a 60 minutos e maior do que 60 minutos. Após o registro da variável *dummy* os dados referentes ao tempo e distância do trajeto fornecidos pela API foram descartados.

Código	Título
01.08	map_tiles
01.09	topografia
01.10	malha_viaria_pbf
03.01	criar_rede_r5
03.02	criar_inputs_r5
03.03	gerar_ttmatrix_r5
03.04	gerar_ttmatrix_ideal_r5
03.05	gerar_ttmatrix_onibus_gmaps

Tabela 14: Lista de scripts utilizados na etapa de tempos de viagem.
Fonte: elaboração própria, 2022.

6.5. Acessibilidade Cumulativa

A partir dos dados sobre os tempos de viagens dos diferentes modos e a distribuição espacial das oportunidades foi possível medir as condições de acessibilidade nas diferentes regiões das cidades. Para esse fim, utilizamos o Indicador de Acessibilidade Cumulativa - CMA, responsável por medir o total de oportunidades que podem ser acessadas, a partir de determinado ponto em um horizonte de tempo definido, cuja fórmula geral é a seguinte⁶ :

$$CMA_{i,T,o} = \sum_{i=1}^N O_{o,d} f(t_{id})$$

Onde: CMA i,T,o é o indicador de acessibilidade cumulativa, calculado a partir do hexágono de origem i , considerando uma faixa de tempo t e oportunidade o . i é o número de oportunidades o no destino d ; t é o tempo de viagem entre a origem i e o destino d ; f é uma função binária que recebe valor 1 caso t esteja dentro da faixa de tempo T e 0 caso contrário.

Portanto, ao chegar nesta etapa da metodologia dispomos para cada hexágono numa determinada resolução, dos tempos de viagem necessários para acessar os demais hexágonos existentes no município. A partir dessas informações estabelecemos as faixas de tempo conforme apresentadas na Tabela 15, e calculamos o total de oportunidades acessíveis, o CMA, para cada hexágono.

Modo \ Tempo	15 minutos	30 minutos	45 minutos	60 minutos
Ônibus		X	X	X
Bicicleta	X	X		
A pé	X	X		
Automóvel por aplicativo	X	X	X	X

Tabela 15: Faixas de tempos consideradas no cálculo do CMA; em negrito, as faixas utilizadas neste trabalho.

Fonte: elaboração própria, 2022.

⁶ Formulação adaptada de Pereira et al. (2019).

As cidades analisadas apresentam amplas diferenças em suas características territoriais, demográficas e econômicas. Por exemplo, se compararmos o CMA de um hexágono em São Paulo, em relação a todas as outras oportunidades da cidade, cada hexágono contribui muito menos do que se avaliarmos um hexágono em uma cidade menor, como Natal.

Dessa forma, buscamos introduzir um mecanismo capaz de minimizar as diferenças entre as cidades, de maneira a possibilitar a sua comparação. A solução encontrada para criar este cenário de comparação foi estabelecer um cálculo da acessibilidade cumulativa, a partir das restrições mencionadas anteriormente e as condições de deslocamento e acessibilidade em um cenário mais favorável em relação a estas restrições.

Portanto, para cada modo de transporte calculamos o CMA, considerando os tempos de viagem calculados e o CMA', onde adotamos condições de deslocamento consideradas ideais.

A comparação entre os parâmetros adotados em cada cenário está apresentada na Tabela 16.

Modo	Tempo (min)	Resolução	Fonte de dados	Cenário real (CMA)	Cenário favorável (CMA')
A pé	30	8	r5r	2,6 km/h	3,6 km/h
Bicicleta	30	8	r5r	12 km/h	15 km/h
Ônibus	60	7	Google Maps	Pares de hexágonos até 60 minutos	10 hexágonos (~20 km/h)
Automóvel por aplicativo	30	7	99, r5r	Tarifa até 10 reais Acréscimo de congestionamento	Integração de 15 minutos de automóvel e 45 minutos por ônibus a ~20 km/h

Tabela 16: Comparativo entre os cenários real (CMA) e favorável (CMA').

Fonte: elaboração própria, 2022.

A relação entre o CMA e o CMA' calculados nessa etapa será incorporada ao Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD, apresentado na sequência.

Código	Título
04.01	acessibilidade_res07_onibus
04.02	acessibilidade_res07_carro_comp
04.03	acessibilidade_res08_ativos
04.04	acessibilidade_ideal_res07_auto_app
04.05	acessibilidade_ideal_res08_ativos

Tabela 17: Lista de scripts utilizados na etapa de acessibilidade cumulativa.

Fonte: elaboração própria, 2022.

6.6. Cálculo do IAOD

Um índice é uma composição de indicadores que, ao serem agregados, permitem reunir em uma única métrica uma representação de um sistema complexo, que não poderia ser determinado por um único conceito.

Dessa forma, o Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD é uma média ponderada dos índices calculados para os diferentes modos de transporte.

Desta forma, optamos pela ponderação por dois motivos. O primeiro motivo refere-se ao esforço de produzir uma fórmula considerada de fácil leitura e interpretação. Depois, o segundo motivo prevê que essa formulação permita a devida atenção para a contribuição do transporte público coletivo e dos modos ativos, em consonância com as diretrizes estabelecidas pela PNMU (BRASIL, 2012).

Neste sentido, adotamos peso 4 para o ônibus, 3 para a bicicleta, 2 para o modo a pé e 1 para o automóvel compartilhado. A formulação completa do Índice de Mobilidade está descrita por meio das equações a seguir.

