

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Instituto de Geociências
Programa de Pós-graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais

Antonio Henrique Noronha Ribeiro

**ACESSIBILIDADE AO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS:
indicadores para Regional Administrativa Barreiro, Belo Horizonte-MG**

Belo Horizonte
2024

Antonio Henrique Noronha Ribeiro

**ACESSIBILIDADE AO SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS:
indicadores para Regional Administrativa Barreiro, Belo Horizonte-MG**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Fernando Ferreira Lobo

Belo Horizonte

2024

R484a
2024

Ribeiro, Antonio Henrique Noronha.

Acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus [manuscrito] : indicadores para Regional Administrativa Barreiro, Belo Horizonte-MG/ Antonio Henrique Noronha Ribeiro. – 2024.

105 f., enc.: il. (principalmente color.)

Orientador: Carlos Fernando Ferreira Lobo.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2024.

Bibliografia: f. 92-96.

Inclui apêndices.

1. Modelagem de dados – Aspectos ambientais – Teses. 2. Percepção espacial – Teses. 3. Transportes coletivos – Barreiro (Belo Horizonte, MG) – Teses. 4. Ônibus – Teses. I. Lobo, Carlos. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 911.2:519.6(815.1):656.121



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ANÁLISE E MODELAGEM DE SISTEMAS AMBIENTAIS

FOLHA DE APROVAÇÃO

"Acessibilidade Ao Sistema de Transporte Público por Ônibus: Indicadores para Regional Administrativa Barreiro, Belo Horizonte-MG"

Antônio Henrique Noronha Ribeiro

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **20 de dezembro de 2023**, pela Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Análise e Modelagem de Sistemas Ambientais da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

Carlos Fernando Ferreira Lobo - Orientador

Universidade Federal de Minas Gerais

Leandro Cardoso

Universidade Federal de Minas Gerais

Rodrigo Affonso de Albuquerque Nóbrega

Universidade Federal de Minas Gerais

Daniela Antunes Lessa

Universidade Federal de Ouro Preto

Belo Horizonte, 29 de julho de 2024.



Documento assinado eletronicamente por **Leandro Cardoso, Professor do Magistério Superior**, em 29/07/2024, às 10:58, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Carlos Fernando Ferreira Lobo, Professor do Magistério Superior**, em 29/07/2024, às 11:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rodrigo Affonso de Albuquerque Nobrega, Professor do Magistério Superior**, em 29/07/2024, às 14:23, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Daniela Antunes Lessa, Usuário Externo**, em 30/07/2024, às 16:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **3414038** e o código CRC **381A6624**.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram para o desenvolvimento e conclusão desta dissertação.

Em primeiro lugar, agradeço ao meu orientador, Prof. Carlos Lobo, por acreditar em mim e me abrir novas portas na Geografia e por me ajudar a compreender os meandros da produção do conhecimento científico. Sua orientação valiosa, paciência e inspiração ao longo deste processo foram fundamentais para esse trabalho, camarada!

À minha família, meu mais profundo agradecimento. À minha mãe, Íris, e meu pai, Rubens, pelo constante apoio e encorajamento. Às minhas irmãs, Ana Lídia, Marina e Clarice, pelo suporte incondicional em todos os momentos.

Não posso deixar de agradecer aos membros peludos da minha família, meus gatos Getúlio, Teodora, Doninha e Gibilisco, por trazerem alegria e companhia durante as longas horas de trabalho.

Aos colegas e amigos de laboratório, Bárbara Janine, Max, Beatriz, Túlio e Victor, agradeço pela colaboração, troca de ideias e momentos compartilhados. Seu apoio foi fundamental para o sucesso deste trabalho.

Aos professores do programa, em especial a Profa. Adriana Monteiro, ao Prof. Ricardo Alexandrino, ao Prof. Rodrigo Nóbrega (Sal) e à coordenadora Sônia, expresso minha gratidão pela dedicação ao ensino e pela contribuição significativa ao meu crescimento acadêmico.

À secretaria da pós, em especial a Ísis e Cora, agradeço pela eficiência e auxílio em todas as etapas do programa.

Um agradecimento especial à minha esposa, Pâmela. Sem ela nada disso seria possível, pela compreensão, paciência, cuidado e amor incondicional.

A todos que de alguma forma contribuíram para esta jornada, apesar dos 14.000 km de distância que nos encontramos, muito obrigado!

RESUMO

O rápido processo de urbanização experimentado no Brasil, sobretudo a partir de meados do século XX, foi impulsionado pelo processo de industrialização tardia, que reorganizou as forças produtivas e econômicas e transformou significativamente a distribuição espacial da população, moldando a dinâmica do arranjo territorial urbano. No entanto, a configuração urbana no país é marcada por um desenvolvimento social e espacialmente desigual, não raro acompanhado da periferização espacial da pobreza. Uma das consequências diretas refere-se as barreiras a mobilidade e acessibilidade de parcela expressiva da população, que está diretamente relacionada à precariedade nos sistemas de transporte público. Nesse sentido, áreas periféricas dos principais centros urbanos e metropolitanos, como a Regional Administrativa Barreiro em Belo Horizonte, sofrem com a ineficiência do sistema de transporte público por ônibus, refletindo-se em viagens longas e demoradas, além de tarifas elevadas. Considerando que melhorias nas condições de acessibilidade ao transporte público representam uma forma de redução das desigualdades, permitindo que mais pessoas acessem oportunidades, esta pesquisa propõe a elaboração de indicadores de acessibilidade ao transporte público por ônibus na Regional Administrativa Barreiro, sistematizados em três dimensões: a acessibilidade aos pontos de embarque de ônibus, a acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus e a acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus. Os indicadores foram concebidos com base em dados da Pesquisa OD de 2012, do Censo de 2010 e da BHTrans/PBH. Os resultados indicam sensíveis desigualdades de acesso ao sistema de transporte por ônibus, revelados não só pelo resultado do índice geral de acessibilidade. Em vários casos, essa baixa acessibilidade é coincidente a capacidade de utilização do sistema, especialmente das populações de baixo nível de renda. Fundamentada na investigação das condições de acessibilidade, os resultados dessa pesquisa oferecem dados potencialmente útil, capazes de auxiliar a tomada de decisão em projetos e políticas públicas de transporte, especialmente em áreas marcadas por desafios socioeconômicos e precariedade nos serviços de transporte.

Palavras-chave: acessibilidade; análise espacial; indicadores de acessibilidade; transporte público por ônibus.

ABSTRACT

The rapid process of urbanization experienced in Brazil, especially from the mid-20th century onwards, was driven by the late industrialization process, which reorganized productive and economic forces, significantly transforming the spatial distribution of the population and shaping the dynamics of the urban territorial arrangement. However, the urban configuration in the country is marked by socially and spatially uneven development, often accompanied by the spatial peripheralization of poverty. One of the direct consequences relates to mobility and accessibility barriers for significant portion of the population, directly linked to the precarity of public transportation systems. Apparently, peripheral areas of major urban and metropolitan centers, such as the Barreiro Administrative Region in Belo Horizonte, suffer from the inefficiency of the bus public transportation system, resulting in long and time-consuming journeys, as well as high fares. Considering that improvements in accessibility to public transportation represent a way to reduce inequalities, enabling more people to access opportunities, this research proposes the development of indicators of public bus transportation accessibility in the Barreiro Administrative Region, systematized in three dimensions: accessibility to bus boarding stops, accessibility to the public bus transportation system, and accessibility through the public bus transportation system. The indicators were conceived based on data from the 2012 OD Survey, the 2010 Census, and BHTrans/PBH. The results indicate significant inequalities in access to the bus transportation system, revealed not only by the overall accessibility index. In many cases, this low accessibility coincides with the system's ridership, especially for low-income populations. Based on the investigation of accessibility conditions, the results of this research provide potentially useful data that can assist decision-making in transportation projects and public policies, especially in areas marked by socio-economic challenges and inadequacies in transportation services.

Keywords: accessibility; spatial analysis; accessibility indicators; public bus transportation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma metodológico.....	39
Figura 2 - Fluxograma da etapa de levantamento, organização e compilação dos dados.....	40
Figura 3 - Fluxograma dos indicadores de acessibilidade.....	42
Figura 4 - Zona de caminamento máxima (600m).....	43
Figura 5 - Interseção entre as linhas de ônibus e as AHS.	49
Figura 6 - Vila CEMIG, Regional Barreiro.....	26
Figura 7 - Regionais Administrativas de Belo Horizonte MG.....	27
Figura 8 - Imagem orbital com os diferentes padrões de ocupação na Regional Administrativa Barreiro.	29
Figura 9 - Limite da regional Barreiro e divisão por dos bairros e ZEIS 1 e 2, de acordo com o Plano Diretor de 2019.....	31
Figura 10 - (a) População residente nos bairros da Regional Barreiro e (b) densidade demográfica dos bairros na Regional Barreiro.	32
Figura 11 - (a) Renda mensal média por bairros da Regional Barreiro e (b) renda mensal média distribuída por setores censitários.....	33
Figura 12 - Rede viária da Regional Administrativa Barreiro.....	36
Figura 13 – (a) Distribuição e densidade dos pontos de embarque e (b) linhas de ônibus da BHTRANS na Regional Barreiro.....	38
Figura 14 - Resultado do indicador RDP.....	57
Figura 15 - Resultado do indicador TCmed.....	58
Figura 16 – Resultado do indicador DPmed.....	60
Figura 17 - Resultado do indicador DIV.....	61
Figura 18 - Resultado do indicador RDL.	63
Figura 19 - Resultado do indicador TEmed.....	65
Figura 20 - Resultado do indicador FdVmed.....	67
Figura 21 - Resultado do indicador ConD.	68
Figura 22 - (a) Soma dos indicadores de acessibilidade ao ponto de embarque; (b) soma dos indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte por ônibus; e (c) indicador de acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus.	71
Figura 23 - Resultado do IA.....	73
Figura 24 - IA destacado para o bairro Diamante.....	74

Figura 25 - Cluster de AHs com resultado do IA muito baixo.	75
Figura 26 - (a) Indicador de demanda por ônibus (REs) e (b) indicador socioeconômico (renda familiar média mensal).	78
Figura 27 - (a) Resíduos negativos do modelo e renda e (b) resíduos negativos do modelo e IA.	84
Figura 28 - (a) Mapa de significância do LISA; (b) agrupamentos LISA bivariado (REs-IA) e (c) agrupamentos LISA bivariado (Renda-IA).	87
 Gráfico 1 - Resultado do I de Moran para o IA, scatter plot e distribuição do resultado do teste de permutação.	77
Gráfico 2 - Modelo de regressão linear IA x média de embarques semanais.	80
Gráfico 3 - Distribuição dos resíduos da regressão IA e REs.	80
Gráfico 4 - Modelo de regressão linear IA e renda mensal média.	83
Gráfico 5 - Distribuição dos resíduos da regressão IA e renda mensal média.	83
 Quadro 1 - Bases e geocódigos da Regional Barreiro	41
Quadro 2 - Indicadores de acessibilidade ao ponto de ônibus	44
Quadro 3 - Indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resultados do teste Shapiro-Wilk por indicador.....	70
Tabela 2 - Resultado do I de Moran para os indicadores.....	76
Tabela 3 - Sumário estatístico IA e média de embarques semanais.....	79
Tabela 4 - Sumário estatístico IA e renda mensal média.	82
Tabela 5 – Sumário do I de Moran Global dos resíduos e pseudo-p valor.....	85
Tabela 6 – Sumário do I de Moran Global Bivariado REs, renda mensal média e IA.	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Agência RMBH	Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte
AH	Áreas Homogêneas
BHTRANS	Empresa de Transportes e Trânsito de Belo Horizonte
CBTU	Companhia Brasileira de Trens Urbanos
	Estado de Minas Gerais
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Infraestrutura de Dados Espaciais
LISA	<i>Local Indicators of Spatial Association</i>
OD	Origem-Destino
PBH	Prefeitura de Belo Horizonte
PRODABEL	Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte
RMBH	Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEINFRA-MG	Secretaria de Infraestrutura do Estado de Minas Gerais
SETOP-MG	Secretaria de Estado de Transportes e Obras Públicas do
SIG	Sistema de Informações Geográficas
ZEIS	Zonas de Especial Interesse Social

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE: ESCOPO CONCEITUAL	18
2.1	Mobilidade.....	19
2.2	Acessibilidade	21
2.3	Métricas de acessibilidade	22
3	METODOLOGIA	25
3.1	Base de dados e procedimentos preliminares	39
3.2	Sistema de indicadores.....	41
3.2.1	Indicadores de acessibilidade ao ponto de embarque de ônibus	42
3.2.2	Indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus	46
3.2.3	Indicador de acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus	48
3.3	Índice de Acessibilidade por Área Homogênea (IA).....	49
3.3.1	Tratamento estatístico dos dados.....	50
3.4	IA e suas relações com as características socioespaciais.....	53
4	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A REGIONAL ADMINISTRATIVA BARREIRO.....	25
4.1	Histórico de ocupação	25
4.2	Organização espacial	28
4.3	Características demográficas e socioeconômicas	32
4.4	Sistema viário e transporte público por ônibus na Regional Barreiro.....	34
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
5.1	Resultados dos indicadores.....	56
5.1.1	Indicador RDP	56
5.1.2	Indicador TCmed	58
5.1.3	Indicador DPmed	60
5.1.4	Indicador DIV	61
5.1.5	Indicador RDL.....	62

5.1.6 Indicador TEmed	64
5.1.7 Indicador FdVmed	66
5.1.8 Indicador de conectividade direta (ConD).....	68
5.2 Resultado do IA	69
5.3 Resultado das estatísticas espaciais	76
5.3.1 I de Moran global dos indicadores e do IA.....	76
5.3.2 Relações do IA com indicadores de demanda por ônibus e renda.....	78
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS	92
Apêndice A – Resultados dos indicadores e do IA dispostos por AHS.....	97
Apêndice B – Dados populacionais e socioeconômicos dos bairros da Regional Administrativa Barreiro	99
Apêndice C – Sumário estatístico da regressão linear entre a variável IA (explicativa) e renda mensal média (dependente).....	101
Apêndice D – Sumário estatístico da regressão linear entre a variável IA (explicativa) e Embarques médios semanais (dependente)	103

1 INTRODUÇÃO

O processo de urbanização no Brasil, ocorrido especialmente a partir de meados do século XX, foi marcado pela intensidade e rapidez. Em poucas décadas, de 1940 a 2010, a proporção de população urbana do país passou de 31,24% para 84,36%, conforme dados dos censos demográficos (IBGE, 2012). Essa alteração na distribuição espacial brasileira ocorreu no bojo do processo de industrialização tardia, comum nos países periféricos da América Latina, que tinha como propósito reduzir, pelo menos temporariamente, os descompassos entre as economias capitalistas centrais e as periféricas, reposicionando seus papéis na estrutura produtiva internacional.

No entanto, para que este processo fosse levado à cabo, foi necessária uma profunda mudança nos arranjos socioespaciais do país. A regulamentação do trabalho urbano, pós revolução de 1930, bem como o incentivo à construção de uma infraestrutura industrial, foram elementos preponderantes para o desenvolvimento urbano no Brasil. Com isso, foram também responsáveis pelo intenso fluxo migratório campo-cidade experimentado ao longo do século XX (LUZ; SANTIN, 2010; MARICATO, 2003).

Nesse sentido, de acordo com Milton Santos (1989), o processo de urbanização no Brasil vincula-se, então, fortemente às mudanças impostas pela reorganização das forças produtivas e econômicas, que acabam por ditar a dinâmica do arranjo territorial urbano. Na esteira da industrialização surgem também demandas por infraestruturas que permitissem o assentamento residencial, o abastecimento, acesso à saúde, energia, água, transporte e etc. desse novo contingente populacional.

Contudo, a (re)produção do espaço urbano não ocorre de maneira harmoniosa. A cidade passa então a desempenhar um papel fundamental na acumulação do capital e as contradições inerentes desse processo acabam por engendrar o espaço enquanto mercadoria. Assim, a prevalência do valor de troca do espaço-mercadoria, em detrimento do valor de uso, implica em disputas e conflitos pelos usos dos lugares, considerando as diferentes classes que estruturam uma sociedade hierarquizada (CARLOS, 2015).

Considerando o paradigma da escassez, o desenvolvimento metropolitano se dá então de forma desigual, associado a um processo desordenado de ocupação territorial e expansão do tecido urbano nas principais cidades brasileiras que, baseado

na especulação, produz o fenômeno de periferização social e espacial da pobreza, ao forçar o estabelecimento de boa parte das populações mais pobres em áreas distantes, dotadas de infraestrutura precária e afastada dos equipamentos urbanos (MATOS, 2005; SANTOS, 1990).

Essa problemática urbana produz e reflete diretamente as condições de mobilidade e acessibilidade da população. A carência de infraestruturas adequadas, inclusive viárias e de transportes, além das dilatadas distâncias aos equipamentos públicos, dado o processo de periferização, também proporcionam a acentuação das desigualdades e a degradação das condições de vida.

Axhausen e Schönfelder (2003) e Cardoso (2007) identificam uma relação próxima entre a precariedade nos sistemas de transporte e as condições de exclusão social e desigualdade, afirmando, assim, que políticas de gestão e planejamento do sistema de transporte configuram um elemento central na manutenção ou na mitigação destas condições. Não obstante, as últimas décadas trouxeram à cena um avanço no debate sobre a acessibilidade e mobilidade urbana no âmbito da normatização jurídica.

A sanção Lei Nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012, que institui diretrizes para a Política Nacional de Mobilidade Urbana, representa um marco no que diz respeito à legislação sobre o tema no Brasil, por exemplo. Nesse instrumento normativo se reconhece a importância que as melhorias nas condições de mobilidade e acessibilidade têm na redução das desigualdades e na promoção da justiça social (BRASIL, 2012).

No caso de Belo Horizonte, o transporte público tem no ônibus seu principal veículo. De forma genérica, a precariedade desse sistema reflete, entre outros aspectos, em viagens longas e tarifas caras. Contraditoriamente, historicamente o modelo escolhido para superar as deficiências do sistema de transporte foi adotar o modo individual motorizado. Segundo pesquisa realizada pela Empresa de Transporte e Trânsito de Belo Horizonte S/A (BHTRANS), a participação do transporte coletivo na distribuição modal caiu de 80%, em 2005, para 63% em 2015 (BELO HORIZONTE, 2015).

Paralelamente, a redução da demanda por transporte coletivo também causa impactos na acessibilidade ao sistema de transporte público, principalmente nas áreas afastadas dos equipamentos urbanos. Esta condição pode provocar o que Silva, Demarchi e Ferraz (1994) denominam de discriminação geográfica, que é motivada

pela pouca ocorrência de modos alternativos de transporte e pelas limitações de integração física e tarifária entre os modos coletivos de transporte.

Diante da ineficiência e ineficácia do sistema de transporte público por ônibus em Belo Horizonte, é pertinente a elaboração procedimentos metodológicos e modelos espaciais capazes de quantificar os diferenciais espaciais na oferta e na demanda por transporte público, permitindo que se identifique problemas relacionados ao acesso a esse sistema. A análise e interpretação dos dados extraídos desse tipo de modelo pode orientar a concepção de projetos e planos de mobilidade urbana que tornem mais efetivo e justo o sistema de transporte público coletivo.

Dessa forma, no contexto apresentado, este trabalho tem por objetivo geral propor um índice de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus baseado em três dimensões: (a) acesso aos pontos de embarque, que aborda os aspectos de impedância pedonal e oferta de pontos de embarque; (b) acesso ao sistema, que contempla o número de linhas, a frequência de passagem dos veículos e a demanda pela utilização do sistema de transporte público; e (c) conectividade direta das linhas de ônibus, que afere a quantidade de áreas acessíveis sem baldeação ou mudança modal.

Cada dimensão será avaliada com base em indicadores específicos, considerando efeitos das componentes frequência, tempo e custo, que permita caracterizar e analisar a acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus na Regional Barreiro, em Belo Horizonte, bem como suas implicações no nível de mobilidade local. Também serão avaliadas as possíveis relações entre a acessibilidade ao sistema de transporte público e as condições socioespaciais da Regional Barreiro, com especial atenção às desigualdades locais.

A escolha dessa regional, além da histórica condição desfavorável nas condições de vida da população residente, bem como pela precariedade na provisão de uma série de serviços públicos, inclusive no sistema de transportes, se dá pela presença das estações de ônibus Diamante, construída em 1997, e a estação Barreiro, construída em 2002, que articulam a participação estratégica da capital com os municípios de Betim, Contagem e Ibirité. Articulação prevista, inclusive, pela Lei nº 7165/96, que aprovou o Plano Diretor de 1996 (BELO HORIZONTE, 1996).

Este trabalho parte da premissa que investigar as condições de acessibilidade é uma importante ferramenta para fundamentar a elaboração de diretrizes que orientem projetos e políticas públicas de transporte, que engendra, sobretudo no

âmbito da gestão e do planejamento urbano, impactos múltiplos nos hábitos e na vida cidadina.

Dessa forma, o Índice Local de Acessibilidade por Área Homogênea proposto foi avaliado com base nos dados obtidos na pesquisa de Origem-Destino (OD), realizada pela Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH), em 2012, bem como dados obtidos pela dados do universo do Censo Demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2010, conforme malha de setores censitários recortada para a Regional Barreiro (AGÊNCIA RMBH, 2012; IBGE, 2012).

Os resultados derivados dos indicadores de acessibilidade na Regional Administrativa Barreiro destacam uma multidimensionalidade complexa. A maioria dos indicadores sistematizados não apresentou dependência espacial, o que também se reflete no resultado do índice de acessibilidade ao sistema de transporte público.

Entretanto, quando o índice é examinado em conjunto com indicadores de demanda por transporte público e renda, surgem características de correlação espacial. Isso possibilita a identificação de agrupamentos que combinam alta renda e alta acessibilidade, assim como *clusters* de baixa renda e baixa acessibilidade. Além disso, *outliers* são identificados, exibindo padrões de dispersão espacial. Essas relações complexas contribuem para uma compreensão mais aprofundada da dinâmica socioespacial na região.

Assim, esta pesquisa não apenas lança luz sobre os resultados modelados e suas interfaces com a realidade concreta, mas também abre espaço para um avanço metodológico, contínuo, sustentado pela atualização e manutenção dos dados relacionados à acessibilidade, mobilidade e infraestrutura de transporte público.

Além disso, a incorporação de novos olhares, com a participação de diferentes atores na discussão pode contribuir para o aprimoramento das ferramentas por meio de um debate propositivo, que permita uma compreensão mais aprofundada da prestação de serviços de transporte, especialmente os de ordem público. Uma vez que este desempenha um papel fundamental no acesso de pessoas a diversos equipamentos públicos, a serviços de saúde, educação; a obter e manter empregos, a opções de cultura e lazer, de forma a atender suficientemente suas necessidades.

Propõe-se então a divisão deste trabalho nas seguintes seções: (a) a primeira, que consiste na revisão da literatura e construção do referencial teórico, a partir do qual foram discutidos conceitos fundamentais, tais como acessibilidade e mobilidade,

suas formulações e métricas, bem como suas interfaces com os sistemas de transportes; (b) a segunda, na qual serão apresentadas as bases materiais utilizadas no desenvolvimento do trabalho, bem como os procedimentos metodológicos, que abará um sistema de indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público. Estes indicadores, além de mapear a acessibilidade no Barreiro, servirão como parâmetros para a elaboração e cálculo de um Indicador Local de Acessibilidade. Também serão analisadas as correlações espaciais entre as características socioeconômicas e a acessibilidade local ao sistema de transporte no Barreiro, para isso, serão utilizadas técnicas de estatística espacial; (c) a terceira, consiste em uma caracterização da área de estudo, a Regional Barreiro, da qual será apresentada seu histórico de ocupação e desenvolvimento urbano e sua inserção na dinâmica de Belo Horizonte. Será apresentada também sua estrutura territorial, como a divisão dos bairros e localização de aglomerados subnormais, por exemplo, bem como suas características demográficas e socioeconômicas. Serão apresentadas também nesta seção as características da infraestrutura viária e do sistema de transporte público por ônibus na Regional, com vistas para a compreensão da oferta e demanda por esse serviço; (d) a quarta, serão apresentados e discutidos os resultados e achados da pesquisa; (e) e, por fim, a quinta seção, na qual serão tecidas as considerações finais e apontamentos do trabalho.

2 ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE: ESCOPO CONCEITUAL

Para explorar os conceitos de acessibilidade e mobilidade foi realizada uma revisão da literatura, que permitiu definir o escopo teórico-conceitual que baliza o trabalho.

Esta etapa foi feita a partir da pesquisa bibliográfica que, segundo Gil, (2002), consiste em um método de levantamento, leitura, revisão e organização de obras já publicadas sobre a temática abordada em uma pesquisa, tendo como objetivo reunir e analisar textos de forma a contribuir com a atualização e desenvolvimento do conhecimento científico. E ainda, a partir da pesquisa bibliográfica, que é elaborado o referencial teórico, no qual são discutidos os conceitos norteadores do trabalho.

A acessibilidade é entendida como as condições de interação entre diferentes espaços de oportunidades, intrinsicamente ligada à produção do espaço urbano e às desigualdades socioespaciais, nas quais o transporte público desempenha um papel importante na configuração urbana e no acesso a oportunidades.

As condições de acessibilidade configuram, portanto, uma importante componente nas relações centro-periferia que se estabelecem na produção do espaço urbano e, com isso, nas formas de produções e reproduções das desigualdades socioespaciais, já que desempenham um papel de valorização desses espaços que vai para além do valor de uso, assumindo uma relação íntima com a especulação imobiliária, que incide, conseqüentemente, no processo de acumulação (KOWARICK, 1979).

Dessa forma a produção desses espaços, tanto nas dimensões do espaço planejado, concebido, quanto nas dimensões simbólicas dos espaços percebido e vivido, que transcendem a dimensão física, da apreensão do concreto e das modalidades práticas de uso do espaço acessível, reflete-se a ação violenta do funcionamento do capital na produção de um espaço central, dominante, de riqueza e poder, que se esforça para subjugar e explorar os espaços dominados, as periferias (LEFEBVRE, 2006).

Nesses espaços periféricos, a mobilidade é limitada, conforme apontado por Milton Santos (2007), que questiona se a mobilidade é um direito ou um privilégio. Destacando ainda que, devido a planos urbanísticos e políticas públicas que, em grande parte, impedem o desenvolvimento efetivo dos transportes coletivos, a acessibilidade está intrinsecamente ligada não apenas ao espaço, mas também ao

poder. Esse poder, alinhado com as forças de mercado, é moldado por decisões públicas, como planejamento urbano, operações de renovação e remoção de favelas.

Milton Santos (2007) aprofunda ainda as questões relacionadas ao valor do indivíduo em relação ao lugar, argumentando que a circunstância espacial determina o valor do sujeito, a partir da premissa de que cada homem vale pelo lugar onde está, advertindo que a possibilidade de ser mais ou menos cidadão depende, em larga proporção, do ponto do território onde se encontra.'

Dessa forma, acessibilidade e a mobilidade destacam-se como elementos essenciais para a democratização do espaço urbano. Uma vez que a distribuição desigual de recursos e serviços impacta diretamente a capacidade das pessoas de se deslocarem pela cidade, influenciando seu acesso a oportunidades e qualidade de vida.

A acessibilidade e mobilidade são, portanto, termos recorrentes no campo temático dos processos de urbanização, sobretudo naqueles relativos às dinâmicas de deslocamento dos indivíduos no contexto urbano. Dentro da literatura, tais conceitos aparecem muitas vezes de forma entrelaçada e, por vezes, como sinônimos (CARDOSO, 2007; ULYSSÉA NETO; SILVA, 2004).

Assim, explorar tais conceitos, suas diferenças e interfaces, permite delinear as acepções de forma mais precisa, de acordo com os objetivos de pesquisa, já que acessibilidade e mobilidade são termos polissêmicos e, conforme apontado por Cardoso (2007), assumem diferentes significados, a depender das diversas vertentes teóricas.

2.1 Mobilidade

O conceito de mobilidade carrega uma relação com a capacidade que os indivíduos tem em mover-se no espaço, considerando também os diversos meios para realizar os deslocamentos, as fricções e, de uma forma mais ampla, suas intencionalidades. No entanto, a noção de mobilidade também pode ser ampliada para além do movimento físico, do deslocamento no espaço. O poder explicativo deste termo, segundo Balbim (2016), remete também à mobilidade social, residencial, do trabalho, diferenciando-se de outros termos como circulação, trânsito, transporte e acessibilidade.

Em verdade, o conceito de mobilidade se presta a dar conta das mudanças nas relações sociais modernas, no aprofundamento da divisão do trabalho, nos novos padrões de configuração espacial e territorial, que ocorrem em diversas escalas, ressignificando e transformando a noção dos lugares para o homem moderno.

O lugar da permanência, da casa, do trabalho, da produção etc. perde relativamente em capacidade explicativa e organizadora das relações, e isso se dá em função da importância relativa que a mobilidade assume na atualidade, ao ponto de – sem mesmo haver o deslocamento físico – poder estar-se simultaneamente e instantaneamente em diversos lugares (BALBIM, 2016).

Hanson, (1995), no contexto da questão dos transportes, se esforça em diferenciar mobilidade e acessibilidade. Para ela, acessibilidade refere-se ao número de oportunidades em um dado lugar de oportunidades, disponíveis dentro de uma distância ou tempo de viagem. E a mobilidade refere-se à habilidade de mover-se entre em estes lugares de oportunidade. Ainda segundo a autora, à medida que as distâncias entre os lugares de oportunidade aumentam, a acessibilidade depende cada vez mais da mobilidade.

