

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

CURSO DE MESTRADO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

**AVALIAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DA
ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE ÀS
OPORTUNIDADES DE TRABALHO EM BELO
HORIZONTE**

André Augusto Cunha Libânio

Belo Horizonte

2020

André Augusto Cunha Libânio

**AVALIAÇÃO DA PROBLEMÁTICA
ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE ÀS
OPORTUNIDADES DE TRABALHO EM BELO
HORIZONTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Geotecnia e Transportes da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geotecnia e Transportes.

Área de concentração: Transportes

Orientador(a): Renata Lúcia Magalhães Oliveira

Co-Orientador(a): Camila S. H. Fontenele Garcia

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2020

L694a

Libânio, André Augusto Cunha.

Avaliação da problemática da acessibilidade e mobilidade às oportunidades de trabalho em Belo Horizonte [recurso eletrônico] / André Augusto Cunha Libânio. - 2020.

1 recurso online (77 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Renata Lúcia Magalhães Oliveira.

Coorientadora: Camila Soares Henrique Fontenele Garcia.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Bibliografia: f. 73-77.

Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Transportes - Teses. 2. Acessibilidade - Teses. 3. Mobilidade de pessoal - Teses. 4. Equidade - Teses. 5. Avaliação - Teses. I. Oliveira, Renata Lúcia Magalhães de. II. Garcia, Camila Soares Henrique Fontenele. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 656(043)

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Roseli Alves de Oliveira CRB/6 2121
Biblioteca Prof. Mário Werneck, Escola de Engenharia da UFMG



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOTECNIA E TRANSPORTES

UFMG

FOLHA DE APROVAÇÃO

AVALIAÇÃO DA PROBLEMÁTICA DA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE ÀS OPORTUNIDADES DE TRABALHO EM BELO HORIZONTE

ANDRÉ AUGUSTO CUNHA LIBÂNIO

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOTECNIA E TRANSPORTES, como requisito para obtenção do grau de Mestre em GEOTECNIA E TRANSPORTES, área de concentração TRANSPORTES.

Aprovada em 29 de setembro de 2020, pela banca constituída pelos membros:

Prof. Renata Lúcia Magalhães de Oliveira - Orientadora
CEFET-MG

Camila Soares Henrique Fontenele Garcia - Coorientadora
Instituto Superior Técnico de Lisboa

Prof. André Soares Lopes
Universidade de Fortaleza (UNIFOR)

Prof. Lillian dos Santos Fontes Pereira Bracarense
Universidade Federal do Tocantins (UFT)

AGRADECIMENTOS

À minha esposa, Livia, minha maior incentivadora, pelo apoio, paciência, companheirismo e carinho.

À minha filha Júlia, nascida em meio a essa jornada, companheira de incontáveis noites em claro e fonte inesgotável de amor e inspiração.

Aos meus pais, Paulo e Suzana, por toda dedicação e generosidade, a quem devo minha formação, meu caráter e toda minha gratidão.

Aos meus irmãos, Paulo e Juliana, pela amizade e genuína torcida.

Ao meu avô Paulo, eterno exemplo, a quem levarei para sempre comigo no coração.

A todos familiares e amigos que, direta ou indiretamente, foram muito importantes ao longo dessa etapa.

Aos amigos da Fratar, Rodrigo, Priscilla, Rafael e Elias, pelo suporte, contribuições e compreensão nos momentos em que precisei me ausentar.

Especial agradecimento às professoras Renata Oliveira, Camila Garcia e Lucélia Raad que, com extrema generosidade, compartilharam conhecimento, experiência e muito tempo. Mais do que orientadoras ou colaboradoras, tonaram-se verdadeiramente parceiras e amigas.

"A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo"

(Albert Einstein)

RESUMO

LIBÂNIO, André Augusto Cunha. **Avaliação da Problemática da Acessibilidade e Mobilidade às Oportunidades de Trabalho Em Belo Horizonte**. 77f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

Essa dissertação teve como objetivo geral compreender a problemática da acessibilidade às oportunidades de trabalho e a sua relação com a mobilidade na cidade de Belo Horizonte. Para tanto, foi aplicado um método para compreensão, em nível estratégico, de problemas de distribuição desigual e inequânime de acessibilidade e mobilidade desenvolvida por Garcia *et al.* (2018), fundamentado em técnicas de análise espacial e teorias éticas de justiça social. A metodologia consiste na caracterização das distribuições e diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade a partir das relações entre fatores que contribuem para a conformação desses problemas e suas características. Para tanto, os indicadores selecionados foram submetidos a análises exploratórias, considerando abordagens de caráter não-espacial e espacial. Como resultado da etapa de caracterização, verificou-se que Belo Horizonte apresenta distribuições desiguais - no espaço -, e inequânimes considerando a acessibilidade e a mobilidade às oportunidades de trabalho. Diferentemente da acessibilidade que apresenta níveis mais elevados na região central da cidade, onde há concentração de empregos e menores tempos de viagem em relação ao restante do município, a mobilidade apresenta um padrão de distribuição espacial bastante disperso. Na fase de diagnóstico, foram delimitadas zonas problemáticas, sob o aspecto da distribuição desigual, a partir de parâmetros de suficiência para cada modo. Para análise dos problemas sob a perspectiva da distribuição inequânime, as zonas problemáticas foram sobrepostas às regiões previamente definidas como de interesse social, identificando áreas críticas para as quais os investimentos devem ser priorizados a fim de se alcançar níveis mais equitativos de acessibilidade e mobilidade. Adicionalmente foram realizadas análises das relações entre acessibilidade e mobilidade e os atributos urbanos por trás desses problemas da distribuição desigual e inequânime. Por fim, os resultados advindos da aplicação da metodologia ao caso de Belo Horizonte permitiram uma melhor compreensão sobre os fenômenos da acessibilidade e mobilidade na cidade através de uma avaliação sistematizada dos problemas desiguais e inequânimes associados a estes fenômenos, permitindo assim a produção de conhecimentos relevantes para a formulação e priorização de políticas públicas.

Palavras-Chaves: Acessibilidade, Mobilidade, Equidade, Problemas, Avaliação, Estratégica

ABSTRACT

LIBÂNIO, André Augusto Cunha. **Avaliação da Problemática da Acessibilidade e Mobilidade às Oportunidades de Trabalho Em Belo Horizonte**. 77f. Dissertação (Mestrado em Geotecnia e Transportes) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2020.

The objective of this dissertation was to understand the problem of accessibility to work opportunities and its relationship with mobility in the city of Belo Horizonte. To this end, the method developed by Garcia *et al.* (2018) was applied to understand, at a strategic level, the unequal and inequitable distribution problems of accessibility and mobility, based on techniques of spatial analysis and ethical theories of social justice. The applied method comprises the characterization and diagnosis of accessibility and mobility problems based on the relationships between contributing factors to the conformation of these problems and their characteristics. For this purpose, the selected indicators were submitted to exploratory analysis, considering non-spatial and spatial approaches. As a result of the characterization phase, it was verified that Belo Horizonte presents unequal and inequitable distributions of accessibility and mobility to work opportunities. Unlike accessibility which presents higher levels in the central region of the city, mobility presents a very dispersed pattern of spatial distribution. In the diagnostic phase, problem areas were delimited from the point of view of unequal distribution, based on sufficiency parameters for each transportation mode. From the perspective of inequitable distribution, the problematic zones were superimposed on the previously defined regions of social interest, identifying critical areas for which investments should be prioritized in order to achieve more equitable levels of accessibility and mobility. Finally, analyses of the relationships between accessibility and mobility and the urban attributes behind these problems were carried out. The results indicated that spatial models were better suited than non-spatial models to the phenomena under analysis. The inclusion of the spatial approach for explanatory models that contribute to accessibility and mobility understanding reinforces the importance of considering spatial aspects in this kind of urban analysis, since many studies in this research field limit themselves to considering non-spatial regression models, disregarding the spatial dependence.

Keywords: Accessibility, Mobility, Equity, Problems, Assessment, Strategic

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 1.1 | OBJETIVOS DO TRABALHO..... | 13 |
| 1.2 | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO | 14 |
| 2 | PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO: NOVAS CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS..... | 15 |
| 2.1 | MUDANÇAS DE PARADIGMA NO PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO..... | 15 |
| 2.2 | OS FENÔMENOS DA ACESSIBILIDADE E DA MOBILIDADE URBANAS..... | 20 |
| 2.3 | CATEGORIZAÇÃO DOS PROBLEMAS DE MOBILIDADE E ACESSIBILIDADE..... | 24 |
| 2.4 | INDICADORES DE ACESSIBILIDADE | 25 |
| 2.5 | INDICADORES DE MOBILIDADE..... | 31 |
| 3 | METODOLOGIA | 32 |
| 3.1 | CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE..... | 33 |
| 3.1.1 | <i>Definição de indicadores e variáveis.....</i> | <i>33</i> |
| 3.1.2 | <i>Coleta e organização de dados.....</i> | <i>36</i> |
| 3.1.3 | <i>Análise de indicadores para avaliação das condições atuais de acessibilidade e mobilidade</i> | <i>39</i> |
| 3.2 | DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE..... | 39 |
| 3.2.1 | <i>Identificação das áreas problemáticas e críticas</i> | <i>39</i> |
| 3.2.2 | <i>Análise dos fatores que contribuem para os problemas de acessibilidade e mobilidade</i> | <i>40</i> |
| 4 | CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE EM BELO HORIZONTE | 40 |
| 4.1 | MONTAGEM DA BASE DE DADOS | 41 |
| 4.2 | CARACTERIZAÇÃO DO RECORTE ESPACIAL E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS OPORTUNIDADES DE TRABALHO 41 | |
| 4.3 | TEMPOS DE VIAGEM | 44 |
| 4.4 | IDENTIFICAÇÃO DAS REGIÕES DE INTERESSE SOCIAL..... | 45 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.5 | CARACTERIZAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO DA ACESSIBILIDADE E DA MOBILIDADE | 48 |
| 4.6 | DIAGNÓSTICO DOS PROBLEMAS DE ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE | 52 |
| 4.6.1 | <i>Identificação dos problemas de desigualdade socioeconômica</i> | <i>52</i> |
| 4.6.2 | <i>Análise das relações entre acessibilidade e mobilidade e os atributos urbanos</i> | <i>56</i> |
| 5 | CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES | 67 |
| 5.1 | RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 72 |
| 6 | REFERÊNCIAS..... | 73 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Relações causais de acessibilidade e mobilidade..... | 22 |
| Figura 2: Categorias de problemas de acessibilidade e mobilidade | 24 |
| Figura 3: Abordagem metodológica de avaliação estratégica..... | 32 |
| Figura 4: Regionais de Belo Horizonte | 42 |
| Figura 5: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Trabalho” em Belo Horizonte..... | 43 |
| Figura 6: Tempo médio de deslocamento para todas as demais AHs do município por Transporte Individual e por Transporte Coletivo | 45 |
| Figura 7: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Renda Domiciliar” em Belo Horizonte..... | 47 |
| Figura 8: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Acessibilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo..... | 49 |
| Figura 9: Distribuição Espacial, Box Map e LISA Cluster Map do indicador “Taxa de Mobilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo..... | 51 |
| Figura 10: Áreas problemáticas de acessibilidade e zonas críticas | 53 |
| Figura 11: Áreas problemáticas quanto à mobilidade e zonas críticas..... | 54 |
| Figura 12: Mapas LISA bivariados de atributos urbanos correlacionados com os níveis de acessibilidade e mobilidade | 63 |
| Figura 13: Mapas LISA bivariados de atributos urbanos correlacionados com os níveis de acessibilidade e mobilidade (continuação)..... | 64 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 1: Indicadores de acessibilidade por abordagem de análise | 27 |
| Tabela 2: Indicadores complementares | 35 |
| Tabela 3: Correlações de acessibilidade | 57 |
| Tabela 4: Modelos de acessibilidade | 58 |
| Tabela 5: Correlações de mobilidade | 60 |
| Tabela 6: Modelos de mobilidade | 61 |
| Tabela 7: Validação das hipóteses para as áreas críticas | 66 |

1 INTRODUÇÃO

A abordagem tradicional de planejamento dos transportes surgiu nos anos 1950 e 1960, tendo como foco a previsão da demanda futura e provisão da infraestrutura necessária para atendê-la, cuja viabilidade econômica das propostas está, comumente, associada à redução de custos operacionais ou do tempo de viagem (MELLO e PORTUGAL, 2017). Ainda segundo a autora, esse tipo de abordagem, orientada à solução, apenas mascara, temporariamente, os problemas da acessibilidade e mobilidade, uma vez que ignora a interdependência entre o transporte e o uso do solo, inerente ao contexto urbano. Além disso, por vezes desconsidera custos de mensuração mais complexa, como aqueles relativos aos impactos ambientais (BANISTER, 2011).

Posteriormente, o conceito de mobilidade foi incorporado ao paradigma do planejamento, representando um avanço na maneira tradicional de encarar o tema, já que deixava de tratar isoladamente aspectos do transporte e passava a adotar uma visão sistêmica sobre toda a movimentação de pessoas e de bens (SOARES, 2014).

Mais recentemente, o planejamento urbano integrado, reinterpretado como novo paradigma de planejamento da acessibilidade, tem sido apontado como a abordagem mais adequada por tratar conjuntamente o uso do solo e os problemas de transporte que afetam os problemas de acessibilidade e mobilidade da população (BERTOLINI *et al.*, 2005; CURTIS, 2008; HALDEN 2009). Tal abordagem, quando combinada com princípios de sustentabilidade e equidade, tem possibilitado o desenvolvimento de políticas urbanas que consideram não só oferecer bons níveis de acessibilidade por meios mais ecológicos, mas também a diminuição dos efeitos espaciais e sociais da distribuição de acessibilidade e a melhoria da eficiência global do sistema (GARCIA *et al.*, 2018).

Especificamente no que diz respeito ao deslocamento de bens e pessoas, o paradigma do planejamento evoluiu metodologicamente, saindo de uma abordagem funcional e propositiva – que deseja solucionar o desequilíbrio entre oferta e demanda –, para se tornar um processo investigativo e integrador, que tem um ponto de vista plural como base. Também avançou em termos conceituais, transferindo o foco da mobilidade individual para a acessibilidade a funções urbanas, além dos termos morais, incorporando os princípios de equidade e sustentabilidade no processo de avaliação. Essa mudança é justificada pelo melhor entendimento sobre as necessidades humanas, uma vez que o desejo dos indivíduos é, na verdade, acessar as atividades

espacialmente separadas, e não ter elevados níveis de mobilidade (MENEZES, 2015). Investimentos fornecendo acesso a mais oportunidades sociais de interação deveriam, portanto, ser prioritários, mesmo que não exista nenhuma economia de tempo de viagem (HANSEN, 1959).

No entanto, apesar dessa mudança de paradigma, muitas iniciativas de planejamento, na prática, ainda estão focadas essencialmente na avaliação de alternativas e proposição de soluções, ignorando a primordialidade de prévia compreensão e avaliação dos problemas. O entendimento ou diagnóstico do problema no nível estratégico usualmente recebe menos ênfase em comparação com outras fases do processo de planejamento e consiste, habitualmente, numa descrição simplificada de problemas que não deriva de uma atividade de avaliação sistemática, baseada em procedimentos bem definidos, permitindo a identificação de problemas e a compreensão das suas causas e efeitos (GARCIA, 2016). Mesmo quando reconhecida como uma variável-chave para políticas e para modelos de desenvolvimento urbano, o valor econômico da acessibilidade é amplamente subvalorizado (MACÁRIO, 2014).

Este trabalho propõe, então, uma aplicação do método de avaliação estratégica consolidada dentro do paradigma do planejamento da acessibilidade para o caso da cidade de Belo Horizonte. Esta aplicação está alinhada à metodologia de avaliação estratégica para problemas de distribuição desigual e inequânime de acessibilidade e mobilidade desenvolvida por GARCIA *et al.* (2018). Essa metodologia apoia-se em técnicas de análise espacial e permite a caracterização das condições de acessibilidade e mobilidade, bem como o diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade e das relações entre fatores que contribuem para a conformação desses problemas e suas características.

1.1 Objetivos do trabalho

O objetivo geral desta pesquisa é compreender a problemática da acessibilidade às oportunidades de trabalho e a sua relação com a mobilidade na cidade de Belo Horizonte por meio da caracterização e dos diagnósticos dos problemas de desigualdade socioespaciais a eles associados.

De modo a facilitar o alcance do objetivo principal estabelecido, os seguintes objetivos específicos foram considerados:

- Contextualizar a problemática da acessibilidade urbana e o seu impacto na mobilidade, considerando as atividades de trabalho, sob à ótica da equidade;

- Estruturar a aplicação das etapas metodológicas para avaliação da problemática da acessibilidade e mobilidade às atividades de trabalho a partir da definição de indicadores capazes de representar os problemas e as variáveis que contribuem para sua ocorrência;
- Aplicar o método ao município de Belo Horizonte como um estudo de caso, realizando uma interpretação dos problemas de acessibilidade e mobilidade das pessoas para acesso ao trabalho em um horizonte estratégico.

1.2 Estrutura da dissertação

Além deste capítulo introdutório, outros quatro capítulos compõem este trabalho e estão estruturados da seguinte forma:

- Capítulo 2: apresenta a revisão da literatura que fundamenta a metodologia desta pesquisa. Aborda a questão da evolução do paradigma do planejamento do transporte urbano a partir da incorporação de novos conceitos, princípios e metodologias. Trata, também, da caracterização do fenômeno da acessibilidade e da mobilidade e de fatores que contribuem para a conformação desses fenômenos. Apresenta, ainda, a categorização dos problemas de distribuição da mobilidade e acessibilidade desenvolvido por GARCIA *et al.* (2018) com base nas teorias éticas de suficientismo e igualitarismo. Por fim, descreve os componentes e tipos de indicadores de acessibilidade e mobilidade;
- Capítulo 3: apresenta a estruturação das etapas de compreensão, no nível estratégico, dos problemas de acessibilidade e mobilidade ao trabalho, indicadores selecionados e as formas de caracterização e diagnóstico dos problemas de distribuição desigual e inequânime;
- Capítulo 4: apresenta os resultados obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta e as discussões acerca da caracterização e diagnóstico realizados;
- Capítulo 5: descreve as conclusões, considerações relativas ao trabalho realizado e recomendações.

2 PLANEJAMENTO DO TRANSPORTE URBANO: NOVAS CARACTERÍSTICAS E TENDÊNCIAS

Este capítulo tem por objetivo contextualizar as mudanças de paradigma observadas no processo de planejamento dos sistemas de transportes, destacando a mudança de foco da oferta de transporte para a mobilidade e, em seguida, para a acessibilidade, que assume um papel central a fim de tornar mais evidente o planejamento integrado de transporte e uso do solo. Também é abordada a incorporação de princípios de sustentabilidade e equidade, buscando atingir objetivos estratégicos mais duradouros e socialmente justos. Em seguida, apresenta-se uma discussão a respeito do fenômeno da mobilidade e da acessibilidade, coletando diversas definições encontradas na literatura e estabelecendo os conceitos que serão admitidos nesta pesquisa. Os indicadores de acessibilidade são tratados na sequência, descrevendo-se as abordagens e tipos de indicadores classificados de acordo com os critérios definidos por Geurs e van Wee (2004). Por fim, é apresentada uma categorização dos problemas relacionados à deficiência na distribuição de acessibilidade e mobilidade elaborada por GARCIA *et al.* (2018) a partir das teorias éticas de suficientismo e igualitarismo, delimitando os tipos de problema que serão abordados nesta pesquisa.

2.1 Mudanças de paradigma no planejamento do transporte urbano

Tradicionalmente, o processo de planejamento do transporte urbano esteve orientado para a proposta de soluções e centrado na concretização de um conjunto de objetivos predefinidos, negligenciando a identificação das reais necessidades e problemas enfrentados pelos seus usuários (GARCIA, 2016). Para Azevedo (2012), os métodos de planejamento utilizados pelos antigos planos de transportes, em sua maioria, limitavam-se às análises da relação entre oferta e demanda no próprio sistema, resultando em propostas de intervenções direcionadas a projetos viários ou novas redes de transportes.

Soares (2014) afirma que os processos tradicionais de planejamento comumente ignoravam a dimensão estratégica da gestão da mobilidade urbana, como também não abordavam adequadamente conflitos sociais de apropriação dos espaços públicos ou de mercado. A autora acredita que desconsiderar as reais condicionantes da mobilidade urbana talvez tenha sido a principal razão da baixa efetividade desses planos no passado. Para Lopes e Loureiro (2012), o paradigma tradicional, denominado planejamento de transportes, tinha um caráter unidisciplinar e apoiava-se numa visão de provimento de infraestrutura e serviços para

acomodar uma demanda crescente de veículos motorizados individuais, mantendo o foco da problemática sobre a questão da oferta, na relação oferta-demanda.

Nas últimas décadas, no entanto, o planejamento do transporte urbano tem vivenciado uma série de mudanças de paradigma (SOARES, 2014). O primeiro passo evolutivo relativo ao processo de planejamento do transporte urbano veio com a introdução do conceito de mobilidade (MENEZES, 2015).

Garcia (2016) argumenta que a adoção do conceito de mobilidade aumenta as preocupações do processo de planejamento quanto aos aspectos da demanda, permitindo uma análise mais detalhada dos desequilíbrios na relação oferta-demanda, ou seja, a identificação, caracterização e diagnóstico dos problemas associados ao sistema. Para ela, o uso da expressão "planejamento da mobilidade" parece ser mais adequado do que "planejamento do transporte" se os objetivos são alinhar os aspectos de demanda e oferta no processo de planejamento e redirecionar o foco do processo de propor soluções para a resolução de problemas.