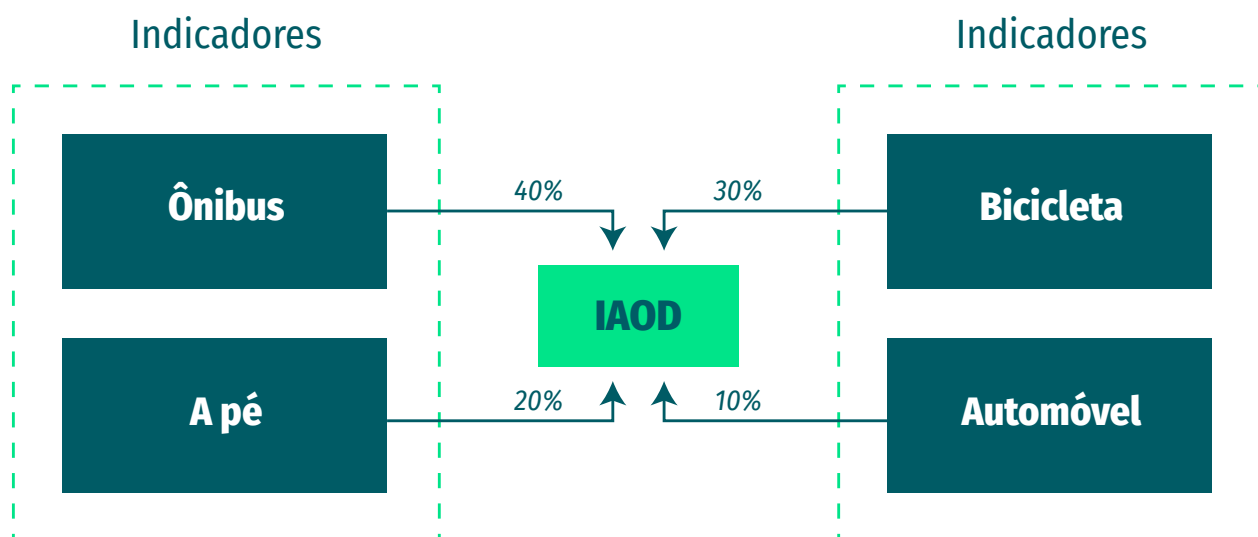


Figura 5: Estrutura do Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD.
Fonte: elaboração própria, 2022.

$$IAOD = \frac{\sum_{m=1}^{M=4} P_m Ind_m}{\sum_{m=1}^{M=4} P_m}$$

Onde: *IAOD* é o Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades; *P* são os pesos atribuídos aos diferentes modos *m*, conforme a Figura 5; *Ind* são os indicadores da acessibilidade para os diferentes modos *m*.

Como vimos, foi calculado um indicador para cada modo de transporte estudado. Esses indicadores, por sua vez, são decompostos em componentes que buscam descrever as condições de acesso para cada tipo de oportunidade. Novamente, adotamos uma ponderação e atribuímos peso 5 para o acesso ao trabalho, peso 3 para o acesso à educação e peso 2 para o acesso à saúde. Essas ponderações buscam refletir a proporção de viagens realizadas nas grandes cidades e têm como referência os resultados encontrados em diferentes pesquisas de origem/destino em cidades do país.

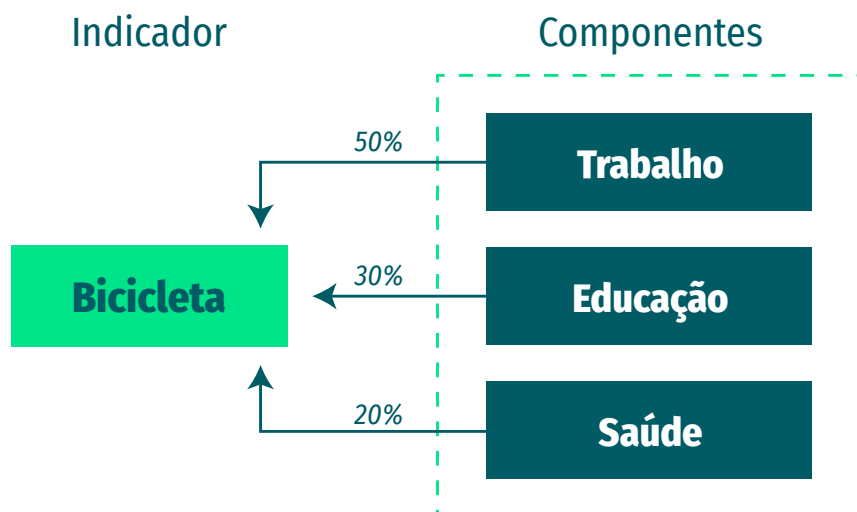


Figura 6: Composição dos indicadores do IAOD.
Fonte: elaboração própria, 2022.

$$Ind_AOD_m = \frac{\sum_{1}^{M=3} (P_o * Comp_AOD_o)}{\sum_{1}^{M=3} P_o}$$

Onde: Ind_AOD_m é o indicador de acessibilidade para cada modo m ; $Comp_AOD$ são os componentes calculados para cada oportunidade o ; P são os pesos atribuídos aos componentes conforme a Figura 6.

Os componentes dos indicadores do IAOD buscam representar a condição de acesso às oportunidades, no entanto, a sua incorporação envolveu o desafio de torná-la adaptável às cidades com área, população e número de oportunidades diferentes.

Dessa forma, o cálculo dos componentes consiste em uma ponderação da razão entre o CMA, determinado a partir dos tempos de viagem coletados, e o CMA', determinado a partir de condições favoráveis de deslocamento.

Como forma de considerar o aspecto da desigualdade de acesso nas cidades com respeito à raça, cada hexágono recebeu uma ponderação que representa o percentual da sua população residente identificada pela cor preta ou parda⁷.

A ponderação aplicada na fórmula é a medida do quartil do percentual da população negra residente em cada hexágono, de forma que varia de 1 (até 25%) a 4 (acima de 75%).

$$Comp_AOD_o = \frac{\sum_{i=1}^N (CMA_o / CMA'_o) * P_{i,q}}{\sum_{i=1}^N P_{i,q}}$$

Onde: *Comp_AOD_o* são os componentes que constituem o indicador *Ind_AOD* para cada tipo de oportunidade *o*; *CMA_o* é o indicador de acessibilidade cumulativa para a oportunidade *o*; *CMA'_o* é o indicador de acessibilidade cumulativa para o cenário favorável e oportunidade *o*; *P* é o peso atribuído ao hexágono *i* e representado pelo quartil *q* do percentual da população negra residente.

Código	Título
05.01	indicador_acesso_oportunidades

Tabela 18: Lista de scripts utilizados na etapa de cálculo do IAOD.
Fonte: elaboração própria, 2022.

⁷ A inclusão de indígenas exigiria um estudo complementar que levasse em conta a distribuição dessas pessoas em territórios específicos das cidades. Assim, é urgente pensarmos em pesquisas com recortes que possam reverter o processo histórico de apagamento dessa população. Os dados atuais não foram considerados para dar peso a este recorte, o que se configura como uma lacuna na tentativa de reversão de desigualdades.

7. CÁLCULO DO IATP

O Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP é produto da pesquisa realizada com os clientes da 99, que foram solicitados a responder questões sobre a última viagem realizada por meio do aplicativo.