Segundo Henrique (2004), a mobilidade refere-se às características individuais, relacionando-se com a capacidade de efetuar deslocamentos, o passo que a acessibilidade, que também influencia na mobilidade, refere-se às condições locais nas quais os serviços são ofertados pelo sistema de transporte público.

Apesar dos conceitos de mobilidade e acessibilidade possuírem acepções divergentes, variando de acordo com diferentes correntes teóricas, acabam entrelaçados, sobretudo no caso dos deslocamentos dos usuários de transporte público.

Aprofundar, portanto, na compreensão destes conceitos pode auxiliar o planejamento dos transportes metropolitanos, permitindo assim que os habitantes tenham acesso a mais oportunidades e satisfaçam seus anseios. Assim, além das definições e delimitações conceituais, também se faz necessário buscar maneiras de mensurar a acessibilidade local.

2.2 Acessibilidade

Um dos aspectos da acessibilidade, abordado na geografia urbana, por exemplo, é a sua relação com a valorização da terra. Locais com melhor acessibilidade são, geralmente, melhor equipados e, portanto, mais valorizados.

Davidson (1995), indica que estratégias de desenvolvimento regional e urbano passam por melhorias nas condições de acessibilidade, ao passo que a redução ou deterioração destas condições terão implicações no que diz respeito à justiça social em determinadas áreas.

Em um sentido mais pragmático, a definição clássica de acessibilidade, de acordo com Hansen (1959), relaciona-se ao potencial que um indivíduo tem para acessar determinadas oportunidades de interações. É uma forma de aferir a disposição espacial de atividades em relação a um ponto e a intenção, ou desejo, dos indivíduos interessados nessas atividades em superar a fricção do espaço.

Nesse mesmo sentido, Jones (1981) indica que a acessibilidade se relaciona mais com a oportunidade em si, ou o potencial que se tem disponível por parte do sistema de transporte para que as pessoas possam desenvolver suas atividades, do que com o indivíduo em si.

Já Couclelis (2000) introduz na sua discussão sobre acessibilidade a preocupação com as condições que os indivíduos tem em exercer as atividades almejadas, trazendo, em sua abordagem, o conceito de oportunidade, estabelecendo que a acessibilidade é a definição geográfica da oportunidade.

Assim, a oportunidade que indivíduos têm de participar em atividades necessárias, desejadas, ou mesmo explorar novas atividades, está intimamente ligada às capacidades e limitações físicas, temporais e financeiras que as pessoas tem em acessar locais. Nesse sentido, conforme apontado por Miranda (2018), tal abordagem sobre acessibilidade revela-se importante, já que explicita que apenas a existência de meios de transportes, infraestruturas e condições físicas dos indivíduos não se traduzem, necessariamente, em igualdade de acesso às oportunidades.

De uma forma geral, no contexto urbano, o conceito de acessibilidade está ligado a um sistema de atividades e os serviços de sistema de transporte disponíveis em uma área. Com isso, as medidas de acessibilidade têm sido utilizadas para compreender e modelar as interações entre transporte e o uso do solo, as demandas por viagens, bem como avaliar a efetividade dos projetos de mobilidade urbana, com

enfoque nos sistemas de transporte público (CASCETTA; CARTENÌ; MONTANINO, 2013).

A acessibilidade aos sistemas de transportes público coletivos, segundo Monteiro et al. (2018), configura, então, um importante componente no exercício da cidadania e nas reduções das desigualdades socioespaciais, sobretudo no que concerne à parcela da população mais vulnerável, pois proporciona mobilidade à estas pessoas que, geralmente, residem em áreas periféricas das metrópoles e precisam percorrer grandes distâncias para assim acessar oportunidades, tais como serviços educacionais, que são ofertados no tecido urbano.

2.3 Métricas de acessibilidade

Uma das formas de mensuração consiste na formulação de indicadores. Koenig (1980) faz uma revisão de diversas abordagens presentes na literatura, e aponta dois tipos de indicadores de acessibilidade: os indicadores de definição isocrômica, que dizem respeito a um número de oportunidades que podem ser acessadas em um tempo determinado. E os indicadores de oportunidades ponderadas por uma impedância, que consiste, de maneira geral, em uma função decrescente de custo de viagem ou tempo para acessar uma determinada oportunidade.

Handy e Niemeier (1997), por sua vez, identificam três tipos de medidas para acessibilidade: (I) medidas cumulativas de acessibilidade; (II) medidas baseadas em modelos gravitacionais; e (III) medidas baseadas na utilidade.

Segundo as autoras, o primeiro tipo de medida é o mais simples, pois consiste na contagem de oportunidades alcançáveis dentro de um determinado tempo de viagem, ou distância. Com isso, esse tipo de medida fornece um conjunto de opções disponíveis às pessoas.

O segundo tipo, mais complexo, são as medidas baseadas em modelos gravitacionais, esse tipo se assemelha à proposição de indicadores de oportunidades ponderadas por uma impedância na equação.

O último tipo de medida é baseado na teoria de utilidade aleatória, na qual a probabilidade de um indivíduo fazer uma escolha depende do quão útil sua escolha é em relação à utilidade das outras opções.

A medida baseada na teoria de utilidade aleatória se aproxima da abordagem da utilidade comportamental, descrita por Koenig (1980), a qual se ancora em dois

pressupostos. O primeiro, de que diante das alternativas para acessar oportunidades, tais como modo de transporte, rota e destinos possíveis, por exemplo, as pessoas avaliam e escolhem aquelas alternativas que consideram mais úteis, individualmente. E como não é possível avaliar todos os fatores que determinam o que é mais ou menos útil para cada indivíduo, as preferências são sintetizadas na soma de dois componentes, os não aleatórios - para os fatores previsíveis, e os aleatórios - para os fatores não previsíveis.

A partir destes pressupostos, Koenig (1980) formula a seguinte estrutura geral de mensuração da acessibilidade pela abordagem comportamental, representada pela equação (1).

$$U_{ij}^t = V^t - C_{ij}^t \quad (1)$$

Na qual a preferência (ou utilidade) U_{ij}^t é associada a um indivíduo t , morando em uma zona i , com destino a zona j , V é a utilidade bruta em chegar ao destino j para o indivíduo t – variável aleatória e C representa o custo geral ou o tempo de viagem de i até j para o indivíduo t – variável preditiva.

Geurs e van Wee (2004) sistematizam a acessibilidade em quatro tipos de medidas diferente: (a) medidas baseadas em infraestrutura, na qual são analisadas a performance de infraestruturas de transporte, tais como, velocidade média de uma rede viária e níveis de congestionamento, normalmente são utilizadas no planejamento de transportes; (b) medidas baseadas na localização, que descrevem o nível de acessibilidade à oportunidades distribuídas no espaço, tais como o número de empregos que podem ser acessados em deslocamentos de até 30 minutos a partir de uma origem, são medidas utilizadas em planejamento urbano e estudos geográficos; (c) medidas baseadas no indivíduo, que avaliam a acessibilidade em nível individual, como as atividades que uma pessoa pode participar em um dado tempo; também pode se considerar como uma medida das limitações das liberdades individuais em um determinado ambiente; e (d) medidas baseadas na utilidade, que analisa os benefícios econômicos que as pessoas têm para acessar as oportunidades distribuídas no espaço.

Agregados a estes quatro tipos de medidas podem ser identificados, também, quatro componentes principais da acessibilidade: (a) uso do solo; (b) transportes; (c) componente temporal; e (d) individual.

Para cada tipo de medida, os componentes descritos podem assumir perspectivas diferentes, por exemplo, o componente uso do solo não é considerado em medidas de infraestrutura, já que tais medidas não são sensíveis à distribuição espacial das atividades (GEURS e VAN WEE, 2004).

Com o foco em medir a acessibilidade ao sistema de transporte coletivo por ônibus em Belo Horizonte, Lessa, Lobo e Cardoso (2019) e Lobo et al. (2020) propõem indicadores baseados em: (a) razão do número de linhas de ônibus, é a proporção entre o número de linhas de ônibus que passam em cada ponto de embarque de ônibus no campo (recorte espacial estudado); (b) razão de frequência de viagens, que representa a relação entre o total de viagens de ônibus por pontos de embarque em cada campo; e (c) razão da densidade de ponto, que consiste na proporção de pontos de embarque para cada 1000 habitantes em um dado campo.

A partir da média aritmética simples destes 3 indicadores, obtém-se o índice de acessibilidade para o recorte espacial de análise, no caso destes trabalhos utiliza-se a unidade campo¹.

¹ A pesquisa de OD de 2012 segue um sistema de divisão espacial desenvolvido pela PLAMBEL e Fundação João Pinheiro – FJP, o sistema foi baseado no Sistema de Unidades Espaciais do IBGE – SUE e conta com as seguintes unidades, em ordem decrescente de desagregação: (a) setor censitário; (b) área homogênea; (c) campo; (d) subcomplexo diferenciado de campo; (e) complexo diferenciado de campo; e (f) macrounidade.

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO: A REGIONAL ADMINISTRATIVA BARREIRO

A Regional Administrativa Barreiro, situada em Belo Horizonte, apresenta características singulares, e possui uma complexidade que se desenha não apenas por meio de seu histórico de ocupação, mas também pelos distintos aspectos socioeconômicos e pela sua organização espacial.

Dessa forma, esta seção tem como propósito minuciar esses elementos, e proporcionar uma visão aprofundada da Regional Administrativa Barreiro através da caracterização detalhada do passado ocupacional, dos fatores socioeconômicos que influenciam seu presente e da estruturação espacial e do sistema de transporte público que orienta seu desenvolvimento.

3.1 Histórico de ocupação

No local que corresponde à Regional Administrativa Barreiro existia, antes da criação de Belo Horizonte, em 1897, a Fazenda do Barreiro, da qual originou o nome atual. Os primeiros registros datam que a propriedade foi fundada em 1850, que fora posteriormente dividida em três, trinta anos depois: as Fazendas do Barreiro, do Pião e Jatobá.

Já em 1895, com a capital em construção, a fazenda foi comprada, por solicitação de Aarão Reis, pelo governo do estado de Minas Gerais e então transformada na Colônia Agrícola do Barreiro. O governo do estado via a importância do sítio no abastecimento da embrionária Belo Horizonte e, de forma que a área fosse cultivada, as terras eram vendidas aos colonos² (BELO HORIZONTE, 2008).

Mesmo com o crescimento da capital mineira no início do século passado, a região do Barreiro manteve sua vocação agrícola. Até que em 1948, o então prefeito Octacílio Negrão de Lima elevou a colônia agrícola à condição de cidade satélite. A partir daí o Barreiro passou por um progressivo processo de urbanização, com a formação de bairros e a instalação de indústrias que, ao longo do século XX, foi transformando a dinâmica socioespacial da local.

² O termo colono se refere ao contexto histórico e agrícola, referindo-se a uma pessoa que trabalha e reside em uma terra, vinculada a um sistema agrário em que o trabalhador cultiva a terra em troca de parte da produção.

O acelerado processo de urbanização engendra, sobretudo nos países das periferias capitalistas, problemas habitacionais. No caso do Barreiro, ocupações irregulares, como as que formaram o aglomerado subnormal Vila CEMIG, cresceram muito a partir década de 1970 (Figura 1).

Figura 1 - Vila CEMIG, Regional Barreiro



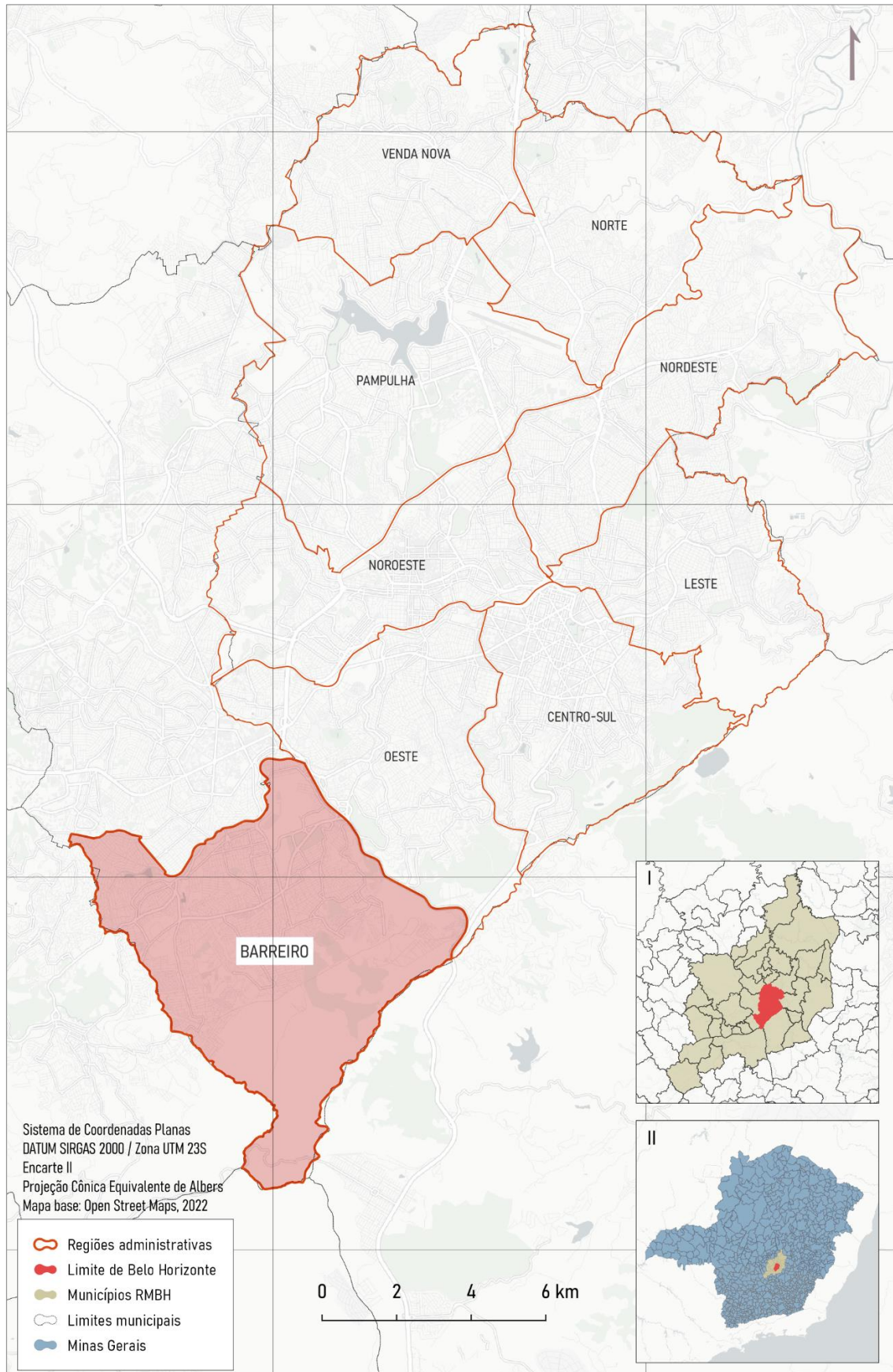
Fonte: Programa Vila Viva, Belo Horizonte (2008).

O Barreiro continuou na condição de cidade satélite até o Decreto Municipal nº 4523 de 1983, assinado pelo então prefeito Hélio Garcia, alterar a estrutura administrativa da capital, implantando a divisão por Regionais Administrativas.

O propósito fundamental deste instrumento era efetuar uma descentralização na gestão da capital, respondendo ao crescimento constante da população belorizontina, que, por sua vez, gerava um aumento significativo na demanda por serviços públicos. Este contexto de crescente urbanização e expansão demográfica destacava a necessidade de uma abordagem mais descentralizada, de maior proximidade e eficácia na resposta às demandas locais para lidar eficazmente com as demandas crescentes da cidade.

Hoje, o Barreiro compõe umas das nove Regionais Administrativas que configuram o município de Belo Horizonte, capital do estado de Minas Gerais e cidade sede da Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH (Figura 2).

Figura 2 - Regionais Administrativas de Belo Horizonte MG.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: IBGE, 2012.

3.2 Organização espacial

A Regional Administrativa Barreiro apresenta uma diversidade de elementos geográficos definidores da sua configuração espacial.

Seu limite noroeste, por exemplo, constitui uma das interfaces entre Belo Horizonte e o município de Contagem, configurando uma área urbana conurbada e interdependente, na qual as fronteiras administrativas se tornam fluidas, dando lugar a uma paisagem urbana contínua.

O entrelaçamento dessas áreas é resultante dos processos de desenvolvimento urbano e expansão metropolitana que, historicamente experimentados na Regional Barreiro e em Contagem, foram impulsionados pelo estabelecimento de atividades industriais.

A chegada de indústrias de grande porte, a exemplo da Vallourec-Mannesmann, desencadeia significativas transformações no cenário socioeconômico e demográfico da regional, influenciando diretamente na configuração espacial dos bairros do Barreiro. Essas mudanças não apenas repercutem na dinâmica local, mas também contribuem para a emergência de centralidades e periferias intrarregionais, delineando novos contornos na estrutura urbana da área.

A Regional Administrativa Barreiro é também caracterizada por uma topografia variada. No seu limite sudeste, divisa com os municípios de Nova Lima e Brumadinho, encontra-se parte do Parque Estadual da Serra do Rola Moça.

Este parque é uma Unidade de Proteção Integral, criada em 1994 através do Decreto Estadual 36.071/94, e é uma importante unidade de conservação que abriga mananciais e diversas nascentes, das quais origina-se o ribeirão Arrudas e os córregos do Barreiro, Jatobá, Bonsucesso, por exemplo, que dão nome a importantes bairros da regional (BRASIL, 2000; MINAS GERAIS, 1994).

Assim, a Regional Barreiro é constituída por uma variedade de bairros com diferentes características urbanas, como áreas residenciais, densamente urbanizadas, áreas comerciais e grandes zonas industriais, o que reflete nos diferentes padrões de cobertura e uso da terra (Figura 3).

Figura 3 - Imagem orbital com os diferentes padrões de ocupação na Regional Administrativa Barreiro.



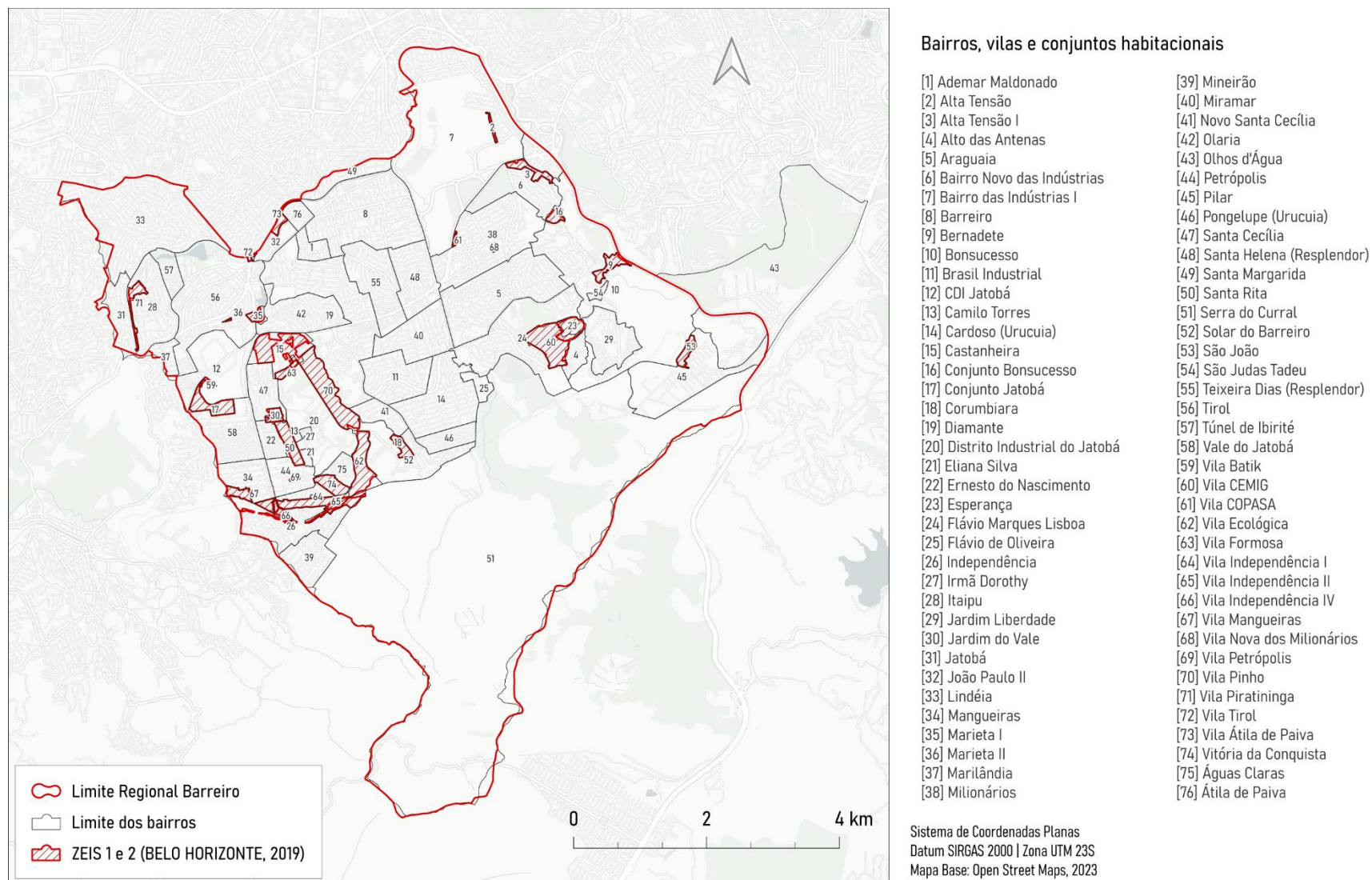
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Google Earth (2023); IBGE (2012).

Conforme os dados do Censo de 2010 do IBGE (2012), dos 331 km² que abrangem a capital mineira, 53,48 km² são ocupados pela Regional Administrativa Barreiro. A Prefeitura de Belo Horizonte (2023a) aponta que a Regional Barreiro é composta por 76 bairros, incluindo Olhos d'Água, que ocupa também parte da Regional Oeste.

Entretanto, os dados do Censo de 2010 do IBGE (2012) indicam que a Regional Barreiro possui 74 bairros. Urucuia e Resplendor, presentes na base do IBGE, foram subdivididos nos bairros Cardoso e Pongelupe, a partir do Urucuia, e Santa Helena e Teixeira Dias, a partir do Resplendor.

Dentre esses 76 bairros, 8 são conjuntos habitacionais, enquanto 30 incluem parcial ou totalmente aglomerados subnormais, vilas e favelas, ou, de acordo com o Zoneamento do Plano Diretor, Lei nº11.181 de 2019, Zonas de Especial Interesse Social (ZEIS) 1 e 2 (Figura 4).

Figura 4 - Limite da regional Barreiro e divisão por dos bairros e ZEIS 1 e 2, de acordo com o Plano Diretor de 2019.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a).

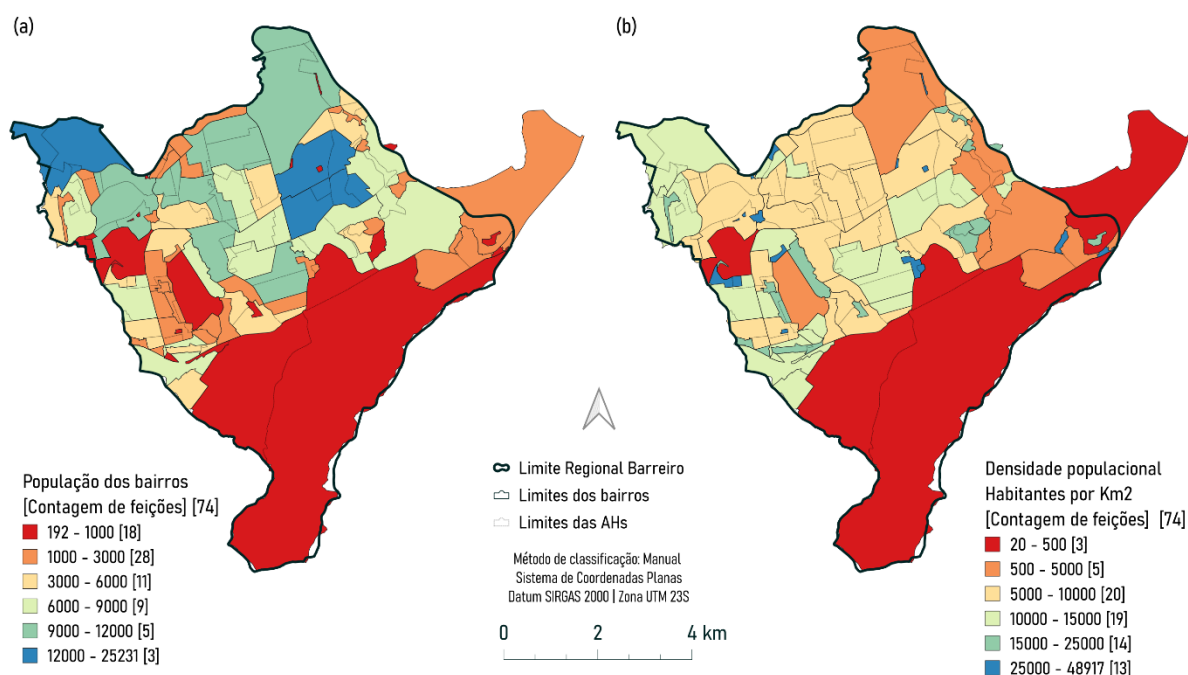
3.3 Características demográficas e socioeconômicas

Segundos os dados do Censo de 2010, a Regional Administrativa Barreiro abriga 281.975 habitantes, o equivalente a cerca de 11,9% da população total do município de Belo Horizonte.

A população abrangida por esta regional revela uma diversidade significativa em suas características socioeconômicas, especialmente no que diz respeito aos níveis de renda e escolaridade. Tal heterogeneidade reflete-se na distribuição desigual da população pelos diversos bairros que compõem o Barreiro.

A análise dessa distribuição destaca não apenas as disparidades socioeconômicas existentes, mas também a complexidade na forma como esses fatores interagem com a estrutura urbana (Figura 5).

Figura 5 - (a) População residente nos bairros da Regional Barreiro e (b) densidade demográfica dos bairros na Regional Barreiro.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a); IBGE (2012).

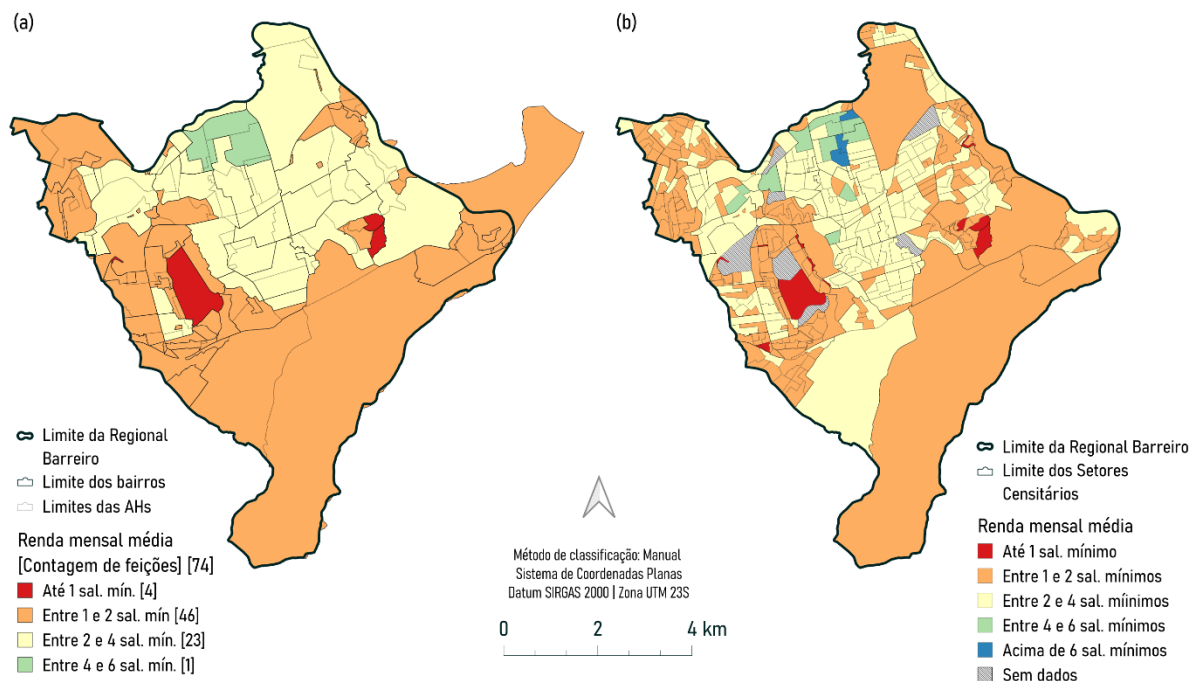
Os bairros Lindéia, Araguaia, Milionários e Diamante são os que possuem maior contingente populacional, com 25.231, 14.635, 12.175 e 11.979 habitantes, respectivamente.

No entanto, a densidade populacional desses bairros não apresenta os valores mais altos encontrados na regional. As vilas, conjuntos habitacionais e áreas que configuram os aglomerados subnormais representam os recortes espaciais com maior número de habitantes por área, com destaque para a Vila Nova dos Milionários, Vila Átila de Paiva e Marieta II, possuem, respectivamente, 48.917, 43.944 e 34.625 habitantes por Km².

Reflexo dos processos desordenados e acelerados de urbanização, os aglomerados subnormais remetem a áreas com características precárias, muitas vezes irregular, de ocupação e de infraestrutura, geralmente associadas a condições de vulnerabilidade socioeconômica.