Segundo Soares (2014), no Brasil, o conceito de mobilidade foi cunhado principalmente pelas ações para o desenvolvimento da política urbana por parte dos órgãos governamentais por meio de instrumentos como Lei de Diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana (BRASIL, 2012) que obriga os municípios, com mais de 20 mil habitantes, a elaborar seus Planos de Mobilidade Urbana. A autora entende que o conceito pode ser considerado um avanço na maneira tradicional de encarar o tema, já que deixa de tratar isoladamente o trânsito, a regulação do transporte coletivo, a logística de distribuição das mercadorias e a construção da infraestrutura viária, e passa a adotar uma visão sistêmica sobre toda a movimentação de pessoas e de bens, envolvendo todos os elementos que produzem as necessidades destes deslocamentos e as características de cada localidade.

Lopes e Loureiro (2012) destacam a expansão de uma visão de rede unimodal para multimodal, o tratamento da infraestrutura de transportes, não mais como um meio a ser provido, mas, sim gerenciado e controlado e a orientação de planejamento que deixa de ser focada em proposição de soluções e passa a incorporar o processo de identificação de problemas, inclusive com a preocupação com foco no entendimento das necessidades da demanda.

Garcia (2016) salienta, ainda, o uso crescente da expressão "sistema de mobilidade" em vez de "sistema de transporte", tanto na pesquisa quanto nos campos técnicos, ainda que a intenção dessa mudança seja apenas expandir a visão do sistema de transporte para a consideração dos modos não motorizados, especialmente quando a "mobilidade" vem associada à palavra

"sustentável", como visto em alguns guias governamentais. Para a autora, a preferência pela utilização da palavra "mobilidade" em vez de "transporte" pode ser vista como uma tentativa de expressar mais claramente as questões relacionadas com a mobilidade individual em vez de apenas as infraestruturas e serviços oferecidos.

Para Menezes (2015), no entanto, apesar da expansão do foco da problemática, o paradigma de planejamento da mobilidade ainda mantém uma visão reducionista das relações causais entre os subsistemas de transporte e uso do solo ao considerar os efeitos deste último exógenos ao primeiro.

O foco da problemática se volta, então, para a acessibilidade. O paradigma do "planejamento da acessibilidade" é classificado por Menezes (2015) como o terceiro estágio evolutivo do processo de planejamento, incorporando como endógenas ao fenômeno dos deslocamentos as relações de causa e efeito do subsistema de uso do solo. Essa abordagem mantém uma orientação voltada para a identificação de problemas, reconhecendo, no entanto, que o deslocamento se dá por uma necessidade humana de acesso.

Menezes (2015) afirma que o paradigma contemporâneo do planejamento da acessibilidade refuta a ideia de que o transporte é um fim em si mesmo, deslocando o foco sobre a mobilidade individual para os níveis de acessibilidade às funções urbanas percebidas pelos indivíduos. Essa evolução na compreensão fenomenológica denotaria um caráter estratégico à acessibilidade, sendo necessário avaliar o alinhamento entre sua distribuição e os objetivos estratégicos do aumento da qualidade de vida e do emprego da justiça social.

Owens (1995) destaca o avanço do conceito anteriormente predominante de "prever e prover" para o de "prever e prevenir" a partir de uma abordagem centrada na compreensão dos problemas. Segundo Lima (2017), enquanto o primeiro preocupava-se em prever o crescimento da necessidade locomoção e prover a infraestrutura para acomodar esse crescimento, o segundo conceito, relacionado ao planejamento da acessibilidade, preocupa-se com o gerenciamento da demanda por viagens, podendo, por exemplo, induzir o uso de modos de transporte mais sustentáveis ou, ainda, desincentivar aquele entendido como prejudicial ao funcionamento da cidade.

A incorporação dos princípios de equidade e sustentabilidade representam outra importante mudança de paradigma em relação ao processo tradicional do planejamento do transporte urbano. Para Banister (2008), a incorporação da sustentabilidade no processo de planejamento alarga os seus objetivos, realçando as preocupações com os impactos externos relacionados

com a oferta de mobilidade. Além disso, o autor argumenta que a abordagem do planejamento sustentável pode ser vista como uma forma de fortalecer o vínculo entre uso do solo e transporte, uma vez que para atingir esse objetivo não basta proporcionar mobilidade, sendo também necessário reduzir as distâncias entre os destinos desejados, ou mesmo a necessidade de viagens, incentivar a transferência modal para modos mais ambientalmente eficientes e promover inovações tecnológicas.

Bertolini *et al.* (2005) entendem que o "planejamento de acessibilidade sustentável" é a melhor maneira de abordar as interações de uso do solo e transporte e alcançar o objetivo final de fornecer às cidades opções de viagem mais sustentáveis.

Garcia (2016) defende que as atividades de avaliação estratégica devem centrar-se em valores de acessibilidade e mobilidade e serem apoiadas por princípios orientadores como a equidade e a sustentabilidade, e não apenas a ambiental, assumindo um papel importante nos processos de planejamento e tomada de decisão, especialmente no que diz respeito à avaliação da acessibilidade. Além disso, para a autora, tais atividades devem abrir o processo de planejamento ajudando os planejadores a analisar, em nível estratégico, se a configuração atual da rede é adequada para atender às necessidades dos usuários, contribuindo para formular e avaliar melhor as alternativas de rede, considerando tanto o uso do solo quanto o transporte. Em outras palavras, a avaliação estratégica da acessibilidade nas redes de mobilidade pode permitir trazer para a fase inicial do processo questões como a cobertura da rede, o nível de integração, a diversidade de usos do solo, a densidade de atividades etc., que normalmente não são consideradas em conjunto nas avaliações tradicionais, mas que devem ser tidas em consideração numa fase inicial, a fim de garantir que os princípios da sociedade sejam respeitados.

Para Sanchez *et al.* (2003), a consideração do conceito de equidade no processo de planejamento dá-lhe um sentido de justiça social em relação à provisão de acesso e permite minimizar os efeitos injustos nas comunidades minoritárias e de baixos rendimentos devido ao acesso limitado às oportunidades sociais e econômicas.

Menezes (2015) argumenta que por meio de uma adequada distribuição de acessibilidade, há a garantia das satisfações de necessidades particulares promovendo um estado de estabilização entre possíveis tensões sociais promovidas pela desigualdade de acesso, o que, perpetuando-se ao longo do tempo, garante, em parte, a sustentabilidade de uma determinada configuração de rede, sendo a sustentabilidade plena possibilitada pela consideração das dimensões econômicas,

ambientais, políticas e culturais através do tempo. O autor acredita que o paradigma de planejamento da acessibilidade, ao incorporar os princípios da equidade e sustentabilidade, transcende a visão clássica, por vezes tida como tecnocrata, para uma visão humanizada dos problemas relacionados à movimentação de bens e pessoas nas cidades.

Para Garcia (2016), o uso combinado do conceito de acessibilidade com os princípios de equidade e sustentabilidade no desenvolvimento do processo de planejamento parece ser o mais adequado. Juntos, esses conceitos permitem o desenvolvimento de políticas urbanas que consideram não apenas a oferta de bons níveis de acessibilidade por modos mais amigáveis ao meio ambiente, mas também a diminuição dos efeitos espaciais e sociais da distribuição da acessibilidade e a melhoria da eficiência global do sistema. A autora reconhece, entretanto, que a maioria das iniciativas de planejamento da acessibilidade sustentável ainda deixa de fora questões de equidade social, ou as considera de forma implícita.

Percebe-se, portanto, que o processo de planejamento do sistema de mobilidade urbana, aqui considerado como o subsistema urbano que garante a fluidez dos deslocamentos e proporciona acesso a diferentes localidades (Macário, 2005), sofreu algumas mudanças de paradigma, resultando na proposta de diferentes abordagens que destacam a importância e a combinação de quatro conceitos-chave: mobilidade, acessibilidade, sustentabilidade e equidade (GARCIA, 2016).

Para Litman (2013), a evolução desses paradigmas conceituais contribui para redefinir a eficiência do sistema, seja minimizando o custo total dos recursos necessários para acessar serviços e atividades, seja oferecendo uma gama de modos que permitem aos usuários escolher a combinação intermodal mais adequada para cada viagem, ou especialmente reconhecendo a necessidade de um planejamento integrado em que as decisões de curto prazo apoiem os objetivos estratégicos.

Menezes (2015) conclui que o processo de planejamento, especificamente voltado para questões relacionadas com deslocamentos e bens e pessoas, evoluiu (a) em termos conceituais ao reanalisar paradigmas, mudando o foco da análise da mobilidade individual para a acessibilidade a funções urbanas; (b) em termos morais ao incorporar os princípios da equidade e sustentabilidade no processo de avaliação, ressignificando o conceito de desempenho de uma configuração de rede (GARCIA et al, 2013); e (c) em termos metodológicos, passando de uma abordagem funcional e propositiva, focada na solução de desequilíbrios entre oferta e demanda no sistema de transporte, para uma abordagem investigativa e integradora colocando o

entendimento da problemática sob um ponto de vista plural como fundação à construção do processo; Segundo Menezes (2015), a mudança paradigmática se justificaria, portanto, a partir de um melhor entendimento sobre as necessidades humanas, pois os indivíduos não buscam elevados níveis de mobilidade, mas, sim, oportunidades para acessar atividades espacialmente separadas.

Macário (2012) afirma, no entanto, que apenas há alguns anos este conceito de acessibilidade tem sido foco dos planejadores e decisores de todo o mundo e que, em função lacunas acerca de sua percepção material, valorização e representação, sua incorporação ao processo de planejamento como elemento da problemática urbana ainda é um desafio.

Essa percepção é compartilhada por Soares (2014). Para a autora, a mudança de paradigma ocorrida em relação aos conceitos aqui apresentados não surtiu efeito nas metodologias de planejamento empregadas, que, muitas vezes, continuam apoiando-se em esforços isolados de cada uma das disciplinas envolvidas, além de manterem o foco na busca por soluções não suficientemente embasadas na compreensão da complexa problemática urbana que se propõem a resolver.

2.2 Os fenômenos da acessibilidade e da mobilidade urbanas

A análise dos valores de acessibilidade e mobilidade como centro do processo de planejamento do sistema de mobilidade urbana requer uma compreensão clara de seus significados, uma vez que, dependendo das definições assumidas, podem ser obtidos diferentes resultados. A consideração desses dois valores diferentes, embora inter-relacionados, é crucial para o desenvolvimento do processo de planejamento. De acordo com as definições consideradas, ou a ênfase que elas recebem, alterações significativas podem ser trazidas para o processo de planejamento em relação à definição de problemas, aos tipos de soluções propostas e como elas podem ser avaliadas (GARCIA, 2016).

Para Soares (2014), o acesso deve ser reconhecido como oportunidade para o desenvolvimento do indivíduo e da sociedade e, embora a mobilidade também esteja relacionada com o desempenho do sistema de transporte, é a acessibilidade que possibilita a interação entre esse sistema e os padrões de uso do solo. A autora diz, ainda, que a mobilidade se apresenta como um dos meios para melhorar a acessibilidade, mas não único, uma vez que a própria distribuição das atividades no território pode desempenhar este papel. Pode-se considerar que a relação inversa também desempenhe papel relevante pois a acessibilidade à rede de mobilidade é meio fundamental para o desempenho da mobilidade enquanto capacidade de se deslocar através do

sistema. Com isso, a decisão por investimentos na melhoria da acessibilidade pode focar em vencer distâncias por meio do provimento de infraestrutura de transportes ou através do ordenamento do uso do solo, possibilitando assim uma distribuição espacial das atividades que signifique menos e menores deslocamentos, ou melhores e mais fáceis acessos à rede.

Geurs e Van Wee (2004) afirmam que a acessibilidade pode ser entendida como a facilidade de acesso associada ao potencial de interação dos indivíduos, sendo determinada pela distribuição espacial dos destinos em potencial, bem como pela respectiva intensidade e qualidade das atividades. Relaciona-se, portanto, com a oportunidade que um indivíduo, em um dado local, possui para tomar parte em uma atividade particular ou uma série de atividades (ANDRADE, 2016).

Segundo Garcia (2016), no entanto, algumas definições podem causar confusão, como as de Ortúzar e Willumsen (1994) e Vuchic (2000), que destacam a importância de viajar e não de acessar ou interagir. Ou a definição de Jones (1981) que enfatiza a relação entre acessibilidade e mobilidade, sendo a primeira considerada causa da segunda.

No Quadro 1 é apresentado um conjunto de definições a respeito do conceito de acessibilidade e mobilidade consolidado por Garcia (2016).

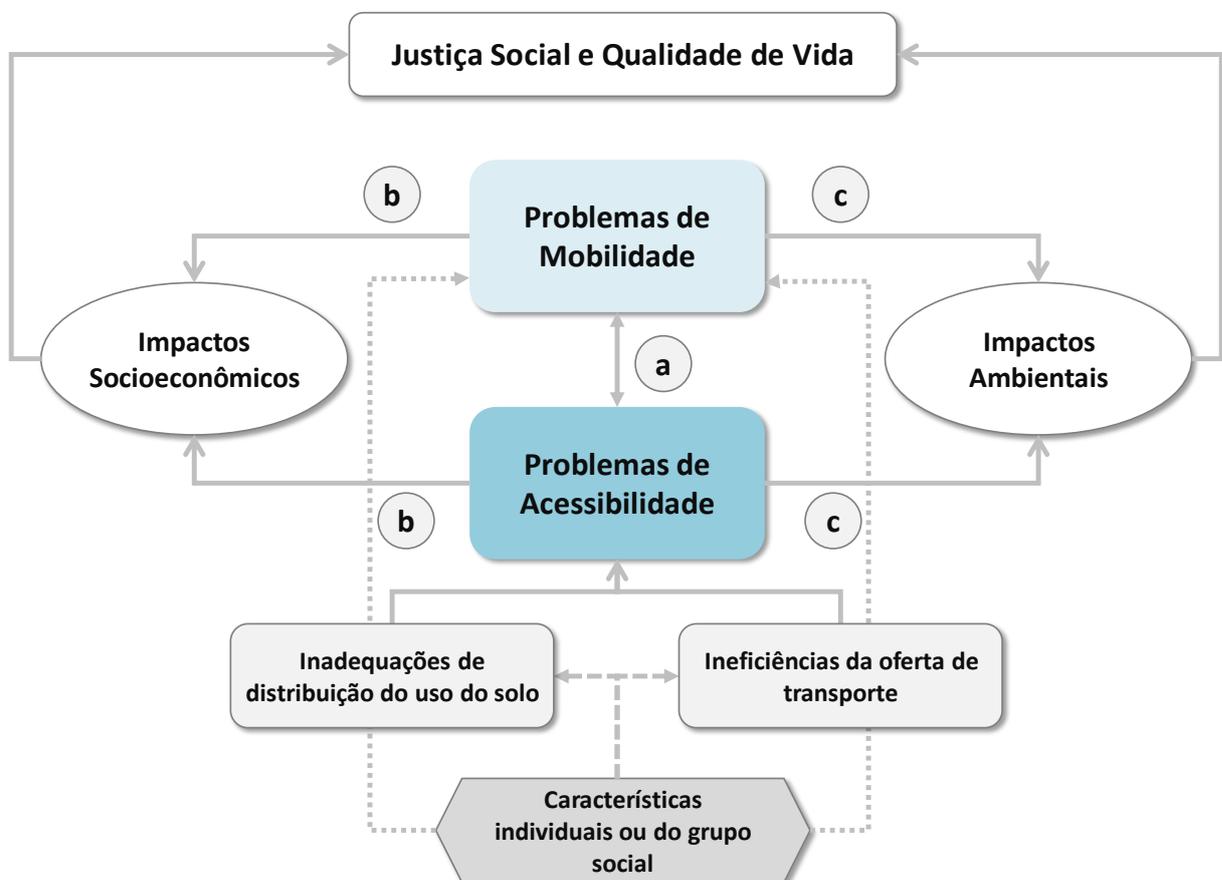
Quadro 1: Definições de acessibilidade e mobilidade

| Acessibilidade | Mobilidade |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de oportunidades de interação (Hansen, 1959) • Mobilidade potencial (Jones, 1981) • Facilidade de realizar viagens de/para determinadas zonas de tráfego (Ortúzar e Willumsen, 1994) • Facilidade de acesso de um ponto a outros pontos da rede (Taaffe et al, 1996) • Capacidade de viajar entre diferentes atividades (Vuchic, 2000) • Facilidade para chegar ao destino/atividades (Levine e Garb, 2002) • A medida em que o sistema de uso da terra e de transporte permite que os indivíduos alcancem as atividades por meio de modos de transporte (Geurs e van Wee, 2004) • Propriedade do meio de transporte (Magalhães <i>et al.</i>, 2013) | <ul style="list-style-type: none"> • Potencial de movimento (Hansen, 1959) • Capacidade dos indivíduos de se deslocarem de um local para outro influenciada pelo desempenho do transporte, bem como pelas características socioeconômicas (Tagore e Skidar, 1995) • Facilidade de movimentação (Levine e Garb, 2002) • Facilidade de movimento ou capacidade de se mover ou ser movido (Handy, 2005) • Capacidade dos indivíduos ou grupos de se deslocarem fisicamente de um lugar para outro (EEA, 2006) • Propriedade de algo que pode ser transportado (Magalhães <i>et al.</i>, 2013) |

Esta pesquisa, no entanto, considerou os conceitos definidos por Garcia (2016), segundo os quais a mobilidade expressa a facilidade de movimento e está relacionada com a capacidade individual de se deslocar de um lugar para outro, enquanto a acessibilidade representa a facilidade de chegar ao destino/atividades (e, portanto, de interagir) e é influenciada pelas características dos sistemas de transporte e uso do solo.

Garcia *et al.* (2018) elaboraram uma representação estruturada, apresentada na Figura 1, das relações causais de acessibilidade e mobilidade, cujo reconhecimento e análise são necessários para avaliação dos seus problemas em nível estratégico.

Figura 1: Relações causais de acessibilidade e mobilidade



Fonte: Traduzido de Garcia *et al.* (2018)

Tal representação envolve aspectos relacionados aos subsistemas urbanos de uso do solo e de transporte, bem como hipóteses sobre sua relação causal que evidenciam a ligação entre os níveis de acessibilidade e mobilidade. Para Garcia *et al.* (2018), a representação estruturada desses problemas é fundamental para o processo de planejamento, na medida em que pode facilitar a participação das partes interessadas através do fornecimento de informações

sistematizadas e ajudar os planejadores a entender melhor as influências de cada subsistema urbano nos problemas em análise.

Considerando a parte inferior do diagrama, o foco seria investigar se existem restrições nos níveis de acessibilidade fornecidos e, em caso afirmativo, como as ineficiências de transporte e as inadequações na distribuição do uso do solo os influenciam. Na parte superior do diagrama, por sua vez, a análise incidiria sobre os diferentes efeitos que (a) a acessibilidade e a mobilidade podem ter uns sobre os outros, considerando o grupo social em questão, e os seus impactos sobre (b) as atividades socioeconômicas, bem como sobre (c) o meio ambiente.

Considerando o lado esquerdo do diagrama, o objetivo é investigar os efeitos que as restrições de acessibilidade produzem na mobilidade e, conseqüentemente, nas atividades socioeconômicas. O principal pressuposto é que baixos níveis de acessibilidade podem levar a menos mobilidade e, conseqüentemente, a menos atividades, causando, assim, problemas sociais e econômicos, como a exclusão social ou o mau desempenho da produção econômica (MACÁRIO, 2014).

Já no lado direito do diagrama, o objetivo é investigar os efeitos que as restrições de acessibilidade têm na mobilidade e, conseqüentemente, no ambiente. Aqui, é essencial que as restrições de acessibilidade sejam consideradas por modo, uma vez que restrições à acessibilidade por automóvel conduzem a uma menor mobilidade por automóvel e a menos impactos ambientais. Já as restrições à acessibilidade por parte do transporte público podem induzir mais mobilidade por automóvel, causando congestionamento e os impactos ambientais associados, como o consumo de energia e as emissões poluentes (BANISTER, 2002).