A estrutura do IATP é semelhante à estrutura do IAOD. Ou seja, empregamos uma média aritmética entre o indicador de integração com o transporte público e o indicador de preferência sobre integração com o transporte público, conforme a equação a seguir:

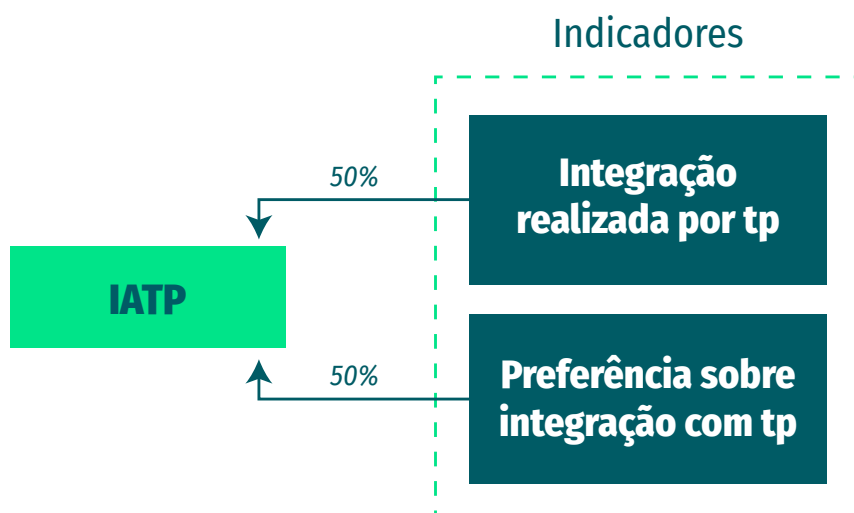


Figura 7: Estrutura do IATP.
Fonte: elaboração própria, 2022.

$$IATP = \frac{Ind_{tp_realizado} + Ind_{tp_opiniao}}{2}$$

Onde: *IATP* é o Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público; *Ind_{tp_realizado}* é o indicador de integração realizada com o transporte público e representa o percentual de respostas de utilização do aplicativo de forma integrada ao transporte público em sua última viagem; *Ind_{tp_opiniao}* é o Indicador de preferência sobre integração com o transporte público, é o percentual de concordância em relação à seguinte afirmação: “prefiro sempre combinar o carro de aplicativo com transporte público”.

Os indicadores do IATP, que correspondem aos percentuais de resposta, passaram por um processo de normalização antes de serem empregados no cálculo dos indicadores. Esse processo teve como objetivo minimizar as diferenças entre as ordens de grandeza dos conjuntos de respostas, transformando os resultados em um intervalo entre 0 e 1. O método adotado foi o seguinte:

$$X' = \frac{X - X_{min}}{X_{max} - X_{min}}$$

Onde: X' é o valor normalizado; X é o valor original; X_{min} é o valor mínimo do conjunto de respostas; X_{max} é o valor máximo do conjunto de respostas.

Código	Título
05.02	indice_acesso_cidade

Tabela 19: Lista de scripts utilizados na etapa de cálculo do IATP e IAC.
Fonte: elaboração própria, 2022.

7.1. Resultados do IATP

A seguir vamos apresentar os resultados obtidos para o Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP e seus indicadores: o indicador de integração realizada com o transporte público (Ind_tp_realizado) e o Indicador de preferência sobre integração com o transporte público (Ind_tp_opiniao).

Município	IATP	Ind_tp_realizado	Ind_tp_opinioao
Belo Horizonte	11,22	3,3	19,2
Campinas	12,80	25,6	0,0
Campo Grande	78,01	100,0	56,0
Curitiba	66,45	32,9	100,0
Fortaleza	37,00	26,7	47,3
Goiânia	40,50	20,6	60,4
João Pessoa	54,74	55,9	53,6
Manaus	50,38	51,8	49,0
Natal	52,22	61,4	43,0
Recife	16,21	0,0	32,4
Rio de Janeiro	39,83	41,9	37,7
Santo André	46,39	52,1	40,7
São José dos Campos	48,59	4,23	20,6
São Paulo	66,19	4,23	77,0
Teresina	25,88	4,23	26,2
Uberlândia	33,53	6,34	29,9
Vitória	18,04	4,23	9,2

Tabela 20: Resultado do IATP e seus indicadores.
Fonte: elaboração própria, 2022.

Como exposto, o IATP é proveniente de duas questões. Observe:

1. Para esta última viagem, você usou o veículo de aplicativo em combinação com o transporte coletivo?
2. Prefiro sempre combinar o carro de aplicativo com transporte público.

Os resultados percentuais e normalizados são apresentados a seguir:

Município	Percentual de integração	Opinião sobre integração	Ind_tp_realizado	Ind_tp_opinio
Belo Horizonte	15,5	29,5	3,3	19,2
Campinas	19,2	26,2	25,6	0,0
Campo Grande	31,5	36,0	100,0	56,0
Curitiba	20,4	43,8	32,9	100,0
Fortaleza	19,4	34,5	26,7	47,3
Goiânia	18,4	36,8	20,6	60,4
João Pessoa	24,2	35,6	55,9	53,6
Manaus	23,6	34,8	51,8	49,0
Natal	25,2	33,7	61,4	43,0
Recife	15,0	31,9	0,0	32,4
Rio de Janeiro	21,9	32,8	41,9	37,7
Santo André	23,6	33,3	52,1	40,7
São José dos Campos	27,7	29,8	76,6	20,6
São Paulo	24,2	39,7	55,4	77,0
Teresina	19,2	30,8	25,6	26,2
Uberlândia	21,1	31,4	37,2	29,9
Vitória	19,4	27,8	26,9	9,2

Tabela 21: Respostas percentuais e normalizadas dos indicadores.

Fonte: elaboração própria, 2022.

8. LIMITAÇÕES E TRABALHOS FUTUROS

O IAOD procura analisar em cada cidade as condições de acesso no momento presente (cenário real) em relação ao que podemos chamar de condição de acesso potencial (cenário favorável).

No entanto, ao estabelecer essa razão entre cenários, não se considera o número absoluto de oportunidades acessadas, de forma que regiões isoladas, que possuem um número reduzido de oportunidades, podem apresentar um bom indicador, caso o acesso a essas oportunidades seja garantido. Devido a essa limitação, a análise da acessibilidade a partir dos indicadores do IAOD deve sempre estar atenta para a distribuição espacial das oportunidades na cidade.

Há um custo envolvido na aquisição de dados de transporte coletivo, que envolve a disponibilização de dados por plataformas pagas com o *Google Maps*. Além disso, há uma série de restrições ao seu uso, em tais serviços de mapas. A disponibilização de dados por agentes públicos em formato padronizado, com o GTFS, poderia facilitar a implementação de novos trabalhos no futuro.

O *OpenStreetMap* é uma importante fonte de dados para o cálculo do IAOD. Seu caráter colaborativo é, ao mesmo tempo, facilitador, porque envolve o uso da força de trabalho de diversas pessoas, e desafiador, pois a maturidade de mapeamento em cada cidade ou tipologia viária pode variar entre as cidades.