Uma das medidas de vulnerabilidade socioeconômica utilizada é a renda, geralmente representada pela renda mensal média familiar, que está diretamente ligada ao poder de compra, acesso a recursos e oportunidades (Figura 6).

Figura 6 - (a) Renda mensal média por bairros da Regional Barreiro e (b) renda mensal média distribuída por setores censitários.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a); IBGE (2012).

Cerca de 62,16% dos bairros na Regional Administrativa Barreiro evidenciam uma média familiar mensal de renda situada na faixa de 1 a 2 salários mínimos. Contudo, destacam-se, como exceções, os bairros Barreiro e Teixeira Dias.

O bairro Barreiro apresenta uma média de renda entre 4 e 6 salários mínimos, atingindo o montante de R\$ 2.686,20 por família mensalmente, equivalente a cerca de 5,3 salários mínimos em 2010. Já o bairro Teixeira Dias destaca-se ainda mais, com uma renda média mensal superior a 6 salários mínimos.

Os 4 bairros que apresentam renda mensal média menor que 1 salário mínimo são, Conjunto Esperança, Vila Batik, Alto das Antenas, Distrito Industrial Jatobá e Vila Mangueiras. O Conjunto Esperança, que apresentou o pior resultado, é uma ZEIS localizada entre a Vila CEMIG e o bairro Alto das Antenas, que ocupa uma área destinada à preservação ambiental (BELO HORIZONTE, 2019).

O Distrito Industrial Jatobá, por sua vez, estende-se por uma área mais ampla, abrangendo cerca de 1 km², e engloba ocupações como a favela Grotinha e a ocupação Paulo Freire, que se entrelaçam entre os galpões e indústrias que caracterizam a paisagem do bairro.

Essa disparidade ressalta as discrepâncias nas condições socioeconômicas existentes na regional, com o bairro Barreiro e o bairro Teixeira Dias representando uma realidade distinta em termos de recursos financeiros familiares.

3.4 Sistema viário e transporte público por ônibus na Regional Barreiro

A Regional Administrativa Barreiro desempenha um importante papel na organização metropolitana. A Lei nº 7165/96, que aprovou o Plano Diretor de 1996, ressalta sua influência, sobretudo no que diz respeito às indústrias, na articulação das relações da capital com os municípios de Betim, Contagem e Ibirité (BELO HORIZONTE, 1996).

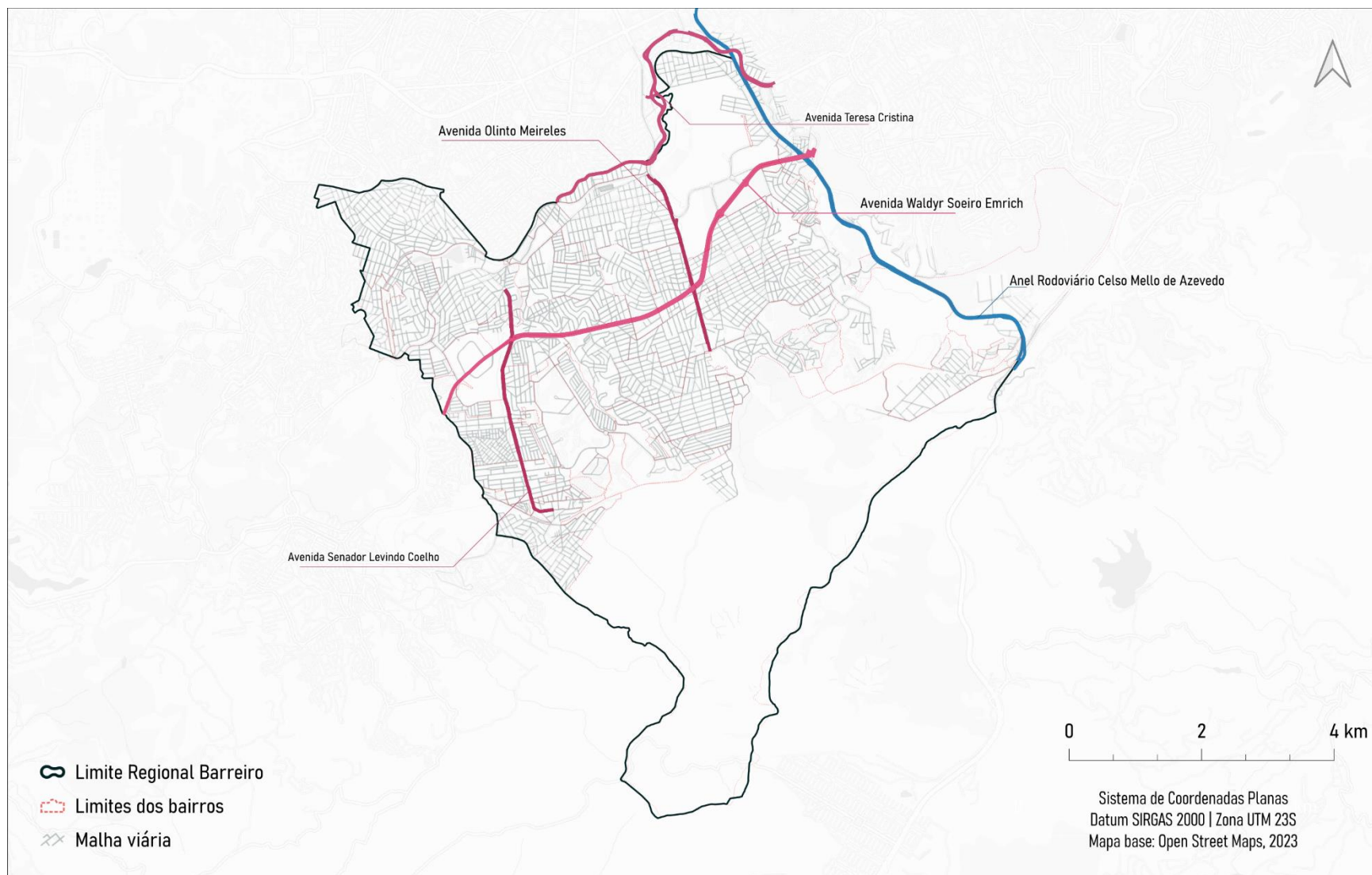
Essa capacidade estratégica de articulação implica que a Regional Barreiro seja capaz de arcar com fluxos, tanto de pessoas, quanto de insumos. Para tanto, exige-se uma certa infraestrutura urbana, sobretudo viária, e uma gama de serviços de transporte público que consiga suprir tais necessidades, atendendo a demanda por deslocamentos da população.

Dessa forma, a Regional Barreiro é atravessada por uma rede viária que conecta diversos bairros, o Anel Rodoviário Celso Mello de Azevedo, por exemplo, é uma via expressa importante da RMBH que se conecta com a Avenida Waldir Soeiro Emrich, também conhecida como Via do Minério. Esta avenida é reconhecida por sua relevância comercial e residencial, fornecendo acesso a diversos bairros, como Diamante, Jatobá, e Solar do Barreiro.

Além disso, as Avenidas Olinto Meireles e Senador Levindo Coelho desempenham papéis importantes na interconexão da malha urbana do Barreiro, servindo bairros como Milionários e Teixeira Dias.

Essas avenidas, juntamente com outras importantes vias, constituem a infraestrutura viária da Regional Administrativa Barreiro, estabelecendo a interrelação entre bairros, entre as outras regionais administrativas de Belo Horizonte, bem como os municípios da porção sudoeste da RMBH (Figura 7).

Figura 7 - Rede viária da Regional Administrativa Barreiro.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a); IBGE (2012).

Belo Horizonte é servida, atualmente, por três redes de transporte público, a saber: (a) O serviço municipal de transporte por ônibus, gerido pela BHTRANS; (b) O serviço metropolitano de transporte por ônibus gerido pelo estado através da Secretaria de Infraestrutura (SEINFRA-MG) e da Secretaria de Transporte e Obras Públicas (SETOP-MG); e (c) A rede de metrô de superfície gerenciada pela Companhia Brasileira de Trens Urbanos (CBTU).

A rede de transportes por ônibus metropolitana não apenas serve à Belo Horizonte, mas também aos outros 33 municípios da Região Metropolitana, tendo abrangência dentro do Regional Barreiro. Já a rede de metrô possui apenas uma linha, que têm seus dois terminais próximos aos limites municipais, bem integrados à rede de transporte metropolitana por ônibus. Porém, no entanto, a linha não está inserida na Regional Barreiro.

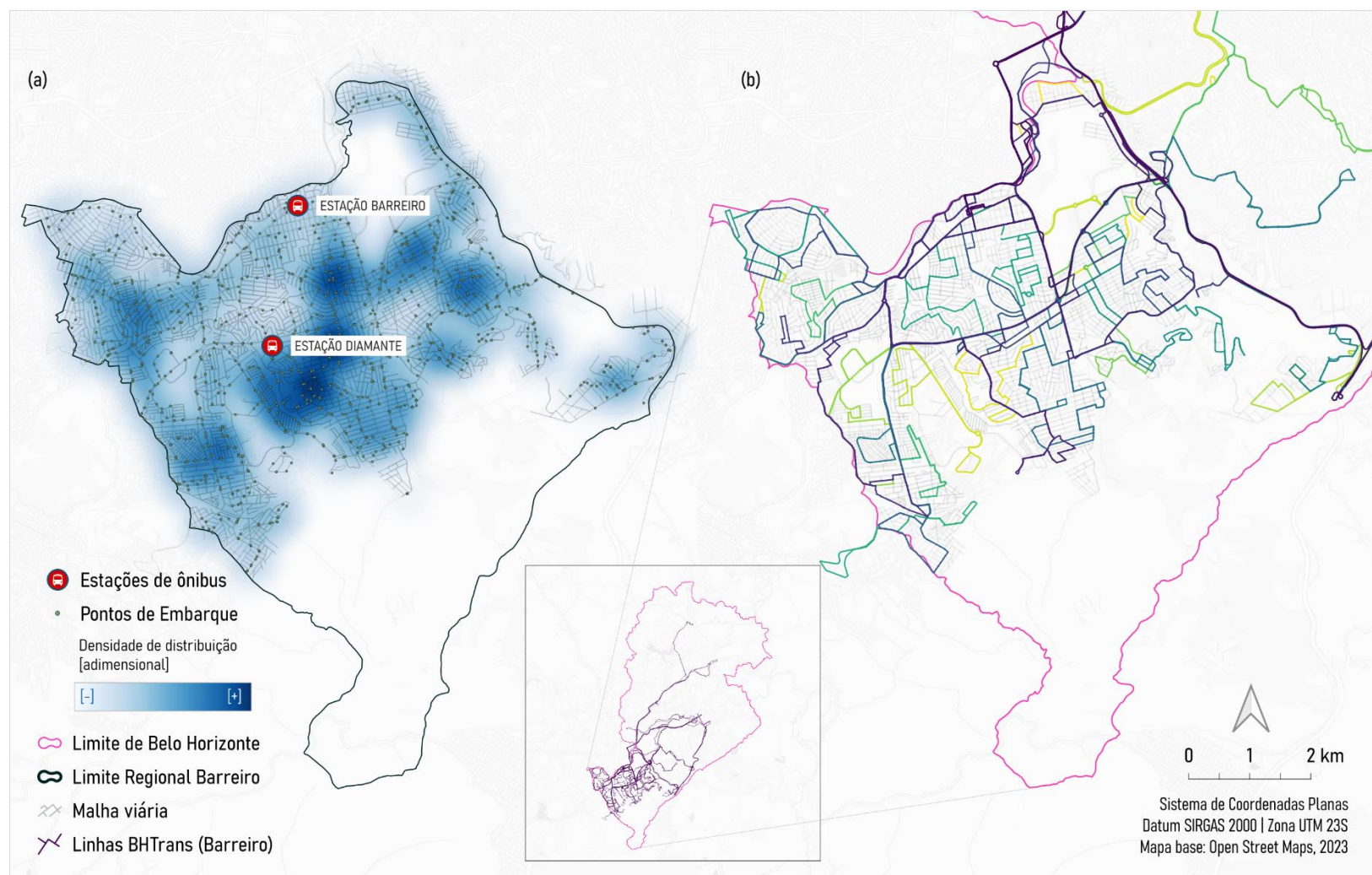
A rede municipal de transporte público convencional por ônibus, gerenciada pela BHTRANS, segundo informações da própria empresa para o mês de novembro de 2021, contava com uma rede de 309 linhas de ônibus, que transportou, aproximadamente, 19.613.200 passageiros, ao longo desse mesmo mês, com cerca de 457.570 viagens realizadas (BELO HORIZONTE, 2023c).

A Regional Barreiro conta com duas importantes estações de ônibus, a estação Diamante, construída em 1997, cuja gestão é compartilhada entre a BHTRANS e a SETOP-MG, e a estação Barreiro, construída em 2002, gerida pela BHTRANS.

A Estação Diamante recebe 17 linhas de ônibus pertencentes ao transporte municipal, ao passo que a Estação Barreiro recebe 28 linhas da mesma rede de transporte público. Ao todo circulam na Regional Barreiro 53 linhas de ônibus pertencentes à rede municipal, incluindo suplementares, gerida pela BHTRANS. Além das duas estações mencionadas, estão distribuídos, de forma bastante heterogênea, 4.327 pontos de ônibus na Regional (

Figura 8).

Figura 8 – (a) Distribuição e densidade dos pontos de embarque e (b) linhas de ônibus da BHTRANS na Regional Barreiro.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2023).

4 METODOLOGIA

O roteiro metodológico para o desenvolvimento dessa pesquisa prevê três etapas principais, a saber: (I) levantamento, organização e compilação de uma base de dados relacionada às condições de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus; (II) elaboração de um sistema de indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus; e (III) elaboração de um índice local de acessibilidade por Área Homogêneas. Conforme esquematizado no fluxograma apresentado na Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma metodológico.



Fonte: Elaboração própria.

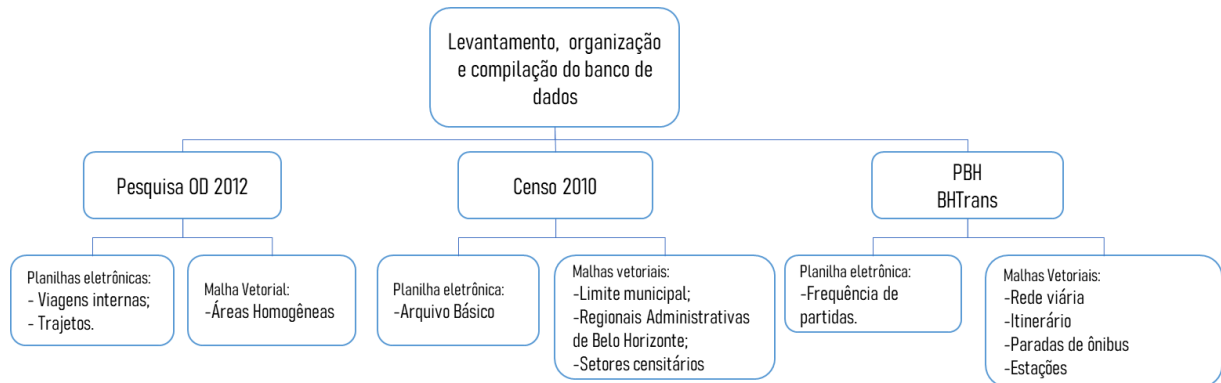
4.1 Base de dados e procedimentos preliminares

A fase inicial do fluxo metodológico compreende a coleta, organização e compilação de um banco de dados que fornecerá elementos fundamentais para o desenvolvimento da pesquisa e obtenção de resultados, além de fornecer um panorama inicial, mais abrangente, dos padrões relacionados à acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus.

Os dados foram então coletados a partir de três fontes de repositórios oficiais: (a) Pesquisa OD de 2012, da Agência de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Belo Horizonte (Agência RMBH); (b) Censo de 2010, do IBGE; e (c) Prefeitura de Belo Horizonte (PBH) e BHTRANS; e estão organizados em duas categorias: planilhas eletrônicas e malhas vetoriais de dados georreferenciados (

Figura 10).

Figura 10 - Fluxograma da etapa de levantamento, organização e compilação dos dados.



Fonte: Elaboração própria.

Os dados da pesquisa OD de 2012, obtidos da Agência RMBH, consistem na malha vetorial com as Áreas Homogêneas (AH), e nas planilhas eletrônicas referentes à base de trajetos e viagens internas extraídas da Matriz OD.

Já os dados demográficos foram obtidos de pesquisas censitárias realizadas pelo IBGE, e consistem em planilhas eletrônicas com os dados agregados por setor censitário, do arquivo básico, que permite caracterizar os aspectos socioeconômicos da população na regional e a malha de setores censitários, em formato *shapefile*, ou *geopackage*.

Por fim, os dados relacionados aos equipamentos e infraestrutura urbana, com enfoque na rede de transporte público por ônibus, e ordenamento territorial do município de Belo Horizonte, foram fornecidos pela BHTRANS e a partir da plataforma BHMAP, uma Infraestrutura de Dados Espaciais (IDE) desenvolvida pela Empresa de Informática e Informação do Município de Belo Horizonte - PRODABEL (BELO HORIZONTE, 2023a).

Da BHMAP foram extraídos os dados vetoriais com a malha viária do município, com a distribuição espacial dos pontos de ônibus e das estações de ônibus Barreiro e Diamante, com os limites das regionais e dos bairros e com o zoneamento e diretrizes do uso do solo, de acordo com a Lei nº11.181 de 2019 (BELO HORIZONTE, 2019).

Os dados fornecidos pela BHTRANS consistem nos dados georreferenciados com o número estimado de embarques realizados por ponto de ônibus, na malha vetorial com a distribuição e itinerário das linhas de ônibus e a planilha eletrônica contendo o número de viagens iniciadas por linha de ônibus, da qual foi possível avaliar a frequência das linhas de ônibus.

Estes dados foram organizados e recortados para a regional Barreiro, área de estudo dessa pesquisa, a partir da filtragem da tabela de atributos³ dos arquivos de setores censitários (IBGE) e áreas homogêneas (Pesquisa OD) pelos geocódigos correspondentes à área de estudo (Quadro 1).

Quadro 1 - Bases e geocódigos da Regional Barreiro

Base	Sequência do geocódigo
Áreas homogêneas da Pesquisa OD de 2012.	Nome do campo: <i>AH2011</i> Valores: 1201 a 1267
Malha de setores censitários do Censo de 2010.	Nome do campo: <i>Cod_setor</i> Valores: 310620025XXXXXX ⁴

Fonte: (AGÊNCIA RMBH, 2012; IBGE, 2012).

Para a execução dos procedimentos que envolveram operações, análises e estatísticas espaciais, bem como na elaboração de cartogramas, utilizou-se a aplicação QGIS na versão 3.32.3-Lima, um *software* livre de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e o *software* GeoDa, desenvolvido por Luc Anselin, na versão 1.22.0.2 (ANSELIN, 2023; QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2023).

Para os procedimentos de cálculo e estatística, os dados foram processados em formato de planilha eletrônica, no Microsoft Excel, que também permitiu a elaboração de gráficos e tabelas (MICROSOFT, 2016).

Dessa forma, o uso de tais ferramentas permitiu caracterizar diversos aspectos da área de estudo, bem como servir de suporte na elaboração do sistema de indicadores e do Índice Local de Acessibilidade.

4.2 Sistema de indicadores

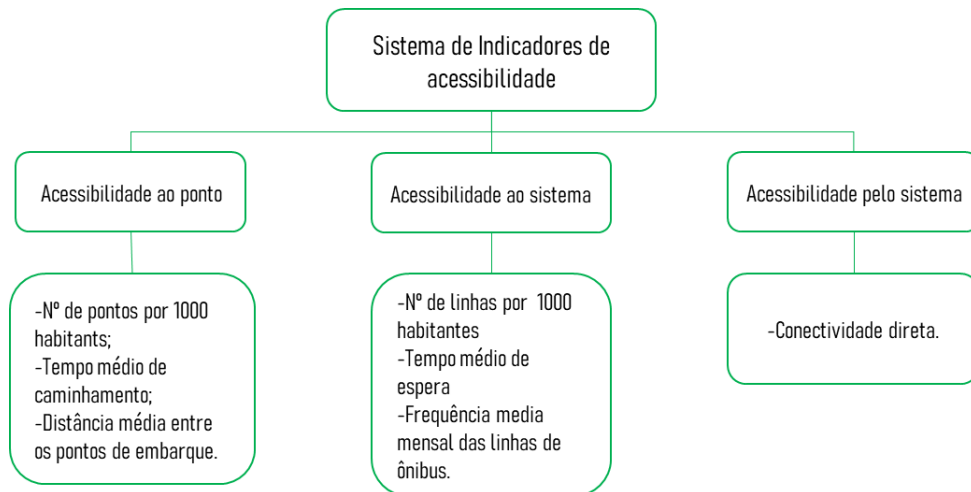
Depois de estruturado o banco de dados, a etapa seguinte consistiu em separar, avaliar e tratar os dados, com o objetivo de elaborar um sistema de

³ A tabela de atributos contém dados não espaciais associados às geometrias de um arquivo tipo *shapefile*, esses dados são organizados em um formato tabular. A tabela de atributos é usada para armazenar informações descritivas sobre os objetos geoespaciais representados no arquivo.

⁴ Os últimos 6 dígitos do geocódigo correspondem às variações dos setores censitários dentro da Regional Administrativa Barreiro.

indicadores que abarcasse três dimensões de acessibilidade ao sistema de transporte por ônibus: (a) acessibilidade aos pontos de embarque de ônibus; (b) acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus; e (c) acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus (Figura 11)

Figura 11 - Fluxograma dos indicadores de acessibilidade



Fonte: Elaboração própria.

Cada uma dessas dimensões é representada por um conjunto de indicadores específicos que permite avaliar, de forma pormenorizada, a acessibilidade local ao sistema de transporte público por ônibus.

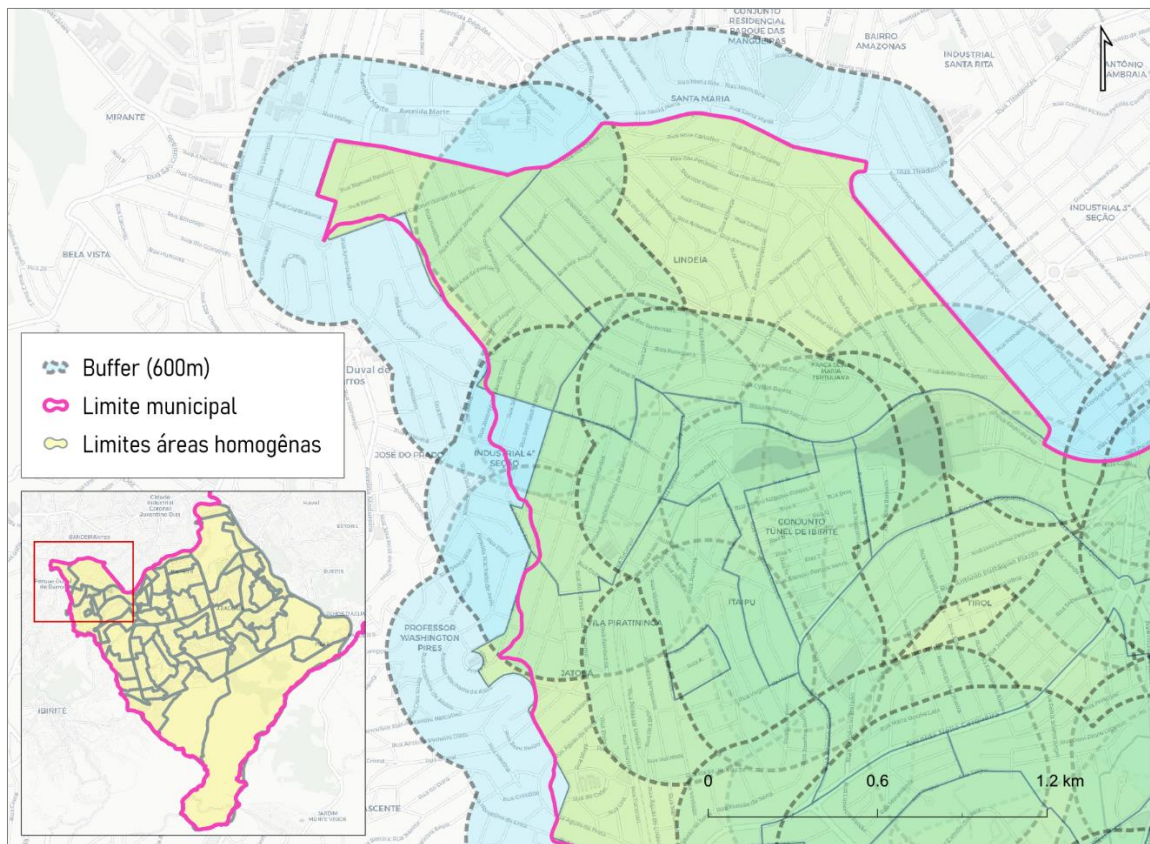
4.2.1 Indicadores de acessibilidade ao ponto de embarque de ônibus

Este primeiro conjunto de indicadores tem por objetivo compreender as características do movimento inicial dos usuários do sistema de transporte público até os pontos de ônibus.

As condições de caminhada assumem um caráter fundamental neste primeiro esforço de utilização do sistema de transporte público por ônibus. Fatores como distância, tempo de caminhada, qualidade das calçadas e arborização das vias são aspectos que influenciam a acessibilidade ao sistema de transporte público de uma forma geral, e a decisão das pessoas entre utilizá-lo, ou não, passa pelas condições destes fatores (GARCÍA-PALOMARES; GUTIÉRREZ; CARDOZO, 2013; HESS, 2009; MEEDER; AEBI; WEIDMANN, 2017; TAREK et al., 2021).

Portanto, para a análise dos dados relacionados ao acesso pedonal, foi necessário ajustar os limites das AHs. Adotou-se uma zona de caminamento máxima (*buffer*) de 600 metros a partir dos limites de cada AH (Figura 12), de acordo com as diretrizes estabelecidas no Anexo III, presente em contratos de concessão da BHTRANS, que define a distância máxima para acesso ao ponto de transporte mais próximo (BELO HORIZONTE, 2018).

Figura 12 - Zona de caminamento máxima (600m).



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Assim, além das condições de acessibilidade pedonal, os indicadores também incorporam a influência do volume e distribuição espacial dos pontos de ônibus, bem como da densidade viária, como forma de caracterizar e mensurar a acessibilidade em cada AH, conforme resumido no Quadro 2.

Quadro 2 - Indicadores de acessibilidade ao ponto de ônibus

Indicador	Síntese descritiva
Razão de densidade de ponto	Proporção entre o número de pontos de ônibus para cada 1000 habitantes de cada AH.
Tempo médio de caminhada	Tempo médio de deslocamento pedonal até o ponto de ônibus.
Distância média entre pontos	Média da menor distância euclidiana calculada entre todos os pontos de ônibus em uma determinada AH.
Densidade de Interseções viárias	Número de interseções na malha viária pela área de uma determinada AH.

Fonte: Elaboração própria.

4.2.1.1 Razão de densidade de ponto (RDP)

A razão de densidade de ponto é um indicador que permite avaliar a relação entre a quantidade de pontos de embarque e um dado contingente populacional localizado em uma determinada área. Valores altos para essa razão indicam uma maior oferta de pontos de embarque e, portanto, melhores condições de acessibilidade ao sistema de transporte.

Conforme descrito por Lessa, Lobo e Cardoso (2019), o indicador consiste na proporção entre o número de pontos de embarque de ônibus e a população de cada AH, descrito pela equação (2).

$$RDP_i = \sum_i^n PO_i \times 1000 / P_i \quad (2)$$

Dado que PO_i é o número pontos de embarque de ônibus em cada AH e P_i é a população total de cada AH.

4.2.1.2 Tempo médio de caminhada (TCmed)

O tempo médio de caminhada até o ponto de ônibus é uma medida determinante na acessibilidade primária aos sistemas de transporte público. (HESS, 2009).

Por isso, utilizou-se o tempo de caminhada como variável para a elaboração de um dos indicadores. Considerou-se então os dados presentes na base de trajetos da pesquisa OD de 2012 que: (a) tivessem início em AHs dentro da Regional Barreiro; (b) tivessem o mesmo identificador de pessoa e o mesmo de domicílio; e (c) cujo o meio de transporte dos trajetos fosse a pé, desde que o trajeto subsequente utilizasse o ônibus como meio de transporte. Em seguida foram subtraídos os tempos de fim e início do trajeto (TC) e, por fim, calculadas as médias de tempo gasto nesse deslocamento, conforme descrito na equação (3).

$$TCmed_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n TC_i \quad (3)$$

Dado que TC_i é o tempo de caminhada de uma viagem, em minutos, em uma AH.

4.2.1.3 Distância média entre pontos (DPmed)

Esse indicador busca avaliar a densidade da distribuição dos pontos de embarque na área de estudo. Para isso, calculou-se a menor distância euclidiana entre cada um dos pontos de ônibus contidos em uma determinada AH e, posteriormente a média destas distâncias, conforme descrito na equação (4).

$$DPmed_i = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n \sum_{h=j+1}^n D(j, h) \quad (4)$$

Onde n é o total de número de pontos na AH; e D representa a distância entre os pontos j e h , considerando que $j < h$, para evitar a contagem duplicada das distâncias.

4.2.1.4 Densidade de Interseções Viárias (DIV)

A densidade de interseção viária (Equação 5) é uma medida comumente utilizada na elaboração de índices de caminhada, normalmente aferida pelo total de pontos que representam entroncamentos na malha viária e a área estudada (FONSECA et al., 2022; WANG; YANG, 2019).

$$DIV_i = \sum_{i=1}^n INT_i / A_i \quad (5)$$

Onde INT é o total do número de interseções na AH; e A representa a área dessa mesma AH, expressa em Km².