A consideração de todas estas possíveis relações causais fornece uma visão mais holística sobre a análise das dinâmicas de acessibilidade e mobilidade. Esta análise deve ainda ser orientada por princípios como a equidade e a sustentabilidade, que podem ajudar a definir que tipo de problemas de acessibilidade e mobilidade estão configurados. Além disso, estas análises devem ser estruturadas num processo que permita caracterizar primeiro os problemas de acessibilidade e mobilidade, para depois diagnosticar as suas relações causais (GARCIA *et al.*, 2018). Eles também precisam ser apoiados pela definição de indicadores e parâmetros de referência, bem como métodos adequados para analisar qualitativa e quantitativamente a acessibilidade e a mobilidade, bem como a influência que eles têm uns sobre os outros. Por conseguinte, este processo de avaliação permitiria identificar de que forma os subsistemas urbanos influenciam

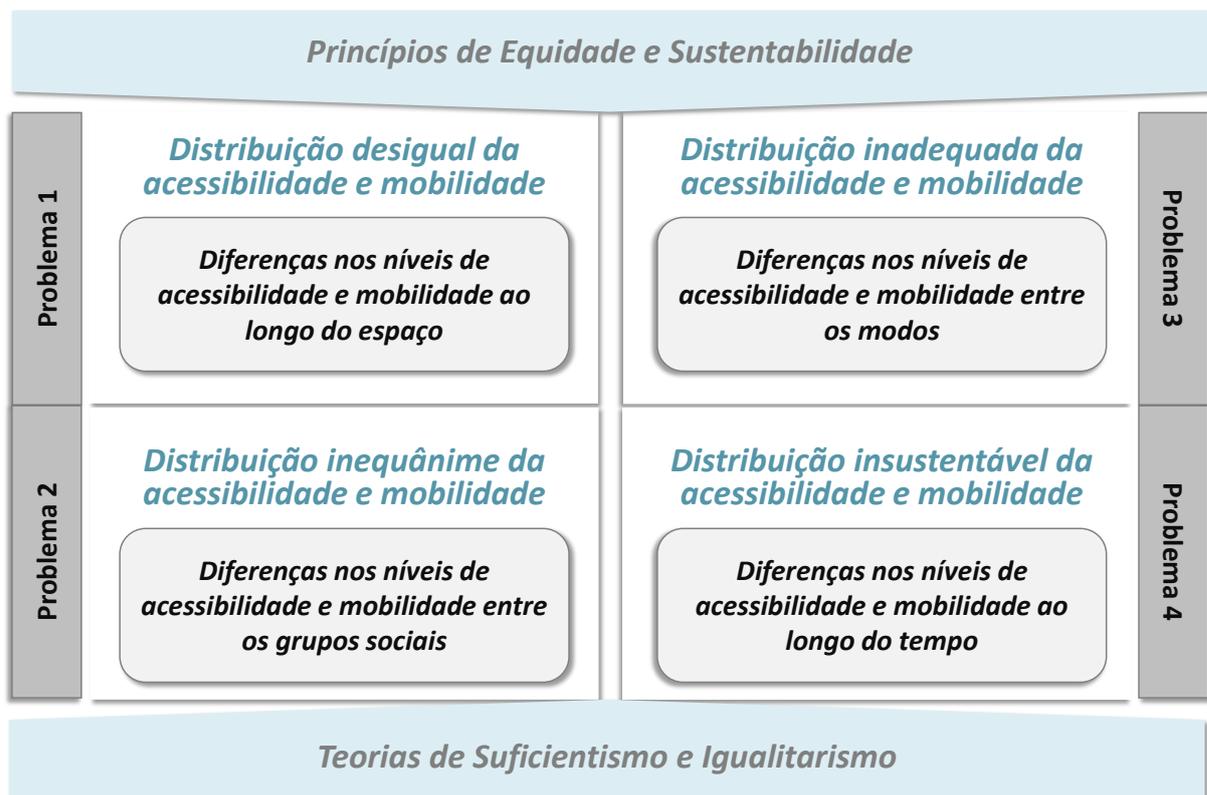
os níveis de acessibilidade oferecidos, quais as características que estão na origem das restrições de acessibilidade e quais os efeitos da acessibilidade na mobilidade.

2.3 Categorização dos problemas de mobilidade e acessibilidade

A partir das teorias éticas de suficientismo e igualitarismo, Garcia *et al.* (2018) propuseram um método para a identificação e categorização dos problemas relacionados à deficiência na distribuição de acessibilidade e mobilidade.

Como se pode observar na Figura 2, os problemas relacionados ao Paradigma de Planejamento da Acessibilidade e Mobilidade Urbanas podem estar categorizados em quatro tipologias: i) distribuição desigual; ii) distribuição inequânime; iii) distribuição inadequada; iv) e distribuição insustentável.

Figura 2: Categorias de problemas de acessibilidade e mobilidade



Fonte: Traduzido de Garcia *et al.* (2018)

A primeira categoria se baseia no princípio do suficientismo e considera que toda a população, independentemente do local onde vive, tem direito a um nível mínimo de acessibilidade e mobilidade. Assim, no contexto da problemática estudada, assume-se que há problema se houver uma clara diferenciação nos níveis de acessibilidade e mobilidade das pessoas que

moram no centro para as pessoas que moram na periferia. Pensando na distribuição de usos, a desigualdade pode ser verificada se existir o zoneamento ou setorização de usos no território, como por exemplo, a concentração de comércio e serviços no centro da cidade e de uso residencial nas bordas urbanas, impedindo a população dessa região de usufruir dos benefícios da mistura de usos (GARCIA *et al.*, 2018).

A segunda categoria parte do conceito do igualitarismo e julga inequânime uma distribuição em que os níveis de acessibilidade e mobilidade diferem a depender da classe social, sexo ou outros atributos socioeconômicos. A partir dela, pode-se verificar a inequidade na distribuição dos usos observando uma concentração de pessoas de baixa renda próxima a uma região monofuncional em contraponto a uma concentração pessoas de alta renda em uma região com maior diversidade de usos (GARCIA *et al.*, 2018)

A terceira categoria, baseada no suficientismo, considera que deveria existir um nível mínimo de acessibilidade e mobilidade por transporte público e transporte não motorizado em comparação à experimentada pelo transporte individual motorizado (GARCIA *et al.*, 2018).

Por fim, a quarta categoria, também baseada no suficientismo, pondera que gerações futuras não devem ter níveis de acessibilidade e mobilidade inferiores aos atuais. Sob a ótica da distribuição dos usos, seria considerado insustentável que gerações futuras vivessem em condições onde há uma concentração maior dos usos do que atualmente (GARCIA *et al.*, 2018).

Esta pesquisa se limitará às duas primeiras categorias: problemas desiguais e problemas inequânimes. Serão abordadas, portanto, as diferenças de acessibilidade e dos níveis de mobilidade ao longo do território de Belo Horizonte e entre os diferentes grupos sociais.

2.4 Indicadores de acessibilidade

A compreensão da problemática que envolve as relações entre os sistemas de transportes e do uso do solo é essencial na construção de soluções adequadas aos problemas de mobilidade e acessibilidade urbanas (SOUZA, 2018). Para o autor, o esforço de caracterização e diagnóstico desses problemas deve ser parte relevante do processo de planejamento dos transportes com foco na acessibilidade, requerendo uma melhor reflexão sobre as medidas que representam o afastamento espacial entre as atividades e as pessoas que querem acessá-las. Assim, segundo Souza (2018), medidas de acessibilidade às atividades urbanas ganham importância e devem ser melhor investigadas.

Para Hull *et al.* (2012), mais do que uma medida de eficiência do sistema de transportes, a acessibilidade é uma medida de oportunidade ou facilidade de acesso para as pessoas com diferentes características às atividades em que desejam participar. Macário (2012) afirma que medidas de acessibilidade são capazes de avaliar os efeitos da retroalimentação entre a infraestrutura e os serviços de transportes, a forma urbana e a distribuição espacial das atividades, sendo usadas, portanto, como um “indicador de qualidade de vida e competitividade das respectivas áreas urbanas, devido ao seu impacto nos negócios e atividades sociais”.

Handy e Niemeier (1997) alegam que um indicador de acessibilidade deve ser desagregado de acordo com as características socioeconômicas, pois os diferentes segmentos da população consideram as oportunidades e avaliam a impedância e atratividade a essas oportunidades de formas únicas. Para Handy (2005), um indicador de acessibilidade deve contemplar, além de um fator de impedância, que reflete o tempo ou custo de alcançar um destino, um fator de atratividade, refletindo as qualidades dos destinos em potencial.

Os indicadores podem ainda ser categorizados de acordo com critérios que ajudam a avaliar sua utilidade e limitações para diferentes propósitos. Eles devem ser teoricamente sólidos e, ao mesmo tempo, fáceis de calcular e interpretar (BERTOLINI *et al.*, 2005).

Por sua vez, Geurs e van Wee (2004) argumentam que podem ser identificados quatro componentes da acessibilidade, os quais devem, idealmente, ser contemplados em um indicador:

- i) o componente de transportes, expresso na impedância sofrida por um indivíduo para vencer uma certa distância entre origem e destino e está relacionado com medidas tais como o tempo de viagem, o custo e o esforço do movimento;
- ii) o componente do uso do solo, que representa a distribuição espacial das oportunidades e contém uma avaliação da natureza competitiva da demanda por atividades em destinos e de fornecimento de potenciais usuários a distribuição espacial das atividades ou oportunidades;
- iii) o componente temporal, o qual avalia as restrições de tempo que os usuários experimentam em seus padrões de atividade, e a disponibilidade de atividades ou oportunidades de acordo com a hora do dia, semana ou ano representado; e
- iv) o componente individual, que reflete as necessidades, as capacidades e as oportunidades dos usuários dos transportes e, portanto, leva em consideração características de um indivíduo ou grupo específico.

Garcia (2016) comenta que várias abordagens para a medição da acessibilidade são descritas na literatura, mas que, em geral, elas abrangem pelo menos um dos quatro componentes de acessibilidade descritos por Geurs e Van Wee (2004).

Ainda de acordo com a classificação elaborada por Geurs e van Wee (2004), um conjunto de sete tipos de indicadores podem ser agrupados sob três abordagens diferentes, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Indicadores de acessibilidade por abordagem de análise

| Abordagem | Tipos de indicadores |
|---------------------------|--|
| Baseado em infraestrutura | Indicadores de infraestrutura |
| Baseado em localização | Indicadores de separação Indicadores de contorno Indicadores de potencial Indicadores de competição |
| Baseado em pessoa | Indicadores de utilidade Indicadores de espaço de tempo |

Fonte: Adaptado de Geurs e van Wee (2004)

As abordagens são classificadas como:

- i) baseada na infraestrutura que assenta na análise das características físicas da oferta de transporte e/ou do desempenho da rede, limitando-se assim à componente de transporte;
- ii) baseada na localização ou agregada que se centra na interação entre atividades espaciais distribuídas, incluindo assim a componente de utilização do solo para além do transporte. Em alguns casos, esta perspectiva também incorpora a percepção individual sobre sua impedância de viagem e/ou restrições de capacidade, a fim de incorporar efeitos de concorrência;
- iii) baseada na pessoa ou desagregada, focada em utilidades percebidas ou em restrições de espaço e tempo dos indivíduos, refletindo melhor o seu comportamento e sendo capaz, em alguns casos, de incorporar todos os quatro componentes da acessibilidade.

Já em relação aos tipos de indicadores, Garcia (2016) faz uma detalhada descrição de cada uma das sete classificações apresentadas por Geurs e van Wee (2004), conforme relatado a seguir.

Os **indicadores de infraestrutura** se relacionam com características físicas da oferta de transporte (quilometragem da rede, número de paradas, etc.) e/ou com o desempenho das redes de transporte (cobertura, tempo de viagem, velocidade média, níveis de congestionamento, etc.). Estes são indicadores mais simples, portanto fáceis de calcular e interpretar e com dados e modelos prontamente disponíveis. Eles são teoricamente fracos, uma vez que não consideram

o componente de uso do solo, contradizendo assim a premissa defendida por Handy e Niemeier (1997) de que os indicadores de acessibilidade devem pelo menos incluir a rede e os componentes de uso do solo. No entanto, este tipo de indicador tem significativa relevância na avaliação do desempenho do sistema de transportes (GARCIA, 2016).

Os **indicadores de separação** referem-se ao grau espacial de separação ou à conectividade entre localizações (GARCIA, 2016). Esta separação pode ser medida em termos de conectividade de rede (indicadores topológicos) ou considerando elementos que representam o desempenho da rede (distância, tempo e custo). Esse tipo de indicador é fácil de calcular e compreender, exigindo uma entrada de dados mínima e fácil de se obter. Porém, como não há referência a padrões de uso do solo, nem a aspectos comportamentais das escolhas individuais de viagem (atração de atividades e valorização do tempo de tempo para diferentes grupos), os indicadores de separação espacial são considerados teoricamente mais fracos (CURTIS e SCHEURER, 2010).

Os **indicadores de contorno** permitem determinar o número de oportunidades que podem ser alcançadas dentro de uma distância/tempo/custo fixos, ou a distância/tempo/custo necessários para acessar um número fixo de oportunidades (GEURS e VAN WEE, 2004). São indicadores simples, fáceis de calcular, interpretar e exigem dados que, comumente, estão disponíveis. Além disso, os indicadores de contorno incluem aspectos relacionados aos componentes de transporte e uso do solo, mas não avaliam seus efeitos conjuntos, pois ignoram que a atratividade das oportunidades diminui com o aumento da impedância de viagens (ZHANG, 2002). Esse fato leva à definição de limiares de contorno fixos e arbitrários (abordagem normativa), desconsiderando as percepções dos indivíduos sobre os efeitos da distância nas interações espaciais. Consequentemente, todas as atividades/oportunidades dentro do limite do contorno são consideradas como tendo a mesma atratividade, independentemente do seu tipo e do tempo de viagem para as alcançar. Bertolini *et al.* (2005), entretanto, argumentam a favor da consideração de um limite de tempo de viagem de 30 minutos como referência para avaliar os impactos do transporte e da mudança de uso do solo na acessibilidade (GARCIA, 2016).

Os **indicadores de potencial** ou gravidade tentam equilibrar as oportunidades de um destino através de uma função de impedância relacionada com o custo generalizado das viagens entre localidades. Podem ser vistos como uma melhoria dos indicadores de contorno, permitindo definir áreas de contorno com base numa escala contínua de impedância. Normalmente, uma família de funções de decaimento à distância é utilizada para representar o custo da viagem nestes indicadores com uma precisão razoável, tanto empírica como geograficamente

(MARTÍNEZ e VIEGAS, 2013). A consideração das funções de decaimento à distância melhora a sua solidez ao considerar pressupostos sobre percepções individuais e ao permitir a avaliação dos efeitos combinados das componentes de transporte e uso do solo por diferentes grupos de indivíduos (GEURS e VAN WEE, 2004). Isso traz complexidade ao indicador, tornando-o mais difícil de interpretar do que os indicadores de contorno. No entanto, os potenciais indicadores também têm a vantagem de permitir a diferenciação entre localizações, a comparação de diferentes configurações de rede e a avaliação das mudanças na acessibilidade ao longo do tempo (BHAT *et al.*, 2000) e entre grupos sociais. Eles são fáceis de calcular com base em dados já existentes (por exemplo, uso do solo) e dados estimados de modelos de rede (por exemplo, tempo de viagem) (GARCIA, 2016).

Os **indicadores de concorrência** incorporam efeitos de concorrência relacionados tanto às atividades quanto aos usuários e podem ser considerados uma adaptação de indicadores potenciais (CURTIS e SCHEURER, 2010). Eles permitem considerar casos em que, por exemplo, usuários competem por instalações médicas, trabalhadores competem por oportunidades de emprego, empregadores competem por trabalhadores qualificados, gerando um modelo de interação espacial com duas restrições (GEURS e VAN WEE, 2004). Em todos os casos, a abordagem competitiva permite incluir aspectos de demanda em indicadores de acessibilidade que vão além de indicadores de gravidade que consideram apenas aspectos de oferta, tais como padrões de uso do solo e impedâncias de transporte (ZHANG, 2002). Ao considerar o lado da procura, no entanto, o que significa que os indicadores são mais sólidos, traz uma maior complexidade para a sua operacionalização e também para a sua interpretação (GARCIA, 2016).

Os **indicadores de utilidade** consideram a acessibilidade como a utilidade máxima esperada associada a um conjunto de escolhas de mobilidade individual (normalmente destino, modo, rota etc.). Estes indicadores baseiam-se na teoria da utilidade econômica e derivam do denominador dos modelos logit multinomiais (logsum), que servem de indicador sumário ou índice de utilidade de toda a escolha de mobilidade individual (BEN-AKIVA e LERMAN, 1979). A principal desvantagem desta abordagem é que as diferentes especificações do modelo não podem ser comparadas, o que requer uma normalização dos indicadores de acessibilidade, convertendo-os das unidades de utilidade genéricas para as unidades de uma das variáveis do modelo, tipicamente tempo ou dinheiro (ZEGRAS, 2005). Por outro lado, os indicadores de utilidade têm a vantagem de refletir as preferências individuais em relação às impedâncias e à atratividade dos locais em suas escolhas de viagem. No entanto, embora a consideração do

componente individual aumente a solidez dos indicadores de utilidade, dificulta a sua operacionalização e interpretação (GARCIA, 2016).

Finalmente, os **indicadores tempo-espaço** consideram a influência das restrições espaciais e temporais no nível individual de acessibilidade. Com base na teoria da geografia espaço-temporal de Hägerstrand (1970), o encadeamento de viagens dos indivíduos é examinado através de um prisma espaço-temporal, tendo em conta os fatores que limitam a sua liberdade de ação/movimento. Inclui todas as componentes de acessibilidade e, portanto, é o mais sólido dos indicadores. Porém, o seu nível de desagregação requer um levantamento específico e uma grande quantidade de dados, o que conseqüentemente se reflete na sua complexidade, tornando-os muito difíceis de operacionalizar e interpretar. Os seus resultados também são difíceis de agregar, dificultando a avaliação dos efeitos das mudanças de acessibilidade em grandes escalas geográficas (BHAT *et al.*, 2000), o que demonstra a sua inaptidão para apoiar a análise estratégica (GARCIA, 2016).

Bertolini *et al.* (2005) indicam o uso de indicadores de contorno para avaliar os efeitos das intervenções políticas no uso do solo e padrões de transporte, mas reconhecem as limitações do uso de contornos bem definidos e recomendam o uso de indicadores de gravidade como forma de obter uma diminuição mais gradual no tempo ou custo da viagem. Murray e Wu (2003), por sua vez, reconhecem que a acessibilidade dos transportes públicos tem dois fatores concorrentes, o acesso local e o nível de cobertura da rede, e argumentam que estes dois aspectos devem ser considerados no desenvolvimento de indicadores de acessibilidade. Minocha *et al.* (2008) apresentaram uma metodologia para estudar as lacunas nos serviços de transporte público para locais de emprego, tendo em conta tanto a acessibilidade potencial dos destinos de emprego (acessibilidade por gravidade - macroacessibilidade) como a disponibilidade de transportes públicos para esses destinos (frequência e cobertura - microacessibilidade).

Garcia (2016) conclui que não existe um indicador específico ou ideal para apoiar a análise das diferentes categorias de restrições de acessibilidade. Essa conclusão é consistente com a ideia já defendida por Geurs e van Wee (2004) e Curtis e Scheurer (2010) sobre a necessidade de considerar as várias perspectivas de acessibilidade em medidas comuns ou na aplicação de diferentes indicadores de acessibilidade no mesmo contexto. Essa última abordagem é também defendida por Primerano e Taylor (2005), que argumentaram que a utilização combinada de indicadores pode reduzir ou mesmo eliminar os pontos fracos de cada indicador, utilizando os pontos fortes de outros.

2.5 Indicadores de mobilidade

Considerando a categorização proposta por Salomon e Moktharian (1998), os indicadores de mobilidade podem ser organizados sob as perspectivas de oferta e demanda. Os indicadores orientados à oferta descrevem a facilidade de viajar pelas alternativas de transporte disponíveis ou o potencial de viajar, denotando a liberdade de movimento individual. Os indicadores orientados à demanda, por sua vez, relacionam-se ao comportamento de viagem individual e expressam a quantidade de movimento efetivamente realizado. Dentro dessa categorização, os indicadores orientados à oferta ainda podem ser divididos em indicadores de facilidade de viagem e indicadores de potencial de viagem.

Os indicadores de facilidade de viagem refletem i) a disponibilidade de alternativas de viagem, podendo ser expressa pela posse de carro particular, moto ou bicicleta, além da possibilidade de acesso e disponibilidade do transporte público; ou ii) o desempenho do sistema de transporte, mensurado, por exemplo, pela velocidade média por modo, nível de congestionamento etc. (SALOMON E MOKTHARIAN, 1998).

Já os indicadores de potencial de viagem abordam a capacidade individual de viajar, utilizando indicadores de acessibilidade, condicionados pela disponibilidade de espaço-tempo, como indicadores de mobilidade. Eles permitem quantificar a mobilidade individual considerando os modos e o tempo disponível para realizar viagens. Por não expressarem o comportamento de viagem, também são considerados indicadores orientados à oferta (GARCIA, 2016)

Por outro lado, os indicadores de mobilidade orientados à demanda relacionam-se com a experiência de viagem, refletindo o comportamento de viagem dos indivíduos. Esses indicadores normalmente expressam a quantidade ou a duração das viagens realizadas. No primeiro caso, eles indicam o total ou a proporção de viagens por habitante ou agregado familiar e podem ser diferenciados por modo (motorizados e não motorizados, públicos e privados etc.), pela motivação (trabalho, educação, saúde, lazer, compras) ou período de tempo (períodos de pico, dia, mês etc.). Eles também podem expressar proporções de viagens por modos, a chamada divisão modal. No segundo caso, eles expressam a duração ou a distância das viagens (GARCIA, 2016).

Salomon e Mokhtarian (1998) salientam que alguns destes indicadores de mobilidade orientados à demanda podem ser considerados complementares, uma vez que cada um expressa um aspecto diferente da mobilidade. Por conseguinte, a combinação de indicadores de quantidade e duração parece ser uma abordagem mais adequada para representar toda a

dinâmica dos problemas de mobilidade, quando comparada com a utilização de um único indicador.

Para Garcia (2016), no entanto, apesar das três categorias de indicadores de mobilidade serem úteis para se entender as razões que levam a certos padrões de mobilidade, os indicadores orientados para a demanda parecem ser mais adequados para representar o fenômeno da mobilidade.