Há a intenção de que este trabalho seja reproduzido em outras cidades e em anos futuros com o objetivo de disseminar o debate sobre o papel da mobilidade urbana na promoção da acessibilidade e acompanhar a evolução das condições de acesso nas cidades ao longo do tempo. Naturalmente, desejamos que a metodologia evolua neste processo, por meio da colaboração do seu código aberto. Dessa forma, são pertinentes sugestões para a elaboração de futuros trabalhos que sigam essa metodologia.

Em relação ao IAOD, esperamos que a realização do Censo em 2022 traga uma ampla renovação do conhecimento sobre os municípios brasileiros e possibilite a incorporação de dados populacionais em novos recortes, como a renda. Essas informações permitirão ampliar, significativamente, o potencial do índice de traduzir as diferentes desigualdades espaciais e sociais nas nossas cidades.

Também desejamos que o IAOD seja capaz de analisar a acessibilidade por meio do transporte público em sua totalidade. Dessa forma, o desenvolvimento de indicadores referentes aos demais modos de transporte coletivo, como o trem e o metrô, por exemplo, são fundamentais para a produção de um índice de acesso mais abrangente.

Em relação ao IATP, é possível aplicar o questionário em outros públicos, utilizando diferentes canais e abordagens. O aspecto subjetivo da escolha modal exerce significativa influência sobre seu padrão de deslocamento nas cidades. Dessa forma, sugerimos aprofundar os estudos sobre integração do automóvel por aplicativo com outros modos de transporte e mensurar quanto este tipo de deslocamento contribui para a melhoria do acesso nas cidades.

9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este relatório demonstrou o processo de criação de um novo índice focado na mobilidade urbana, um instrumento de gestão com impacto na redução das desigualdades sociais. Apesar da limitação de dados, que não dão conta da complexidade das relações urbanas, podemos afirmar que o Índice de Acesso à Cidade (IAC) atingiu o objetivo de consolidar, mensurar e sintetizar as diferenças de acesso nas 17 cidades estudadas.

O IAC pode e deve ser calculado com frequência, principalmente com as futuras atualizações de dados com a realização do Censo 2022. Com os novos dados será possível acompanhar a medição de ações implantadas e outras propostas que visam melhorar o acesso à cidade para toda a população, em especial para as pessoas que vivem em áreas periféricas e desassistidas.

Por isso, como ressaltamos ao longo deste documento, é fundamental realizarmos pesquisas com códigos abertos, visando a democratização do conhecimento e a possibilidade de mais pessoas pesquisadoras contribuírem com o aperfeiçoamento da coleta de dados. Além disso, com o emprego destes dados podemos trabalhar na transformação de realidades e na criação de cidades mais sustentáveis.

Esta pesquisa e relatório somam-se a outras iniciativas que têm como objetivo a criação de instrumentos de boas práticas que devem orientar a gestão pública e a busca pelo mundo comum.

Ferramentas como o IAC podem colaborar com o tão almejado sonho de que nossas cidades possam ampliar o acesso dos serviços a todas as pessoas, fazendo com que a justiça social não seja uma questão retórica, mas uma prática que transforma a sociedade e faz da cidade um lugar bom para se viver.

10. REFERÊNCIAS

BHAT, Chandra *et al.* **Urban accessibility index**: literature review. Research report number TX-01/7-4938-1. Texas: The University of Texas at Austin, 2000. Disponível em: https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/14882/dot_14882_DS1.pdf. Acesso em: 19 abr. 2022.

BOISJOLY, Geneviève *et al.* Accessibility measurements in São Paulo, Rio de Janeiro, Curitiba and Recife, Brazil. **Journal of Transport Geography**, Holland, v. 82, art. n. 102551, jan. 2020. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0966692318304332>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BOISJOLY, Geneviève; EL-GENEIDY, Ahmed M. How to get there? A critical assessment of accessibility objectives and indicators in metropolitan transportation plans. **Transport Policy**, Holland, v. 55, p. 38–50, apr. 2017. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0967070X1630436X>. Acesso em: 15 fev. 2022.

BRASIL. Lei no 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 4 jan. 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm. Acesso em: 19 abr. 2022.

CNES - CADASTRO NACIONAL DE ESTABELECIMENTOS DE SAÚDE. Ministério da Saúde (Brasil). **Downloads base de dados**. Brasília, DF: CNES, [S.l.]. Disponível em: <https://cnes.datasus.gov.br/pages/downloads/arquivosBaseDados.jsp>. Acesso em: 2 mai. 2022.

DENATRAN. Ministério da Infraestrutura (Brasil). **Frota de veículos – 2019**. Brasília, DF: Denatran, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/transito/conteudo-denatran/frota-de-veiculos-2019>. Acesso em: 21 mar. 2022.

FERNANDES, Patricia Capanema Alvares. A fundação de Belo Horizonte: ordem, progresso e higiene, mas não para todos. **Cadernos Metrôpoles**, v. 23, p. 1061-1084, set. dez. 2021. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/cm/a/rrwshbpmkVHZtLnr5xJ84rx/?lang=pt>. Acesso em: 24 mar. 2022.

GAYLE, Rubin. **Políticas do sexo**. São Paulo: Ubu Editora, 2017.

GITHUB. **IpeaGIT/r5r**. Disponível em: <https://github.com/ipeaGIT/r5r>. Acesso em: 21 mar. 2022.

GOOGLE CLOUDE. **Google Maps Platform terms of service**. Califórnia, Estados Unidos. Disponível em: <https://cloud.google.com/maps-platform/terms>. Acesso em: 4 mai. 2022.

HARKOT, Marina Kohler. **A bicicleta e as mulheres**: mobilidade ativa, gênero e desigualdades socioterritoriais em São Paulo. 2018. 192 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-17092018-153511/pt-br.php>. Acesso em: 1 mai. 2022.

H3. **Hexagonal hierarchical geospatial indexing system**. Disponível em: <https://h3geo.org/>. Acesso em: 3 mai. 2022.

IBGE. **Censo 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/>. Acesso em: 19 abr. 2022.

_____. **Cidades@**. Conheça cidades e estados do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 22 mar. 2020.

_____. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios: PNAD Covid19**. Novembro/2020 - Resultado mensal. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria de Pesquisas, Coordenação de Trabalho e Rendimento, 2020. 57p. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101778>. Acesso em: 19 abr. 2022.