4.2.2 Indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus

Já o segundo conjunto de indicadores de acessibilidade, por sua vez, considera os aspectos da entrada dos usuários no sistema de transporte público por ônibus.

As circunstâncias relativas à disponibilidade de linhas de ônibus e a procura por parte dos usuários representam medidas cruciais na avaliação da acessibilidade (MILLER, 2018).

Lebedeva e Kripak (2018) igualmente destacam que elementos como o tempo de espera, a frequência e a velocidade dos veículos exercem influência significativa na percepção dos usuários sobre a qualidade do sistema de transporte público disponibilizado.

A escolha dos indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público busca atravessar as questões relacionadas a oferta de linhas, demanda dos usuários, tempo de espera e frequência de passagem dos ônibus, conforme sintetizado no Quadro 3.

Quadro 3 - Indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus

Indicador	Síntese descritiva
Razão de densidade de linhas	Proporção entre o número de linhas de ônibus para cada 1000 habitantes de cada AH.
Tempo médio de espera	Tempo médio de espera dos usuários até o embarque no ônibus.
Frequência média	Média das frequências de passagem das linhas de ônibus em uma determinada AH.

Fonte: Elaboração própria.

4.2.2.1 Razão de densidade de linhas (RDL)

A razão de densidade de linhas (Equação 6) é um indicador que permite avaliar a oferta de linhas a uma população localizada em uma determinada AH. Altos valores

obtidos nessa razão indicam uma maior oferta de linhas de ônibus e, com isso, melhores condições de acessibilidade.

$$RDL_i = \sum_i^n LO_i \times 1000 / P_i \quad (6)$$

Dado que LO_i é o número de linhas de ônibus em cada AH e P_i é a população total de cada AH.

4.2.2.2 Tempo médio de espera (TE_{med})

O tempo médio de espera do usuário até o embarque é uma medida determinante na avaliação da qualidade do sistema de transporte público. Ela representa um *proxy* da frequência das linhas de ônibus que se aproxima da experiência empírica do usuário com o sistema de transporte público.

Para a elaboração desse indicador utilizou-se a base de trajetos da pesquisa OD 2012, tomando como variável a diferença cronológica entre o término do trajeto realizado a pé pelo usuário e o início do trajeto realizado por ônibus. Considerou-se então seguintes os dados: (a) viagens que tivessem início em AHs dentro da Regional Barreiro; (b) tivessem o mesmo identificador de pessoa e o mesmo de domicílio; e (c) cujo o meio de transporte em algum dos trajetos fosse a pé, desde que o trajeto subsequente utilizasse o ônibus como meio de transporte. Em seguida foram subtraídos os tempos de início do trajeto por ônibus e fim do trajeto a pé (TE) e calculadas as médias de tempo de espera, conforme descrito na equação (7).

$$TE_{med}_i = \frac{1}{n} \sum_i^n TE_i \quad (7)$$

Dado que TE_i é o tempo de espera até o início de um trajeto iniciado por ônibus, em minutos, em uma AH.

4.2.2.3 Frequência média diária de viagens (FdV_{med})

A frequência média diária de viagens é um indicador que estima o intervalo de tempo de passagem do total das linhas de ônibus presentes em uma determinada AH.

Uma frequência baixa de viagens implica em tempos excessivos de espera dos usuários, o que promove um componente de impedância, ocasionando perda de

acessibilidade ao sistema de transporte público (HESS, 2009; LESSA; LOBO; CARDOSO, 2019; LOBO et al., 2020).

Os dados de frequência média foram obtidos a partir da tabulação, organização e processamento em formato de planilha eletrônica dos quadros de horários das linhas de ônibus que tem passagem pela Regional Administrativa Barreiro (BELO HORIZONTE, 2023b).

Considerou-se os intervalos entre as viagens realizadas em dias úteis, sábados, domingos e feriados na elaboração do indicador, que consiste então na média simples da somatória do intervalo de tempo, em minutos, entre todas viagens iniciadas em uma determinada AH, conforme equação (8)

$$FdVmed_t = \frac{1}{n} \sum_i^n FdV_i \quad (8)$$

Dado que FdV_i é a soma dos intervalos entre o início das viagens realizadas nas linhas de ônibus em cada AH.

4.2.3 Indicador de acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus

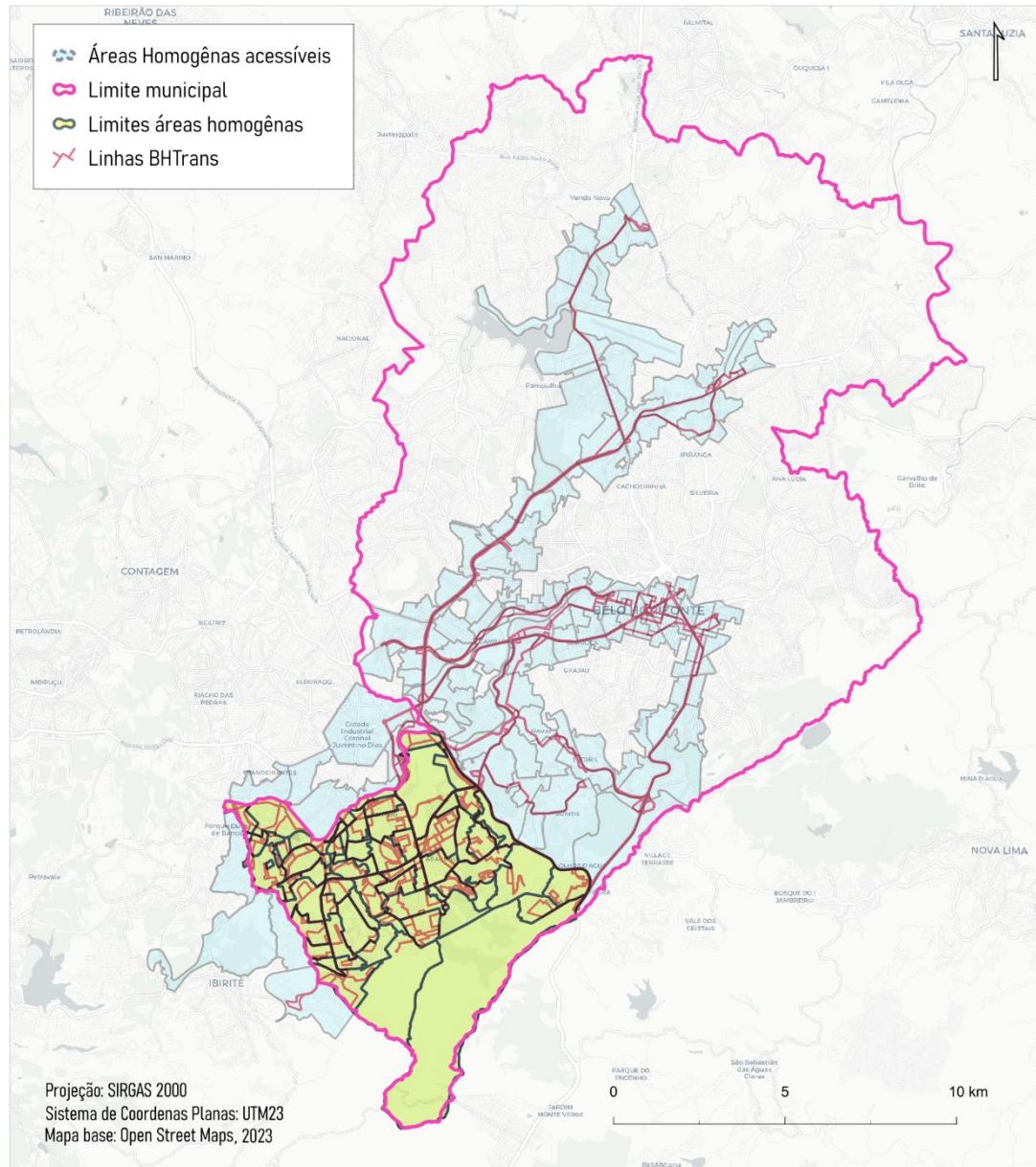
O último indicador representa a acessibilidade fornecida pelo sistema de transporte através da conectividade direta (*ConD*), que representa o número de AHs possíveis de serem acessadas, a partir de uma dada AH, contabilizando as áreas acessadas possíveis a partir de um trajeto, utilizando uma única condução.

A elaboração desse indicador envolveu operações espaciais que foram realizadas no QGIS, em ambiente SIG. Para isso, utilizou-se a malha vetorial de AHs do município de Belo Horizonte e o arquivo vetorial com o itinerário das linhas de ônibus que passam pela Regional Administrativa Barreiro.

Os procedimentos envolveram a utilização da ferramenta “interseção” que, aplicada entre as bases, permitiu que apenas as AHs que sobrepucessem as linhas de ônibus em análise fossem selecionadas.

A partir dessa seleção, as interseções foram realizadas para cada AH da Regional Barreiro, utilizando a ferramenta de “união dos atributos por localização” com o parâmetro “um para muitos” habilitado, de forma que as feições das AHs sobrepostas fossem contadas e inseridas na tabela de atributos a cada iteração (Figura 13).

Figura 13 - Interseção entre as linhas de ônibus e as AHs.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: (AGÊNCIA RMBH, 2012; BELO HORIZONTE, 2023a).

4.3 Índice de Acessibilidade por Área Homogênea (IA)

A partir da síntese e do tratamento estatístico dos indicadores sistematizados, foi formulado o Índice de Acessibilidade por Área Homogênea (*IAah*), como descrito na equação (9), um índice sintético que reflete a integração das três dimensões de acessibilidade observadas (acessibilidade ao ponto de embarque; acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus; e acessibilidade pelo sistema de transporte

público por ônibus), permitindo interpretar os níveis de acessibilidade local ao sistema de transporte público por ônibus na Regional Administrativa Barreiro.

$$IAah_i = RDP_i + TCmed_i + DPmed_i + DIV_i + RDL_i + TEmed_i + FdVmed_i + ConD_i \quad (9)$$

Os índices sintéticos são uma medida composta, amplamente utilizada em diversas áreas do conhecimento, que combinam variáveis relacionadas a um processo específico em uma única métrica, de forma a facilitar a análise e interpretação dos resultados.

Nos campos cuja a acessibilidade é objeto de estudo, os índices são especialmente importantes para divulgar informações complexas relacionadas aos padrões de utilização dos sistemas de transportes. Essas métricas agregadas podem ser valiosas na tomada de decisões para pesquisadores e formuladores de políticas públicas.

4.3.1 Tratamento estatístico dos dados

Como o resultado obtido para cada um dos indicadores possui diferentes grandezas e escalas, foi necessário adotar procedimentos estatísticos com o objetivo de verificar a distribuição dos dados e equalizar os valores. Dessa forma, essa etapa representa a preparação e adequação dos resultados obtidos para os indicadores, antes do cálculo do IA.

4.3.1.1 Teste de normalidade de Shapiro-Wilk

Para verificar a distribuição dos dados foi realizado o teste de Shapiro-Wilk (W), conforme a Equação (10), que consiste em um método para testar a normalidade dos dados em circunstâncias nas quais pode haver erros escalares ou locacionais (CHEN, 1971).

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (10)$$

Onde, n é o tamanho da amostra; $x_{(i)}$ são os valores da amostra; $\bar{x}$ é a média amostral; e a_i são os coeficientes do teste (W), baseado nos valores ordenados de covariância da amostra.

4.3.1.2 Z-Score e normalização dos dados

Após a realização do teste normalidade, e assumindo que os dados não obedecem a uma distribuição normal, os resultados dos indicadores foram normalizados. Para isso, utilizou-se, primeiramente, o procedimento estatístico z-score (Equação 11).

$$Z = \frac{(X - \bar{X})}{\sigma} \quad (11)$$

No qual X representa o valor da amostra, $\bar{X}$ a média da amostra e σ é o desvio padrão da amostra.

O z-score, ou escore padrão, é uma medida estatística que expressa o quão distante um valor está da média de um conjunto de dados, considerando o desvio padrão.

Os resultados obtidos através do cálculo do z-score foram ajustados, em seguida, para um intervalo de valores entre 0 e 1. Para isso adotou-se a técnica Min-Max (Equação 12).

$$X_{nrm} = \frac{X - \min(X)}{\max(x) - \min(X)} \quad (12)$$

Onde X é o valor original e $\min(X)$ e $\max(X)$ representam, respectivamente, os valores mínimos e máximos encontrados no conjunto de dados.

Essa transformação coloca os dados em uma escala na qual o valor mínimo se torna 0, o máximo se torna 1, e os intermediários são linearmente ajustados entre esses extremos.

4.3.1.3 Inversão de indicadores

De forma a assegurar a coerência dos resultados é importante compreender então as características dos indicadores, explorando suas dimensões, grandezas e sentidos. Dessa forma, os indicadores *TCmed*, *TEmed* e *FdVmed*, que possuem variáveis temporais em suas formulações, e o indicador *DPmed*, que considera a menor distância entre os pontos de embarque, tem como característica apresentar resultados positivos quando os valores representados são mais baixos.

Para estes indicadores foi realizado o procedimento de Inversão de Indicadores, que consiste em uma estratégia empregada na elaboração de índices e envolve a modificação direcional dos resultados, transformando os menores valores em números mais altos e vice-versa.

Esse procedimento foi realizado através da multiplicação dos resultados normalizados por -1, o que garante que todos os indicadores que configuram o índice sigam a mesma direção interpretativa, proporcionando coerência na avaliação do desempenho geral do IA.

4.3.1.4 Teste de Breusch-pagan

O teste de Breusch-Pagan é uma ferramenta estatística utilizada para diagnosticar a presença de heterocedasticidade em um modelo de regressão.

Proposto por Trevor Breusch e Adrian Pagan em 1979, o teste é baseado na análise dos resíduos do modelo. A hipótese nula do teste postula homocedasticidade, enquanto a hipótese alternativa sugere a presença de heterocedasticidade. A estatística de teste é computada como a soma dos quadrados dos resíduos estimados na regressão auxiliar de uma variável dependente que é uma função das variáveis independentes originais.

A distribuição assintótica dessa estatística é qui-quadrado com graus de liberdade iguais ao número de variáveis independentes no modelo. O teste de Breusch-Pagan é uma extensão do teste de White, sendo particularmente útil em amostras de tamanho moderado (BREUSCH; PAGAN, 1979).

4.4 IA e suas relações com as características socioespaciais

Para compreender melhor os aspectos do IA foram adotados, a partir dos resultados obtidos, procedimentos estatísticos com objetivo de avaliar os padrões de distribuição espacial, verificando a existência ou não de dependência espacial dos dados.

Tais técnicas envolvem a utilização da medida pseudo-p valor para avaliar a significância estatística dos resultados nos testes de hipóteses e verificação de dependência espacial através do cálculo do Índice de Moran, tanto univariado, quanto bivariado.

Os resultados dos pseudo-p valores foram obtidos por meio de um teste de permutação, que calcula uma distribuição de referência para a estatística sob a hipótese nula de aleatoriedade espacial, permutando de forma randômica os valores observados nas localizações (ANSELIN, 2023).

A estatística é computada para cada um desses conjuntos de dados reorganizados aleatoriamente, resultando em uma distribuição de referência (Equação 13).

$$p = R + 1 / M + 1 \quad (13)$$

Onde R representa o número de vezes que o I de Moran calculado a partir do conjunto de dados espaciais é igual ou mais extremo que a estatística observada e M é o número de permutações.

O Índice de Moran é uma medida estatística utilizada para avaliar a autocorrelação espacial, ou seja, a tendência de padrões semelhantes ou dissimilares ocorrerem em localidades próximas (Equação 14).

$$I_{ij} = \frac{n}{W} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x}) - (y_j - \bar{y}) \quad (14)$$

Para uma observação no local i , onde n é o número de unidades espaciais, W é a soma da matriz espacial de pesos, w_{ij} é o peso entre as áreas i e j , x e y são os valores das variáveis e $\bar{x}$ e $\bar{y}$ são as médias das variáveis.

A interpretação do Índice de Moran envolve avaliar se áreas com valores semelhantes da variável estão agrupadas, ou seja, possuem associação espacial positiva, se valores estão dispersos, configurando uma associação espacial negativa, ou ainda, se não há padrão espacial observável, aceitando a hipótese nula e confirmando a independência das observações e aleatoriedade da distribuição espacial dos dados.

Juntamente com o I de Moran, foram realizados testes de hipótese para avaliar se os resultados O valor p (p-valor) é uma medida estatística que auxilia na avaliação da significância estatística de um resultado em um teste de hipótese. Em geral, ele indica a probabilidade de obter um resultado igual ou mais extremo do que o observado, assumindo que a hipótese nula seja verdadeira.

Também foram conduzidas avaliações dos resultados através de uma abordagem estatística clássica, utilizando especificamente técnica de regressão linear simples (Equação 15) para comparar os resultados do IA com parâmetros socioeconômicos e dados relacionados à demanda da população do Barreiro por transporte público por ônibus.

$$y = \alpha + \beta x \quad (15)$$

Onde y é o valor predito da variável dependente, α é o intercepto da regressão, β é o coeficiente de inclinação e x a variável independente.

Esse procedimento permite identificar possíveis relações entre a acessibilidade local ao sistema de transporte público por ônibus e as condições socioeconômicas da área de estudo, contribuindo para uma compreensão aprofundada dos fatores que influenciam a dinâmica da acessibilidade na região em estudo.

Os resultados do IA serão também comparados com a Razão de Embarques Semanais (*REs*), um indicador que reflete a demanda dos usuários por transporte público, e também fornecendo indícios sobre a qualidade do serviço disponibilizado

Para a elaboração do *REs* foram utilizados dados de estimativa de embarques por pontos de ônibus para dias úteis, sábados e domingos. Esses dados estão disponíveis de forma consistente a partir de 2020, no entanto, foram selecionados os dados coletados entre janeiro de 2023 e agosto de 2023 (BELO HORIZONTE, 2023c).

A escolha desse intervalo permite representar os níveis de demanda por transporte público anteriores à pandemia de SARS-CoV-2, uma vez que o Ministério da Saúde, e a Organização Mundial de Saúde (OMS) declararam fim da emergência sanitária em abril de 2022 e maio de 2023, respectivamente (BRASIL, 2022).

O indicador consiste, então, na razão entre a média da estimativa dos embarques semanais por ponto de ônibus, em uma determinada AH, e a população total dessa mesma área (Equação 16).

$$RES_i = \frac{1}{n} \sum_i^n Es_i / P_i \quad (17)$$

Dado que Es_i é o número embarques estimados totais em cada AH para o período entre janeiro e agosto de 2023 e P_i é a população total de cada AH.

Essa análise integrada visa identificar correlações entre a acessibilidade local, e a procura efetiva pelo transporte público por ônibus, proporcionando uma compreensão abrangente dos fatores que moldam a dinâmica de acessibilidade na área de estudo.

A partir do resultado das comparações, serão realizadas análises dos resíduos, empregando técnicas de estatística espacial com *Local Indicators of Spatial Association* (LISA), que pode auxiliar na identificação de padrões locais de associação espacial e influenciar locais individuais nas estatísticas globais, como o Índice de Moran (ANSELIN, 1995).

Esse enfoque possibilitará a identificação de padrões espaciais nos resíduos do modelo de regressão, revelando agrupamento de áreas contíguas, as quais os resultados do LISA são significantes.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos a partir dos indicadores e do *IA*, bem como as relações do índice com a demanda por transporte público por ônibus e aspectos socioeconômicos no Barreiro, serão apresentados nessa seção através de cartogramas, gráficos e tabelas, e serão discutidos individualmente a partir das relações entre as AHs e os bairros.

No entanto, é importante destacar que, uma vez que as AHs são unidades espaciais abstratas, desprovidas de significado imediato para o público em geral, optou-se por utilizar a categoria bairros como base para a discussão dos resultados.

Os bairros, enquanto espaços vividos, são configurados a partir da experiência subjetiva de seus moradores e carregam um significado mais tangível e reconhecível do ponto de vista do lugar, constituindo uma categoria de análise espacial conectada com o cotidiano das pessoas (DOSSE, 2013).

5.1 Resultados dos indicadores

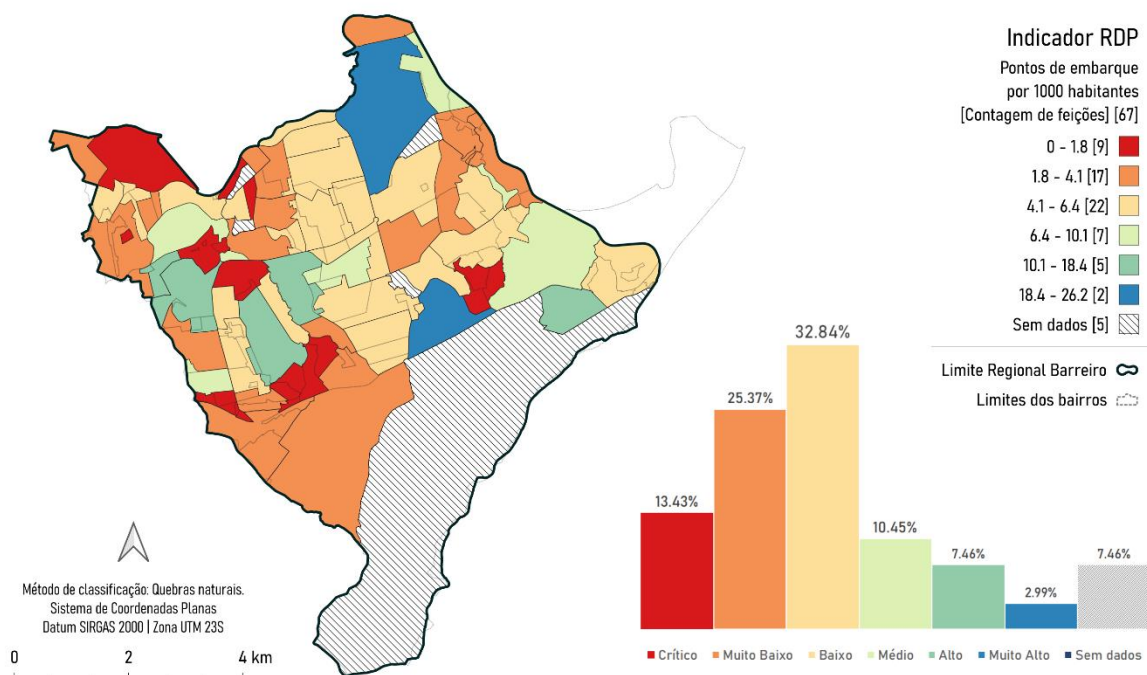
Os indicadores sistematizados nesta pesquisa apresentam dimensões, grandezas e escalas variadas. Por isso, os resultados foram classificados em 6 intervalos, a partir do método de quebras naturais, com o objetivo de disponibilizar os resultados de forma mais homogênea e facilitar a leitura dos graus de acessibilidade a partir dos indicadores.

Os níveis mais baixos encontrados correspondem a classe crítico, seguida das classes muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto.

5.1.1 Indicador RDP

O primeiro resultado apresentado é o indicador *RDP*, que a representa a relação entre o número de pontos de embarque de ônibus e os habitantes de uma determinada AH, considerando uma zona de caminamento máxima de 600 metros a partir dos limites das AHs (Figura 14).

Figura 14 - Resultado do indicador RDP.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

De uma forma geral, a disponibilidade de pontos de embarque para a população do Barreiro é baixa, apesar da média global de 14,19 pontos para cada 1000 habitantes, cerca de 71,64% das AHs apresentam resultados abaixo do nível médio.

Os bairros que apresentam AHs com nível crítico para esse indicador são, em sua maioria, vilas e aglomerados subnormais. A alta densidade populacional dessas áreas, aliada a uma baixa disponibilidade de pontos de embarque, mesmo considerando a zona máxima de caminhada de 600 metros, indica uma precariedade nas condições de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus.

A AH com menor resultado para esse indicador, com 0,66 pontos para cada 1000 habitantes, abarca parte da Vila CEMIG e integralmente o bairro Alto das Antenas.

No sentido oposto, as AHs que apresentam maior resultado para o indicador RDP estão inseridas no bairro das Indústrias I e no bairro Serra do Curral. Essas áreas apresentam baixa densidade populacional e ambas possuem peculiaridades nos tipos de uso e cobertura.

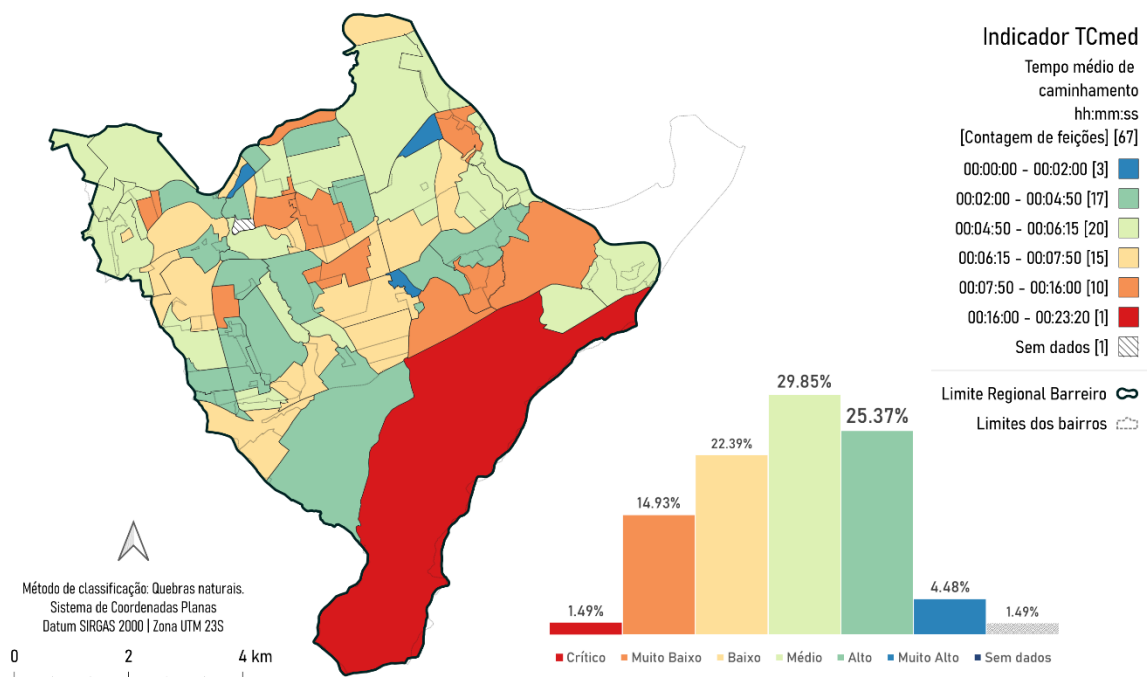
A AH que faz parte do bairro Serra do Curral possui uma pequena porção residencial, a maior parte preserva uma extensa área verde na qual estão localizados o Parque Ecológico Burle Marx e o Clube AECO.

Já a área com maior número de pontos para cada 1000 habitantes (26.23) responde pelo complexo industrial da Vallourec, inserido no bairro das Indústrias I. Esta AH é envolvida pelas principais vias de acesso à Regional Administrativa Barreiro, como o Anel Rodoviário Celso Mello de Azevedo, a Avenida Waldir Soeiro Emrich e a Avenida Olinto Meireles, que possuem uma quantidade expressiva de pontos de embarque. Ou seja, considerando a zona de caminhamento máxima de 600 metros o entorno condiciona o resultado do indicador.

5.1.2 Indicador TCmed

O *TCmed* é um indicador que avalia o tempo médio que uma pessoa gasta para se deslocar até um ponto de embarque de ônibus, partindo de uma determinada origem. Dessa forma, configura uma medida que considera a condições de caminhamento como uma dimensão da acessibilidade ao ponto de embarque (Figura 15).

Figura 15 - Resultado do indicador *TCmed*.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Os resultados do *TCmed* foram obtidos a partir dos dados extraídos da planilha trajetos, da Pesquisa OD 2012, que detalha os aspectos de viagens realizadas pelas pessoas entrevistadas, considerando as variáveis tempo inicial, tempo final e meio de transporte (AGÊNCIA RMBH, 2012).

Tempos menores de caminhada indicam condições melhores de acessibilidade, o que permite inferir sobre a distribuição espacial dos pontos de embarque.

Dessa forma, o tempo médio global de deslocamento pedonal, calculado para a Regional Barreiro, até os pontos de embarque é de 6 minutos e 10 segundos. Os resultados também mostram que 77,61% dos deslocamentos a pé ocorrem no intervalo entre 2 e 8 minutos.

Algumas das AHs com maior tempo de caminhada, classificadas na categoria alto, coincidem com áreas que também apresentam baixo resultado para o *RDP*, é o caso da Vila CEMIG, Vila Ecológica, Vila Independência e os bairros Alto das Antenas, Águas Claras e Vitória da Conquista, que também fazem parte de áreas de ZEIS.

No entanto, nem todas AHs que correspondem a aglomerados subnormais apresentam resultado baixo para o indicador, 9 dos bairros que contém zonas de vulnerabilidade social tem tempo de caminhada até os pontos de embarque inferior a 5 minutos, é o caso das vilas Formosa, Petrópolis e Mangueira, e os bairros Corumbiara, Santa Rita e Jardim do Vale, por exemplo.

Os resultados que se destacam nas categorias crítico, indicando maior tempo de caminhada, e muito alto, indicando menor tempo de deslocamento a pé, concentram-se exclusivamente em AHs caracterizadas por uma população muito reduzida, ou até mesmo desocupadas.