3 METODOLOGIA

Em consonância com o objetivo geral desta pesquisa, que é de avaliar a problemática da acessibilidade às oportunidades de trabalho e a sua relação com a mobilidade na cidade de Belo Horizonte por meio da caracterização e diagnóstico dos problemas de desigualdade e inequidade a eles associados, a abordagem metodológica aqui empregada se baseia na proposta por Garcia *et al.* (2018), se limitando aos problemas relativos às diferenças nos níveis de acessibilidade e mobilidade ao longo do espaço e entre grupos sociais.

A metodologia é composta por duas fases principais que, juntas, permitem uma compreensão sistematizada dos problemas em questão. Enquanto a fase de caracterização visa identificar a intensidade dos níveis de acessibilidade e magnitude dos indicadores de mobilidade, a fase de diagnóstico tem como objetivo avaliar os problemas e os fatores que contribuem para sua ocorrência. A abordagem metodológica proposta é sintetizada na Figura 3.

Figura 3: Abordagem metodológica de avaliação estratégica



O método utilizado para realizar a avaliação da acessibilidade e mobilidade em Belo Horizonte baseou-se, principalmente, em técnicas de análise espacial. Essas técnicas permitem considerar o aspecto espacial associado aos fenômenos urbanos e, por conseguinte, compreender melhor os problemas considerados. A descrição detalhada das etapas e métodos de análise que compõem cada uma das fases da abordagem metodológica é apresentada nos próximos tópicos deste capítulo.

3.1 Caracterização das condições de acessibilidade e mobilidade

3.1.1 Definição de indicadores e variáveis

Admitindo-se a acessibilidade e a mobilidade como valores centrais desta abordagem metodológica, a escolha de indicadores adequados para representá-las é o ponto de partida desta pesquisa.

Como exposto por Geurs e van Wee (2004), existe um vasto conjunto de indicadores de acessibilidade e mobilidade disponíveis na literatura, sendo cada um deles mais ou menos adequado em função das diferentes perspectivas de acessibilidade e mobilidade que se pretende analisar.

Garcia (2016) ressalta que os indicadores devem ser cuidadosamente escolhidos tendo em consideração a sua adequação para representar os valores e princípios em questão, além do seu poder de agregação, interpretabilidade e comunicabilidade.

Nesta dissertação, para caracterizar os níveis de mobilidade da população – os quais, nesta pesquisa, referem-se exclusivamente aos deslocamentos que têm como destino o local de trabalho do indivíduo -, foi escolhida a taxa de viagens por motivo trabalho da população economicamente ativa. A escolha da taxa de mobilidade, em detrimento aos valores absolutos de mobilidade, se deveu à heterogeneidade das características demográficas e socioeconômicas do recorte espacial adotado, que ficaria pouco representada considerando-se apenas a mobilidade no nível de agregação trabalhado.

Essa taxa foi calculada a partir do número de viagens produzidas no período da manhã (de 04:00hs às 10:00hs), por motivo trabalho - tendo como origem a residência -, em cada unidade espacial do zoneamento adotado pela Pesquisa de Origem e Destino da Região Metropolitana de Belo Horizonte (MINAS GERAIS, 2012). As zonas consideradas são denominadas de Áreas Homogêneas (AH) e representam o menor nível de desagregação espacial adotado na Pesquisa OD da RMBH. Consequentemente, foi o zoneamento adotado nesta dissertação. A capital, especificamente, é composta por 554 Áreas Homogêneas. As Áreas Homogêneas, apesar de determinadas como zonas de análise de transportes, são mais próximas aos bairros de Belo Horizonte (495 unidades).

Já para representar as condições de acessibilidade em Belo Horizonte, foi escolhida uma medida potencial que permitisse avaliar as diferenças de acessibilidade às oportunidades de trabalho entre zonas, para cada modo, conforme indicado na Equação 3.1. Por considerar em sua

formulação o tempo de viagem, e não a distância, como medida de impedância, o indicador capta a influência do desempenho da rede e dos sistemas de transportes na mensuração da acessibilidade.

$$A_{i,m} = \sum_{j=1}^n \left(1 - \left(\frac{T_{ij}}{MaxT_m} \right) \right) \times \left(\frac{W_j}{W_{Total}} \right) \quad (3.1)$$

Onde:

$A_{i,m}$ = acessibilidade às oportunidades de trabalho da zona i pelo modo m, sendo m Transporte Coletivo (TC) ou Transporte Individual (TI);

T_{ij} = tempo médio de viagem entre as zonas i e j;

$MaxT_m$ = tempo máximo de viagem entre as zonas no município pelo modo m;

W_j = oportunidades de emprego na zona j

W_{Total} = oportunidades de emprego no município

Em virtude da ausência na literatura de parâmetros ajustados para Belo Horizonte, não foi possível a adoção de uma função de impedância da interação espacial, considerando-se, portanto, um decaimento linear dessa interação. Os tempos de viagens foram, então, normalizados, tomando-se como referência o maior tempo de deslocamento entre zonas da cidade para o respectivo modo de transporte analisado, e ponderados pela magnitude da oferta de trabalho na zona de destino.

Como resultado, obteve-se, um indicador adimensional para cada Área Homogênea, o qual pode variar entre 1, caso todas as oportunidades de trabalho da cidade estivessem concentradas na respectiva AH analisada, e 0, caso todas as oportunidades de trabalho estivessem localizadas na zona mais distante da AH observada e o tempo de deslocamento entre elas fosse o maior registrado entre zonas da cidade, para o respectivo modo de transporte.

Importante destacar que, como a normalização foi feita com base nos tempos de deslocamento máximo para cada modo de transporte, os índices de acessibilidade por Transporte Individual e por Transporte Coletivo não devem ser comparados entre si.

Além dos indicadores de acessibilidade e mobilidade, foram definidos indicadores para representar os fatores que contribuem para conformação da acessibilidade e da mobilidade, a saber: a rede de transporte, o uso do solo e as características socioeconômicas da cidade. Esses são os fatores que afetam diretamente a acessibilidade ou a mobilidade, tendo um papel importante na compreensão das possíveis causas por detrás dos respectivos problemas.

Antes da escolha dos indicadores e formulação das hipóteses de causalidade, foi feito um exercício de exploração de diversas variáveis por meio do coeficiente de correlação de Pearson. Aquelas que apresentaram baixa correlação foram descartadas, podendo-se citar, como exemplo de indicadores rejeitados, a densidade de nós viários e a densidade de pontos de embarque e desembarque em cada zona.

O conjunto de fatores escolhido para representar as condições que contribuem para os problemas de acessibilidade e mobilidade é apresentado na Tabela 2, juntamente com as respectivas fontes, e descritos na sequência.

Tabela 2: Indicadores complementares

| Tipo | Indicador | Fonte/Ano |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| Transporte | TI_Closeness | API Google Platform (2019) |
| | TC_Closeness | |
| | Frequência do Transporte Coletivo | BHTRANS (2019) |
| Uso do Solo | Mix de uso do solo | RAIS (2017) e Censo (2010) |
| Socioeconômico | Posse de veículos | Censo (2010) |
| | Renda domiciliar | Censo (2010) |

Sob ponto de vista da oferta de transportes, foram considerados os indicadores topológicos de centralidade *Closeness* por Transporte Individual (TI) e por Transporte Coletivo (TC), além da frequência de viagens por transporte coletivo por área.

O indicador *Closeness* foi calculado pelo inverso do somatório do tempo de deslocamento de um determinado centroide para todos os centroides das demais Áreas Homogêneas do modelo. No caso do transporte coletivo, considerou-se o tempo de deslocamento por ônibus, compreendendo, inclusive, a parte do trajeto realizada a pé e o tempo de espera nos pontos de embarque e desembarque. Para o transporte individual, foram considerados os tempos de viagem por automóvel.

Ainda em relação aos fatores relacionados à oferta de transporte, a “Frequência do Transporte Coletivo” foi calculada pela razão entre a soma das frequências de viagens na hora de pico da manhã de todas as linhas, em todos os pontos de embarque e desembarque inseridos em uma determinada zona e a área da respectiva Área Homogênea. A adoção direta do somatório da frequência absoluta seria muito influenciada pelo tamanho da zona analisada, que varia significativamente. Já a admissão da frequência média de viagens por ponto de embarque e desembarque poderia mascarar uma oferta insuficiente de transporte caso a Área Homogênea contasse com um número reduzido de PEDs. Assim, a escolha pela razão entre a frequência

absoluta e a área da zona teve por objetivo a realização de uma comparação mais equilibrada da oferta de transporte entre as Áreas Homogêneas.

Para a representação da variedade de usos do solo em cada zona do modelo, calculou-se a razão da oferta de trabalho em uma determinada Área Homogênea pela população economicamente ativa nela residente. Ressalva-se que, apesar de ser um bom indicador de uso misto do solo, não se pode interpretá-lo como uma representação de autossuficiência da zona em relação à demanda e oferta de postos de trabalho uma vez que esses postos não foram qualificados. Também foi avaliada a utilização de um indicador composto pela razão entre a área construída não residencial e a área construída residencial de cada zona do modelo. Tal indicador apresentou baixa correlação com os indicadores de acessibilidade e acabou, portanto, sendo descartado.

Por fim, foram selecionados indicadores socioeconômicos, tomando-se por base o pressuposto de que a mobilidade é influenciada pela acessibilidade e, também, pelas características dos indivíduos. Para tanto, foram incorporados à análise a renda domiciliar média e a posse de veículos.

3.1.2 Coleta e organização de dados

Uma vez definidos os indicadores a serem analisados, iniciou-se a coleta e organização de dados para geração de informação que permitisse a composição dos indicadores escolhidos. Para o cálculo da taxa de viagens, foram identificados, na Pesquisa de OD da RMBH, os deslocamentos realizados no intervalo de 04:00hs às 10:00hs cujo motivo da origem foi classificado como “Residência” e o motivo do destino como “Trabalho (comércio)”, “Trabalho (indústria)” ou “Trabalho (serviço)”. O período admitido compreende, segundo a Pesquisa de Origem e Destino, quase 80% das viagens motorizadas na capital mineira com essa característica residência-trabalho.

O número absoluto de deslocamentos foi, então, dividido por uma estimativa da população economicamente ativa (PEA) de cada zona, admitindo-se, para tanto, o somatório das populações residentes enquadradas nas faixas etárias de 15 a 24 anos, de 25 a 34 anos e de 35 a 65 anos atribuídas aos setores censitários que compunham cada Área Homogênea, segundo dados do Censo (2010).

Trata-se, evidentemente, de uma aproximação, uma vez que foi desconsiderada do cálculo a parcela inativa dessa população, seja por ainda não estar apta ao trabalho – a legislação

trabalhista brasileira restringe a programas de aprendizado o trabalho de menores de 16 anos -, por já estar aposentada ou por possuir algum tipo de limitação severa.

Diferentemente do indicador de mobilidade, que pôde ser calculado a partir de informações extraídas diretamente de bancos de dados já consolidados e acessíveis – o Censo Demográfico e a Pesquisa OD da RMBH -, o cálculo do indicador de acessibilidade exigiu maior esforço para obtenção dos subsídios necessários: a distribuição espacial dos postos de trabalho e os tempos de deslocamento entre todas as Áreas Homogêneas da cidade por diferentes modos.

Para representar a oferta de oportunidades de trabalho, tomou-se por base os dados da Relação Anual de Informações Sociais - RAIS de 2017 (MTE, 2019), mais recente período cujos dados estavam disponíveis no início deste trabalho. Nela, é apresentado, além do ramo de atividade das empresas – com base na Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CNAE) -, e dos respectivos vínculos empregatícios, o CEP onde as empresas estão localizadas, permitindo a geocodificação dos postos de trabalho. A atividade de geocodificação foi desenvolvida por Pinto (2020), como parte de sua dissertação, dentro grupo de pesquisa no qual esta dissertação está inserida.

A outra variável necessária para determinação dos níveis de acessibilidade de cada Área Homogênea foi o tempo de deslocamento entre as zonas, por modo. Para sua obtenção, recorreu-se à API (*Application Programming Interface*) do Google Maps Platform, que disponibiliza dados de sistema de monitoramento de tráfego por satélite. Esses valores são obtidos continuamente a partir de inúmeros registros coletados por meio de equipamentos GPS e *smartphones*. Após tratamento estatístico, são gerados dados de tempo mínimo (*optimistic*), médio (*best_guess*) e máximo (*pessimistic*) para cada horário e dia de semana, de cada segmento viário. Com base nas informações obtidas, foram construídas matrizes dos tempos de viagem característicos do período de pico da manhã, para cada modo de transporte, as quais subsidiaram o cômputo dos indicadores de acessibilidade quando combinadas com a distribuição espacial das oportunidades de emprego.

Além dos tempos de deslocamento, também foram extraídas da API do Google Maps Platform as distâncias entre os centroides das Áreas Homogêneas considerando as rotas por transporte coletivo, a fim de subsidiar o cálculo do indicador TC_Closeness. No caso do transporte individual, utilizaram-se, pra determinação do TI_Closeness, as distâncias mais curtas entre centroides extraídas de uma base viária completa da RMBH, modelada no *software* TransCAD. Lançou-se mão, para tanto, do comando *Multiple Shortest Path*.

Por sua vez, a determinação da “Frequência do Transporte Coletivo” foi obtida a partir de informações contidas nos arquivos GTFS (*General Transit Feed Specification*) disponibilizados pela BHTRANS – Empresa de transportes e Trânsito de Belo Horizonte. Foram consideradas, nesse caso, apenas as linhas de ônibus municipais, dada a indisponibilidade de informações consolidadas e confiáveis relativas às linhas metropolitanas no formato GTFS. Como a proposta deste trabalho se restringe ao território do município de Belo Horizonte e as linhas metropolitanas possuem tarifas mais elevadas que as municipais, considerou-se a frequência das linhas municipais como um indicador representativo da oferta de transporte na capital. Finalmente, para obtenção do indicador, o somatório da frequência de viagens na hora de pico de manhã em todos os pontos de embarque e desembarque inseridos em determinada Área Homogênea foi dividido pela área da respectiva zona, extraída diretamente das informações da camada de zoneamento em Áreas Homogêneas.

Em relação ao indicador selecionado para representar a combinação de usos do solo em cada zona do modelo, considerou-se a razão entre a oferta de postos de trabalho e o número de trabalhadores residentes na mesma zona. Para tanto, foram utilizados, novamente, os dados da RAIS 2017 e a estimativa de população economicamente ativa identificada a partir do Censo Demográfico (IBGE, 2010), conforme tratamento previamente explicitado.

Em se tratando dos indicadores socioeconômicos, a renda domiciliar média das Áreas Homogêneas foi calculada a partir dos dados de renda total e número de domicílios atribuídos aos setores censitários que as compõem, mais uma vez extraídos do Censo Demográfico (IBGE, 2010).

Já o indicador “Posse de Veículos” foi calculado com base nos dados do “Questionário da Amostra” do Censo Demográfico (IBGE, 2010). Enquanto o “Questionário Básico” da pesquisa possibilita a investigação de informações elementares sobre as características do domicílio e dos moradores, o “Questionário da Amostra” permite que, para os domicílios selecionados, sejam coletadas informações mais detalhadas sobre temas específicos, tais como a existência de motocicletas ou automóveis na residência. Para cidades com mais de 500.000 habitantes, como Belo Horizonte, essa amostra foi de 5% dos domicílios.

Assim, considerando o peso amostral das entrevistas, foi calculado o percentual de domicílios que dispunham de veículos particulares (automóveis e motocicletas) em cada Área de Ponderação, unidade espacial utilizada para essa pesquisa detalhada. Esse percentual foi, então, aplicado a todas as Áreas Homogêneas inseridas nas respectivas Áreas de Ponderação. Belo

Horizonte possui 67 Áreas de Ponderação, o que significa que, em média, cada Área de Ponderação abrange pouco mais de oito Áreas Homogêneas.

3.1.3 Análise de indicadores para avaliação das condições atuais de acessibilidade e mobilidade

Finalizada a etapa de coleta e organização dos dados, que permitiu a consolidação das informações em um banco de dados georreferenciado, deu-se início à análise dos indicadores selecionados para avaliação das condições atuais de acessibilidade e mobilidade em Belo Horizonte. Para tanto, os indicadores foram submetidos a uma análise exploratória, considerando abordagens de caráter não-espacial e espacial.

A análise dos problemas de distribuição desigual, isto é, relativos às diferenças nos níveis de acessibilidade e mobilidade ao longo do espaço, foram realizadas a partir das distribuições estatísticas e espaciais dos respectivos indicadores. Os padrões de distribuição dos indicadores foram caracterizados pelas medidas de tendência central e dispersão (*box plot*). Já o comportamento espacial das variáveis foi analisado por meio de mapas de distribuição espacial (*box map*), bem como de estatísticas espaciais globais e locais (Índice I global de Moran e mapas de agrupamento LISA - *Local Indicator for Spatial Autocorrelation*). Para realização das análises espaciais, adotou-se, após uma série de testes em relação às matrizes de pesos espaciais, uma matriz de contiguidade do tipo “Queen”, de ordem 1. Por ela, entendem-se como vizinhos todos os polígonos que compartilham lados e vértices no entorno imediato da área analisada.

Em relação à análise das diferenças nos níveis de acessibilidade e mobilidade entre grupos sociais (problemas de distribuição inequânime), primeiramente, foram identificadas as regiões de interesse social. Para tanto, consideraram-se os *clusters* espaciais do tipo *low-low* relativos ao indicador “Renda Domiciliar”, bem como seus *outliers* espaciais do tipo *low-high*. Tratam-se, portanto, de áreas de baixa renda que apresentaram autocorrelações espaciais significativas com suas vizinhanças. Em seguida, as regiões de interesse social, foram sobrepostas aos mapas de distribuição espacial e aos agrupamentos LISA de acessibilidade e mobilidade.

3.2 Diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade

3.2.1 Identificação das áreas problemáticas e críticas

Uma vez estabelecidos os níveis de acessibilidade e mobilidade para cada Área Homogênea do município, o passo seguinte foi a identificação das áreas problemáticas. Para tanto, foram

escolhidos parâmetros de referência com base nas distribuições estatísticas dos indicadores, admitindo-se, como critérios para o seu estabelecimento, o primeiro quartil dos valores observados.

Às áreas problemáticas foram, então, sobrepostas às regiões de interesse social, permitindo, a partir delimitação das áreas de interseção das duas camadas, a identificação de regiões críticas, de maneira sintética, como as que apresentam baixa renda e baixos níveis de acessibilidade ou mobilidade.

3.2.2 Análise dos fatores que contribuem para os problemas de acessibilidade e mobilidade

Por fim, foram realizadas análises dos fatores que contribuem para a conformação dos problemas de acessibilidade e mobilidade. Inicialmente, foram propostas hipóteses de relação entre os atributos e indicadores computados para representar cada fator detalhado anteriormente e suas relações com os níveis de acessibilidade e mobilidade. Para a definição de hipóteses, foram realizadas análises de correlação estatística e espacial.

O coeficiente de correlação de Pearson foi considerado para estimar as possíveis relações entre os indicadores, sem levar em conta os efeitos de vizinhança, enquanto o Índice de Moran Bivariado e os mapas de clusters LISA bivariados foram usados para entender, tanto global quanto localmente, como eles se relacionam entre si. Também foram estimadas especificações para modelos tradicionais não-espaciais, com base no método dos mínimos quadrados (*Ordinary Least Squares Estimation*), e espaciais (no caso, *Spatial Error*), admitindo-se, sempre, apenas variáveis significativas ($p \leq 0,05$) sem multicolinearidade.

4 CARACTERIZAÇÃO E DIAGNÓSTICO DA ACESSIBILIDADE E MOBILIDADE EM BELO HORIZONTE

Este capítulo trata da aplicação do método de caracterização e diagnóstico das condições de acessibilidade e mobilidade, descrito no capítulo anterior, para a cidade de Belo Horizonte. As primeiras sessões apresentam as etapas de montagem da base de dados utilizada, caracterização do recorte espacial e da distribuição das oportunidades de trabalho, obtenção dos tempos de deslocamento por transporte individual e coletivo e, finalmente, de identificação das regiões de interesse social que foram objeto de análise nessa dissertação. Já as duas últimas sessões apresentam os resultados, acompanhados de uma análise crítica, das etapas de caracterização da distribuição e diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade.

4.1 Montagem da base de dados

Para a implementação da abordagem metodológica proposta, o primeiro passo foi a montagem de uma base de dados georreferenciada no *software* Transcad 6.0 (Caliper, 2007) contendo, fundamentalmente, as camadas da rede viária de Belo Horizonte e do zoneamento adotado, isto é, as Áreas Homogêneas da Pesquisa de Origem e Destino da RMBH. Todas as informações coletadas e geradas a partir de então foram incorporadas ao banco de dados da camada do zoneamento, permitindo a operacionalização dos indicadores escolhidos.

De imediato, também foram gerados os centroides das Áreas Homogêneas relativas ao município de Belo Horizonte, equivalentes, à princípio, ao centro geométrico das respectivas zonas. Em seguida, os centroides foram associados a interseções viárias pelo critério de menor distância. Algumas zonas, no entanto, tiveram seu nó viário correspondente definido manualmente, de forma a representar melhor o centro da área efetivamente ocupada da AH. Tal situação ocorreu, mais frequentemente, em zonas das regionais Centro-Sul e Barreiro que abrangiam áreas de preservação ambiental da Serra do Curral, Parque das Mangabeiras e Parque Estadual da Serra do Rola-Moça.