INEP – INSTITUTO NACIONAL DE ESTUDOS E PESQUISAS EDUCACIONAIS ANÍSIO TEIXEIRA. Ministério da Educação (Brasil). **Censo escolar**. Brasília, DF: Inep, [S.l.]. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-escolar/resultados>. Acesso em: 5 mai. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DIREITO URBANÍSTICO – IBDU. **Direito à cidade: vivências e olhares de identidade de gênero e diversidade afetiva & sexual**. São Paulo: IBDU, 2017. 116 p. Disponível em: <https://ibdu.org.br/2017/12/07/direito-a-cidade-vivencias-e-olhares-de-identidade-de-genero-e-diversidade-afetiva-sexual/>. Acesso em: 1 mai. 2022.

KEMMER, Laura. **Bonding: infrastructure, affect, and the emergence of urban collectivity**. 2020. 241 f. Dissertação (Mestrado em Filosofia), Universität Hamburg, Hamburgo, Alemanha, 2020. Disponível em: https://repos.hcu-hamburg.de/bitstream/hcu/529/1/Kemmer_Bonding_compressed.pdf. Acesso em: 1 mai. 2022.

LITMAN, Todd. Measuring transportation: traffic, mobility and accessibility. **ITE Journal**, Washington DC, v. 73, n. 10, oct. 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/37183597_Measuring_transportation_Traffic_mobility_and_accessibility. Acesso em: 19 abr. 2022.

OPEN STREET MAP FOUNDATION. **Open Street Map**. Disponível em: <https://www.openstreetmap.org/>. Acesso em: 5 mai. 2022.

PDET. Programa de Disseminação de Estatística do Trabalho. Ministério do Trabalho e Emprego (Brasil). **Portal do Trabalho e Emprego**. Acesso online às bases de dados. Brasília, DF: PDET, [S.l.]. Disponível em: <http://acesso.mte.gov.br/portal-pdet/o-pdet/portifolio-de-produtos/bases-de-dados.htm>. Acesso em: 2 mai. 2022.

PEREIRA, Glaucia. Estimativa de frota de bicicletas no Brasil. **Journal of Sustainable Urban Mobility**, São Paulo, v. 1, n. 1, mar. 2021. Disponível em: <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/YOFPTV>. Acesso em: 21 mar. 2022.

PEREIRA, Rafael H. M. *et al.* Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras - 2019. **Texto para discussão 2535**. Brasília, Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2019. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35268&Itemid=44. Acesso em: 19 abr. 2022.

PINTO, Davi Garcia Lopes; LOUREIRO, Carlos Felis Grangeiro; SOUZA, Francelino Franco Leite de Matos. As desigualdades socioespaciais na acessibilidade ao trabalho em Fortaleza sob distintas métricas. *In*: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM TRANSPORTE, 34., 2020, 100% digital. **Anais...** [S.l]: ANPET, 2020. p. 2191-2203. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/ri/handle/riufc/56140>. Acesso em: 1 mai. 2022.

PNUD BRASIL. **Índice de Desenvolvimento Humano**. Brasília, DF: PNUD Brasil, 2010. Disponível em: <https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/rankings/idhm-municipios-2010.html>. Acesso em: 20 abr. 2022.

SILVA, Jefferson Hishiyama da. **Método de análise para avaliação da disparidade de acessibilidade entre o transporte público urbano e individual por automóvel**. 2021. 128 f. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2021. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/42335>. Acesso em: 19 abr. 2022.

VENTER, Christo. Developing a common narrative on urban accessibility: a transportation perspective. **Brookings**, Washington DC, 11 jan. 2016 Disponível em: <https://www.brookings.edu/research/developing-common-narrative-urban-accessibility-transportation/>. Acesso em: 19 abr. 2022.

VIEIRA, Cláudia Andrade. **Imagens reveladas, diferenças veladas** – Relações de gênero na dinâmica do espaço público na cidade do Salvador, Bahia. Salvador: EDUNEB, 2017.

APÊNDICE I:

VISUALIZAÇÃO DO IAOD EM BELO HORIZONTE

Neste apêndice vamos demonstrar a utilização do Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD em Belo Horizonte, Minas Gerais. Nosso objetivo é discutir as questões que envolvem o IAOD no contexto da mobilidade nas cidades, além de ilustrar o potencial da metodologia e revelar a situação do uso do espaço nas cidades.

Os mapas, das demais cidades avaliadas neste documento, podem ser encontrados no repositório do projeto Índice de Acesso à Cidade, disponível na página do *Github* do instituto de pesquisa Multiplicidade Mobilidade Urbana em: https://github.com/Multiplicidademobilidade/indice_acesso_cidade.

Primeiramente, é importante destacar que a capital do estado de Minas Gerais foi fundada no final do século XIX e é considerada uma das primeiras cidades planejadas do Brasil. Com um plano urbanístico amparado em ideais positivistas, o projeto do urbanista brasileiro Aarão Reis era caracterizado por uma malha de ruas perpendiculares, formando quarteirões regulares entrecortados por vias diagonais.

No entanto, conforme argumenta Fernandes (2021), apesar do caráter grandioso e inovador, o empreendimento implementado pela nascente República na nova capital mineira inaugurou um processo de segregação socioespacial que pode ser percebido até hoje, conforme analisaremos nas próximas seções.

Com uma população estimada em 2.530.701 habitantes (IBGE, 2017), Belo Horizonte é a sexta cidade mais populosa do país e integra a terceira maior região metropolitana, composta por 34 municípios.

O mapa da Figura 1 revela que Belo Horizonte possui polos com maior densidade populacional: a região central, início da construção planejada da cidade, e a região ao norte da Lagoa da Pampulha, local que recebeu importantes obras de infraestrutura a partir da década de 1940.

Se observarmos os dados apresentados na Figura 2, no entanto, podemos notar que a ocupação do espaço é bastante desigual no que diz respeito à raça, de maneira que as populações negras se concentram nas regiões periféricas, ao norte e ao sudoeste do município.