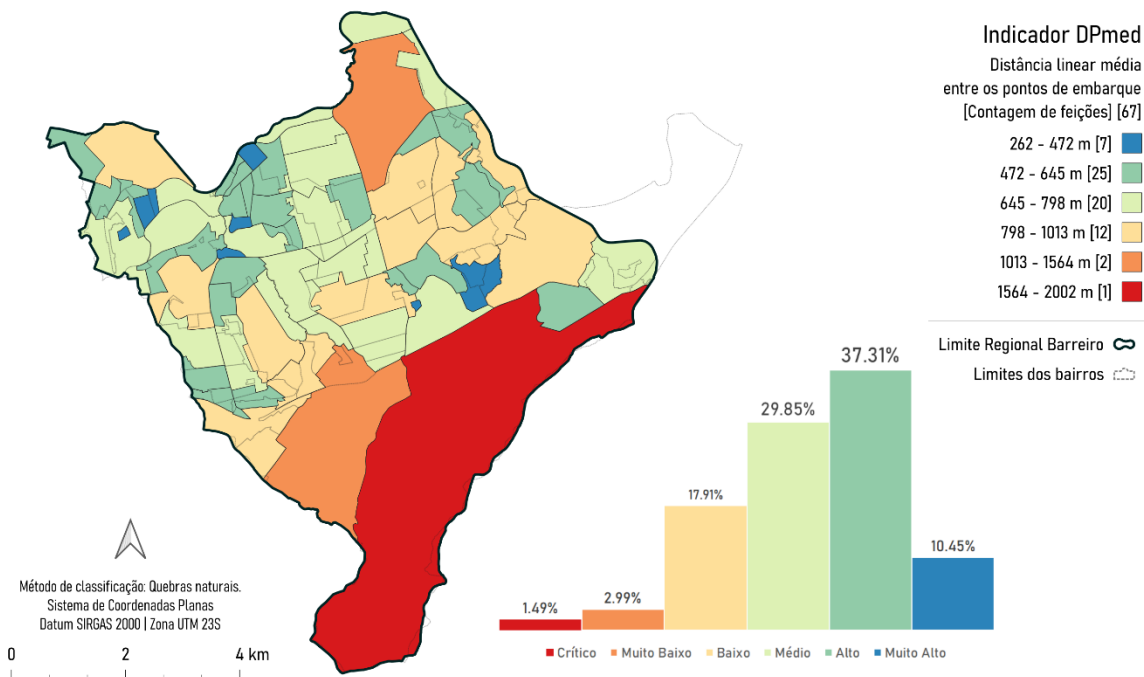
Dado que a Pesquisa OD 2012 aponta viagens originadas nessas AHs, os resultados correspondentes foram retidos apenas no processo de cálculo do indicador, sendo excluídos da composição final *IA*.

5.1.3 Indicador DPmed

A dispersão dos pontos de embarque é um elemento que pode fornecer indícios sobre as condições de oferta do sistema de transporte público por ônibus em diferentes áreas da Regional Barreiro.

Nesse contexto, o *DPmed* é um indicador que permite a avaliação da acessibilidade aos pontos de embarque. Isso é realizado por meio do cálculo da média das menores distâncias euclidianas mais entre os pontos de embarque, fornecendo uma medida sintética que captura a distribuição espacial dos pontos de acesso ao transporte público por ônibus (Figura 16).

Figura 16 – Resultado do indicador *DPmed*.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

A distribuição espacial dos pontos de embarque obedece à infraestrutura das vias da Regional Barreiro, dessa forma, as áreas mais extensas, combinadas com uma malha viária menos densas apresentam uma densidade de pontos de ônibus menor e, portanto, uma distância maior entre as paradas de embarque.

Observa-se, nesse sentido, que as AHs relacionadas aos bairros Serra do Curral e Bairro das Indústrias I apresentam as maiores distâncias médias entre os pontos de embarque.

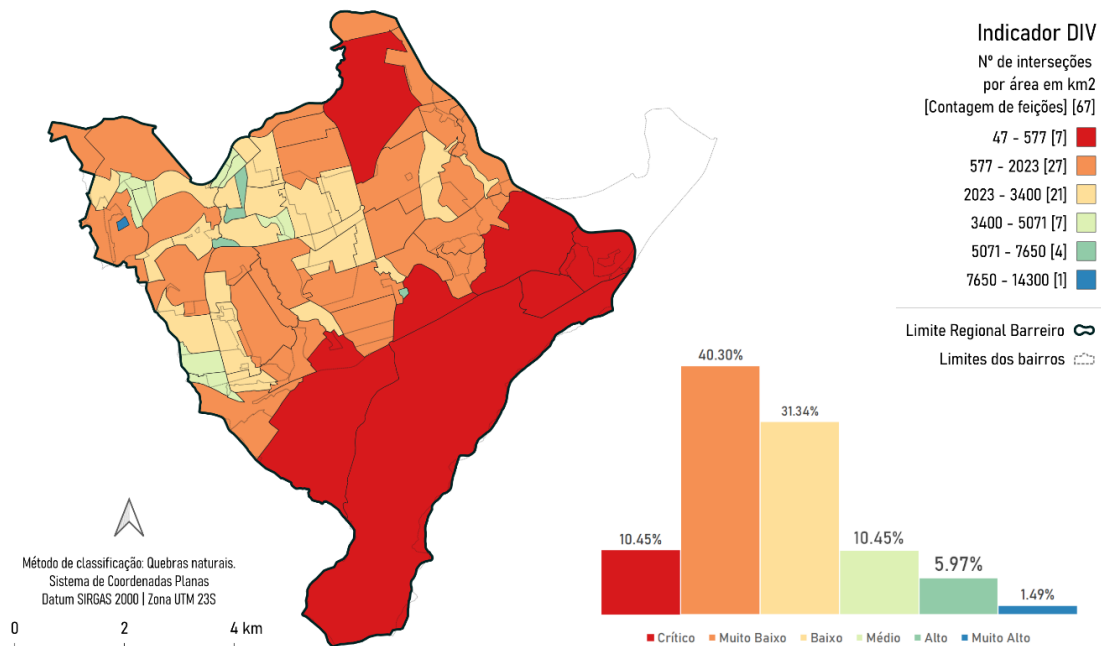
Nos bairros residenciais densamente ocupados, como Araguaia, Milionários, Mineirão, Esperança e Lindéia, observam-se resultados desfavoráveis para o indicador *DPmed*. Especificamente, destaca-se o bairro Lindéia, que abriga a AH com a maior distância média entre pontos de embarque, dentre as áreas residenciais, totalizando 938,6 metros, em média.

É importante pontuar que, apesar da apresentação dos resultados do *DPmed* obedecer ao método de classificação por quebras naturais, foi considerada na análise dos resultados a distância máxima de caminhada de 600 (BELO HORIZONTE, 2018).

5.1.4 Indicador DIV

A densidade de interseções viárias é um importante aspecto das condições de caminhada urbano e exerce impacto direto na acessibilidade aos pontos de embarque por ônibus. Esse indicador, ao analisar a quantidade de cruzamentos e entroncamentos nas malhas viárias urbanas, pode ajudar a identificar padrões que influenciam significativamente a facilidade de deslocamento a pé, fator determinante na eficiência do transporte público por ônibus na Regional Barreiro (Figura 17).

Figura 17 - Resultado do indicador *DIV*.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Entretanto, quando examinado em áreas onde a malha viária exibe certa homogeneidade, o indicador revela-se extremamente sensível à medida de área dos recortes analisados. É importante considerar também que, para os indicadores que envolvem o modo pedonal de deslocamento, os limites das AHs foram expandidos em função da zona de caminhada máximo.

Dessa forma, é possível observar essa característica do *DIV* na AH situada no bairro Itaipú, a única representante da classe de resultado muito alto para o indicador, que possui uma extensão de 0.03 Km² e 429 cruzamentos e entroncamentos tanto em seu interior quanto e no seu entorno.

Por outro lado, a presença de AHs classificadas com *DIV* muito baixo pode ser atribuída à combinação de uma baixa densidade viária e extensas áreas, muitas das quais incluem parques industriais e zonas de preservação ambiental.

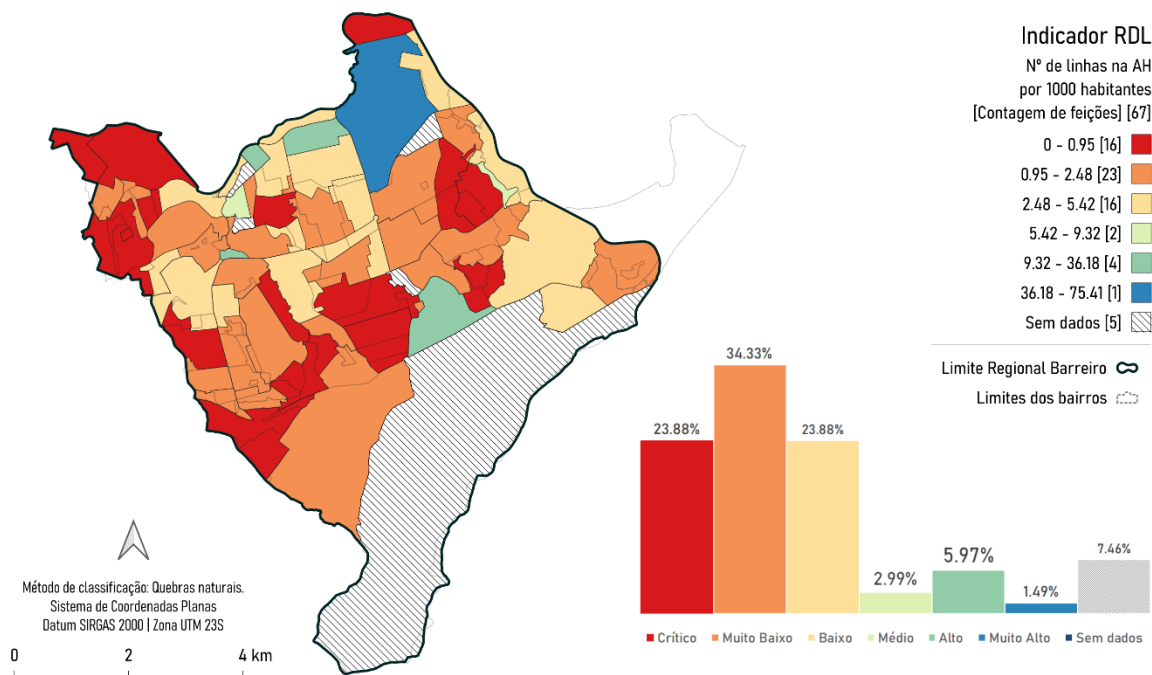
No contexto geral da Regional Administrativa Barreiro, o resultado global do indicador é de 2.564,85 interseções por quilômetro quadrado. Esse panorama reflete a realidade da maioria das AHs no Barreiro, predominantemente distribuídas nas classes de resultado baixo e médio, representando um intervalo de 577 a 3.400 cruzamentos e interseções por quilômetro quadrado. Essas classes compreendem cerca de 71,64% das AHs na região.

Destaca-se também que grande parte das AHs que apresentam resultado na classe baixo se situam em áreas que tem como principal via de acesso a Avenida Waldir Soeiro Emrich, como os bairros Santa Helena, Teixeira Dias, Diamante e Olaria.

5.1.5 Indicador RDL

O indicador *RDL* compartilha uma formulação semelhante ao *RDP*. Contudo, sua proposta envolve a interface com a dimensão de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus, considerando as possibilidades de utilização após o usuário superar a fricção inicial de deslocamento até o ponto de embarque.

Dessa maneira, o *RDL* avalia a interação entre a oferta de linhas de ônibus e a capacidade dessas linhas atenderem efetivamente as necessidades das populações residentes nos bairros da Regional Barreiro (Figura 18).

Figura 18 - Resultado do indicador *RDL*.

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Os resultados do indicador são expressos pelo número de linhas acessíveis a partir de uma AH, considerando a densidade populacional, sendo apresentados como a quantidade de linhas por 1000 habitantes na mesma AH.

Nesse contexto, o resultado global para a Regional Administrativa Barreiro é relativamente alto, atingindo aproximadamente 12 linhas para cada 1000 habitantes, destacando-se em comparação com a maioria das AHs, pois 82,1% dessas áreas situam-se nas classes crítico, muito baixo e baixo.

Nota-se também que a disponibilidade de linhas de ônibus por habitante tende a reduzir à medida que as AHs se encontram afastadas das principais vias de acesso na Regional Barreiro.

Essa tendência evidencia o papel que a malha viária exerce na constituição de centralidades. No caso do Barreiro, essa dinâmica é observada principalmente nos bairros próximos à Avenida Waldir Soeiro Emrich. A relação entre a proximidade dessas áreas às vias principais e a oferta de linhas de ônibus, indica que a acessibilidade ao sistema de transporte público é bastante afetada pela localização em relação à infraestrutura viária.

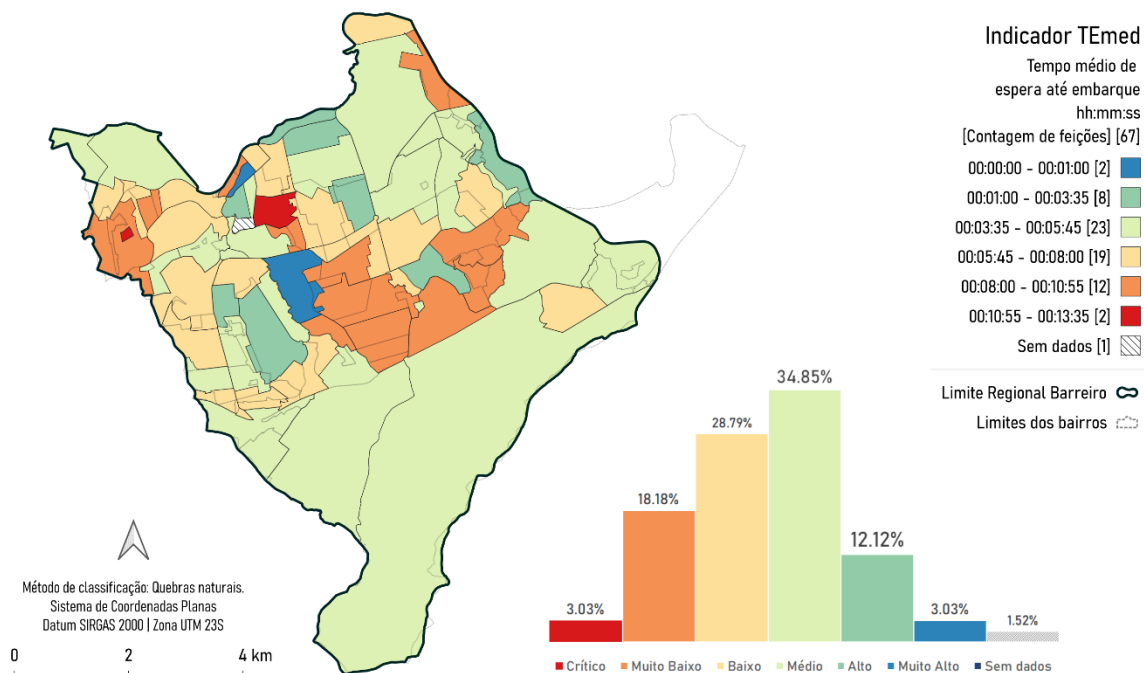
Um resultado expressivo surge na comparação das AHs que abrigam as estações Barreiro e Diamante. Era esperado que essas áreas apresentassem uma razão mais elevada de linhas por habitante em comparação com as demais AHs, dada a influência esperada das estruturas dessas estações.

De fato, a Estação Barreiro reflete positivamente em sua AH correspondente, registrando 17,05 linhas para cada 1000 habitantes, classificado como um resultado alto para o *RDL*. No entanto, a Estação Diamante parece não impactar significativamente sua AH correspondente, cujo resultado para o indicador é baixo, com 5,23 linhas para cada 1000 habitantes.

Com relação às anomalias observadas, da mesma forma que ocorre nos resultados do *RDP*, as AHs associadas ao pátio industrial da Vallourec, no Bairro das Indústrias I, e ao Parque das Águas (Roberto Burle Marx), no bairro Serra do Curral, exibem resultados muito alto e alto para o indicador. Essa observação é justificada pela alta disponibilidade de linhas de ônibus nas vias circundantes e pela baixa densidade populacional dessas áreas específicas.

5.1.6 Indicador *TEmed*

Da mesma forma que os indicadores *RDP* e *RDL* apresentam formulações análogas, os indicadores *TCmed* e *TEmed* compartilham princípios semelhantes. Contudo, o indicador *TEmed* destaca-se como uma métrica específica de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus, empregando o tempo médio de espera do usuário até o embarque como uma de avaliação de qualidade do sistema na Regional Administrativa Barreiro (Figura 19).

Figura 19 - Resultado do indicador *TEmed*.

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Os resultados do *TEmed* seguem, em certa medida, a distribuição de linhas de ônibus na Regional Barreiro. De maneira geral, os tempos de espera mais longos estão associados às AHs mais distantes dos principais corredores de acesso.

Em 81,82% das AHs, o tempo médio de espera para embarque situa-se no intervalo de 3 minutos e 35 segundos a 11 minutos, ressaltando que o tempo médio global de espera para embarque em toda a Regional Barreiro é aproximadamente 6 minutos e 15 segundos.

O indicador destaca também o bairro Diamante como uma área síntese da heterogeneidade característica da Regional Barreiro. A AH associada à Estação Diamante, por exemplo, apresenta o menor tempo médio de espera para embarque, registrando menos de 1 minuto.

No entanto, o bairro também abriga a AH com o maior tempo médio de espera, totalizando 13 minutos e 35 segundos, em média. Além disso, observa-se interseções com outras AHs que perpassam por todas as classes de resultados, ilustrando a complexa dinâmica de acessibilidade do bairro.

Destaca-se também a formação de um cinturão de AHs, situado na porção central do Barreiro, com resultados classificados como muito baixos para o indicador *TEmed*.

Esse cinturão abrange os bairros de Cardoso, Pongelupe, Miramar, Flávio Marques Lisboa, Flávio de Oliveira, Esperança, Brasil Industrial, Novo Santa Cecília e Vila CEMIG, sugerindo a possibilidade de uma deficiência na oferta de linhas de ônibus ou na frequência de passagem desses veículos por essas áreas específicas.

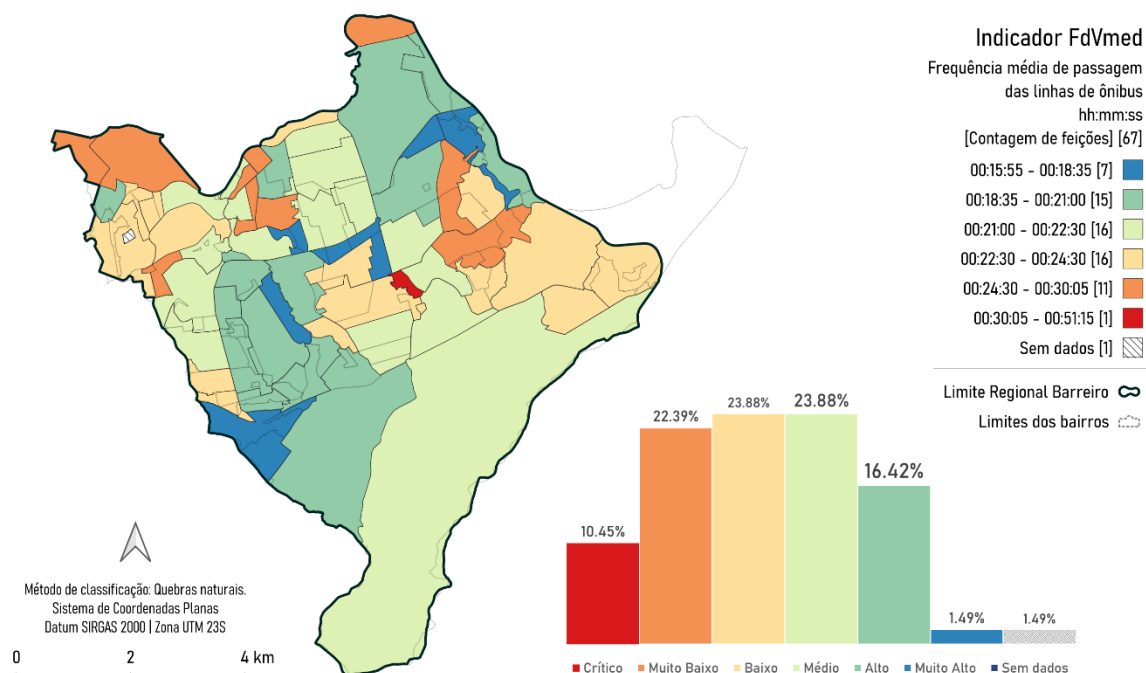
Por fim, da mesma forma que no resultado do indicador *TCmed*, a AH associada ao antigo depósito de materiais da CEMIG, situada no bairro João Paulo II, exibe um resultado anômalo para este indicador, apresentando um valor de tempo médio de espera igual a zero. O resultado para esta AH é apresentado, mas não será considerado no cálculo do *IA*.

5.1.7 Indicador *FdVmed*

Os intervalos entre as passagens dos ônibus pelos pontos de embarque variam ao longo do dia, diminuindo nos horários de pico e aumentando em períodos de menor demanda. Além disso, essa frequência é influenciada pelo dia da semana, sendo mais intensa nos dias úteis e menos frequente nos fins de semana e feriados.

Nesse contexto, o indicador *FdVmed* representa uma métrica que leva em conta a frequência média diária de passagem dos ônibus, incorporando não apenas as variações ao longo do dia, mas também as diferenças entre dias úteis, fins de semana e feriados.

Assim, o *FdVmed* considera as distintas finalidades de uso do sistema de transporte público por ônibus, proporcionando uma visão mais abrangente sobre a sua funcionalidade (Figura 20).

Figura 20 - Resultado do indicador *FdVmed*.

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Os resultados do indicador revelam que 70,15% das AHs exibem uma frequência média de passagem dos ônibus situada no intervalo entre 18 minutos e 35 segundos e 24 minutos e 30 segundos. Essa faixa engloba as classes de resultado baixo, médio e alto. Ressaltando que, para a Regional Barreiro como um todo, a medida média é de aproximadamente 22 minutos e 15 segundos.

As AHs que apresentam os melhores resultados para o indicador *FdVmed* estão distribuídas ao longo do eixo sudoeste-nordeste da Regional Barreiro. Essas áreas incluem os bairros Alta Tensão I, Bairro Novo das Indústrias, na extremidade nordeste; as AHs na porção central, atravessadas pela Avenida Waldir Soeiro Emrich, englobando os bairros Miramar, Santa Helena e Teixeira Dias. Em direção à área sudoeste, destacam-se a Vila Pinho, Vila Independência II, Mineirão e Independência.

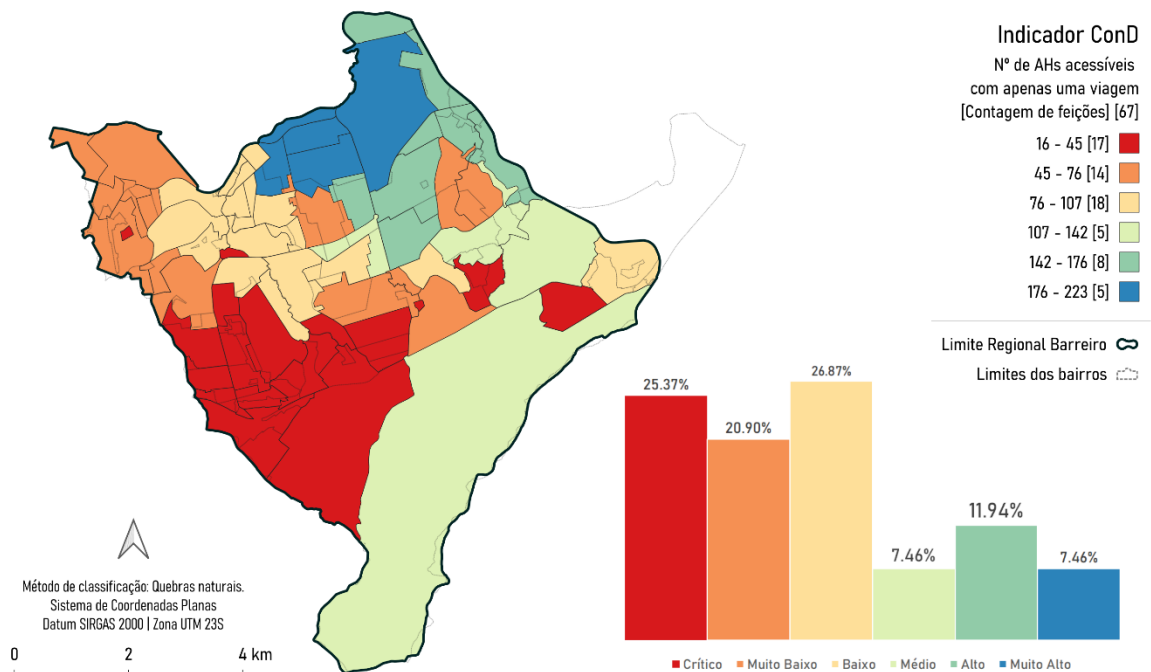
Por outro lado, as AHs com os resultados menos favoráveis para o indicador, classificadas com o nível muito baixo, estão concentradas nos bairros Lindéia, João Paulo II, Átila de Paiva e Bairro das Indústrias, localizados no limite noroeste do Barreiro, próximo à divisa com Contagem. Além disso, as áreas com desempenho desfavorável incluem a Vila CEMIG e os bairros Bonsucesso, Araguaia, Esperança e Milionários, situados nas proximidades do Anel Rodoviário.

Mais uma vez, o bairro Diamante encapsula em sua extensão resultados contrastantes que sintetizam as heterogeneidades presentes no Barreiro. Nota-se valores mais altos para o *FdVmed* nas AHs próximas à Via do Minério, contrastando com resultados mais baixos em direção à divisa com Contagem.

5.1.8 Indicador de conectividade direta (ConD)

O último indicador é uma métrica que avalia a relação entre a quantidade de linhas de ônibus em uma AH e a extensão dessas linhas. Essa medida permite mensurar a acessibilidade proporcionada pelo sistema de transporte público, partindo da premissa de que um maior número de AHs acessíveis, considerando toda a cidade, em apenas uma viagem resulta em um aumento nas oportunidades possíveis de serem alcançadas (Figura 21).

Figura 21 - Resultado do indicador ConD.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

Os resultados para esse indicador revelam a formação de agrupamentos de AHs contíguas, cujos valores de *ConD* estão dentro de um mesmo intervalo de classe.

Esses agrupamentos indicam o vetor de acessibilidade predominante na Regional Barreiro, apontando em direção às AHs situadas nos bairros Barreiro e

Bairro das Indústrias I. Essa direção é estrategicamente marcada pela presença da Estação de ônibus Barreiro e por duas importantes vias de acesso na regional: a Avenida Olinto Meireles, que conecta a Regional à Avenida Teresa Cristina, e a Avenida Waldir Soeiro Emrich, que atravessa o Barreiro e se conecta ao Anel Rodoviário Celso Melo de Azevedo.

Por outro lado, as áreas próximas à divisa com Ibirité apresentam menor conectividade direta, com resultados classificados como críticos. Isso sugere a necessidade de realizar mais viagens para acessar mais oportunidades, ou, quando houver integração tarifária, baldeações.

Também são identificados bolsões de conectividade direta com níveis muito baixos nos bairros Araguaia, Bonsucesso e Milionários, localizados mais próximos ao Anel Rodoviário. Além disso, são observados resultados semelhantes no bairro Teixeira Dias, próximo à Estação Barreiro, e no Brasil Industrial, assim como em AHs correspondentes ao bairro Lindéia e seus arredores.

Esses bolsões indicam que a rede de ônibus municipais de Belo Horizonte, na Regional Administrativa Barreiro, está configurada de maneira a direcionar predominantemente os usuários a Estação Barreiro.

5.2 Resultado do IA

O IA representa uma proposta de índice sintético de acessibilidade, constituído a partir dos indicadores sistematizados neste estudo. Os resultados, tanto dos procedimentos estatísticos preliminares quanto da aplicação do próprio índice, serão apresentados por meio de cartogramas, gráficos e tabelas nesta seção.

O primeiro procedimento, após a obtenção dos resultados dos indicadores, consistiu em verificar a normalidade da distribuição dos dados.

Para isso, foi empregado o teste de normalidade Shapiro-Wilk. A considerou-se como hipótese nula considerada a normalidade na distribuição dos dados. Contudo, os p-valores associados a todos os indicadores foram significativamente baixos, resultando na rejeição da hipótese nula.

Dessa forma, aceitou-se a hipótese alternativa, concluindo que os resultados dos indicadores não seguem uma distribuição normal (Tabela 1).

Tabela 1 - Resultados do teste Shapiro-Wilk por indicador.

Indicador	<i>RDP</i>	<i>TCmed</i>	<i>DPmed</i>	<i>DIV</i>	<i>RDL</i>	<i>TEmed</i>	<i>FdVmed</i>	<i>ConD</i>
W	0.1999	0.7668	0.7891	0.7398	0.1792	0.9683	0.6637	0.9043
p-valor	<2e-16	7.1e-09	2.1e-08	1.4e-09	<2e-16	0.0934	5.1e-11	8.2e-05

Fonte: Elaboração própria.

Posteriormente, os dados dos indicadores passaram por um processo de normalização utilizando o procedimento estatístico z-score, realizado no software de planilhas eletrônicas Microsoft Excel.