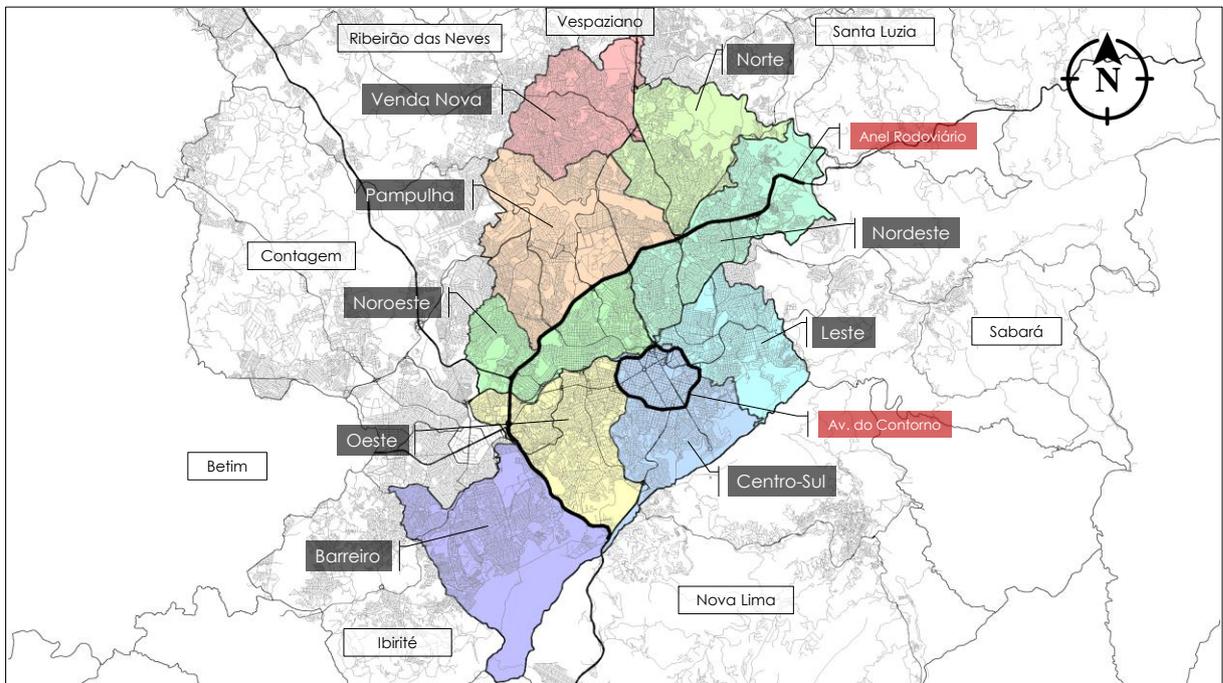
Uma vez consolidadas as informações, a camada de zoneamento foi exportada para *software* GeoDa 1.14.0 (ANSELIN, 2014), para estimação das estatísticas univariadas e bivariadas globais e locais de associação espacial dos indicadores de acessibilidade e mobilidade, bem como para execução dos modelos globais de regressão espacial para quantificação das relações causais. Na fase exploratória, todas as estatísticas espaciais produzidas no GeoDa foram adicionadas à camada de zoneamento e os principais resultados visuais, como os mapas Box, os mapas de cluster LISA e os mapas de cluster LISA Bivariado foram gerados no TransCAD 6.0. Na fase de desenvolvimento dos modelos de regressão, foram utilizados os softwares RStudio (Versão 1.1.456) e GeoDa para se estimar as correlações lineares e calibrar os modelos de regressão. As correlações de Pearson foram calibradas com o RStudio, enquanto os modelos de regressão tradicionais, ou clássicos, e os modelos de regressão espacial foram calibrados com o GeoDa.

4.2 Caracterização do recorte espacial e distribuição espacial das oportunidades de trabalho

Caracterizada por uma clara expansão radioconcêntrica, estruturada a partir dos corredores rodoviários de acesso ao município, Belo Horizonte, ainda hoje, apresenta uma enorme concentração de atividades econômicas em sua área central. Conseqüentemente, a área central

reúne expressiva parcela das oportunidades de trabalho na Capital, criando uma forte dependência econômica dessa região por parte de toda RMBH, inclusive. A Figura 4 apresenta a inserção de Belo Horizonte na RMBH, destacando as regionais do município.

Figura 4: Regionais de Belo Horizonte



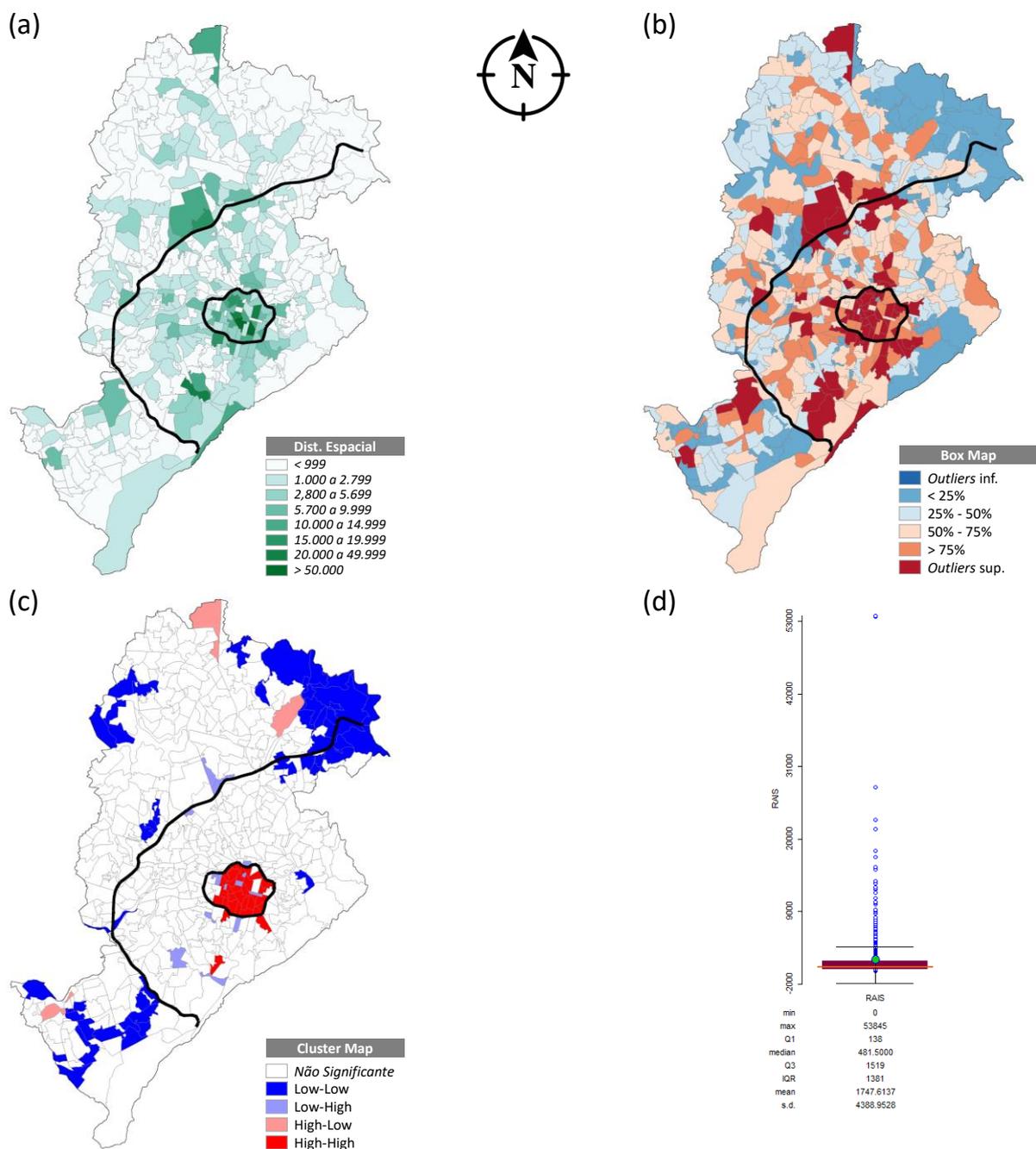
Como descrito anteriormente, para representar a oferta de oportunidades de trabalho, tomou-se por base os dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) de 2017. É importante destacar que a RAIS apresenta, tão somente, valores relacionados aos vínculos empregatícios de funcionários estatutários e funcionários contratados sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), isto é, apenas os empregos formais. Além disso, só são obrigadas a fornecer essas informações empresas com nove ou mais funcionários. Ainda assim, a base da RAIS de 2017 abrange quase um milhão de vínculos empregatícios só no município de Belo Horizonte e é razoável admitir que a distribuição espacial das oportunidades de trabalho informais seja similar à dos empregos formais.

Outra imprecisão em relação ao uso dos dados da RAIS é que todos os vínculos são atribuídos a um CEP único, normalmente aquele no qual está localizada a sede administrativa da empresa. Entretanto, para alguns ramos de atividade, essa informação não é correta. Como exemplo, pode-se citar a construção civil ou a prestação de serviços de manutenção predial, onde grande parte dos colaboradores estão alocados, respectivamente, nos locais das obras ou dispersos pelos condomínios que contrataram tais serviços. Situação similar ocorre com servidores públicos municipais e estaduais, os quais estão registrados na sede da prefeitura ou do governo

do estado. Apesar dos problemas citados, trata-se de uma base de dados oficial, representativa de uma substancial parcela das oportunidades de trabalho, além de permitir o mapeamento destes postos no território.

A Figura 5 apresenta a distribuição espacial das oportunidades de trabalho considerada nessa dissertação. Nos mapas, o traçado do Anel Rodoviário e da Av. do Contorno são destacados para facilitar o referenciamento das zonas. Esse expediente é utilizado para todos os demais mapas nessa dissertação.

Figura 5: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Trabalho” em Belo Horizonte



4.3 Tempos de Viagem

Os tempos de viagem entre as diferentes Áreas Homogêneas de Belo Horizonte foram obtidos por meio da API (*Application Programming Interface*) do Google Maps Platform. O primeiro passo para construção das matrizes de tempos de viagem consistiu na definição das coordenadas geográficas das interseções viárias correspondentes aos centroides de cada AH. Os tempos de viagem foram, então, coletados por meio do recurso *Distance Matrix*.

Para determinação dos tempos de viagem por transporte individual, o modo de viagem escolhido foi o *driving*. Já para o transporte coletivo, selecionou-se o modo *transit* que, além da distância do trajeto e do tempo total de deslocamento – incluindo os tempos de caminhada a pé e de espera nos postos de embarque e desembarque -, indica o custo tarifário. Não são considerados, no entanto, descontos de integração tarifária.

Para esta dissertação, foram identificadas, no caso do transporte individual, as rotas mais rápidas entre os centroides das Áreas Homogêneas, considerando-se as condições de circulação típicas médias de uma quarta-feira, às 07:00hs da manhã.

Já no caso do transporte coletivo, admitiu-se, para o mesmo dia da semana, o tempo das viagens com início às 06:30hs, uma vez que a maior frequência de viagens por ônibus ocorre entre 06:30hs e 07:30hs. Vale destacar que, para selecionar a melhor alternativa de deslocamento por transporte público, o modo *transit* contempla toda oferta de linhas de ônibus municipais convencionais, o sistema BRT (*Bus Rapid Transit*), batizado na cidade de MOVE, as linhas de ônibus metropolitanas, assim como a Linha 1 do trem metropolitano – aqui chamado de metrô de superfície ou, simplesmente, metrô -, a qual conecta as estações Vilarinho e Eldorado, esta última já no município de Contagem/MG.

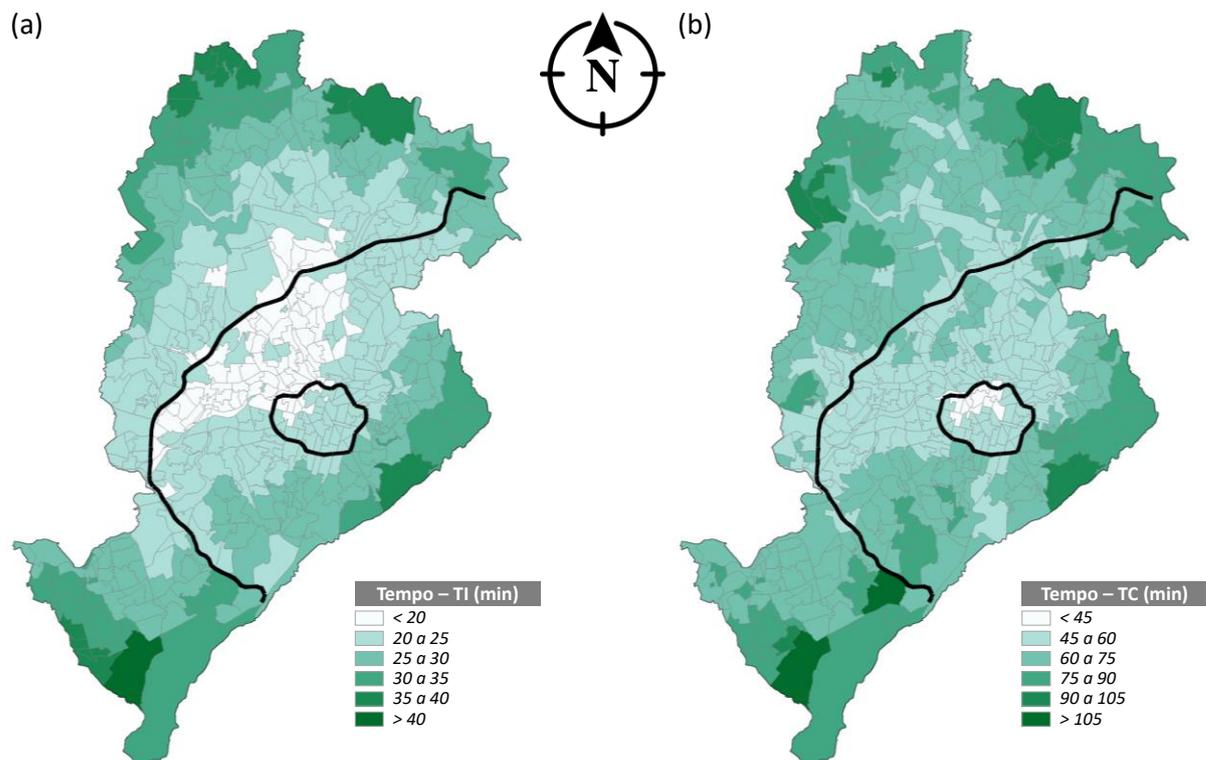
Para cada modo de transporte, foi gerada uma matriz de tempos de viagem de 554 linhas por 554 colunas, totalizando 306.916 pares OD, cuja diagonal principal representa os tempos de viagem intrazonais, admitidos como equivalentes a zero. Trata-se, ainda, de uma matriz não simétrica, uma vez que o tempo de deslocamento entre um ponto “A” e um ponto “B” pode, e normalmente o é, diferente do tempo de viagem do ponto “B” para o ponto “A”. Isso é bastante intuitivo já que, no pico da manhã, as condições de tráfego no sentido Bairro-Centro, por exemplo, são, costumeiramente, muito piores do que as do sentido Centro-Bairro.

A Figura 6 apresenta o tempo média de deslocamento de cada Área Homogênea para todas as demais zonas de Belo Horizonte por transporte individual e coletivo. O tempo médio geral de

deslocamento por TI é de pouco mais de 24 minutos. Por TC, no entanto, essa média sobe para mais de uma hora (64 minutos, aproximadamente).

É interessante notar que, pelo modo individual, os menores tempos médios de deslocamento estão situados próximo ao centro geométrico do município e ao longo do Anel Rodoviário, principal corredor de tráfego transversal da cidade, pelo modo coletivo, os menores tempos médios de deslocamento são observados nas zonas do hipercentro de Belo Horizonte em função, evidentemente, da maior oferta de transporte e por ser o ponto de convergência de todo o sistema de transporte público.

Figura 6: Tempo médio de deslocamento para todas as demais AHs do município por Transporte Individual e por Transporte Coletivo



4.4 Identificação das regiões de interesse social

Considerando que um dos objetivos desta dissertação é contextualizar a problemática da acessibilidade urbana e o seu impacto na mobilidade sob à ótica da equidade, a delimitação das áreas de interesse social torna-se uma questão central ao desenvolvimento dessa pesquisa e passa, evidentemente, pela identificação do grupo social menos favorecido a ser observado. Nesse estudo, tal classificação baseou-se na renda média domiciliar conferida às diferentes Áreas Homogêneas de Belo Horizonte.

A renda domiciliar foi calculada a partir da composição da renda total e número de domicílios atribuídos aos setores censitários que compunham cada Área Homogênea da cidade. A Figura 7 apresenta a distribuição espacial desse indicador, bem como as medidas de tendência central e dispersão e o mapa de agrupamentos LISA. Fica evidente a concentração de zonas de alta renda na região da Pampulha e, principalmente, na Regional Centro-Sul. Esta última região, inclusive, é praticamente composta por um grande cluster de alta renda.

Já em relação às regiões de interesse social, foram admitidos os clusters de associação local identificados como *Low-Low* ou *Low-High*. Os *clusters Low-Low* estão localizados em cinco regiões. Um grande *cluster*, observado na franja norte do município, abrange extensas áreas das regionais Nordeste, Norte e Venda Nova. Outro grande *cluster* pode ser observado no extremo sul da cidade, contemplando boa parte da Regional Barreiro. Dois clusters menores foram identificados às margens do Anel Rodoviário. Um deles, localizado na divisa das regionais Barreiro, Oeste e Noroeste com o município de Contagem, contempla áreas dos bairros Cabana, Madre Gertrudes, Jardimópolis, Vila Oeste, Santa Maria, Camargos, Bairro das Indústrias, Vista Alegre e Nova Gameleira. A este cluster, foi atribuído o nome “Cabana”.

Um pouco mais ao norte, outro cluster de baixa renda pode ser observado na interseção do Anel Rodoviário com a Av. Pres. Antônio Carlos, abrangendo os bairros São Francisco, Nova Cachoeirinha, Ermelinda, Sumaré e uma pequena parte do bairro Caiçara. Esse *cluster* é referenciado mais adiante, por simplificação, apenas como “São Francisco”. Bem próximo dali, uma pequena área correspondente à Vila Jardim Alvorada também foi classificada como de autocorrelação espacial de baixa renda, descontinuada do cluster anterior pelo bairro Engenho Nogueira.

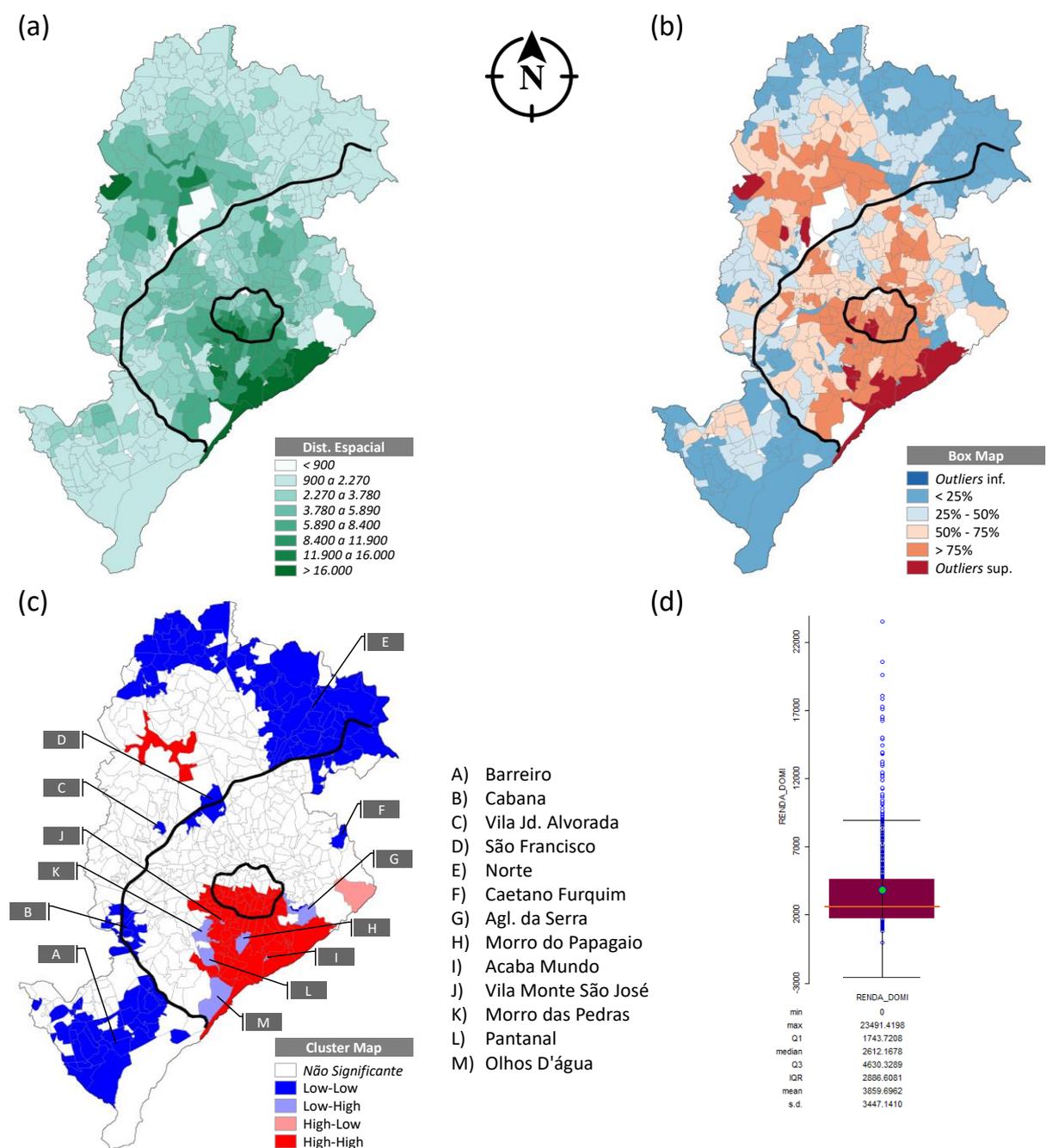
Já na Regional Leste, outro agrupamento com características de baixa renda é formado pelos bairros Casa Branca, São Geraldo e Caetano Furquim. Efetivamente, a renda domiciliar média dessa Área Homogênea é depreciada pela parcela correspondente a uma comunidade instalada às margens da linha férrea que corta a região, em Caetano Furquim.