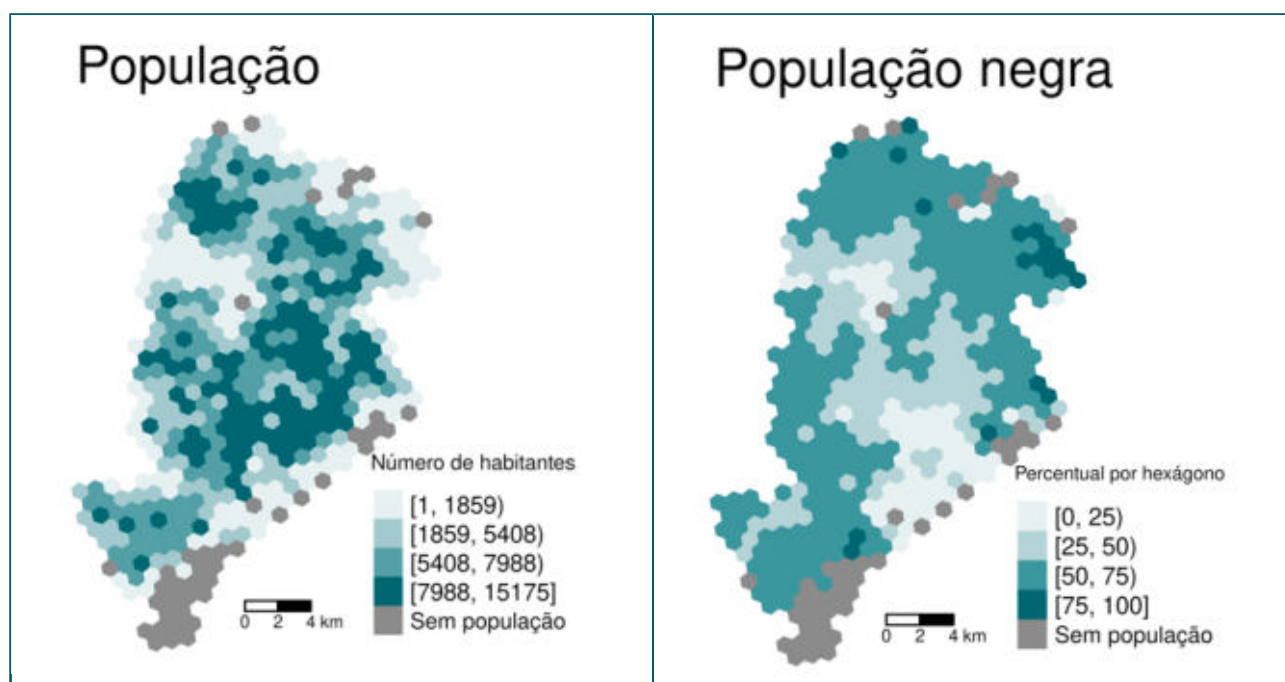


Figura 1: Distribuição populacional em Belo Horizonte. Fonte: elaboração própria a partir dos dados do IBGE (2010).

Figura 2: Distribuição da população negra em Belo Horizonte. / Fonte: elaboração própria a partir dos dados do IBGE (2010).

Resultados gerais

Belo Horizonte obteve uma pontuação final de 38,3 no Índice de Acesso à Cidade - IAC. Esse resultado teve como contribuições a pontuação de 45,1 no Índice de Acesso às Oportunidades em Prol da Redução das Desigualdades - IAOD, e uma pontuação de 11,2 no Índice de Integração do Automóvel por Aplicativo com o Transporte Público - IATP.

Vale ressaltar que o IAC é resultado de uma ponderação, onde 80% da nota é contribuição do IAOD e os 20% restantes do IATP.

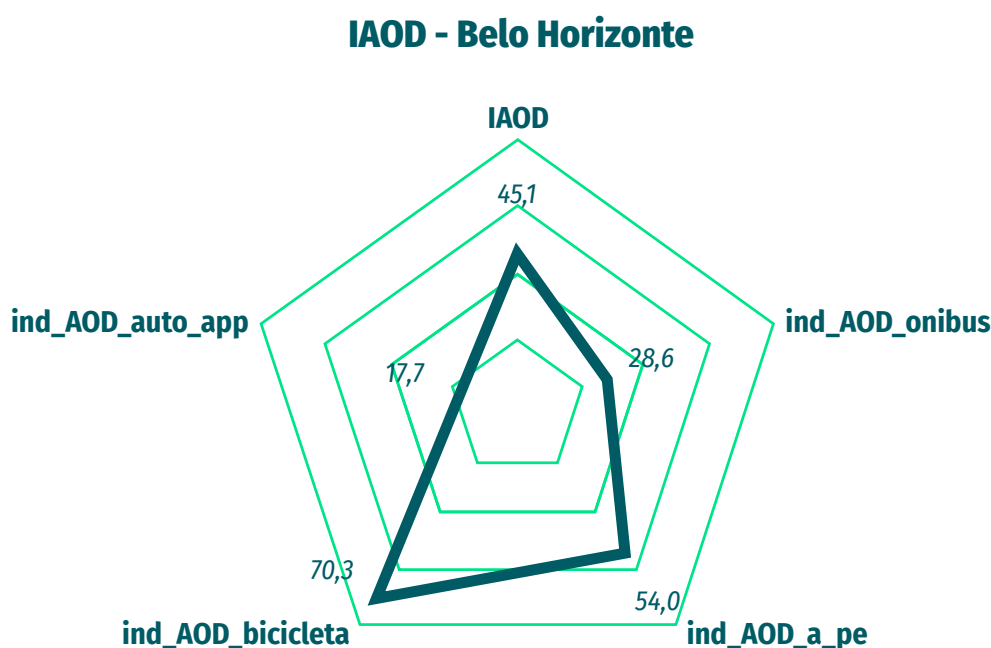


Figura 3: Resultado do IAOD em Belo Horizonte. Fonte: elaboração própria, 2022.

Interpretação do IAOD e seus mapas

Conforme apresentado no desenvolvimento do trabalho, o IAOD é um índice que busca traduzir as condições de acesso no território dos municípios ponderadas pela presença da população negra residente.

O IAOD é composto por quatro indicadores, representando cada um dos modos de transporte analisados. Os indicadores, por sua vez, são divididos em três componentes que representam o acesso ao trabalho, à saúde e à educação.