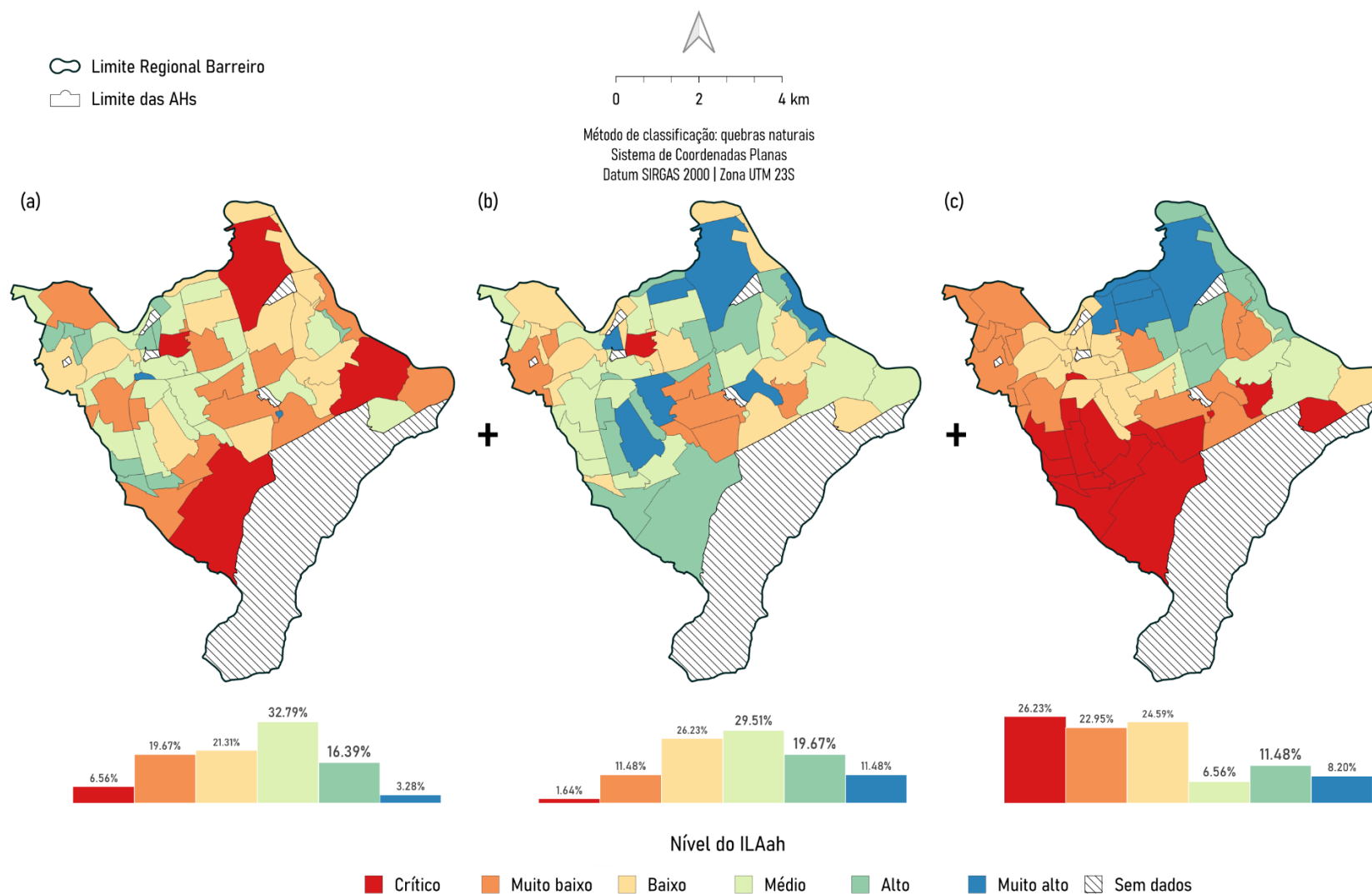
Os resultados dos indicadores *TCmed*, *DPmed*, *TEmed* e *FdVmed* foram invertidos. Essa inversão foi alcançada multiplicando-se os valores desses indicadores por -1.

É importante destacar que as AHs de código 1203, 1237, 1251, 1256, 1257 e 1267 apresentaram particularidades, como a ausência de população e infraestrutura de transportes, resultando em lacunas nos dados. Portanto, essas AHs não foram consideradas no cálculo do índice.

A partir desses procedimentos calculou-se o *IA* em três etapas, a saber: (a) a soma dos indicadores normalizados de acessibilidade ao ponto de ônibus; (b) a soma dos indicadores normalizados de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus; (c) soma dos três conjuntos de indicadores⁵ (Figura 22).

⁵ A dimensão de acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus é representada apenas pelo indicador Conectividade Direta, que foi somado aos outros dois conjuntos de indicadores sistematizados.

Figura 22 - (a) Soma dos indicadores de acessibilidade ao ponto de embarque; (b) soma dos indicadores de acessibilidade ao sistema de transporte por ônibus; e (c) indicador de acessibilidade pelo sistema de transporte público por ônibus.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

O resultado do *IA* decomposto permite analisar as características das AHs, de forma sintética, para cada uma das três dimensões de acessibilidade do sistema de transporte público por ônibus identificadas.

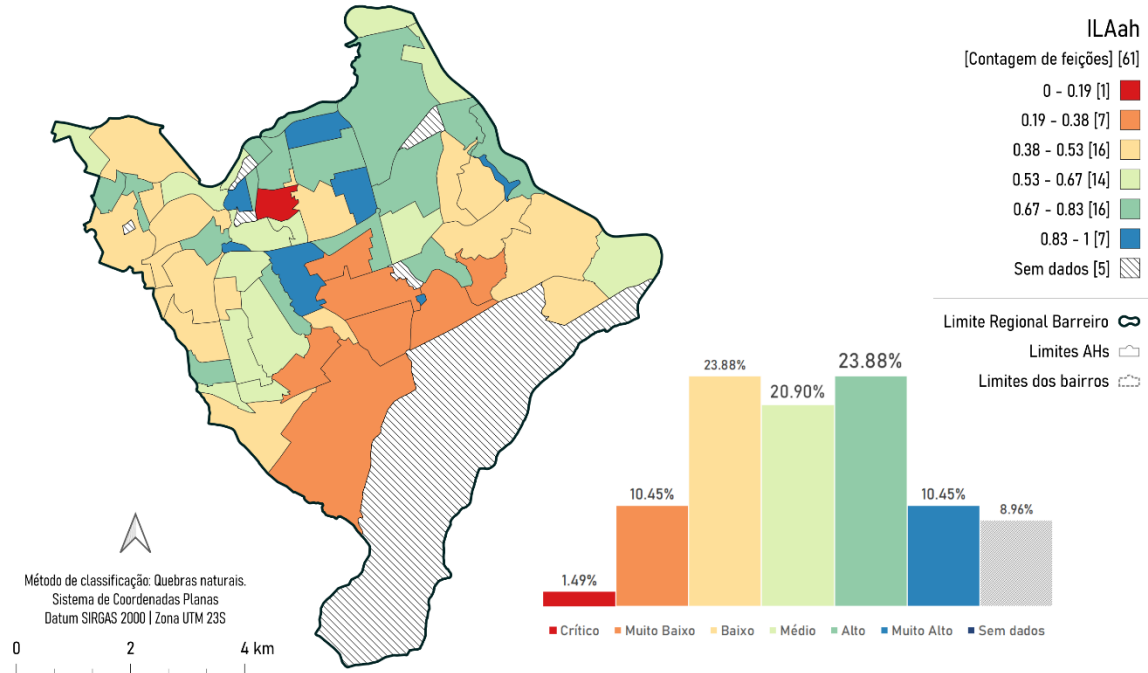
Na dimensão de acessibilidade aos pontos de embarque, observa-se que as AHs menores aparentam melhores resultados, implicando que o conjunto de indicadores selecionados para avaliar esse eixo é sensível ao tamanho das áreas, o que é, em certa medida, coerente com as condições de caminamento, importantes nessa primeira fase de utilização do ônibus.

Já a dimensão de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus revela uma relação visível com a infraestrutura viária, um fator condicionante para a oferta do sistema de transporte público. Nesse contexto, as AHs que obtiveram melhores resultados estão localizadas em regiões onde a malha viária é densa e próximas aos principais corredores de acesso.

A última dimensão refere-se ao indicador *ConD*, cujos melhores resultados para esse indicador estão localizados em AHs próximas à Estação Barreiro e às principais vias de entrada e saída da Regional Barreiro. Indicando, com isso, que a rede de ônibus municipais que atende a Regional é configurada de maneira a escoar os usuários de ônibus a Estação Barreiro.

Assim, essas três dimensões foram somadas e, em seguida os valores provenientes do resultado do índice foram transformados através da técnica min-max, de forma que o *IA* pudesse ser apresentado em uma escala de valores entre 0 e 1 (Figura 23).

Figura 23 - Resultado do IA.



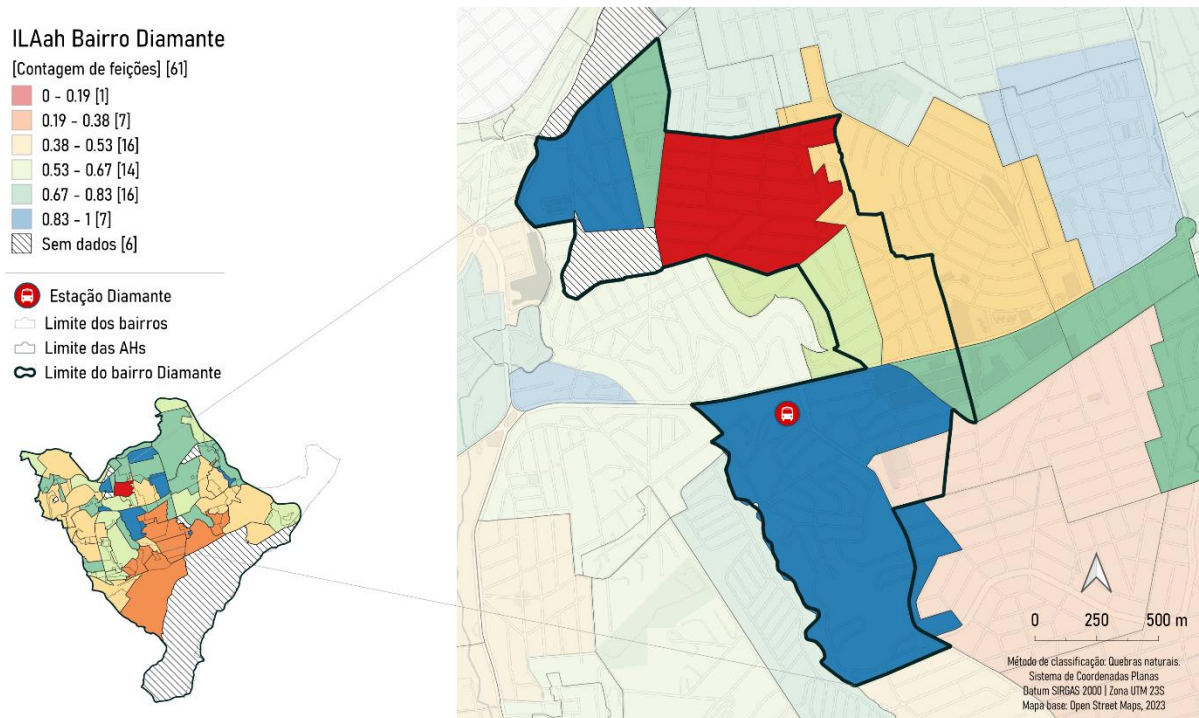
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

O resultado global do índice proposto, para a Regional Administrativa Barreiro, é de 0.6. No entanto, uma análise pormenorizada da área de estudo permite observar padrões espaciais interessantes nas condições de acessibilidade nas diferentes áreas da Regional Barreiro.

O caso do bairro Diamante, cujas características heterogêneas, já destacadas pelos resultados dos indicadores, refletem-se também no índice de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus nas AHs do bairro.

A AH onde localiza-se a Estação Diamante, por exemplo, exibe um índice IA muito alto, condicionado pela própria estação de ônibus e por suas condições viárias. Já a AH intersectada pela rua Antônia Santos de Oliveira, mais ao norte no bairro, apresenta uma densidade viária baixa, baixa oferta de pontos de embarque e linhas de ônibus, que se reflete no pior desempenho do índice para toda a Regional Barreiro (Figura 24).

Figura 24 - IA destacado para o bairro Diamante.



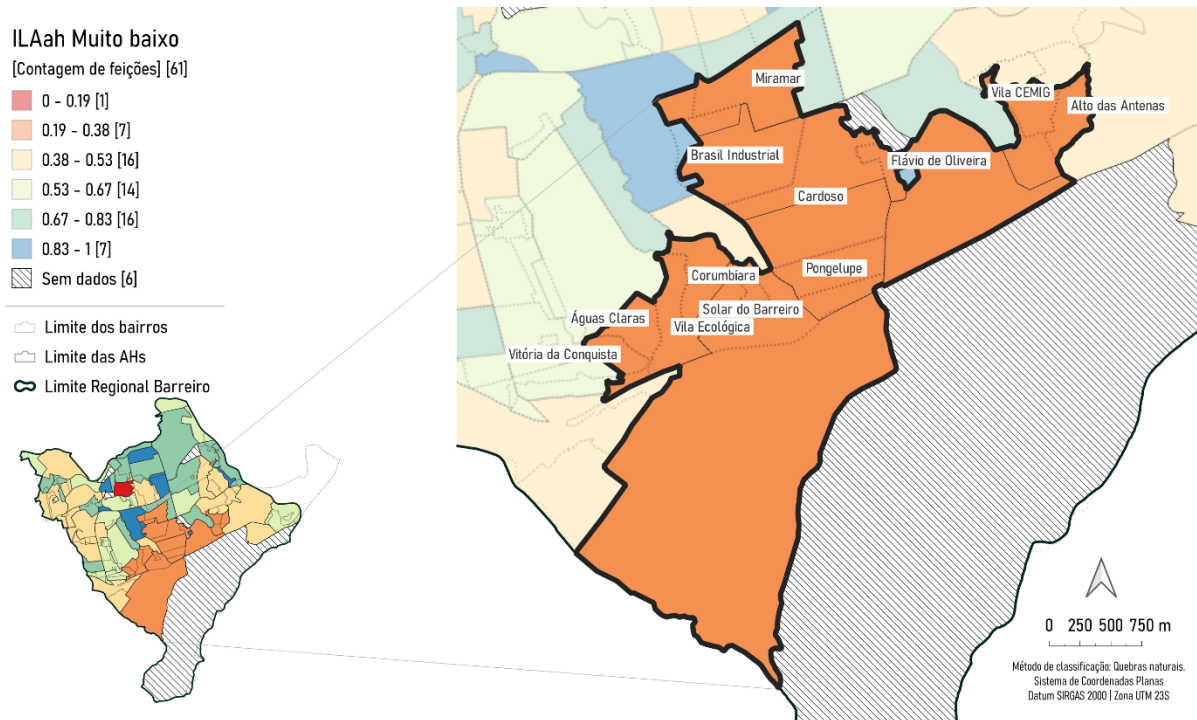
Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

É importante ressaltar o conjunto de áreas com níveis de acessibilidade muito baixos, concentrados nos bairros Águas Claras, Alto das Antenas, Brasil Industrial, Cardoso, Corumbiara, Flávio de Oliveira, Miramar, Pongelupe, Solar do Barreiro, Vitória da Conquista, Vila CEMIG e Vila Ecológica, próximos à Serra do Curral.

Este agrupamento contíguo revela deficiências na acessibilidade ao sistema de transporte por ônibus, especialmente na porção mais próxima ao limite do município de Ibirité, cujas condições estão associadas de acessibilidade aos pontos de embarque e à conectividade direta.

Além disso, as AHs situadas na porção central da Regional também apresentam resultados desfavoráveis na dimensão de acessibilidade do sistema de transporte por ônibus, abrangendo as circunstâncias relacionadas à disponibilidade, tempo de espera para embarque e frequência das linhas de ônibus (Figura 25).

Figura 25 - Cluster de AHs com resultado do IA muito baixo.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012).

A predominância de resultados elevados para o *IA* é observada em grande parte das AHs da Regional Administrativa Barreiro, totalizando 16 no conjunto. Essas áreas, em sua maioria, estão vinculadas à proximidade de vias arteriais que delimitam suas extensões.

Essas vias desempenham um papel importante na circulação da Regional Barreiro, apresentando maior concentração de pontos de embarque de ônibus. Além disso, a presença de linhas de ônibus, como a 303 e a 309, que percorrem AHs com baixa renda, também exerce uma influência significativa, reduzindo as impedâncias do transporte público por ônibus nessas localidades.

Destacam-se, também, AHs que compartilham esse mesmo desempenho, mas que estão localizadas mais distantes das principais vias, especialmente nas áreas associadas aos bairros Itaipú, Lindéia e Vila Pinho, exibem condições melhores de acessibilidade aos pontos de embarque.

O índice proposto é uma medida sintética que analisa a acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus, combinando os resultados dos indicadores sistematizados neste trabalho. Para avaliar a consistência estatística do *IA*, foram empregados procedimentos de estatística espacial, essas análises também foram

aplicadas nas comparações com dados relacionados à oferta de transporte público por ônibus e às características socioeconômicas da população da Regional Barreiro.

5.3 Resultado das estatísticas espaciais

Nesta seção serão apresentados os resultados obtidos das análises estatísticas realizadas a partir dos dados produzidos, tanto para o conjunto de indicadores, quando para o *IA* e suas relações com variáveis socioeconômicas, representada pelo rendimento familiar médio, e demanda por transporte público por ônibus, representado pelo indicador *REs*.

5.3.1 *I* de Moran global dos indicadores e do *IA*

O primeiro passo do procedimento envolve a avaliação da dependência espacial dos indicadores por meio do cálculo do índice de Moran. Utilizando um nível de significância de 0,05, caso os resultados apresentem um pseudo-p valor superior a 0,05, a hipótese nula é aceita, indicando a ausência de autocorrelação espacial para o indicador em questão.

Utilizou-se uma matriz de peso com contiguidade do tipo *Rook*, considerando apenas o primeiro grau de vizinhança entre as áreas.

É importante ressaltar que, embora alguns indicadores tenham resultados para todas as 67 AHs na Regional Administrativa Barreiro, foram utilizadas 61 observações nos testes estatísticos, referentes ao resultado final do *IA* na área de estudo.

Entre os 8 indicadores analisados, apenas o *ConD* apresentou autocorrelação espacial, quando avaliados isoladamente. Já os demais têm uma probabilidade muito baixa de dependência espacial (Tabela 2).

Tabela 2 - Resultado do *I* de Moran para os indicadores.

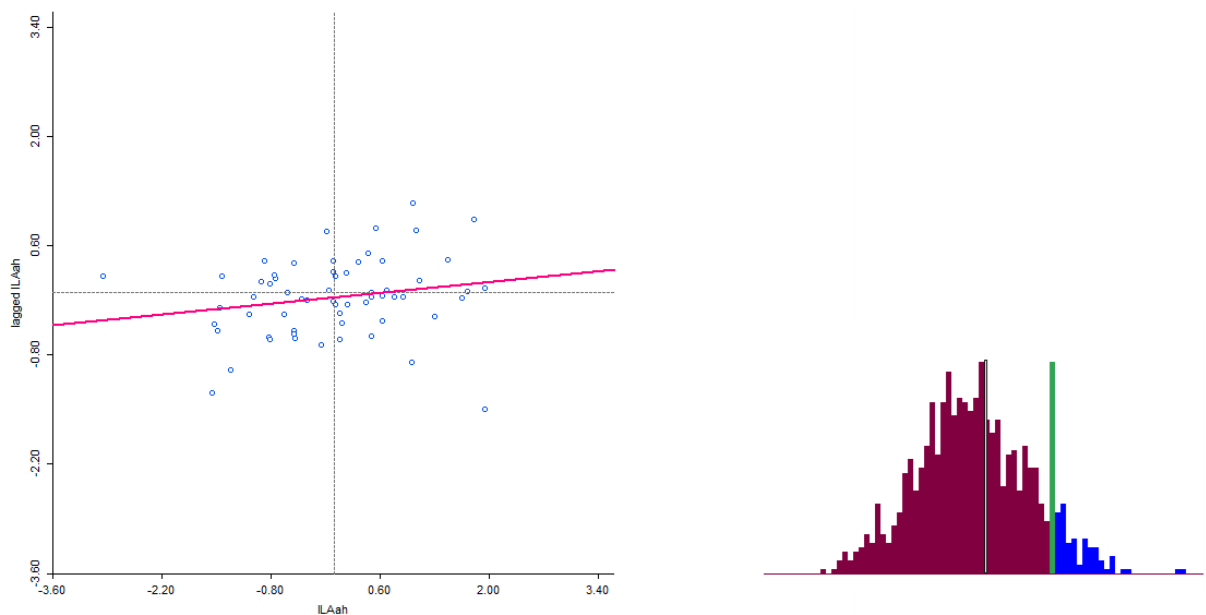
Indicador	<i>RDP</i>	<i>TCmed</i>	<i>DPmed</i>	<i>DIV</i>	<i>RDL</i>	<i>TEmed</i>	<i>FdV med</i>	<i>ConD</i>
I de Moran	0,056	-0,040	0,068	0,095	0,007	0,051	0,004	0,658
Pseudo p-valor	0,297	0,387	0,119	0,073	0,334	0,190	0,394	0,001

Fonte: elaboração própria.

A correlação espacial era esperada para o indicador de conectividade direta, uma vez que seu resultado aponta para uma orientação do vetor de acessibilidade ao sistema de transporte público por ônibus em direção à Estação Barreiro.

Assim, dada a composição dos indicadores que compõem o *IA*, a tendência é que o resultado do *I* de Moran global para o índice valide a hipótese nula, apontando para a independência espacial (Gráfico 1).

Gráfico 1 - Resultado do *I* de Moran para o *IA*, *scatter plot* e distribuição do resultado do teste de permutação.



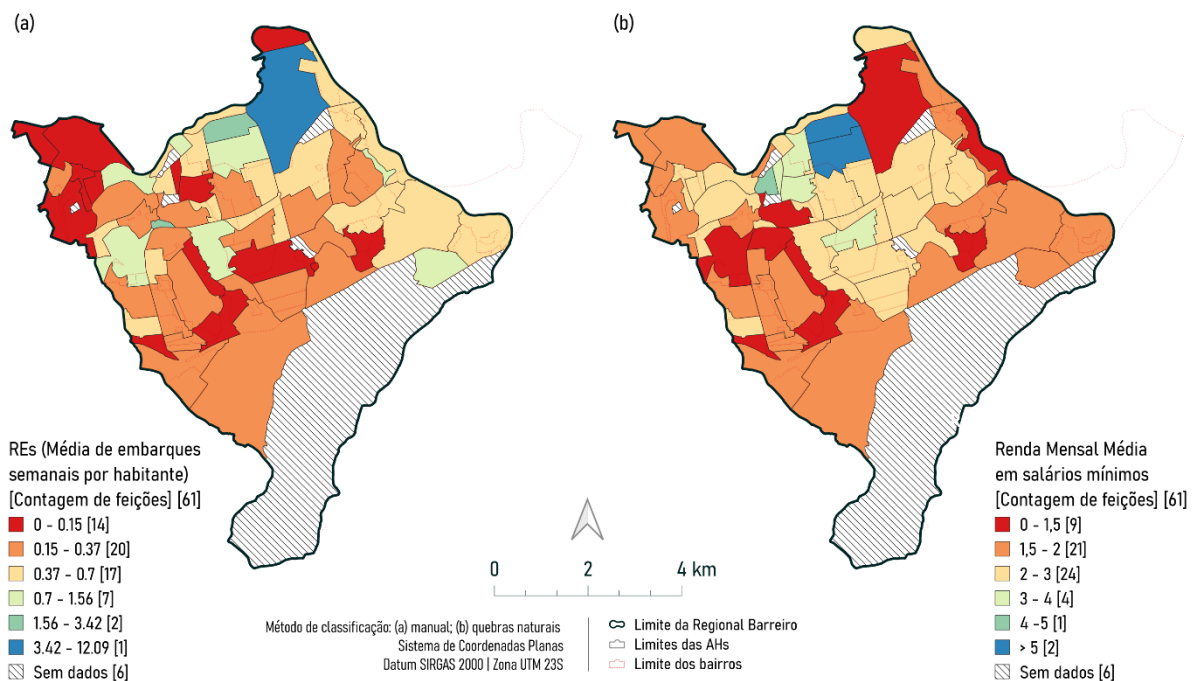
Fonte: elaboração própria.

O *I* de Moran global para o *IA* registrou 0,0981, com um pseudo-p valor de 0,093 após 999 permutações. Sob um nível de significância de 0,05, rejeita-se então a hipótese alternativa de existência de dependência espacial.

5.3.2 Relações do IA com indicadores de demanda por ônibus e renda

A próxima etapa consiste na análise do índice de acessibilidade em conjunto com o indicador *REs*, que destaca a demanda por ônibus, expressa pelo número médio de embarques semanais por AH. Além disso, será considerada a renda mensal média familiar, apresentada em salários mínimos, como indicador socioeconômico (Figura 26).

Figura 26 - (a) Indicador de demanda por ônibus (*REs*) e (b) indicador socioeconômico (renda familiar média mensal).



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a); IBGE (2012).

As análises iniciais envolveram a realização de regressões lineares simples, uma abordagem estatística convencional. Nesses modelos, os indicadores *REs* (razão de embarques semanais por habitante) e de renda média familiar mensal foram considerados como variáveis explicativas (X), cada um individualmente, enquanto o *IA* foi utilizado como variável dependente (Y).

5.3.2.1 *Regressão linear simples: IA e demanda por ônibus*

Já os resultados do modelo de regressão aplicados entre o índice e a variável de embarques médios semanais por habitante foram sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Sumário estatístico IA e média de embarques semanais.

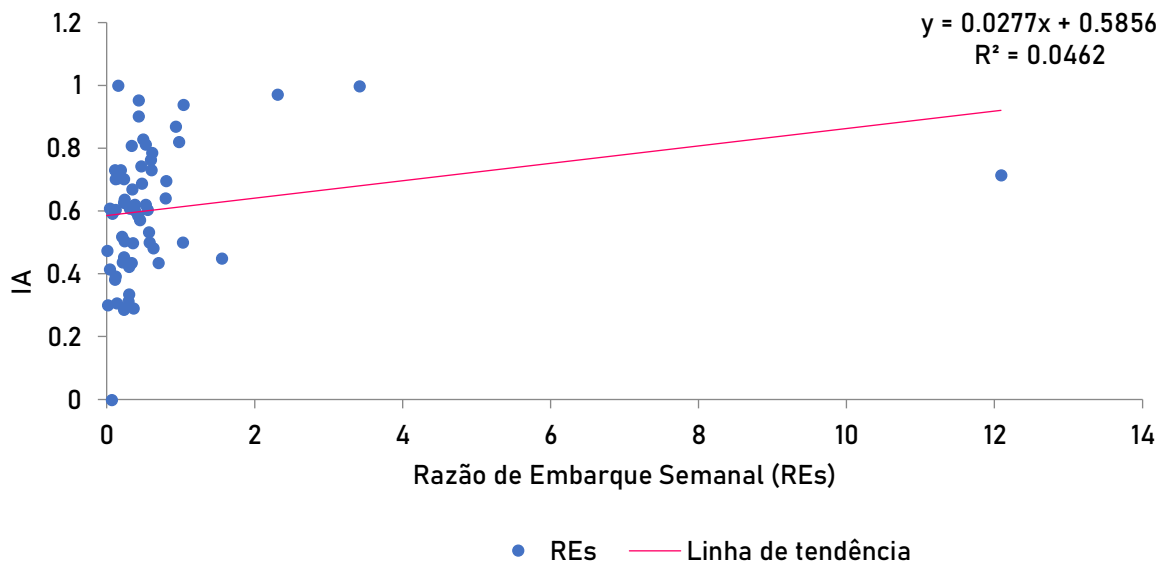
Regression Statistics					
Multiple R	0.215				
R Square	0.046				
Adjusted R Square	0.030				
Standard Error	0.201				
Observations	61				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	1	0,115308	0,115308	2.8601	0.0961
Residual	59	2,378676	0,040317		
Total	60	2,493984			
	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	
Intercept	0,58564	0,0279	20,96387	5,0eE-29	
REs (X)	0,027715	0,016388	1,691171	0.096081	

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012); Belo Horizonte (2023^a); IBGE (2012)

No caso desse modelo, a partir da leitura da estatística Múltiplo R a correlação entre as variáveis independente e dependente é moderada. Já o R² aponta que a variação no IA explicada pelo modelo é de 4,6%, ao passo que erro padrão é de 0,201, indicando uma baixa dispersão dos resíduos conforme apresentado no Gráfico 2

Error! Reference source not found..

Gráfico 2 - Modelo de regressão linear IA x média de embarques semanais.