Além dos *clusters Low-Low*, foram incorporadas às regiões de interesse social as áreas identificadas como *Low-High*. Tratam-se de áreas de vulnerabilidade social que estão encravadas ou circundam regiões de alta renda da Regional Centro-Sul. Essas áreas contemplam os aglomerados da Serra, Morro do Papagaio, Morro das Pedras, Conjunto Santa Marta, Vila Monte São José e Acaba Mundo. Uma Área Homogênea localizada no entroncamento das avenidas Raja Gabágliã e Barão Homem de Melo, também foi classificada

como *Low-High*. Essa AH é composta, majoritariamente, pelo bairro Estoril, ocupado por residências de alto padrão. No entanto, em sua extremidade norte, já próximo ao Aglomerado do Morro das Pedras, a Área Homogênea abrange uma comunidade carente denominada Pantanal, reduzindo significativamente a renda domiciliar média da AH.

Por fim, vale observar que Área Homogênea correspondente ao bairro Ólhos D'água, situado no entroncamento do Anel Rodoviária com a Rodovia BR-356 – também classificada como *Low-High* -, é composta em sua maior parte pela Estação Ecológica do Cercadinho.

Figura 7: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Renda Domiciliar” em Belo Horizonte



4.5 Caracterização da distribuição da Acessibilidade e da Mobilidade

De posse dos elementos necessários ao cálculo da acessibilidade às oportunidades de trabalho na capital mineira, deu-se início à análise exploratória do indicador, considerando abordagens de caráter não-espacial e espacial. A Figura 8 apresenta a distribuição espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Acessibilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo.

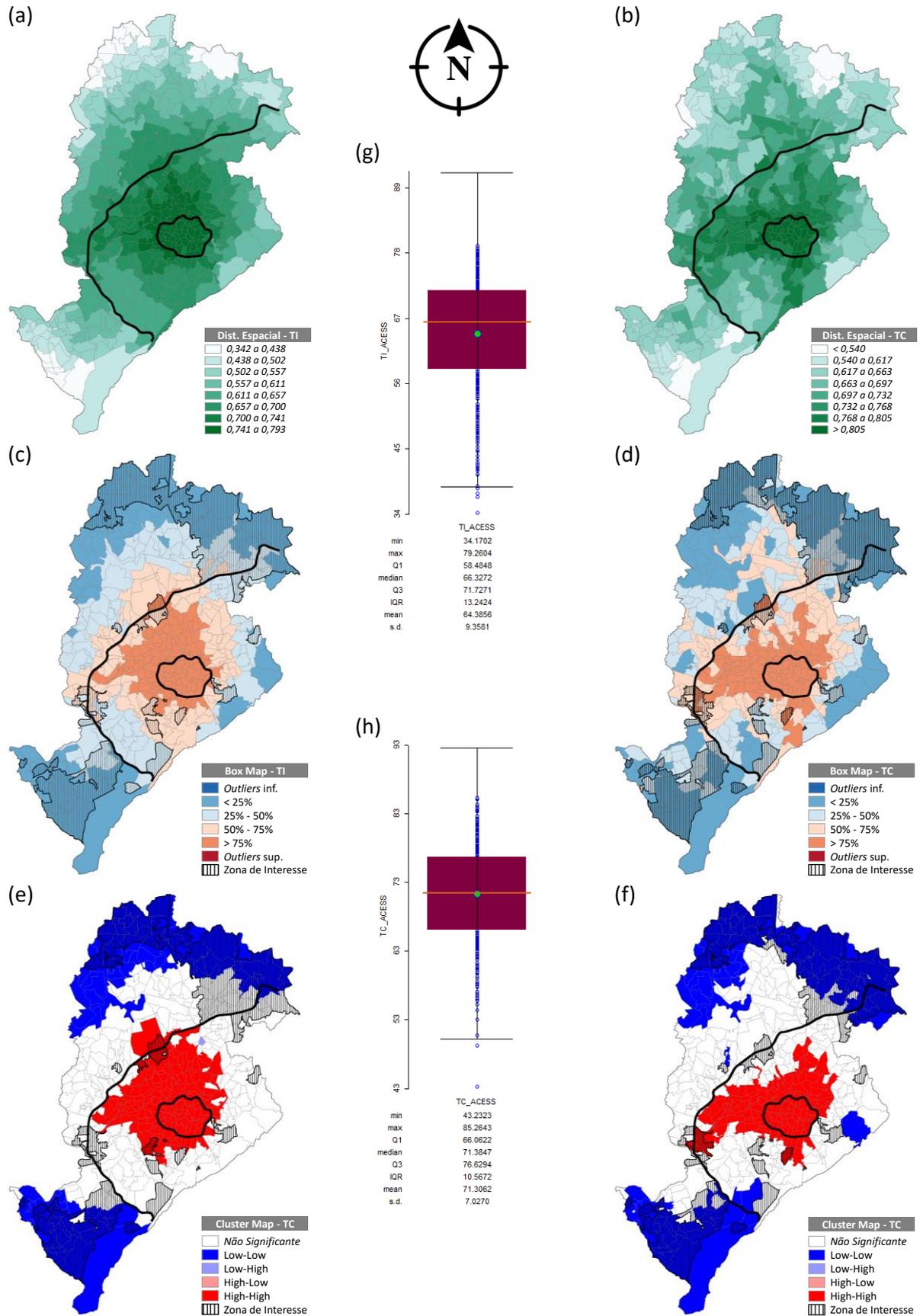
Sob a perspectiva do problema de distribuição desigual, fica evidente que Belo Horizonte apresenta significativa diferença nos níveis de acessibilidade ao longo do espaço, independentemente do modo de transporte considerado. Para ambos os modos, os níveis mais altos de acessibilidade ao emprego são encontrados na região central do município, onde há a maior concentração de empregos e menores tempos de viagem, enquanto que, na periferia, especialmente nas regionais do Barreiro, no extremo sul, Nordeste, Norte e Venda Nova, no extremo norte, observam-se os níveis mais baixos. Além da questão da disposição centralizada da maior parte das ofertas de trabalho no território municipal, a própria conformação alongada do município no eixo norte-sul colabora para essa situação.

Quando considerado o transporte coletivo, no entanto, é perceptível um achatamento da distribuição de zonas com níveis de acessibilidade mais elevados. Isso decorre da presença do corredor de transporte da Av. Amazonas, principal eixo de transporte coletivo da Região Metropolitana de Belo Horizonte, ligando a capital mineira aos municípios de Contagem e Betim que, juntos, abrigam uma população de mais de 1,1 milhão de habitantes, segundo estimativas do IBGE para 2020. Também é possível observar a influência de corredores de transporte radiais como os das avenidas Cristiano Machado, Presidente Antônio Carlos, Presidente Carlos Luz, Dom Pedro II e Nossa Senhora do Carmo, criando ramificações na região de mais alto nível de acessibilidade às oportunidades de trabalho por transporte coletivo.

Os padrões espaciais são corroborados pelo fato de que os indicadores de acessibilidade ao emprego são espacialmente autocorrelacionados, como evidenciado por seus valores significativos ($p \leq 0,05$) do Índice I Global de Moran, equivalente a 0,94 para o transporte individual (pseudo p-valor = 0,001) e de 0,85 (pseudo p-valor = 0,001) para o transporte coletivo.

Localmente, esta associação é expressa por meio da presença de grandes clusters de alta acessibilidade ao emprego na área central e grandes clusters de baixa acessibilidade nas franjas norte e sul (Regional Barreiro) da cidade, para ambos os modos.

Figura 8: Distribuição Espacial, Box Map, LISA Cluster Map e Box Plot do indicador “Acessibilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo



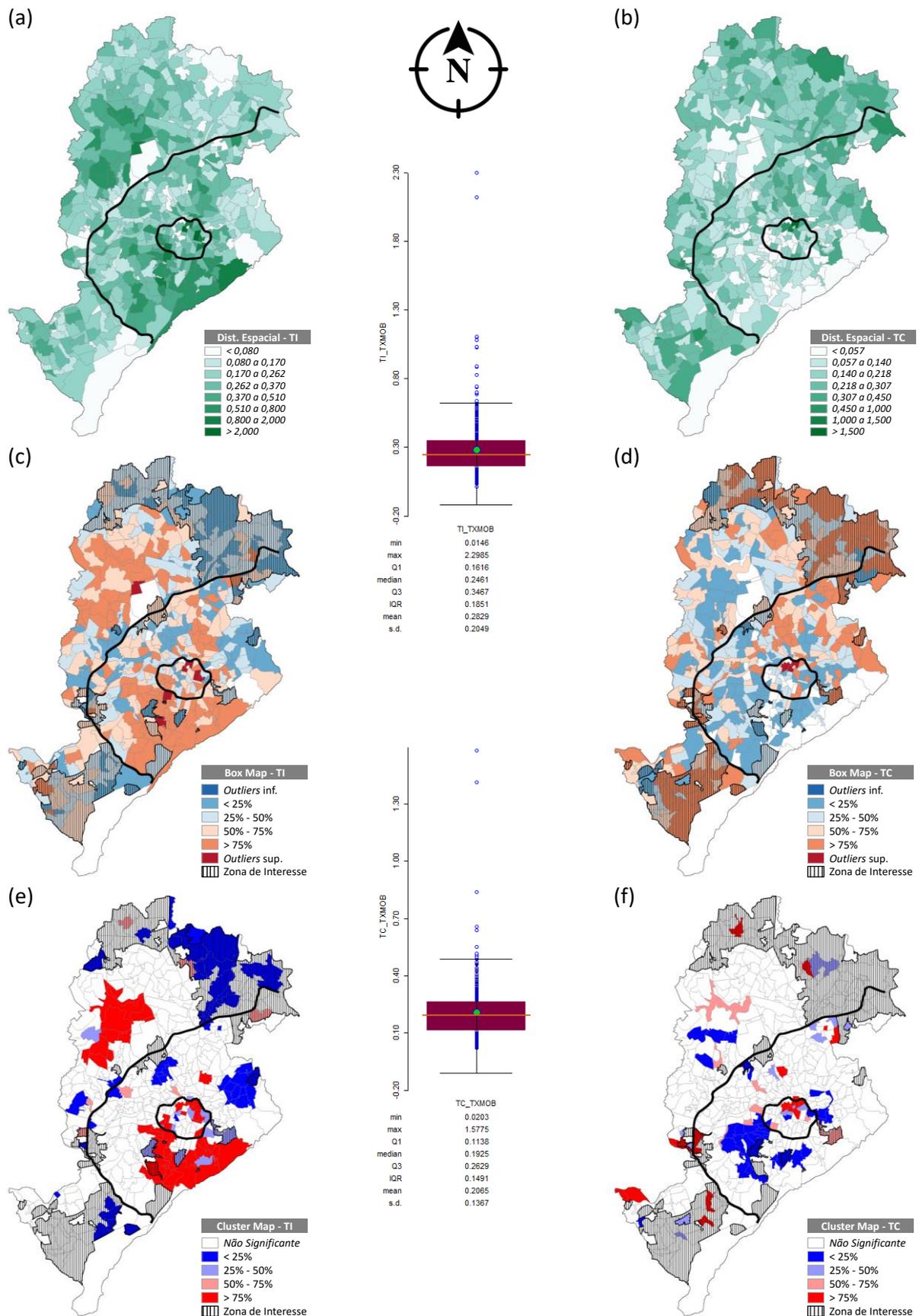
Belo Horizonte também apresenta uma distribuição espacial desigual no que diz respeito à mobilidade. Entretanto, diferentemente da acessibilidade, a distribuição espacial da taxa de mobilidade é bastante dispersa no território, especialmente aquela relativa ao transporte coletivo. A Figura 9 apresenta a distribuição espacial, Box Map e LISA Cluster Map do indicador “taxa de Mobilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo.

Quando considerado o transporte individual, é possível notar uma maior concentração de zonas com taxas mais elevadas de mobilidade nas regiões tradicionalmente mais ricas do município, localizadas nas Regionais Centro-Sul, Pampulha e Oeste, áreas com níveis de renda superiores. Situação oposta ocorre com o transporte coletivo. Para este modo, as taxas de mobilidade por ônibus verificadas foram, de maneira geral, menores nas áreas com níveis de renda superiores. Já nas regionais Barreiro, Nordeste, Norte e Venda Nova, foi frequente a observação de Áreas Homôneas com elevadas taxas de mobilidade por ônibus. Ainda em relação aos níveis de mobilidade por ônibus, não se nota uma relação positiva perceptível com o sistema BRT, implantado sobre os principais corredores viários da cidade.

Quanto à autocorrelação espacial, a taxa de mobilidade apresenta valores bem menores para os Índices I de Moran Globais. No caso do transporte individual, o valor obtido foi de 0,279 (pseudo p-valor = 0,001). Já para o transporte coletivo, Índice I de Moran foi de apenas 0,108 (pseudo p-valor = 0,001).

Localmente, o comportamento espacial da taxa de mobilidade por transporte individual é caracterizado pela presença de dois clusters principais de elevada taxa de mobilidade, localizados nas regionais Centro-Sul (majoritariamente) e Pampulha. Um pequeno cluster superior também é observado na Regional Leste. Já a mobilidade por transporte coletivo apresenta pequenos clusters de alta taxa de mobilidade pulverizados por todas as regionais da cidade, exceto a Regional Pampulha. Em relação aos clusters de baixos valores, a taxa de mobilidade por transporte individual apresenta vários agrupamentos distribuídos no território. Já no caso do transporte coletivo, os clusters inferiores estão concentrados, principalmente, nas regionais Oeste, Centro-Sul, Leste e Pampulha. As regionais Nordeste, Norte e Venda Nova não apresentam agrupamentos de baixa taxa de mobilidade por ônibus.

Figura 9: Distribuição Espacial, Box Map e LISA Cluster Map do indicador “Taxa de Mobilidade” por Transporte Individual e por Transporte Coletivo



Sob o aspecto do problema da distribuição inequânime, a acessibilidade às oportunidades de trabalho, tanto por transporte individual quanto por transporte coletivo, apresenta distribuições injustas, uma vez que as regiões de interesse social consideradas se situam, sobretudo, em regiões com baixos níveis de acessibilidade. No caso do transporte individual, as exceções são o cluster “São Francisco”, localizado na interseção do Anel Rodoviário com as avenidas Presidente Antônio Carlos e Presidente Carlos Luz, assim como o aglomerado Morro das Pedras. Nesses dois casos as regiões de interesse social estão situadas em áreas com altos níveis de acessibilidade por TI. Situação similar ocorre com a acessibilidade por transporte coletivo, a qual apresenta sobreposição das regiões de interesse social localizadas no Barreiro e na franja norte (regionais Nordeste, Norte e Venda Nova) com áreas de baixa acessibilidade por TC. As exceções, desta vez, ficam por conta do cluster “Cabana” e do Morro do Papagaio, regiões que dispõem de elevada acessibilidade por transporte coletivo.

Em relação à taxa de mobilidade, também é observada uma distribuição inequânime quando considerado o modo de transporte individual, uma vez que as regiões de interesse social apresentam, predominantemente, baixas taxas de mobilidade por esse modo. O mesmo não pode ser afirmado para a taxa de mobilidade por transporte coletivo. Para esse modo, as regiões de interesse social se sobrepõem, em sua maior parte, a áreas com taxas mais elevadas, o que evidencia a dependência do sistema de transporte público pela população de baixa renda.

4.6 Diagnóstico dos Problemas de Acessibilidade e Mobilidade

4.6.1 Identificação dos problemas de desigualdade socioeconômica

Conforme explicitado no “Capítulo 3 - METODOLOGIA”, o primeiro passo realização do diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade foi a delimitação das zonas problemáticas, sob o aspecto da distribuição desigual, ou seja, ao longo do espaço. Para isso, adotaram-se parâmetros de suficiência definidos com base nas distribuições estatísticas desses indicadores, para cada modo de transporte. Nesse sentido, foram admitidas como zonas problemáticas as Áreas Homogêneas cujos valores observados para os indicadores de acessibilidade e mobilidade pertencessem aos respectivos primeiros quartis.

A Figura 10 apresenta a sobreposição das áreas problemáticas quanto à acessibilidade e das regiões de interesse social, bem como a delimitação resultante das zonas críticas. Da mesma forma, Figura 11 apresenta os mapas de diagnóstico dos problemas considerando os modos de transporte individual e coletivo, desta vez relativos à mobilidade.

Figura 10: Áreas problemáticas de acessibilidade e zonas críticas

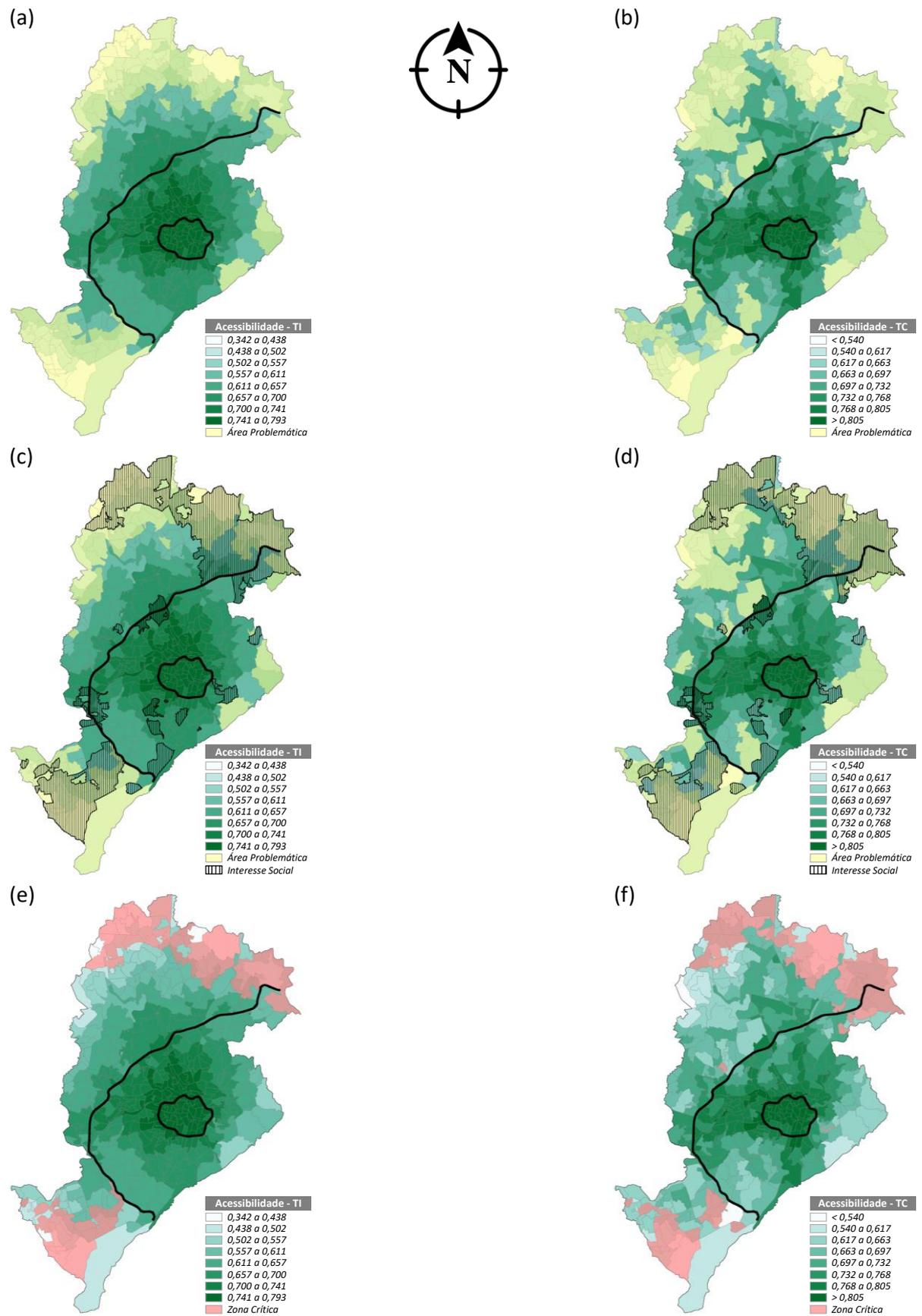
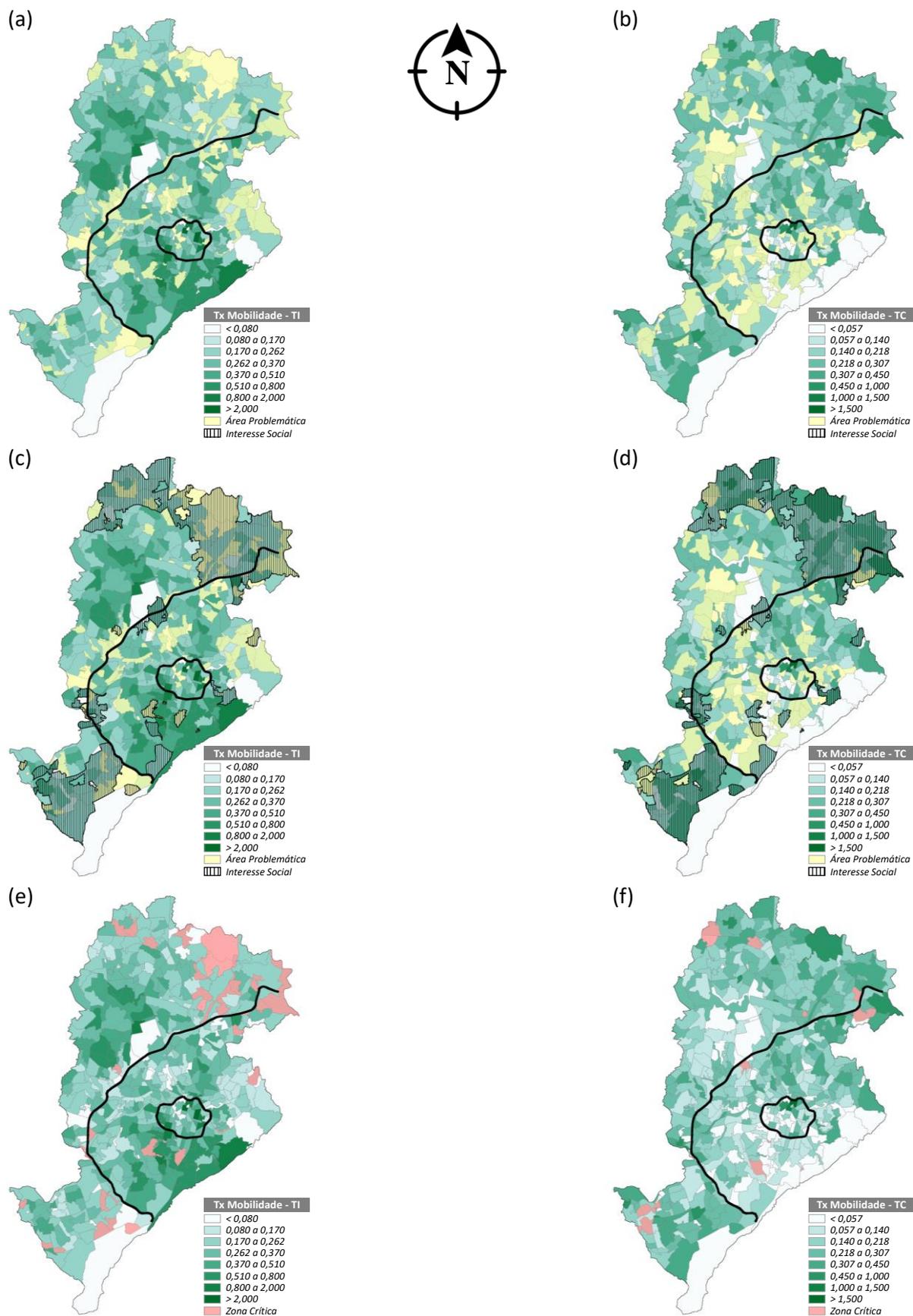