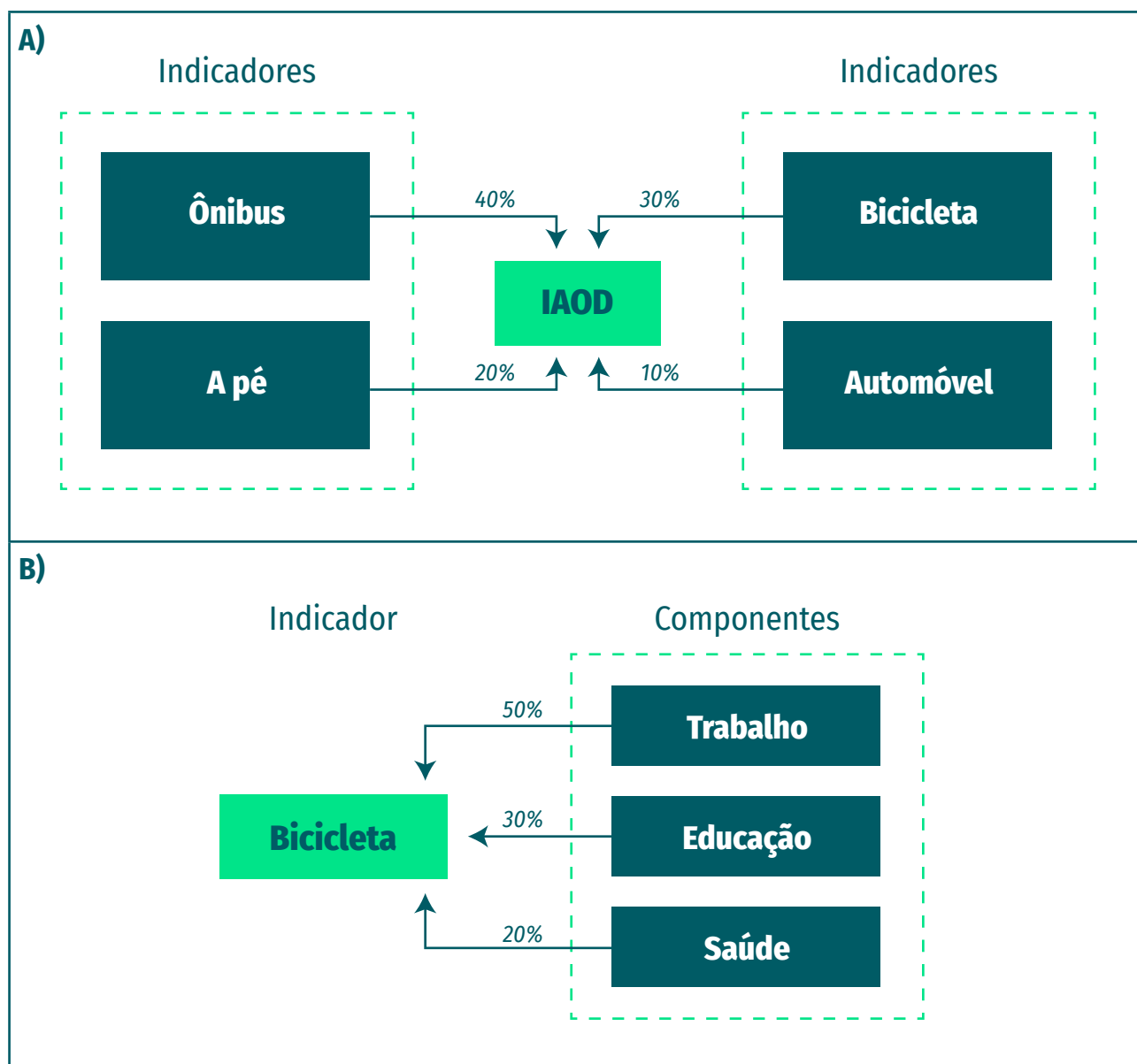


Figura 4: a) Composição do IAOD a partir dos seus indicadores. b) composição do indicador de acesso pela bicicleta a partir dos seus componentes.

Fonte: elaboração própria, 2022.

Observe agora a formulação dos componentes cuja distribuição espacial é ilustrada neste apêndice:

$$Comp_AOD_o = \frac{\sum_{i=1}^N (CMA_o / CMA'_o) * P_{i,q}}{\sum_{i=1}^N P_{i,q}}$$

Onde:

- *Comp_AOD_o* são os componentes que constituem o indicador Ind_AOD para cada tipo de oportunidade *o*;
- *CMA_o* é o indicador de acessibilidade cumulativa para a oportunidade *o*;
- *CMA'_o* é o indicador de acessibilidade cumulativa para o cenário favorável e oportunidade *o*;
- *P* é o peso atribuído ao hexágono *i*, representado pelo quartil *q* do percentual da população negra residente.

Assim, podemos dizer que o IAOD possibilita a produção de diferentes dimensões da acessibilidade nas cidades por tipo de oportunidade e modo de transporte. A Figura 5 apresenta a visualização destas dimensões a partir de um exemplo, o componente do acesso ao trabalho utilizando a bicicleta.

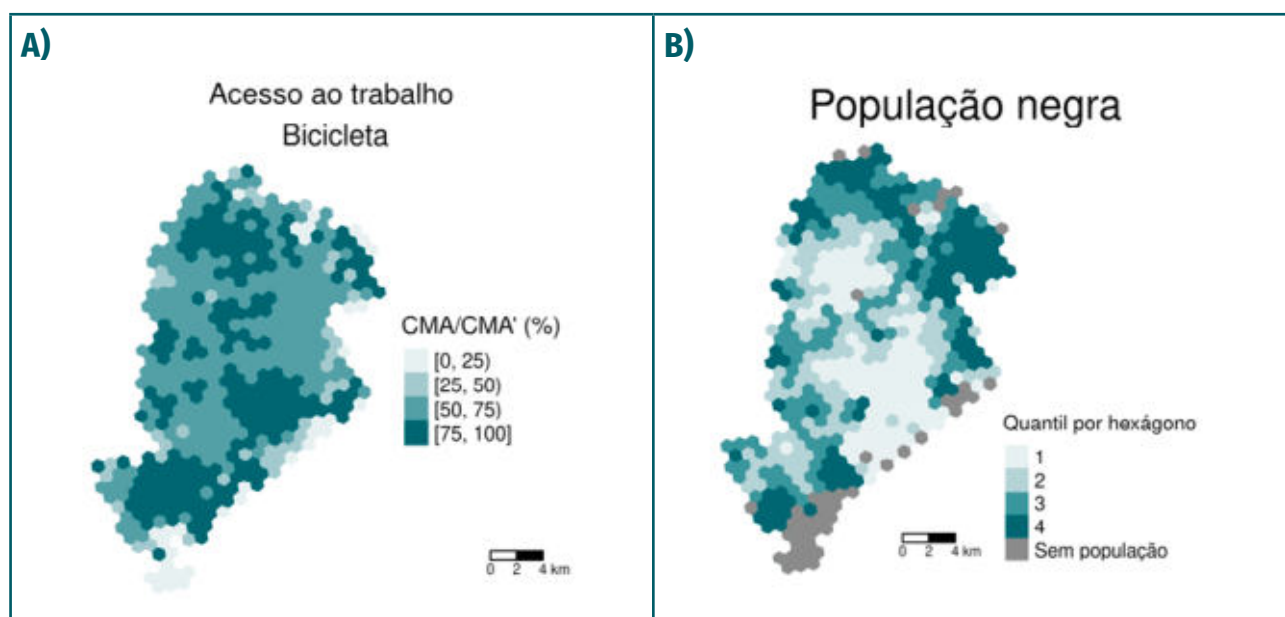


Figura 5: a) Razão entre a acessibilidade cumulativa (CMA) e a acessibilidade do cenário favorável (CMA') para o trabalho considerando o uso da bicicleta. b) Ponderação (P) de cada hexágono definida a partir do quartil do percentual da população negra. / Fonte: elaboração própria, 2022.