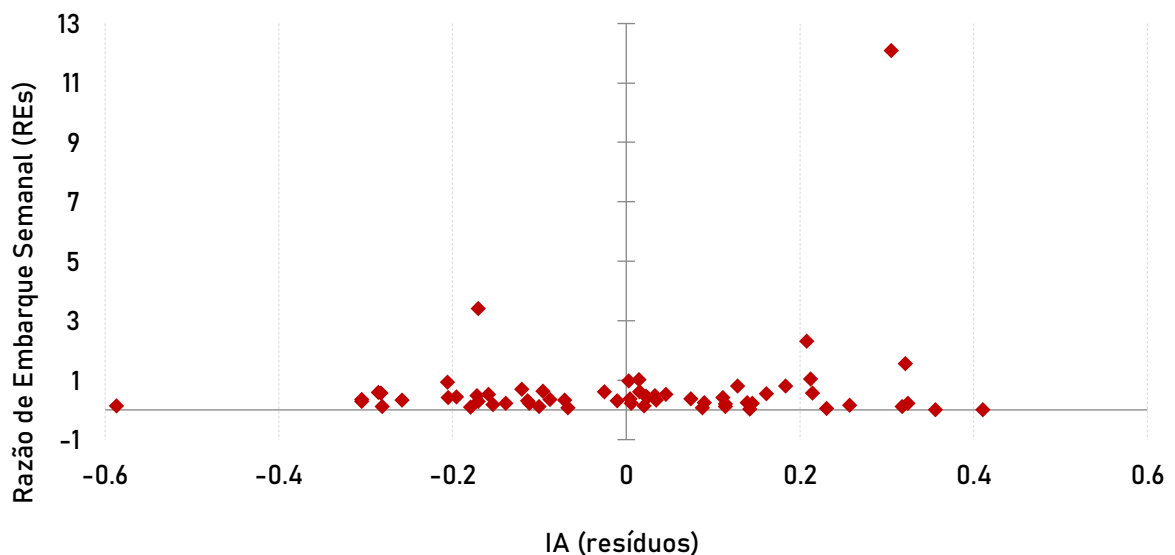


O modelo tem uma capacidade limitada de explicar a variação na variável dependente, como indicado pelo R^2 baixo e do p-valor da estatística F não significativo.

A variável *REs* tem um valor-p de 0,096, sugerindo uma possível associação, mas não é estatisticamente significativa a um nível de confiança de 95%. A interpretação dos coeficientes deve ser feita com cautela, especialmente se o Intercepto não tiver significado prático, como no caso do modelo.

A verificação da distribuição dos resíduos pode ajudar a identificar alguns padrões que não foram capturados pelo modelo (Gráfico 3).

Gráfico 3 - Distribuição dos resíduos da regressão IA e REs.



A presença de resíduos com magnitudes variáveis pode indicar heterocedasticidade, ou seja, a variabilidade dos erros não é constante em todos os níveis da variável independente. Isso pode sugerir que o modelo pode se beneficiar de transformações ou ajustes adicionais.

De uma forma geral, os resíduos negativos estão associados a AHs com um baixo resultado no *IA* e uma demanda por ônibus, aferida pelo *REs*, também baixa.

No entanto, a AH 1209 (observação 8), localizada no bairro das Indústrias I, tem um nível de *IA* considerado alto, com resultado de 0,71. Essa mesma área apresenta uma média de aproximadamente 12 embarques semanais por habitante, o que revela uma demanda e utilização muito alta do sistema de transporte público por ônibus aliada a um baixo contingente populacional.

A AH 1253 obteve o pior resultado para o *IA* na Regional Barreiro, apresentando também uma *REs* baixa. Dessa forma, seria esperado que o resíduo fosse menor, considerando que a demanda por transporte público por ônibus incidisse diretamente no resultado do índice. No entanto, essa área tem resíduo significativamente alto, ou seja, com maior diferença entre os valores observado e esperado, sugerindo que observações como essa têm influência considerável no modelo.

5.3.2.2 Regressão linear simples: IA e renda

Os resultados do modelo de regressão aplicados entre o índice e a variável renda média mensal foram sintetizados na Tabela 4 e discutidos abaixo.

Tabela 4 - Sumário estatístico IA e renda mensal média.

<i>Regression Statistics</i>					
Multiple R	0,285				
R Square	0,081				
Adjusted R Square	0,065				
Standard Error	463,281				
Observations	61				
<i>ANOVA</i>					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0,201965327	0,201965327	5,199	0,026
Residual	59	2,292016285	0,038847734		
Total	60	2,493981612			
	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	
Intercept	0,467079343	0,065187754	7,165139352	0,000	
Renda (X)	0,000121068	5,30976E-05	2,28010877	0,026	

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012); Belo Horizonte (2023^a); IBGE (2012).

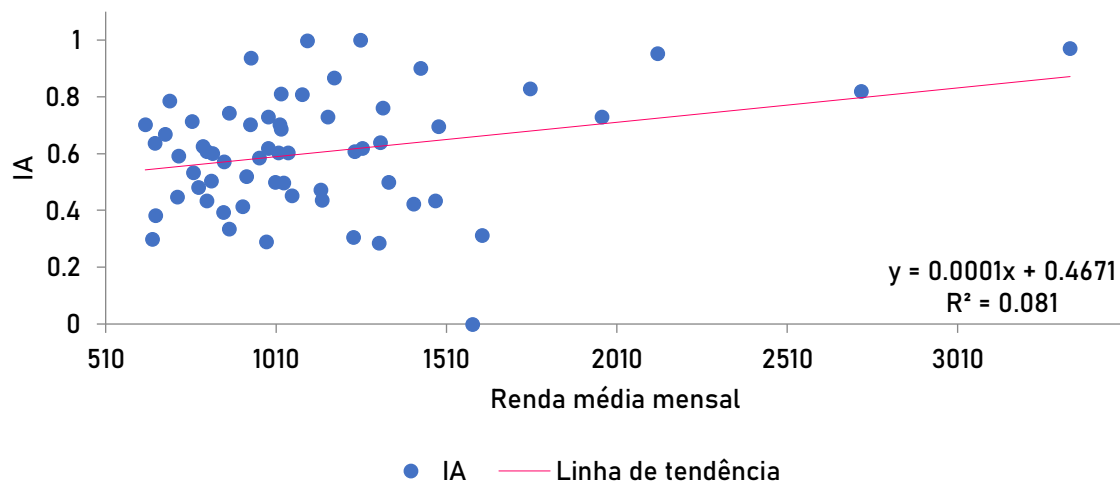
A estatística F é 5,20 com um p-valor de 0,0262. Isso sugere que, globalmente, o modelo é estatisticamente significativo, já que o p-valor é menor que o nível de significância de 0,05. Ou seja, a renda média mensal é significativa na previsão do IA.

O teste t para o intercepto e a variável x (renda) mostra se cada coeficiente individualmente é significativamente diferente de zero. Ambos têm p-valor inferiores a 0,05, indicando que ambos são significativos.

Os coeficientes representam as estimativas dos parâmetros do modelo de regressão. No contexto, o intercepto é o valor esperado da variável dependente IA quando a renda mensal média for igual a zero, e o coeficiente da variável x representa a mudança esperada na variável dependente, mantendo todas as outras variáveis constantes.

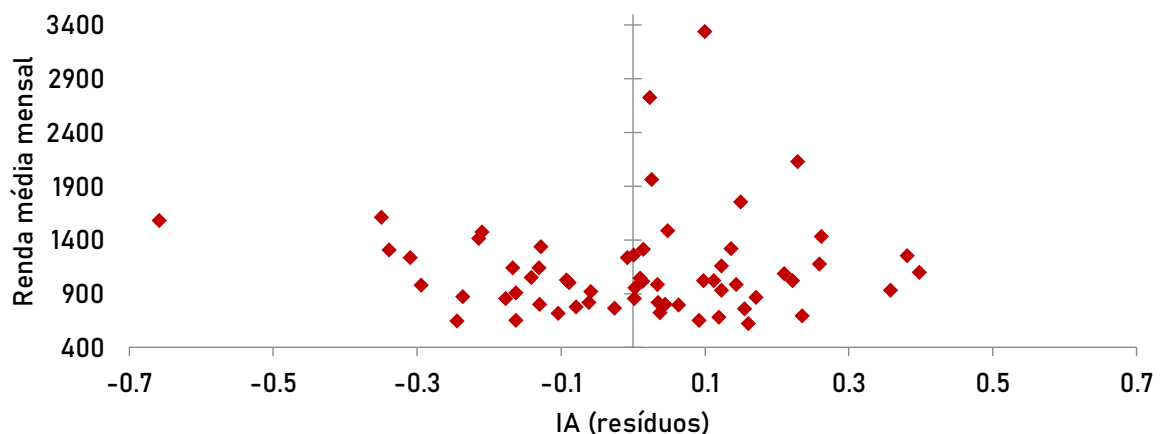
O Múltiplo R representa a correlação entre as variáveis independentes e dependentes. E o R^2 indica a proporção da variabilidade na variável dependente explicada pela variável independente. No caso do modelo, cerca de 8% da variação na variável dependente é explicada pela regressão linear (Gráfico 4).

Gráfico 4 - Modelo de regressão linear IA e renda mensal média.



Já os resíduos variam de positivos para negativos em torno de zero, indicando que o modelo não está sistematicamente superestimando ou subestimando as previsões. Os valores residuais padrão estão próximos de zero na maioria dos casos, o que sugere que os resíduos não têm um padrão sistemático de heterocedasticidade (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Distribuição dos resíduos da regressão IA e renda mensal média.



Para verificar se existe um padrão de heterocedasticidade nos resíduos, foi aplicado o teste de Breusch-Pagan.

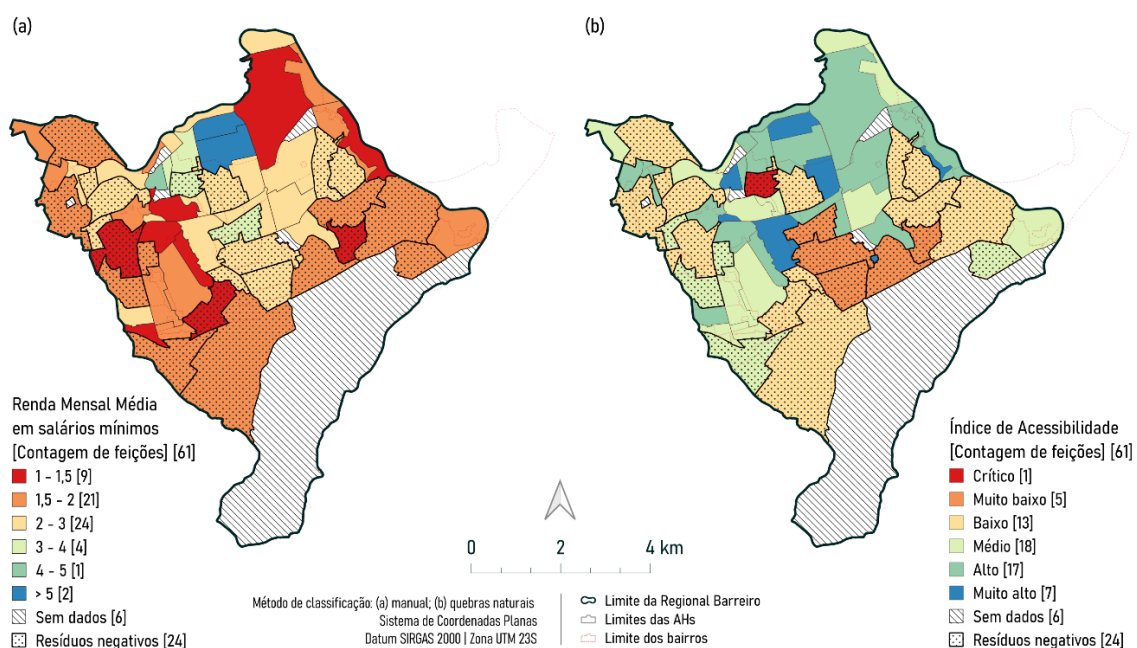
A estatística de teste é comparada a uma distribuição qui-quadrado com 1 grau de liberdade. No caso, o p-valor associado ao teste é 0,314. Em um nível de significância comum de 0,05, não se rejeita a hipótese nula de homoscedasticidade, pois o p-valor é maior que 0,05.

Portanto, com base neste resultado, não há evidências estatísticas suficientes para afirmar que há heterocedasticidade no modelo. Isso implica que a variabilidade dos resíduos é constante em relação à variável independente, o que é uma condição desejável para a validade das inferências feitas a partir do modelo de regressão.

Na maioria dos casos os resíduos padronizados estão próximos de zero, indicando que não há uma tendência clara de erro sistemático. No entanto, é importante mencionar a AH 1253, localizada no bairro Diamante, que consiste no mais importante *outlier* do modelo, apresentando um resíduo negativo relativamente alto. O baixo *IA* para essa AH não pôde ser explicado pela variável renda média mensal. Outras características, como a estrutura viária e número de pontos de embarque.

Por fim, a distribuição dos resíduos permite identificar observações que apresentam *IA* abaixo do previsto pelo modelo em AHs onde a renda média mensal é baixa. Essas áreas podem ser consideradas, de acordo com os resultados do *IA* e do modelo de regressão linear, como prioritárias para implementação de projetos e políticas de melhoria da acessibilidade ao sistema de transporte público (Figura 27).

Figura 27 - (a) Resíduos negativos do modelo e renda e (b) resíduos negativos do modelo e *IA*.



Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Belo Horizonte (2019, 2023a); IBGE (2012).

5.3.2.3 I de Moran dos resíduos dos modelos de regressão linear

Foram então examinadas as relações de dependência espacial a partir dos resíduos normalizados provenientes dos modelos de regressão linear mencionados anteriormente.

Este processo tem por objetivo identificar se existe correlação espacial dos resíduos, contribuindo para uma compreensão mais abrangente da distribuição espacial das variáveis e da performance do modelo de regressão. Dessa forma, o I de Moran Global aplicado aos resíduos da regressão linear pode fornecer elementos sobre os padrões espaciais nos erros do modelo (Tabela 5).

Tabela 5 – Sumário do I de Moran Global dos resíduos e pseudo-p valor.

	Resíduos normalizados IA e REs	Resíduos normalizados IA e renda mensal média
I de Moran Global	0,024	0,063
Pseudo-p valor (999 permutações)	0,316	0,168

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012); Belo Horizonte (2023^a); IBGE (2012).

Adotou-se um nível de significância de 0,05 para avaliar a presença de autocorrelação espacial. Caso os resultados apresentassem um pseudo-p valor maior que nível de significância, a hipótese nula seria aceita, indicando a ausência de autocorrelação espacial.

Além disso, foi empregada uma matriz de peso espacial baseada na contiguidade do tipo *Rook* para a análise espacial, levando em consideração apenas o primeiro grau de vizinhança entre as áreas.

Os resultados do I de Moran para os resíduos normalizados do modelo de regressão revelaram um resultado de leve correlação espacial positiva. Dado o baixo valor obtido, esses resultados sugerem que as observações estão espacialmente distribuídas de forma aleatória. O pseudo-p valor associado aos testes é superior ao nível de significância adotado.

Diante desse contexto, opta-se por não rejeitar a hipótese nula, indicando que não há suporte estatístico suficiente para afirmar a presença de dependência espacial

nos resíduos normalizados do modelo. Nesse caso, prosseguir com a análise do Índice de Moran Local pode não ser estritamente necessário, já que o Índice de Moran Global não indicou uma autocorrelação espacial significativa.

5.3.2.4 *I de Moran bivariado para as variáveis IA, REs e renda familiar média mensal*

Foram também examinadas as relações de dependência espacial a partir dos resultados obtidos do IA, da REs e da renda média familiar com o objetivo de identificar relações de dependência espacial entre as variáveis. Assim, o I de Moran Bivariado Global foi calculado considerando o IA como variável dependente e a REs (REs-IA) e a renda mensal média (Renda-IA) como variáveis explicativas (Tabela 6).

Tabela 6 – Sumário do I de Moran Global Bivariado REs, renda mensal média e IA.

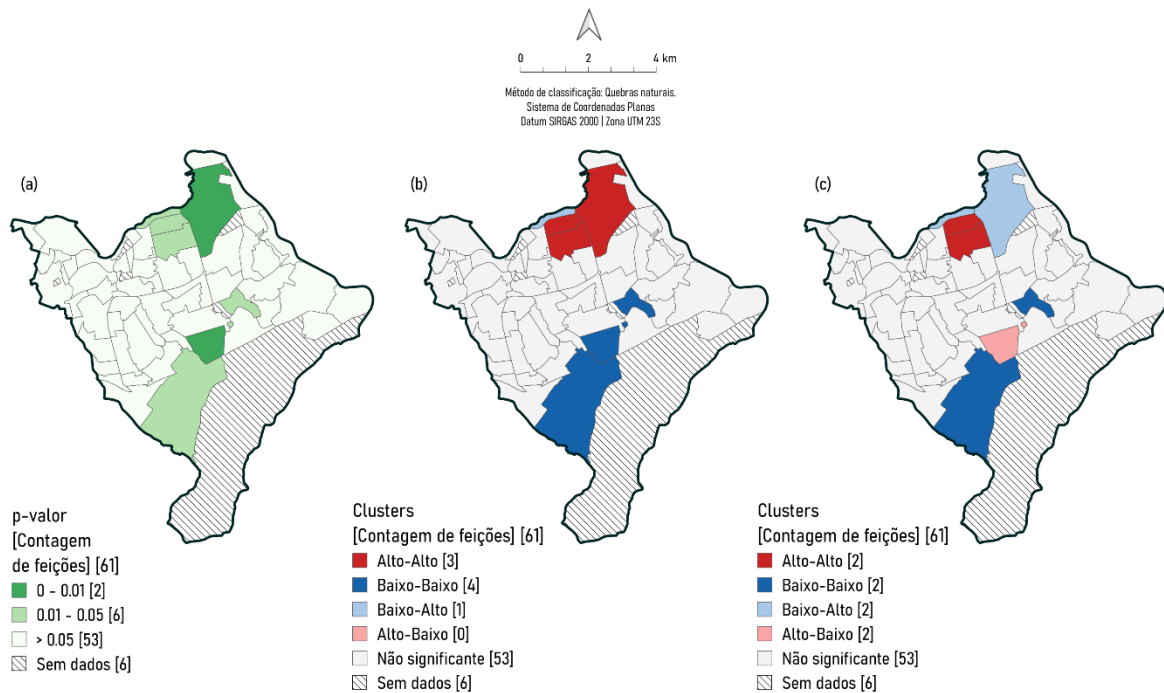
	<i>REs-IA</i>	<i>Renda-IA</i>
I de Moran Global	0,159	0,155
Pseudo-p valor (999 permutações)	0,011	0,018

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012); Belo Horizonte (2023^a); IBGE (2012).

Os resultados indicam uma correlação espacial positiva entre as variáveis nos dois casos avaliados, com pseudo-p valor associado estatisticamente significativo a um nível de significância de 0,05.

Diante disso, a hipótese alternativa, que sugere a presença de correlação espacial, foi aceita para ambos casos. Como complemento, foi aplicada a análise de LISA bivariado, utilizando as variáveis em questão, para identificar e mapear padrões de agrupamento espacial (Figura 28).

Figura 28 - (a) Mapa de significância do LISA; (b) agrupamentos LISA bivariado (*REs-IA*) e (c) agrupamentos LISA bivariado (*Renda-IA*).



6

Fonte: Elaboração própria. Base de dados: Agência RMBH (2012), IBGE (2012).

A categoria de *cluster* alto-alto denota a concentração de AHs em locais caracterizados por uma associação entre variáveis explicativas (renda mensal média e razão de embarque semanal) com valores elevados e um índice de acessibilidade alto (varável dependente).

Esses agrupamentos de AHs, tanto para o LISA *REs-IA* e *Renda-IA*, revela-se como uma região central na Regional Administrativa Barreiro. Do ponto de vista logístico, esta área desempenha um papel importante ao articular os fluxos do Barreiro com outras regionais da capital e com o município de Contagem.

Já o agrupamento baixo-alto do *REs-IA*, adjacente ao cluster alto-alto, é composto por uma AH que pertence ao bairro Santa Margarida que, apesar da proximidade com a Estação Barreiro, é dela separada pela Avenida Silveira e uma linha ferroviária que juntas representam uma barreira de acesso pedonal.

Esse mesmo agrupamento, para o LISA *Renda-IA*, agrega também a AH que pertence ao Bairro das Indústrias I. Essa AH possui características específicas de uso e cobertura, já discutidas anteriormente, e cobre integralmente o pátio industrial da

⁶ O resultado do mapa de significância foi igual para o LISA da *REs IA* e *Renda-IA*, por isso foi sintetizado em apenas uma figura.

Vallourec-Mannesmann, a parte habitada fica em uma pequena porção, próxima ao bairro Alta Tensão, cuja a renda é baixa e a acessibilidade é alta.

Os agrupamentos classificados como baixo-baixo revelam os resultados menos favoráveis para a *REs* e renda mensal média associados a níveis mais baixos de acessibilidade.

Esses agrupamentos estão distribuídos em duas porções descontínuas, próximas ao limite do município de Ibitaré, abrangendo os bairros Santa Cecília, Distrito Industrial do Jatobá, Águas Claras, Solar do Barreiro, Mineirão, Independência e Vitória da Conquista. Essas áreas enfrentam desafios socioeconômicos significativos, que se refletem nos indicadores de acessibilidade e renda.

Nas imediações desse agrupamento, identificam-se dois clusters classificados como alto-baixo, nos quais a renda revela-se mais elevada, em comparação com as áreas circundantes, contrastando, no entanto, com um *IA* mais baixo.

Apesar de apresentarem renda alta em relação aos vizinhos, segundo o resultado do LISA, esses *outliers* não apresentam renda mensal média superior a 3 salários mínimos. Considerando que a média salarial de toda a Regional Barreiro é pouco maior que 2 salários mínimos, a presença desse tipo de agrupamento no resultado do LISA evidencia uma grande discrepância na distribuição de renda na regional.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Regional Administrativa Barreiro representa uma área significativa de Belo Horizonte, com uma história que remonta a períodos anteriores à própria fundação da capital.

Inicialmente caracterizada por uma ocupação agrária, a Fazenda Barreiro, a região passou por um intenso processo de urbanização que a transformou em um polo industrial metropolitano em meados do século XX, notavelmente com a instalação da Vallourec-Mannesmann em 1952.

Essa evolução histórica confere à Regional Administrativa Barreiro não só o estabelecimento de uma centralidade, importante na articulação metropolitana entre Belo Horizonte e os municípios vizinhos de Contagem, Nova Lima e Ibirité. Mas resulta também em um rápido e desordenado processo de desenvolvimento urbano, típico de muitas áreas metropolitanas, refletindo desigualdades sociais históricas que se manifestam na periferização da pobreza.

Esse desenvolvimento urbano resulta em particularidades distintas em relação à infraestrutura e aos equipamentos urbanos, refletindo sua trajetória de desenvolvimento e suas características específicas.

No entanto, devido à sua configuração espacial e localização na porção sudoeste extrema de Belo Horizonte, a integração intramunicipal da Regional Administrativa Barreiro com as demais Regionais se estabelece, necessariamente, por meio de duas vias principais: a Avenida Teresa Cristina e o Anel Rodoviário Celso de Mello Azevedo. Embora essas vias desempenhem um importante papel na conectividade do Barreiro, elas também representam um gargalo nos fluxos, especialmente em direção às outras áreas de Belo Horizonte.

A combinação dos fatores socioeconômicos históricos, de formação territorial e cultural do Barreiro com os aspectos ligados à infraestrutura viária e de transportes, incide diretamente nos padrões deslocamento, nas características de mobilidade e nos níveis de acessibilidade na Regional Barreiro. Dessa forma, partindo da premissa que investigar as condições de acessibilidade é uma importante ferramenta para fundamentar a elaboração de diretrizes que orientem projetos e políticas públicas de transporte, foi proposto o *IA*.

O índice proposto cobre dimensões da acessibilidade ao sistema de transporte público que, são encontradas muitas vezes isoladas na literatura. Dessa forma possui

um poder de síntese desses aspectos, traduzidos em um conjunto de indicadores que facilitam a leitura da acessibilidade, permitindo identificar de discrepâncias significativas no acesso ao sistema de transporte público na Regional Barreiro, quando confrontado com a realidade concreta desta área de estudo.

Alguns dos indicadores sistematizados, contudo, apresentam particularidades que podem introduzir viés nos resultados obtidos. O *DIV*, por exemplo, revela-se extremamente sensível ao tamanho da área, especialmente quando a malha viária é homogênea. Já o *DPmed* considera a menor distância euclidiana entre os pontos de embarque, implicando um esforço significativo de processamento devido ao volume considerável de pontos e dados presentes na base.

Uma abordagem mais precisa poderia ser alcançada ao calcular a menor distância entre os pontos de embarque, levando em conta a estrutura viária como condicionante.

Dessa forma, sugerir ponderações para os indicadores que compõem o *IA* emerge como uma alternativa relevante para ajustar os resultados de acordo com características específicas de cada localidade. Essa abordagem visa tanto calibrar os resultados, conforme as particularidades das diferentes áreas que configuram a Regional Barreiro, quanto aproximar as conclusões do índice às percepções dos usuários em relação ao sistema de transporte público por ônibus.

A partir dos resultados obtidos para o índice, buscou-se realizar verificações estatísticas que aprofundassem a relação dos resultados com outras características da Regional Barreiro.

O modelo de regressão linear buscou compreender a influência do *IA* na renda familiar média mensal dentro dos recortes de AH e bairros. Os resultados indicaram uma correlação significativa, evidenciando que o nível de acessibilidade, medido a partir do índice, impacta diretamente a renda familiar média nas áreas estudadas.

Ao explorar os resíduos do modelo, identificou-se a presença de padrões espaciais significativos, sugerindo que a capacidade do modelo em explicar a variabilidade da renda não é uniforme em toda a Regional Administrativa Barreiro. Algumas áreas apresentaram resíduos mais elevados, indicando possível influência de variáveis que não foram consideradas no modelo ou mesmo particularidades locais não capturadas.

A análise de agrupamentos espaciais, por meio do Índice de Moran Local, destacou padrões específicos, como agrupamentos alto-alto e baixo-baixo, revelando

áreas com alta renda e acessibilidade concentradas, assim como áreas com baixa renda e acessibilidade reduzida. Esses agrupamentos forneceram insights sobre a distribuição espacial das relações entre acessibilidade e renda na Regional.

Os clusters identificados, como alto-baixo, indicaram situações peculiares, como áreas com alta acessibilidade, mas baixa renda. Esses casos foram associados à proximidade de corredores de acesso e linhas de ônibus, evidenciando a importância da infraestrutura de transporte na dinâmica socioeconômica local.

Em suma, os resultados apontam para a complexidade das interações entre acessibilidade, renda e infraestrutura urbana na Regional Barreiro. A compreensão dessas relações é crucial para orientar políticas públicas e intervenções que visem melhorar a qualidade de vida e a equidade na distribuição de recursos e serviços na região.

A análise estatística e quantitativa dos dados, embora forneça um retrato espaço-temporal específico das paisagens urbanas, por vezes, não captura integralmente sua dinâmica e transformações. Nesse contexto, é crucial reconhecer as limitações dessas ferramentas, destacando a necessidade de complementá-las com abordagens qualitativas e participativas.

Dessa forma, a incorporação de novos olhares, através da participação ativa de diferentes atores na discussão, pode enriquecer a compreensão do desempenho do sistema de transporte público. Um debate propositivo, envolvendo a comunidade, gestores públicos, especialistas e outros interessados, contribuiria para aprimorar as ferramentas utilizadas. Esse diálogo multifacetado poderia proporcionar uma compreensão mais profunda da prestação de serviços de transporte, especialmente os de ordem pública, que desempenham um papel crucial no acesso da população a serviços essenciais, como saúde e educação, bem como no seu engajamento em oportunidades de emprego, cultura e lazer. Essa abordagem holística visa atender de forma mais eficaz e abrangente às diversas necessidades da comunidade.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA RMBH. **Relatório completo da pesquisa OD 2012**. Belo Horizonte: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.agenciarmbh.mg.gov.br/pesquisa-od/>>. Acesso em: 9 nov. 2023.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association—LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.
- ANSELIN, L. **GeoDa v. 1.22.0.2**. Chicago. The Center for Spatial Data Science - University of Chicago, , 2023. Disponível em: <<https://geodacenter.github.io/>>. Acesso em: 19 nov. 2023
- BALBIM, R. Mobilidade: uma abordagem sistêmica. Em: **Cidade e Movimento: mobilidades e interações no desenvolvimento urbano**. [s.l: s.n.]. p. 23–42.
- BELO HORIZONTE. **Lei Ordinária nº 7156, de 27 de agosto de 1996. Plano Diretor de Belo Horizonte**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, MG, 1996. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/politica-urbana/Lei_7165_Plano_Diretor.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2023
- BELO HORIZONTE. **Histórias de bairros de Belo Horizonte: Regional Barreiro**. 1. ed. Belo Horizonte: Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte, 2008.
- BELO HORIZONTE. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana de Belo Horizonte (SisMob-BH). Quadros 100a/b/c - Dados abertos do SisMob-BH**. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/bhtrans/informacoes/dados/sismob>>. Acesso em: 3 nov. 2023.
- BELO HORIZONTE. **Requisitos Mínimos para Contratação de Serviços de Transporte Público Coletivo**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <Requisitos Mínimos para Contratação de Serviços de Transporte Público Coletivo>. Acesso em: 9 nov. 2023.
- BELO HORIZONTE. **Lei Ordinária nº 11.181, de 8 de agosto de 2019. Plano Diretor do Município de Belo Horizonte**. Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, MG, 2019. Disponível em: <<https://prefeitura.pbh.gov.br/sites/default/files/estrutura-de-governo/meio-ambiente/lei11181-atual.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2023
- BELO HORIZONTE. **BHMAP - Base de dados georreferenciados da Prefeitura de Belo Horizonte**. Disponível em: <<https://bhmap.pbh.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2023a.
- BELO HORIZONTE. **Consulta de Quadro de Horário de Ônibus**. Disponível em: <<https://portalbhtrans.pbh.gov.br/quadrodehorario>>. Acesso em: 10 nov. 2023b.
- BELO HORIZONTE. **Estimativa de embarque nos pontos de parada por linha/sublinha do sistema convencional de transporte coletivo**. Disponível em: <<https://dados.pbh.gov.br/dataset/estimativa-de-embarque-nos-pontos-de-parada>>. Acesso em: 10 nov. 2023c.