Figura 11: Áreas problemáticas quanto à mobilidade e zonas críticas



As zonas amarelas estão abaixo do limiar de suficiência estabelecido, equivalente aos valores do primeiro quartil de cada indicador. No caso da acessibilidade, nota-se um padrão claro, no qual as zonas problemáticas estão localizadas preponderantemente nas regiões periféricas do município, em sua maior parte externas ao Anel Rodoviário. Esse padrão é válido tanto para o transporte individual quanto para o coletivo.

Quando analisada a taxa de mobilidade, no entanto, as zonas com níveis insuficientes apresentam-se muito mais dispersas, embora sua presença seja menos frequentes nas regiões Centro-Sul e Pampulha, quando considerado o modo individual. Já para o modo coletivo, destaca-se a Regional Norte, que só possui uma pequena Área Homogênea – próxima ao Anel Rodoviário -, classificada como problemática.

Para análise dos problemas de acessibilidade e mobilidade sob a perspectiva da distribuição inequânime, as zonas problemáticas foram sobrepostas às regiões de baixa renda previamente identificadas como de interesse social. As áreas coincidentes entre as duas camadas foram, então, classificadas como zonas críticas, combinando características de baixa renda e de baixos níveis de acessibilidade ou mobilidade. As zonas críticas são destacadas em vermelho nas Figuras 10 e 11.

É interessante notar que, diferentemente do que ocorre com a acessibilidade, cujas zonas críticas para os modos de transporte individual e coletivo são predominantemente coincidentes, apenas duas Áreas Homogêneas são consideradas zonas críticas quanto à taxa de mobilidade tanto para o transporte individual quanto para o coletivo. Elas representam o Monte São José, uma pequena comunidade localizada às margens da Av. Raja Gabágliã, e parte dos bairros Europa e Minas Caixa, na região de Venda Nova. À título de comparação, quanto à acessibilidade, são 54 Áreas Homogêneas coincidentes (classificadas como críticas tanto por TI quanto por TC).

Analisando separadamente o transporte individual, são observadas 18 Áreas Homogêneas consideradas críticas quanto à acessibilidade e à mobilidade. Dessas, 13 estão localizadas no extremo norte do município e outras cinco encontram-se na Regional Barreiro. Já quando analisado apenas o transporte coletivo, cinco zonas são identificadas como críticas quanto à acessibilidade e à mobilidade simultaneamente. Duas estão na Regional Nordeste, às margens do Anel Rodoviário, duas na Regional Venda Nova, juntas à divisa com o município de Ribeirão das Neves, e uma no Barreiro, próxima a Ibirité.

4.6.2 Análise das relações entre acessibilidade e mobilidade e os atributos urbanos

Buscando investigar as relações entre os problemas de acessibilidade e mobilidade e os atributos urbanos selecionados por trás desses problemas do ponto de vista da distribuição desigual, foram estimadas correlações espaciais e não-espaciais globais, bem como modelos de regressão para acessibilidade e mobilidade.

Primeiramente, os possíveis fatores explicativos dos níveis de acessibilidade ao emprego foram avaliados considerando um conjunto de indicadores escolhidos após análise exploratória prévia de uma série de variáveis disponíveis ou concebidas. Foram selecionados, então, indicadores de transporte, topológicos e operacionais, e de uso do solo, o quais são listados a seguir:

- Indicadores de topologia da rede: selecionaram-se indicadores de centralidade Closeness (TI_Closeness e TC_Closeness) calculados pelo inverso da soma das distâncias viárias de um determinado centroide para todos os centroides das demais Áreas Homogêneas do modelo. No caso do transporte coletivo, a distância diz respeito à rota do transporte coletivo, incluindo, também, o deslocamento a pé.
- Indicador de característica operacional do sistema: adotou-se a frequência do TC por área – medida pela razão do somatório da frequência absoluta (total de viagens na hora de pico da manhã) de todos os pontos de embarque e desembarque inseridos na Área Homogênea pela respectiva área;
- Indicador de uso do solo: mistura de empregos e trabalhadores - medido pela razão entre postos de trabalho disponíveis e trabalhadores residentes de cada zona.

Considerando esses indicadores e o pressuposto de que a acessibilidade é influenciada pela configuração da rede e seus aspectos operacionais, assim como pelas características de uso do solo, um conjunto de hipóteses foi formulado e testado por meio da estimativa de correlações e modelos de regressão. As hipóteses formuladas são listadas a seguir.

- H_{ATI1} : Quanto menor o nível de centralidade em termos de TI, menor o nível de acessibilidade por transporte individual
- H_{ATI2} : Quanto menor for a razão postos trabalho/trabalhadores (mix uso do solo), menor o nível de acessibilidade por transporte individual
- H_{ATC3} : Quanto menor o nível de centralidade em termos de TC, menor o nível de acessibilidade por transporte coletivo
- H_{ATC4} : Quanto menor o nível de frequência de ônibus por área, menor será o nível de acessibilidade por transporte coletivo

- H_{ATC5} : Quanto menor for a razão postos trabalho/trabalhadores (mix uso do solo), menor o nível de acessibilidade por transporte coletivo

As correlações não-espaciais e espaciais entre a acessibilidade às oportunidades de trabalho e os indicadores de transporte e uso do solo foram, então, examinadas a fim de se estimar o possível grau de influência desses fatores nos níveis de acessibilidade, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Correlações de acessibilidade

| Indicadores Urbanos | Indicadores de Efeito | | | |
|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| | Acessibilidade ao Trabalho por TI | | Acessibilidade ao Trabalho por TC | |
| | Correlação de Pearson | Índice I de Moran Bivariado Global | Correlação de Pearson | Índice I de Moran Bivariado Global |
| TI_Closeness | 0,78 | 0,74 | | |
| TC_Closeness | | | 0,87 | 0,82 |
| Frequência do TC | | | 0,51 | 0,45 |
| Mix Uso do Solo | 0,48 | 0,46 | 0,53 | 0,49 |

Significativos a 5% ($p \leq 0,05$)

Os resultados apurados indicam forte correlação da acessibilidade às oportunidades de trabalho com os indicadores de centralidade, especialmente para o modo de transporte coletivo. Também foram observados níveis moderados de correlação do indicador de mix de uso do solo com a acessibilidade para ambos os modos de transporte, assim como da frequência de viagens de ônibus com a acessibilidade por TC. Do ponto de vista espacial, as correlações mensuradas pelo Índice I de Moran Bivariado Global foram ligeiramente menores que as de Pearson, mas reforçaram as percepções relativas aos níveis de influência dos indicadores de atributos urbanos que contribuem para os padrões de acessibilidade ao emprego em Belo Horizonte.

É importante registrar que foram testadas transformações logarítmicas para todas as possíveis combinações dos atributos urbanos e modos de transporte. Essas transformações foram realizadas buscando aumentar o ajuste dos modelos e, principalmente, compensar eventuais desigualdades em distribuições altamente enviesadas dos indicadores. Por fim, tal recurso foi adotado apenas para o indicador de mix de uso do solo.

Além disso, para cada modelo, foi considerado um conjunto específico de zonas, ao invés de todas as 554 zonas originais. Esse procedimento teve por objetivo evitar a consideração de zonas com valores nulos após a transformação logarítmica ou, no caso da acessibilidade por transporte coletivo, daquelas que não são atendidas pelo sistema de transporte público. Assim,

o modelo de acessibilidade por TI contemplou 510 Áreas Homogêneas e o de acessibilidade por TC com 501 zonas.

A Tabela 4 apresenta os modelos não-espaciais escolhidos com base nos maiores valores de R^2 , incluindo apenas variáveis significativas ($p \leq 0,05$) sem multicolinearidade, ou seja, que não apresentassem forte correlação entre si.

Tabela 4: Modelos de acessibilidade

| Variáveis | Acessibilidade às oportunidades de trabalho por TI | | | | | | | |
|-----------------------|--|-----------|-------------|-----------|------------|---------------|------------|------------|
| | Não-Espacial | | | | | Spatial Error | | |
| | β | Std.Error | β std | t -stat | p -value | β | z -value | p -value |
| Constante | -4.73 | 2.92 | | -1.62 | 0.11 | -14.70 | -3.28 | 0.00 |
| TI_Closeness | 94.70 | 3.77 | 0.70 | 25.13 | 0.00 | 105.26 | 18.50 | 0.00 |
| Mix Uso do Solo | 1.24 | 0.14 | 0.24 | 8.75 | 0.00 | 0.14 | 3.14 | 0.00 |
| λ | | | | | | 0.96 | 84.11 | 0.00 |
| R^2 | 0.66 | | | | | 0.97 | | |
| Log-likelihood | -1,589.10 | | | | | -1,017.77 | | |
| Akaike info criterion | 3,184.21 | | | | | 2,041.55 | | |
| Schwarz criterion | 3,196.91 | | | | | 2,054.25 | | |
| Moran's I test | 0.85 | | | | | 0.02 | | |
| p -value | 0.00 | | | | | | | |
| Likelihood ratio test | | | | | | 1.00 | | |
| p -value | | | | | | 0.00 | | |
| Variáveis | Acessibilidade às oportunidades de trabalho por TC | | | | | | | |
| | Não-Espacial | | | | | Spatial Error | | |
| | β | Std.Error | β std | t -stat | p -value | β | z -value | p -value |
| Constante | 44.60 | 0.91 | | 48.95 | 0.00 | 43.24 | 26.65 | 0.00 |
| TC_Closeness | 204.27 | 6.66 | 0.77 | 30.67 | 0.00 | 213.46 | 17.72 | 0.00 |
| Frequencia do TC | 0.0014 | 0.0003 | 0.11 | 4.60 | 0.00 | 0.0010 | 3.98 | 0.00 |
| Mix Uso do Solo | 0.45 | 0.10 | 0.12 | 4.74 | 0.00 | 0.21 | 2.85 | 0.00 |
| λ | | | | | | 0.75 | 21.05 | 0.00 |
| R^2 | 0.79 | | | | | 0.89 | | |
| Log-likelihood | -1,296.10 | | | | | -1,170.47 | | |
| Akaike info criterion | 2,600.20 | | | | | 2,348.95 | | |
| Schwarz criterion | 2,617.06 | | | | | 2,365.82 | | |
| Moran's I test | 0.50 | | | | | -0.04 | | |
| p -value | 0.00 | | | | | | | |
| Likelihood ratio test | | | | | | 1.00 | | |
| p -value | | | | | | 0.00 | | |

Também foram estimadas as especificações de modelos alternativos de erro espacial, com base nos resultados dos testes do Multiplicador de Lagrange. Os resultados da modelagem indicaram que as especificações espaciais apresentaram maior capacidade preditiva do que as especificações não-espaciais, tanto para o modo individual quanto para o coletivo, apresentando valores de “*Log-likelihood*” maiores e de “*Akaike info criterion*” e “*Schwarz criterion*”

menores. Além disso, os valores do valor do teste I de Moran indicam que a dependência espacial dos resíduos foi removida pela inclusão de uma variável espacial nos modelos.

Em relação às variáveis explicativas incluídas no modelo de “Acessibilidade às oportunidades de trabalho por TI” (Tabela 4), tanto o indicador de centralidade TI_Closeness quanto a transformação logarítmica do indicador de mix de uso do solo mostraram-se significativas em 5% ($p \leq 0,05$), com maior relevância para o TI_Closeness, o qual apresentou um coeficiente padronizado ($\beta \text{ std}$) de 0,70, contra um de 0,24 do indicador de mix do uso do solo. Esse resultado reforça a indicação de forte influência do fator topológico nos níveis de acessibilidade por transporte individual.

Já no caso da acessibilidade às oportunidades de trabalho por transporte coletivo, o modelo contemplou os indicadores de centralidade (TC_Closeness), de frequência do transporte coletivo e, novamente, da combinação de empregos e trabalhadores. Todos os indicadores explicativos foram significativos em 5% ($p \leq 0,05$), sendo que, mais uma vez, o indicador de centralidade foi o de maior peso no modelo, apresentando um $\beta \text{ std}$ significativamente mais elevado que os demais, o que indica a forte influência do aspecto topológico também para acessibilidade por transporte coletivo.

A frequência das viagens de ônibus e o mix do uso do solo apresentaram pesos similares, com coeficientes padronizados equivalentes a 0,11 e 0,12, respectivamente. Os coeficientes positivos indicam que tanto o aumento da oferta de viagens pelo sistema de transporte público quanto uma maior proporção de empregos em relação aos trabalhadores em determinada zona aumentam os níveis de acessibilidade por TC nessa zona, o que é bastante intuitivo.

Partindo para o diagnóstico das relações de atributos urbanos com a mobilidade, três indicadores foram originalmente considerados: acessibilidade ao emprego, propriedade de veículo e renda domiciliar. A escolha destes indicadores baseou-se nos pressupostos previamente estabelecidos de que a mobilidade é influenciada pela acessibilidade, bem como pelas características individuais. Assim como no caso da acessibilidade, um conjunto de hipóteses foi formulado. São elas:

- H_{MT11} : Quanto menor a renda média domiciliar, menor o nível de mobilidade por transporte individual
- H_{MT12} : Quanto menor o nível de propriedade de veículo, menor o nível de mobilidade por transporte individual

- H_{MT13} : Quanto menor o nível de acessibilidade por transporte individual, menor o nível de mobilidade por TI
- H_{MTC4} : Quanto menor a renda média domiciliar, maior será o nível de mobilidade por TC
- H_{MTC5} : Quanto menor o nível de propriedade de veículo, maior será o nível de mobilidade por transporte coletivo
- H_{MTC6} : Quanto menor o nível de acessibilidade por transporte coletivo, menor o nível de mobilidade por TC

A Tabela 5 apresenta as correlações não-espaciais e espaciais entre a mobilidade e os indicadores de acessibilidade, de posse de veículos e de renda domiciliar. Como pode ser observado, para o caso da mobilidade por TI, a renda domiciliar apresentou correlação significativa, ainda que moderada, indicando que a mesma tem um impacto positivo na mobilidade. Ainda em relação ao modo individual, os indicadores de posse de veículo e, especialmente de acessibilidade, apresentaram correlações de Pearson e índices I de Moran Bivariados Globais baixos, o que sugere que as condições destes dois fatores não são tão cruciais para explicar o padrão de mobilidade em Belo Horizonte.

As correlações foram ainda mais fracas quando considerado o modo de transporte coletivo, em que pese os valores negativos das correlações da mobilidade por TC com a posse de veículos e a renda domiciliar, sugerindo uma associação inversa entre os indicadores como esperado.

Tabela 5: Correlações de mobilidade

| Indicadores Urbanos | Indicadores de Efeito | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| | Mobilidade por motivo Trabalho por TI | | Mobilidade por motivo Trabalho por TC | |
| | Correlação de Pearson | Índice I de Moran Bivariado Global | Correlação de Pearson | Índice I de Moran Bivariado Global |
| Acessibilidade por TI | 0,21 | 0,20 | | |
| Acessibilidade por TC | | | 0,04 | 0,04 |
| Posse de Veículo | 0,35 | 0,29 | -0,15 | -0,12 |
| Renda Domiciliar | 0,50 | 0,36 | -0,10 | -0,06 |

Significativos a 5% ($p \leq 0,05$)

A Tabela 6 apresenta as especificações dos modelos de regressão pelo método dos mínimos quadrados e dos modelos de erro espacial, considerando os modos de transporte individual e coletivo. Em relação à taxa de mobilidade por TI, apenas a renda domiciliar mostrou-se significativa a 5% ($p \leq 0,05$). Já no caso da mobilidade por TC, a posse de veículo, com associação inversa, e acessibilidade por transporte coletivo, desta vez com associação direta, foram estatisticamente significativas. Confirmando, no entanto, as percepções advindas da

análise das correlações não-espaciais e espaciais, os modelos apresentaram coeficientes de determinação extremamente baixos, principalmente em relação ao modo de transporte coletivo.

Tabela 6: Modelos de mobilidade

| Variáveis | Taxa de mobilidade por motivo trabalho por TI | | | | | | | |
|-----------------------|---|-----------|-------------|--------|---------|---------------|---------|---------|
| | Não-Espacial | | | | | Spatial Error | | |
| | β | Std.Error | β std | t-stat | p-value | β | z-value | p-value |
| Constante | 0.16 | 0.01 | | 13.83 | 0.00 | 0.16 | 11.10 | 0.00 |
| Renda Domiciliar | 3.00E-05 | 2.24E-06 | 0.50 | 13.40 | 0.00 | 2.91E-05 | 10.96 | 0.00 |
| λ | | | | | | 0.27 | 4.43 | 0.00 |
| R ² | 0.25 | | | | | 0.29 | | |
| Log-likelihood | 166.29 | | | | | 174.75 | | |
| Akaike info criterion | -328.59 | | | | | -345.50 | | |
| Schwarz criterion | -320.04 | | | | | -336.95 | | |
| Moran's I test | 0.11 | | | | | 0.00 | | |
| p-value | 0.00 | | | | | | | |
| Likelihood ratio test | | | | | | 1.00 | | |
| p-value | | | | | | 0.00 | | |
| Variáveis | Taxa de mobilidade por motivo trabalho por TC | | | | | | | |
| | Não-Espacial | | | | | Spatial Error | | |
| | β | Std.Error | β std | t-stat | p-value | β | z-value | p-value |
| Constante | 0.16 | 0.15 | | 1.11 | 0.27 | 0.19 | 1.12 | 0.26 |
| Posse de Veículo | -4.71E-03 | 1.17E-03 | -0.18 | -4.01 | 0.00 | -4.29E-03 | -3.39 | 0.00 |
| Acessibilidade por TC | 4.55E-03 | 2.16E-03 | 0.10 | 2.10 | 0.04 | 3.89E-03 | 1.61 | 0.11 |
| λ | | | | | | 0.14 | 2.11 | 0.04 |
| R ² | 0.03 | | | | | 0.05 | | |
| Log-likelihood | -153.53 | | | | | -151.02 | | |
| Akaike info criterion | 313.07 | | | | | 308.05 | | |
| Schwarz criterion | 325.72 | | | | | 320.70 | | |
| Moran's I test | 0.07 | | | | | 0.02 | | |
| p-value | 0.01 | | | | | | | |
| Likelihood ratio test | | | | | | 1.00 | | |
| p-value | | | | | | 0.03 | | |

O modelo relativo à taxa de mobilidade por TI contou com 534 Áreas Homogêneas, enquanto o da taxa de mobilidade por TC contemplou 505 zonas. Em ambos os casos, foram excluídas zonas para as quais a Pesquisa Domiciliar de Origem e Destino (MINAS GERAIS, 2012) não identificou a produção de viagens por motivo trabalho no período da manhã, tendo como origem uma residência.