A Figura 5-a mostra a razão entre a acessibilidade cumulativa e a acessibilidade do cenário favorável ao modo de transporte analisado (CMA/CMA'), por se tratar de um percentual, seus resultados variam entre 0 e 1.

Neste caso, devemos destacar uma característica do IAOD em relação aos modos ativos: a tradução do cenário favorável, onde espera-se maior priorização da mobilidade ativa e melhor oferta de infraestrutura, resultando em um pequeno aumento da velocidade considerada.

Dessa forma, os resultados da razão CMA/CMA' nos modos ativos devem ser mais altos do que nos modos motorizados.

A Figura 5-b traduz a presença da população negra no território sob a forma dos pesos aplicados na formulação do IAOD, considerando a realização da conversão do percentual para os quartis de sua distribuição, de forma que seu valor possa variar entre 1 (até 25%) e 4 (acima de 75%). Essa ponderação tem como objetivo incorporar o aspecto da desigualdade racial no acesso às oportunidades existentes no município.

A razão entre os acessos real e favorável ao trabalho pela ponderação da população negra resulta no componente do trabalho do indicador bicicleta, conforme ilustra a Figura 6-a.

Observe que, em função da multiplicação do CMA/CMA' pelo peso representado pelo quartil da população negra, o valor dos componentes do IAOD varia entre 0 e 4. Neste ponto vale destacar que o número absoluto das oportunidades acessíveis no território deixa de ser considerado no momento do cálculo da razão entre o CMA e o CMA'.

Dessa forma, um município pode apresentar regiões com pouca oferta de oportunidades, mas com alto nível de acesso, por exemplo. Devido a essa limitação, recomendamos que a visualização dos componentes do IAOD no município seja acompanhada da visualização da distribuição das oportunidades no território.

A seguir, vamos apresentar a distribuição dos postos de trabalho em Belo Horizonte, conforme ilustra a Figura 6-b.

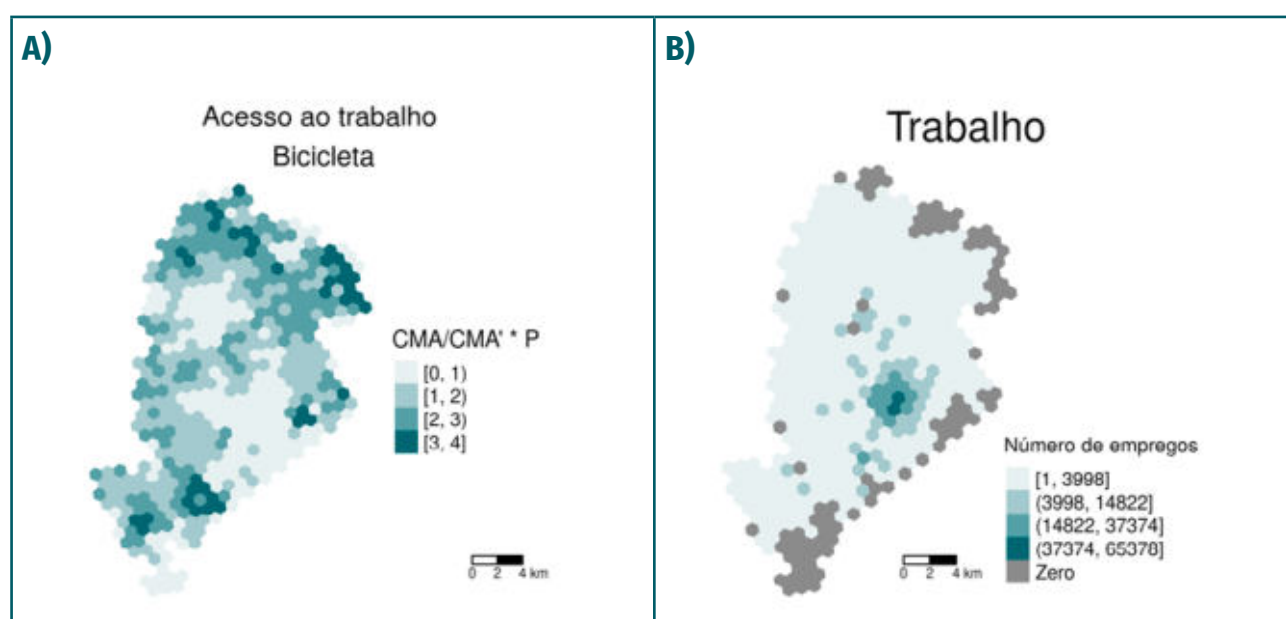


Figura 6. a) Componentes do IAOD obtidos pela fórmula: $(CMA/CMA') \cdot P$. b) Oportunidades de trabalho em Belo Horizonte. / Fonte: elaboração própria, 2022.

O mapa da Figura 6 revela que a oferta de trabalho em Belo Horizonte segue um padrão encontrado nas grandes cidades brasileiras: a existência de uma centralidade que concentra as oportunidades do município. Como vimos, apesar de apresentar uma população significativa, a região central possui pouca presença de pretos e pardos entre seus residentes. Assim, esse contexto reflete os resultados do índice sobre o espaço.

Por fim, a conciliação dessas informações permite visualizarmos melhor o quadro da desigualdade no acesso às oportunidades de trabalho em Belo Horizonte. Embora a região do centro e seu entorno, onde estão concentradas as oportunidades de emprego da cidade, possuam alto índice de acesso, medido a partir do cálculo CMA/CMA' (Figura 5.a), o deslocamento das populações negras para as regiões periféricas do território torna essas oportunidades inacessíveis para essa população (Figura 6.a).

Em contrapartida, embora existam regiões onde há população negra significativa, acompanhada de alto nível de acesso, notamos que a distribuição dos empregos revela um acesso restrito a um percentual muito pequeno das oportunidades da cidade.

An aerial photograph of a city street intersection, overlaid with a semi-transparent hexagonal pattern. The image shows buildings, a crosswalk, and some street furniture. The text is centered over the image.

ÍNDICE DE **ACESSO À CIDADE**

Um instrumento de incentivo às boas
práticas na gestão da mobilidade