BRASIL. **Lei Federal Nº 9.985, de 18 de julho 2000. Casa Civil.** Brasil. Diário Oficial, , 2000. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 16 nov. 2023

BRASIL. **Lei nº 12587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) no país. Diário Oficial da União** DF, 4 jan. 2012. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm>. Acesso em: 3 nov. 2023

BRASIL. **Portaria Nº 913, de 22 de abril de 2022. Ministério da Saúde** BRASIL, 22 abr. 2022. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-gm/ms-n-913-de-22-de-abril-de-2022-394545491>>. Acesso em: 10 nov. 2023

BREUSCH, T. S.; PAGAN, A. R. A Simple Test for Heteroscedasticity and Random Coefficient Variation. **Econometrica**, v. 47, n. 5, p. 1287–1294, 1979.

CARDOSO, L. **Transporte público, acessibilidade urbana e desigualdades socioespaciais na Região Metropolitana de Belo Horizonte.** Tese (doutorado)—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, out. 2007.

CARLOS, A. F. A. A reprodução do espaço urbano como momento da acumulação capitalista. Em: **Crise urbana**. [s.l: s.n.]. p. 25–35.

CASCETTA, E.; CARTENÌ, A.; MONTANINO, M. A New Measure of Accessibility based on Perceived Opportunities. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 87, p. 117–132, out. 2013.

CHEN, E. H. The power of the shapiro-wilk W test for normality in samples from contaminated normal distributions. **Journal of the American Statistical Association**, v. 66, n. 336, p. 760–762, 1971.

COUCLELIS, H. Technological change, economic development, and space. Em: **Information, Place, and Cyberspace: Issues in Accessibility**. [s.l.] Springer, 2000. v. 1p. 341–356.

DAVIDSON, K. B. **Accessibility and isolation in transport network evaluation.** Queensland: Davidson Transport Consulting, 1995.

DOSSE, F. **O espaço habitado segundo Michel de Certeau.** Uberlândia: ArtCultura, 2013. v. 15

FONSECA, F. et al. Built environment attributes and their influence on walkability. **International Journal of Sustainable Transportation**, v. 16, n. 7, p. 660–679, 2022.

GARCÍA-PALOMARES, J. C.; GUTIÉRREZ, J.; CARDOZO, O. D. Walking accessibility to public transport: An analysis based on microdata and GIS. **Environment and Planning B: Planning and Design**, v. 40, n. 6, p. 1087–1102, 2013.

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, jun. 2004.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

HANDY, S. L.; NIEMEIER, D. A. Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. **Environment and Planning A**, v. 29, p. 1175–1194, 1997.

HANSEN, W. G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Planning Association**, v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959.

HANSON, S. Getting there: urban transportation in context. Em: HANSON, S.; GENEVIEVE, G. (Eds.). **The Geography of Urban Transportation**. 2nd. ed. New York: The Guilford Press, 1995. p. 3–25.

HENRIQUE, C. S. **Diagnóstico espacial da mobilidade e da acessibilidade dos usuários do sistema integrado de transporte de Fortaleza**. Mestrado em Engenharia de Transportes (Dissertação)—Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2004.

HESS, D. B. Access to Public Transit and Its Influence on Ridership for Older Adults in Two U.S. Cities. **Journal of Transport and Land Use**, v. 2, n. 1, p. 3–27, 2009.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. IBGE, Rio de Janeiro, 2012.

JONES, S. R. **Accessibility measures: a literature review**. Berkshire: [s.n.].

KOENIG, J. G. Indicators of Urban Accessibility: Theory and Application. **Transportation** 9, p. 145–172, 1980.

KOWARICK, L. **A espoliação urbana**. 2. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1979. v. 44

LEFEBVRE, H. **A produção do espaço**. 4. ed. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

LESSA, D. A.; LOBO, C.; CARDOSO, L. Accessibility and urban mobility by bus in Belo Horizonte/Minas Gerais – Brazil. **Journal of Transport Geography**, v. 77, p. 1–10, 2019.

LOBO, C. et al. Accessibility to the mass transit bus system: Indicators for the municipalities of the metropolitan periphery and zones of Belo Horizonte, Brazil. **Cuadernos de Geografia: Revista Colombiana de Geografia**, v. 29, n. 1, p. 190–206, 2020.

LUZ, A. F. DA; SANTIN, J. R. **As Relações de Trabalho e sua regulamentação no Brasil a partir da Revolução de 1930**. IV Congresso Internacional de História, Universidade Estadual de Maringá. **Anais...**2010.

MARICATO, E. Metr pole, Legislação e Desigualdade. Em: **Estudos Avançados**. 48. ed. São Paulo: [s.n.]. v. 17p. 151–167.

MATOS, R. **Espacialidades em Rede. População, Urbanização e Migração no Brasil Contempor neo**. Belo Horizonte: C/ Arte Editora, 2005. v. 1.

MEEDER, M.; AEBI, T.; WEIDMANN, U. The influence of slope on walking activity and the pedestrian modal share. **Transportation Research Procedia**, v. 27, p. 141–147, 2017.

MICROSOFT. **Microsoft Excel - Pacote Office Home and Student 2016**. Microsoft Corporation, , 2016.

MINAS GERAIS. **Decreto Estadual N  36.071 de 27 de setembro de 1994. Diário Executivo**. Sistema Integrado de Informação Ambiental, , 1994. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=1394>>. Acesso em: 16 nov. 2023

MIRANDA, G. C. **Mobilidade urbana por ônibus em Belo Horizonte: uma proposta de modelo preditivo de viagens e fluxos**. Dissertação (mestrado)—Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, mar. 2018.

MONTEIRO, R. S. et al. Acessibilidade dos empreendimentos do PMCMV ao transporte público no Rio de Janeiro. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 10, n. 2, p. 88–102, 2018.

QGIS DEVELOPMENT TEAM. **QGIS v.3.32.3 - Lima**. , 2023. Disponível em: <<https://qgis.org/en/site/>>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SANTOS, M. Materiais para estudo da urbanização brasileira no período técnico científico. **Boletim Paulista de Geografia BPG**, v. 67, p. 5–16, 1989.

SANTOS, M. **Metr pole corporativa fragmentada: o caso de São Paulo**. 1. ed. São Paulo: Nobel, 1990. v. 1

SANTOS, M. **O espaço do cidadão**. 7 ed. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2007.

SCH NFELDER, S.; AXHAUSEN, K. W. Activity spaces: Measures of social exclusion? **Transport Policy**, v. 10, n. 4, p. 273–286, 2003.

SILVA, A. N. R. DA; DEMARCHI, S. H.; FERRAZ, A. C. P. Integração Tarifária no Transporte: com ou sem Terminal? **Revista dos Transportes Públicos - ANTP**, v. 63, p. 89–94, 1994.

TAREK, M. et al. Investigating Built Environment Indicators to Develop a Local Walkability Index. **Journal of Contemporary Urban Affairs**, v. 5, n. 2, p. 235–251, 29 ago. 2021.

ULYSSEÁ NETO, I.; SILVA, B. R. DA. **Um método de análise de mobilidade por transporte coletivo urbano: desenvolvimento e aplicação à cidade de Florianópolis-SC**. ANPET 18. **Anais...**2004.

WANG, H.; YANG, Y. Neighbourhood walkability: A review and bibliometric analysis. **Cities**, v. 93, p. 43–61, 1 out. 2019.

APÊNDICE A – Resultados dos indicadores e do IA dispostos por AHs

AH2011	RDP	TCmed	DPmed	DIV	RDL	TEmed	FdVmed	ConD	REs	IA
1201	6.37	0:04:13	625.90	2189.80	3.58	0:03:40	21.16	160.00	0.42	0.901845
1202	4.31	0:08:35	774.94	2153.85	1.15	0:07:52	21.23	74.00	0.29	0.423395
1203		0:01:00	549.04	5000.00			26.70	90.00		
1204	5.97	0:04:57	752.53	1378.82	4.48	0:05:07	22.32	215.00	0.97	0.820157
1205	5.17	0:04:34	673.97	1467.39	17.05	0:02:52	21.74	215.00	2.30	0.970735
1206	4.77	0:08:20	662.08	1888.46	3.47	0:03:34	23.10	215.00	0.52	0.812165
1207	3.40	0:06:47	675.67	1212.24	0.36	0:06:09	26.45	176.00	0.12	0.603503
1208	8.40	0:05:47	794.09	1476.79	2.72	0:09:13	20.82	175.00	0.54	0.603463
1209	26.23	0:05:32	1564.30	472.96	75.41	0:04:07	19.44	223.00	12.09	0.714367
1210	3.97	0:04:53	979.58	1084.38	2.98	0:02:47	19.76	175.00	0.61	0.78608
1211	5.45	0:05:51	842.47	1508.04	1.51	0:05:06	19.92	169.00	0.60	0.730526
1212	5.12	0:04:40	925.74	1323.00	1.11	0:08:16	24.92	142.00	0.63	0.482398
1213	6.35	0:05:07	595.04	1729.51	0.81	0:07:46	23.67	53.00	0.35	0.499081
1214	2.13	0:07:16	830.78	1849.30	1.42	0:06:00	22.13	155.00	0.30	0.609038
1215	5.53	0:06:09	746.96	509.26	0.99	0:04:09	23.93	107.00	0.44	0.572134
1216	0.67	0:08:22	425.60	1134.04	0.44	0:10:44	23.81	39.00	0.01	0.300298
1217	5.18	0:04:00	602.51	1797.87	1.11	0:02:00	21.71	78.00	0.33	0.808855
1218	4.53	0:06:45	856.16	1598.08	0.41	0:09:45	23.76	70.00	0.13	0.306542
1219	5.92	0:06:27	756.74	2891.84	3.55	0:06:10	17.39	138.00	0.59	0.762789
1220	2.26	0:05:21	759.05	2508.33	1.85	0:05:30	22.32	96.00	0.23	0.637244
1221	7.01	0:07:25	761.86	1989.74	2.34	0:07:41	24.50	90.00	0.33	0.435967
1222	5.07	0:04:18	716.19	2121.43	5.07	0:06:26	21.91	90.00	0.79	0.640313
1223	1.83	0:05:17	938.62	1259.54	0.12	0:05:36	25.31	67.00	0.04	0.414562
1224	2.37	0:04:57	583.31	1602.44	0.36	0:04:20	25.31	66.00	0.04	0.609229
1225	3.71	0:05:53	777.81	1582.86	0.54	0:09:03	23.69	76.00	0.12	0.393374
1226	1.63	0:07:18	901.60	1130.56	0.49	0:06:27	19.77	37.00	0.10	0.383159
1227	1.43	0:04:26	625.03	2360.00	1.43	0:05:34	22.03	94.00	0.23	0.70285
1228	4.71	0:04:42	683.11	2625.00	1.43	0:05:28	20.33	30.00	0.37	0.619695
1229	1.69	0:04:13	636.95	1879.55	1.55	0:06:26	20.94	91.00	0.34	0.669208
1230	1.58	0:04:20	585.64	3718.18	1.58	0:06:40	24.30	28.00	0.07	0.591738
1231	3.61	0:06:32	832.81	1232.77	0.33	0:04:46	18.44	28.00	0.24	0.504245
1232	4.37	0:06:36	709.80	1492.86	0.38	0:10:53	21.72	29.00	0.22	0.286807
1233	2.97	0:03:16	1367.60	250.59	1.32	0:04:47	20.87	34.00	0.30	0.3355
1234	2.54	0:04:48	593.64	3081.48	1.38	0:06:36	20.27	30.00	0.23	0.625968
1235	2.91	0:05:47	740.72	2931.25	0.80	0:06:13	21.96	29.00	0.20	0.519752

1236	1.19	0:07:33	535.04	4040.00	3.85	0:08:57	22.46	90.00	0.42	0.586099
1237	529.41	0:23:15	2002.00	46.86	470.59	0:05:15	21.88	123.00	63.47	
1238	14.81	0:04:47	551.40	575.00	3.70	0:06:34	23.85	35.00	1.02	0.500054
1239	10.06	0:08:10	1013.30	292.92	3.18	0:04:10	23.70	114.00	0.70	0.43429
1240	23.81	0:09:00	772.52	576.53	14.29	0:09:28	22.50	60.00	0.35	0.290588
1241	7.63	0:04:26	564.98	4490.32	1.91	0:05:19	24.13	28.00	0.47	0.688479
1242	5.45	0:04:51	506.45	2969.23	1.09	0:06:21	20.07	69.00	0.19	0.729753
1243	3.69	0:08:05	419.22	4221.05	0.92	0:10:40	23.96	55.00	0.00	0.474113
1244	3.47	0:07:00	827.80	2160.61	0.95	0:05:26	24.89	63.00	0.23	0.452809
1245	9.32	0:05:00	528.33	3400.00	9.32	0:05:00	18.58	136.00	1.03	0.938235
1246	4.02	0:09:16	586.64	1402.17	2.01	0:05:26	18.22	175.00	0.46	0.74306
1247	15.23	0:04:05	874.11	1116.04	2.03	0:03:05	19.21	16.00	0.37	0.601544
1248	4.26	0:05:42	685.25	2022.86	0.61	0:05:46	17.37	91.00	0.14	0.703244
1249	3.40	0:05:48	673.11	3324.00	1.27	0:09:18	23.12	32.00	0.21	0.437928
1250	13.07	0:03:09	797.64	1908.86	5.23	0:00:56	20.41	91.00	0.93	0.868556
1251			472.15	6400.00		0:00:00	26.03	87.00		
1252	4.75	0:07:47	592.33	3947.37	5.42	0:09:40	17.87	91.00	0.52	0.620396
1253	3.04	0:15:51	645.41	2627.03	0.76	0:13:34	26.70	88.00	0.07	0
1254	7.19	0:09:48	740.74	2280.00	1.44	0:09:30	24.15	81.00	0.29	0.312373
1256		0:00:24	567.92	1543.48		0:05:00	15.87	164.00		
1257	0.00	0:06:26	398.49	14300.00	0.00	0:12:51	0.00	17.00	0.00	
1258	4.79	0:05:44	595.58	5071.43	1.37	0:06:05	23.96	69.00	0.12	0.702998
1259	13.05	0:07:00	598.84	2743.48	2.90	0:05:00	30.13	65.00	0.57	0.5007
1260	9.87	0:03:57	418.45	7500.00	36.18	0:05:45	20.75	36.00	3.42	0.997763
1261	18.43	0:07:06	870.04	1516.00	4.30	0:07:00	21.71	72.00	1.56	0.449537
1262	5.51	0:10:30	575.28	2100.00	3.15	0:03:15	20.68	26.00	0.56	0.533752
1263	4.14	0:04:30	401.30	3185.71	12.43	0:08:00	24.99	92.00	0.80	0.695302
1264	3.41	0:06:00	642.46	2295.45	3.69	0:06:49	20.97	216.00	0.48	0.829124
1265	1.65	0:07:06	546.22	5610.00	2.48	0:05:00	26.37	90.00	0.11	0.730574
1266	5.28	0:02:40	507.17	2857.89	9.04	0:02:20	21.38	90.00	0.42	0.953369
1267		0:02:00	513.43	3238.46		0:08:00	51.29	57.00		
1268	4.72	0:03:45	261.92	7650.00	2.36	0:05:00	23.40	45.00	0.15	1

**APÊNDICE B – Dados populacionais e socioeconômicos dos bairros da
Regional Administrativa Barreiro**

AH2011	Bairro associado	População Total	Renda Familiar Mensal Média	Densidade Populacional
1201	Santa Helena	5022	1433.79	10248.97959
1202	Teixeira Dias	6953	1413.189333	8914.102564
1203	João Paulo II	0		0
1204	Barreiro	6031	2725.93	7095.294118
1205	Barreiro	1935	3338.122	4206.521739
1206	Santa Margarida	2306	1023.408	8869.230769
1207	Bairro das Indústrias I	5596	1044.755556	11420.40816
1208	Bairro das Indústrias I	4047	1016.75875	7226.785714
1209	Bairro das Indústrias I	305	762.85	112.962963
1210	Bonsucesso	2016	696.114	3150
1211	Milionários	11929	1160.5975	10650.89286
1212	Flávio Marques Lisboa	7229	781.22	7229
1213	Bonsucesso	6143	1031.235556	10070.4918
1214	Araguaia	7033	1238.864286	9905.633803
1215	Olhos d'Água	7049	855.656667	6526.851852
1216	Vila CEMIG	4509	646.418333	9593.617021
1217	Flávio Marques Lisboa	5402	1085.793333	11493.61702
1218	Brasil Industrial	12147	1235.281176	11679.80769
1219	Miramar	4220	1321.3825	8612.244898
1220	Olaria	4874	653.472857	10154.16667
1221	Tirol	5991	1477.04375	7680.769231
1222	Tirol	2565	1314.813333	6107.142857
1223	Lindéia	16913	911.067917	12910.68702
1224	Lindéia	5483	805.118571	13373.17073
1225	Itaipu	11042	854.263333	10516.19048
1226	Vila Ecológica	6126	654.685	8508.333333
1227	Tirol	5587	932.738571	15962.85714
1228	Petrópolis	7005	985.202308	11675
1229	Castanheira	7093	683.268182	16120.45455
1230	Vila Mangueiras	3156	722.29	14345.45455
1231	Independência	12183	818.5425	10237.81513
1232	Cardoso	10517	1310.322727	12520.2381
1233	Serra do Curral	3034	871.695	713.8823529
1234	Vila Independência I	4338	793.935714	16066.66667
1235	Vale do Jatobá	9982	921.386154	15596.875
1236	João Paulo II	3374	959.57	33740
1237	Serra do Curral	17	646.6	1.318851823

1238	Pilar	540	1007.16	794.1176471
1239	Bonsucesso	1888	804.79	890.5660377
1240	Serra do Curral	210	980.55	214.2857143
1241	Mangueiras	3146	1023.1025	10148.3871
1242	Lindéia	2752	985.8675	10584.61538
1243	Túnel de Ibirité	2170	1139.806667	11421.05263
1244	Milionários	6343	1055.346667	9610.606061
1245	Bonsucesso	322	934.35	2927.272727
1246	Bairro Novo das Indústrias	5972	870.4625	12982.6087
1247	Distrito Industrial do Jatobá	1970	821.933333	1858.490566
1248	Vila Pinho	8220	626.041818	23485.71429
1249	Novo Santa Cecília	2355	1144.013333	9420
1250	Diamante	3442	1179.106667	4356.962025
1251	Diamante	0		0
1252	Diamante	1475	1262.936667	7763.157895
1253	Diamante	2630	1585.23	7108.108108
1254	Miramar	5561	1612.65	10110.90909
1256	Bairro Novo das Indústrias	0		0
1257	Itaipu	1120	713.12	37333.33333
1258	Itaipu	1461	1020.5075	6957.142857
1259	Tirol	1379	1339.45	5995.652174
1260	Olaria	304	1101.43	4342.857143
1261	CDI Jatobá	1628	719.222	1628
1262	Santa Cecília	2539	765.273333	9403.703704
1263	Átila de Paiva	1207	1486.59	8621.428571
1264	Barreiro	3524	1753.783333	8009.090909
1265	Diamante	1212	1964.72	12120
1266	Diamante	1327	2129.29	6984.210526
1267	Flávio Marques Lisboa	0		0
1268	Flávio de Oliveira	848	1255.76	42400

APÊNDICE C – Sumário estatístico da regressão linear entre a variável *IA* (explicativa) e renda mensal média (dependente)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.284572
R Square	0.080981
Adjusted R Square	0.065404
Standard Error	0.197098
Observations	61

ANOVA					
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.201965	0.201965	5.198896	0.026231
Residual	59	2.292016	0.038848		
Total	60	2.493982			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.467079	0.065188	7.165139	1.42E-09	0.336639	0.59752	0.336639	0.59752
Renda	0.000121	5.31E-05	2.280109	0.026231	1.48E-05	0.000227	1.48E-05	0.000227

RESIDUAL OUTPUT

<i>Observation</i>	<i>Predicted ILAahmm</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>
1	0.640666	0.261179	1.336301
2	0.638172	-0.21478	-1.09889
3	0.797103	0.023054	0.117954
4	0.87122	0.099515	0.50916
5	0.590982	0.221183	1.131667
6	0.593566	0.009937	0.050842
7	0.590177	0.013287	0.067981
8	0.559436	0.154931	0.792692
9	0.551357	0.234723	1.200945
10	0.607591	0.122935	0.62899
11	0.56166	-0.07926	-0.40554
12	0.591929	-0.09285	-0.47505
13	0.617067	-0.00803	-0.04108
14	0.570672	0.001462	0.00748
15	0.54534	-0.24504	-1.25374
16	0.598534	0.21032	1.076089
17	0.616633	-0.31009	-1.58656

PROBABILITY OUTPUT

<i>Percentile</i>	<i>ILAahmm</i>
0.819672	0
2.459016	0.286808
4.098361	0.290589
5.737705	0.300298
7.377049	0.306542
9.016393	0.312374
10.65574	0.3355
12.29508	0.383159
13.93443	0.393374
15.57377	0.414562
17.21311	0.423394
18.85246	0.434291
20.4918	0.435967
22.13115	0.437928
23.77049	0.449537
25.40984	0.452809
27.04918	0.474112

18	0.627057	0.135732	0.694465	28.68852	0.482397
19	0.546194	0.091049	0.465847	30.32787	0.499081
20	0.645902	-0.20994	-1.07412	31.96721	0.500054
21	0.626262	0.014052	0.071894	33.60656	0.5007
22	0.577381	-0.16282	-0.83305	35.2459	0.504245
23	0.564554	0.044675	0.228575	36.88525	0.519753
24	0.570504	-0.17713	-0.90627	38.52459	0.533753
25	0.546341	-0.16318	-0.83491	40.16393	0.572134
26	0.580004	0.122846	0.62853	41.80328	0.586099
27	0.586356	0.033339	0.170574	43.44262	0.591738
28	0.549801	0.119407	0.610937	45.08197	0.601544
29	0.554526	0.037212	0.190393	46.72131	0.603463
30	0.566179	-0.06193	-0.31688	48.36066	0.603503
31	0.625718	-0.33891	-1.73401	50	0.609038
32	0.572614	-0.23711	-1.21318	51.63934	0.609228
33	0.5632	0.062768	0.321149	53.27869	0.619695
34	0.57863	-0.05888	-0.30124	54.91803	0.620396
35	0.583253	0.002846	0.014563	56.55738	0.625968
36	0.589014	-0.08896	-0.45516	58.19672	0.637243
37	0.564514	-0.13022	-0.66628	59.83607	0.640313
38	0.585793	-0.2952	-1.51039	61.47541	0.669208
39	0.590945	0.097534	0.499027	63.11475	0.688479
40	0.586437	0.143316	0.733268	64.7541	0.695302
41	0.605074	-0.13096	-0.67005	66.39344	0.70285
42	0.594848	-0.14204	-0.72673	68.03279	0.702998
43	0.580199	0.358036	1.831865	69.67213	0.703244
44	0.572465	0.170595	0.872839	71.31148	0.714367
45	0.566589	0.034955	0.178844	72.95082	0.729753
46	0.542873	0.160371	0.820525	74.59016	0.730526
47	0.605583	-0.16766	-0.8578	76.22951	0.730573
48	0.609832	0.258724	1.32374	77.86885	0.74306
49	0.619981	0.000415	0.002123	79.5082	0.762789
50	0.659	-0.659	-3.37173	81.14754	0.78608
51	0.66232	-0.34995	-1.79048	82.78689	0.808855
52	0.59063	0.112368	0.574923	84.42623	0.812165
53	0.629244	-0.12854	-0.65769	86.06557	0.820157
54	0.600428	0.397335	2.032935	87.70492	0.829124
55	0.554154	-0.10462	-0.53527	89.34426	0.868555
56	0.55973	-0.02598	-0.13291	90.98361	0.901844
57	0.647058	0.048244	0.246837	92.62295	0.938236
58	0.679407	0.149717	0.766016	94.2623	0.953369
59	0.704945	0.025629	0.131127	95.90164	0.970735
60	0.724869	0.2285	1.169103	97.54098	0.997762
61	0.619112	0.380888	1.948785	99.18033	1

APÊNDICE D – Sumário estatístico da regressão linear entre a variável *IA* (explicativa) e Embarques médios semanais (dependente)

SUMMARY OUTPUT

<i>Regression Statistics</i>	
Multiple R	0.215022
R Square	0.046234
Adjusted R Square	0.030069
Standard Error	0.20079
Observations	61

ANOVA

	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Significance F</i>
Regression	1	0.115308	0.115307766	2.860061	0.096081
Residual	59	2.378676	0.040316541		
Total	60	2.493984			

	<i>Coefficients</i>	<i>Standard Error</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-value</i>	<i>Lower 95%</i>	<i>Upper 95%</i>	<i>Lower 95.0%</i>	<i>Upper 95.0%</i>
Intercept	0.58564	0.027936	20.96386857	5.02E-29	0.529741	0.641539	0.529741	0.641539
Res	0.027715	0.016388	1.691171493	0.096081	-0.00508	0.060508	-0.00508	0.060508

RESIDUAL OUTPUT

<i>Observation</i>	<i>Predicted ILAahmm</i>	<i>Residuals</i>	<i>Standard Residuals</i>
1	0.597362	0.304483	1.529221431
2	0.593752	-0.17036	-0.855595776
3	0.612501	0.207656	1.042924858
4	0.649487	0.321249	1.613428115
5	0.600032	0.212133	1.065410712
6	0.588937	0.014566	0.07315467
7	0.600716	0.002748	0.013800336
8	0.920591	-0.20622	-1.035731442
9	0.602604	0.183476	0.921484852
10	0.602342	0.128185	0.643790459
11	0.602997	-0.1206	-0.605693895
12	0.595414	-0.09633	-0.483823647
13	0.594033	0.015005	0.075361746

PROBABILITY OUTPUT

<i>Percentile</i>	<i>ILAahmm</i>
0.819672	0
2.459016	0.286807
4.098361	0.290588
5.737705	0.300298
7.377049	0.306542
9.016393	0.312373
10.65574	0.3355
12.29508	0.383159
13.93443	0.393374
15.57377	0.414562
17.21311	0.423395
18.85246	0.43429
20.4918	0.435967

14	0.597886	-0.02575	-0.129333516	22.13115	0.437928
15	0.58597	-0.28567	-1.434748324	23.77049	0.449537
16	0.59485	0.214005	1.074810859	25.40984	0.452809
17	0.589207	-0.28266	-1.4196444	27.04918	0.474113
18	0.602082	0.160707	0.807130067	28.68852	0.482398
19	0.592096	0.045148	0.226750785	30.32787	0.499081
20	0.594829	-0.15886	-0.797862484	31.96721	0.500054
21	0.607598	0.032715	0.164306465	33.60656	0.5007
22	0.586611	-0.17205	-0.864089402	35.2459	0.504245
23	0.586693	0.022536	0.113184132	36.88525	0.519752
24	0.588843	-0.19547	-0.981714294	38.52459	0.533752
25	0.588473	-0.20531	-1.031160732	40.16393	0.572134
26	0.59198	0.11087	0.556828617	41.80328	0.586099
27	0.595981	0.023713	0.119097022	43.44262	0.591738
28	0.594963	0.074246	0.372887983	45.08197	0.601544
29	0.587612	0.004127	0.020725168	46.72131	0.603463
30	0.592184	-0.08794	-0.441662493	48.36066	0.603503
31	0.591867	-0.30506	-1.532119779	50	0.609038
32	0.593892	-0.25839	-1.297735042	51.63934	0.609229
33	0.591892	0.034076	0.171143719	53.27869	0.619695
34	0.591245	-0.07149	-0.359062959	54.91803	0.620396
35	0.597147	-0.01105	-0.055488911	56.55738	0.625968
36	0.613927	-0.11387	-0.57191317	58.19672	0.637244
37	0.604936	-0.17065	-0.857044879	59.83607	0.640313
38	0.595429	-0.30484	-1.531021862	61.47541	0.669208
39	0.59877	0.089709	0.450551181	63.11475	0.688479
40	0.590786	0.138967	0.69794379	64.7541	0.695302
41	0.58564	-0.11153	-0.560129287	66.39344	0.70285
42	0.591946	-0.13914	-0.69879502	68.03279	0.702998
43	0.614173	0.324063	1.62756025	69.67213	0.703244
44	0.598507	0.144553	0.725998606	71.31148	0.714367
45	0.596007	0.005537	0.027807416	72.95082	0.729753
46	0.58944	0.113804	0.571566135	74.59016	0.730526
47	0.591505	-0.15358	-0.771316245	76.22951	0.730574
48	0.611335	0.257221	1.291855561	77.86885	0.74306
49	0.600169	0.020227	0.10158557	79.5082	0.762789
50	0.587484	-0.58748	-2.95055528	81.14754	0.78608
51	0.593622	-0.28125	-1.412534007	82.78689	0.808855

					0.81216
52	0.588859	0.114139	0.573249144	84.42623	5
					0.82015
53	0.601508	-0.10081	-0.506293506	86.06557	7
					0.82912
54	0.680313	0.317449	1.59434582	87.70492	4
					0.86855
55	0.628748	-0.17921	-0.900060268	89.34426	6
					0.90184
56	0.601178	-0.06743	-0.338636623	90.98361	5
					0.93823
57	0.607816	0.087486	0.439386999	92.62295	5
					0.95336
58	0.599026	0.230098	1.155636579	94.2623	9
					0.97073
59	0.588582	0.141992	0.713132912	95.90164	5
					0.99776
60	0.59736	0.356009	1.7880063	97.54098	3
61	0.589894	0.410106	2.059698981	99.18033	1