Assim como nos modelos de acessibilidade, também foram testadas transformações logarítmicas para todas as possíveis combinações de indicadores explicativos e modos de transporte e, até mesmo, para as próprias variáveis dependentes. Todas as tentativas mostraram-se infrutíferas. Tais resultados suscitam, no entanto, uma reflexão sobre a confiabilidade dos dados de mobilidade utilizados.

O Relatório Completo Pesquisa OD 2012 (MINAS GERAIS, 2012) aponta uma série de dificuldades enfrentadas na realização dessa pesquisa. De início, lamenta-se a não viabilização da contratação de uma “Empresa de Supervisão” externa, destinada a acompanhar metodológica, técnica e operacionalmente os trabalhos realizados. O documento cita, em seguida, alguns aspectos que contribuíram para a grande dificuldade em se aplicar os questionários da forma desejada e necessária, alcançando-se as amostras previstas. Entre eles, destacam-se:

- Resistência dos moradores de condomínios residenciais (horizontais e verticais) em permitir a entrada dos pesquisadores e responder adequada e completamente o questionário domiciliar;
- Falta de condições de segurança para o livre trânsito dos pesquisadores em algumas áreas caracterizadas por situações de insegurança social;
- A utilização de um questionário extremamente extenso e complexo que dificultava e desestimulava (por parte dos entrevistados) seu preenchimento completo, acarretando em recusas de entrevistas.

O relatório afirma que, em virtude da necessidade de se aumentar a produtividade diária dos pesquisadores, os critérios para seleção dos domicílios foram flexibilizados, permitindo certa discrepância entre os domicílios previamente sorteados e aqueles efetivamente pesquisados. O documento aponta, ainda, a ocorrência de sub-registros nas informações coletadas, os teriam ficado evidentes durante a etapa de consolidação das informações. Como resultado dessa análise de consistência foi feita exclusão de mais de nove mil registros, o equivalente a 23% do total de domicílios pesquisados.

Também são destacados os baixos quantitativos de entrevistas realizadas nos postos de pesquisa da Linha de Contorno, em decorrência da falta de suporte suficiente da PRF para parar os veículos e introduzir a abordagem dos pesquisadores. No acesso rodoviário pela BR-040 (trecho Belo Horizonte-Brasília), inclusive, não foi realizada nenhuma entrevista.

Diante de todas essas questões, é preciso avaliar com cautela os resultados das regressões, evitando-se conclusões definitivas a respeito de quais fatores urbanos impactam ou não os níveis de mobilidade na cidade.

Finalmente, sob a perspectiva do problema da distribuição inequânime, buscaram-se evidências, por meio da análise de mapas bivariados de clusters LISA, da correlação entre os os fenômenos da acessibilidade e mobilidade e os fatores explicativos nas regiões de interesse

social previamente delimitadas. As Figuras 12 e 13 apresentam os mapas bivariados de clusters LISA gerados para cada hipótese formulada.

Figura 12: Mapas LISA bivariados de atributos urbanos correlacionados com os níveis de acessibilidade e mobilidade

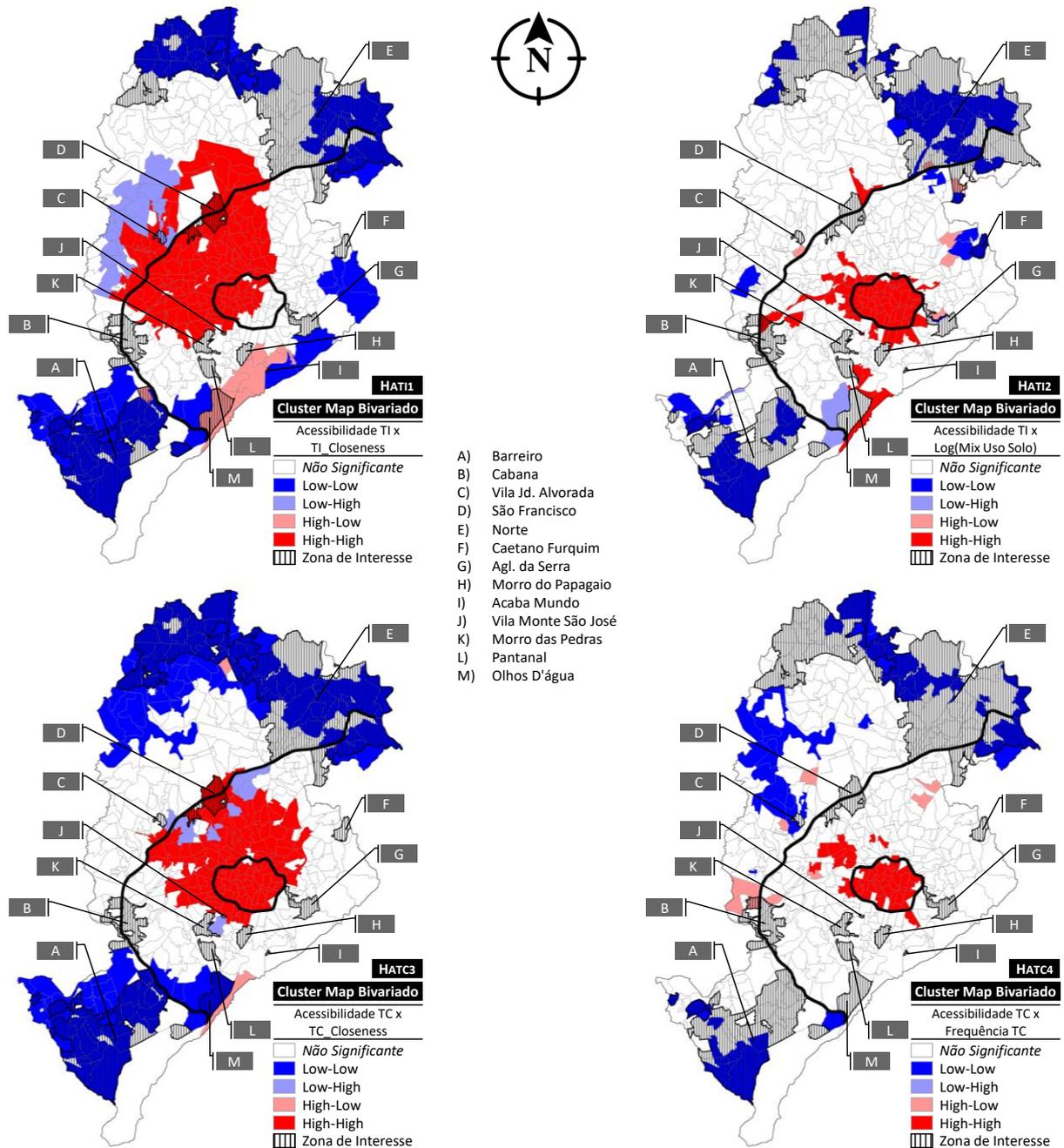
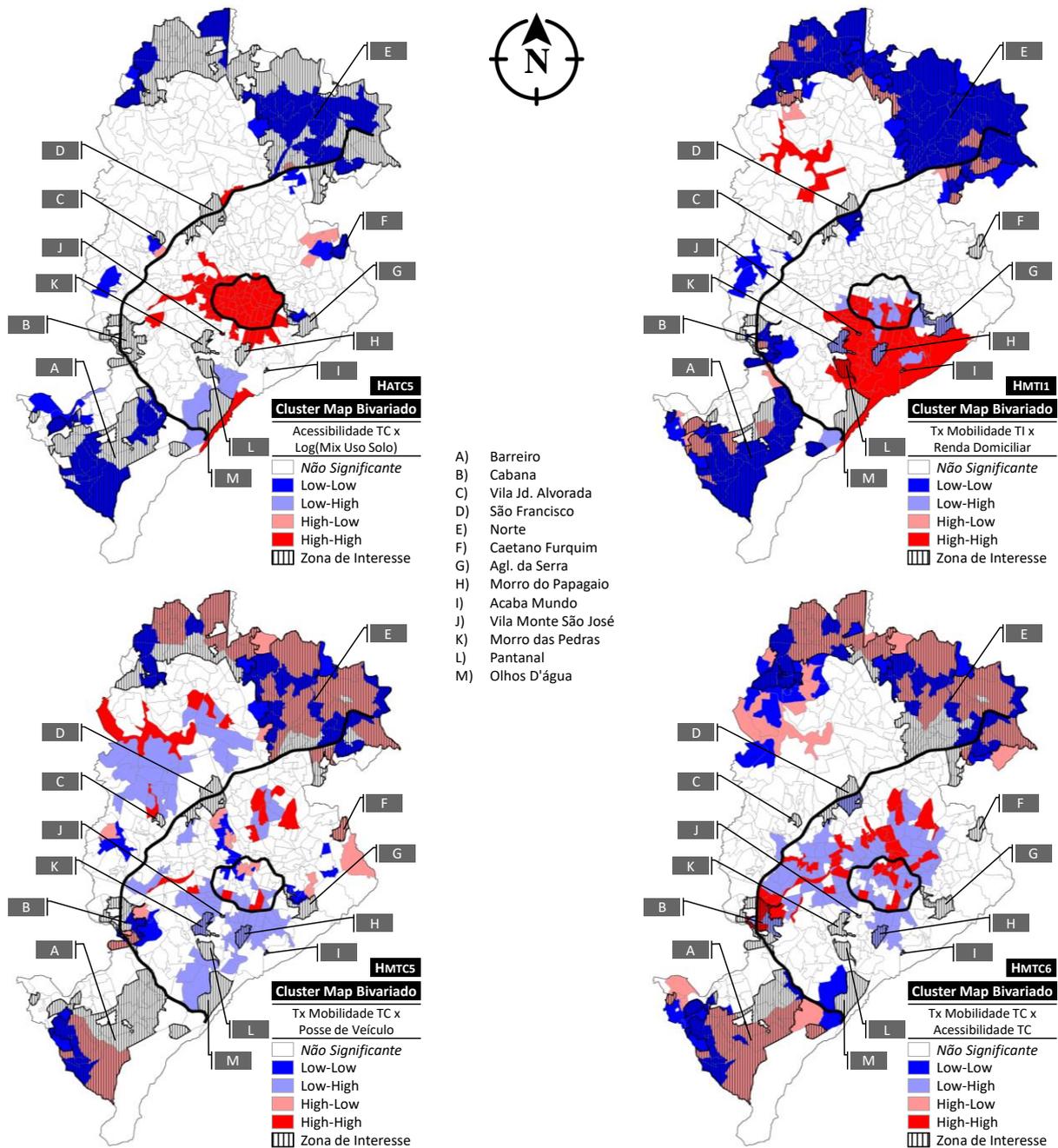


Figura 13: Mapas LISA bivariados de atributos urbanos correlacionados com os níveis de acessibilidade e mobilidade (continuação)



Os resultados das análises de correlação entre os indicadores dos aspectos urbanos e os níveis de acessibilidade e mobilidade às oportunidades trabalho nas regiões de interesse social estão resumidos na Tabela 7. Nela, estão indicadas, para cada uma dessas regiões, quais hipóteses foram confirmadas. Quando a hipótese presumia uma relação direta entre os indicadores, o processo de validação consistiu na verificação da presença, em cada região de interesse social, de Áreas Homogêneas identificadas pelo Índice de Moran Local Bivariado como *Low-Low* ou

High-High. Já no caso de presunção de uma associação inversa, caso da hipótese H_{MTC5} (quanto menor o nível de propriedade de veículo, maior será o nível de mobilidade por transporte coletivo), buscaram-se identificar zonas pertencentes às regiões de interesse social que apresentassem Índice de Moran Locais Bivariados classificados como *Low-High* ou *High-Low*.

Como pode ser observado, a hipótese que encontrou evidências significativas para o maior número de regiões de interesse social foi, justamente, a H_{MTC5} , indicando forte correlação, de associação inversa, entre a posse de veículos particulares (automóveis e motocicletas) e a taxa de mobilidade. Pode-se inferir daí uma relação de dependência do sistema de transporte público por parte dessa população de baixa renda.

A constatação de que disponibilidade de utilização do veículo particular afeta negativamente a taxa de mobilidade por transporte coletivo é corroborada pela presença de grandes clusters combinando baixa taxa de mobilidade por TC e elevada taxa de motorização nas áreas mais ricas da cidade, como as regiões Centro-Sul e Pampulha. Esses resultados apontam para um uso do transporte coletivo associado à falta de opção por parte do usuário.

As hipóteses que relacionam a proporção postos de trabalho-trabalhadores com a acessibilidade por transporte individual (H_{ATI2}) e por transporte coletivo (H_{ATC3}) foram confirmadas em seis e cinco regiões de interesse social, respectivamente, apoiando a afirmação de que o uso misto do solo ajuda a elevar o nível de acessibilidade às oportunidades de trabalho. Também foram verificadas evidências significativas em cinco das 13 regiões de interesse social analisadas a respeito da hipótese que correlaciona a renda domiciliar à taxa de mobilidade por transporte individual. Essa, inclusive, foi a única hipótese validada na RIS denominada como Pantanal. Vale lembrar, no entanto, que a Área Homogênea que compreende a comunidade Pantanal abrange, também, significativa parcela do bairro Estoril e conta com residências de alto padrão, tornando temerárias interpretações a respeito dos seus resultados.

Situação oposta ocorreu com as regiões de interesse social aqui designadas como Barreiro e Norte. Até mesmo em decorrência de suas dimensões, essas regiões apresentaram, ao menos em parte das Áreas Homogêneas que as compõem, evidências para todas as hipóteses formuladas. Cabe destacar que essas foram as únicas regiões que observaram evidências significativas para a hipótese H_{ATC4} , que prevê uma relação direta entre a frequência do transporte coletivo e os níveis de acessibilidade por esse modo.

Tabela 7: Validação das hipóteses para as áreas críticas

| Hipótese | Correlação Assumida | | Região de Interesse Social | | | | | | | | | | | | | |
|----------|---------------------|------------|----------------------------|-----------|----------------------|------------------|----------|--------------------|-----------------|----------------------|----------------|------------------------|---------------------|-------------|-----------------|---|
| | | | A) Barreiro | B) Cabana | C) Vila Jd. Alvorada | D) São Francisco | E) Norte | F) Caetano Furquim | G) Ag. da Serra | H) Morro do Papagaio | I) Acaba Mundo | J) Vila Monte São José | K) Morro das Pedras | L) Pantanal | M) Olhos D'água | |
| HATI1 | ↓ TI_Close | ↓ TI_Acess | x | | | x | x | | | | x | | | | | |
| HATI2 | ↓ LogM | ↓ TI_Acess | x | x | | | x | x | x | | | x | | | | |
| HATC3 | ↓ TC_Close | ↓ TC_Acess | x | | | x | x | | | | | | | | | x |
| HATC4 | ↓ Freq | ↓ TC_Acess | x | | | | x | | | | | | | | | |
| HATC5 | ↓ LogM | ↓ TC_Acess | x | | | | x | x | x | | | x | | | | |
| HMTI1 | ↓ Renda | ↓ TI_TxMob | x | x | | x | x | | | | | | | | | x |
| HMTC5 | ↓ Posse | ↑ TI_TxMob | x | x | | | x | x | | x | x | x | x | | | |
| HMTC6 | ↓ TC_Acess | ↓ TC_TxMob | x | x | | | x | | | | x | | | | | |

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Tradicionalmente orientado à proposição de soluções, limitando-se às análises da relação entre oferta e demanda no próprio sistema e visando o provimento de infraestrutura e serviços para acomodar uma demanda crescente de veículos, o planejamento da mobilidade urbana vem passando por uma série de mudanças ao longo das últimas décadas, incorporando conceitos de acessibilidade, equidade e sustentabilidade. A mais recente evolução compreende o paradigma do planejamento da acessibilidade, que rejeita a ideia de que o transporte é um fim em si mesmo e dá ênfase ao acesso às funções urbanas.

Indo ao encontro dessa mudança de paradigma, essa dissertação teve como objetivo geral compreender a problemática da acessibilidade às oportunidades de trabalho e a sua relação com a mobilidade, por motivo trabalho, na cidade de Belo Horizonte. Para tanto, foi aplicado um método para compreensão, em nível estratégico, dos problemas de distribuição desigual e inequânime de acessibilidade e mobilidade desenvolvida por Garcia *et al.* (2018). Fundamentada em técnicas de análise espacial e teorias éticas de suficientismo e igualitarismo, a metodologia permite a caracterização das condições de acessibilidade e mobilidade, bem como o diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade e das relações entre fatores que contribuem para a conformação desses problemas e suas características.

A caracterização das condições de acessibilidade às oportunidades de trabalho e de mobilidade por motivo trabalho em Belo Horizonte foi iniciada pela definição dos respectivos indicadores. No caso da acessibilidade, optou-se por uma medida potencial que considerou um decaimento linear da interação em função do tempo de deslocamento entre as zonas, ponderado pela magnitude da oferta de trabalho na zona de destino. Por utilizar em sua formulação o tempo de viagem, e não a distância, como medida de impedância, o indicador permitiu, ainda, captar a influência do desempenho da rede e dos sistemas de transportes na mensuração da acessibilidade.

Interessante observar que, para o cálculo do indicador de acessibilidade, foram empregados dados reais de tempos de viagem, extraídos de sistema de monitoramento do trânsito por satélite, e não dados advindos de um modelo de transporte, trazendo maior acuracidade aos resultados obtidos. A partir dessas informações, verificou-se que o tempo médio geral de deslocamento entre todas as zonas da cidade por transporte individual é de pouco mais de 24 minutos enquanto que, por transporte coletivo, essa média sobe para mais de uma hora.

Já para representar os níveis de mobilidade por motivo trabalho da população, admitiu-se como indicador a taxa de mobilidade, calculada pela razão entre o número de viagens produzidas que tinham como objetivo o deslocamento até o local de trabalho e a população economicamente ativa residente em cada unidade espacial do zoneamento adotado.

Também foram definidos indicadores de atributos urbanos que, reconhecidamente, contribuem para conformação da acessibilidade e da mobilidade, relacionados à rede de transporte, ao uso do solo e às características socioeconômicas da cidade. Tratam-se de fatores que afetam diretamente os fenômenos em investigação e, dessa forma, desempenham um importante papel na compreensão dos possíveis fatores por detrás dos respectivos problemas de acessibilidade e mobilidade. Após extenso processo de coleta e organização dos dados, os indicadores foram submetidos a uma análise estatística exploratória, considerando abordagens de caráter não-espacial e espacial.

Considerando que um dos objetivos desta dissertação foi contextualizar a problemática da acessibilidade urbana e o seu impacto na mobilidade sob à ótica da equidade, a delimitação de regiões de interesse social também foi objeto de particular análise. Tal classificação baseou-se na renda média domiciliar conferida às diferentes Áreas Homogêneas de Belo Horizonte, selecionando-se os *clusters* de associação local identificados como *Low-Low* ou *Low-High*. Entre eles, destacam-se dois grandes *clusters* localizados nos extremos norte e sul da cidade. Uma série de clusters de baixa renda também foi identificada inseridos ou circundando regiões de alta renda da Regional Centro-Sul.

Como resultado da etapa de caracterização, verificou-se que Belo Horizonte apresenta distribuições desiguais e inequânimes de acessibilidade e mobilidade às oportunidades de trabalho, independentemente do modo de transporte considerado. No caso da acessibilidade, observou-se uma predominância muito clara de áreas problemáticas na periferia do município. Os níveis mais altos de acessibilidade ao emprego foram encontrados na região central da cidade, onde há concentração de empregos e menores tempos de viagem. Quando considerado o modo de transporte coletivo, no entanto, verificou-se um alongamento da região de alta acessibilidade em direção a oeste, muito em função do corredor de transporte da Av. Amazonas, principal eixo de transporte coletivo da Região Metropolitana de Belo Horizonte, ligando a capital mineira aos municípios de Contagem e Betim.

Já em relação à mobilidade, também se verificou uma distribuição desigual na cidade. Entretanto, diferentemente da acessibilidade, a mobilidade por motivo trabalho apresenta um

padrão de distribuição espacial muito mais disperso. Outra característica da distribuição dos níveis de mobilidade que contrasta com a distribuição da acessibilidade diz respeito à diferença entre os modos de transporte individual e coletivo. Enquanto os níveis de acessibilidade por ambos os modos de transporte são predominantemente coincidentes ao longo do território, no caso da taxa de mobilidade observou-se um padrão oposto, isto é, regiões com elevada taxa de mobilidade por TI, majoritariamente, apresentaram taxas baixas de mobilidade por TC e vice-versa.

Especificamente sob o aspecto do problema da distribuição inequânime, verificou-se que as regiões de interesse social consideradas se situam, sobretudo, em regiões com baixos níveis de acessibilidade. No tocante à taxa de mobilidade, também é observada uma distribuição inequânime quando considerado o modo de transporte individual, uma vez que as regiões de interesse social apresentam, preponderantemente, baixas taxas de mobilidade por esse modo. Esta constatação não se mostrou válida para a taxa de mobilidade por transporte coletivo. Para esse modo, as regiões de interesse social se sobrepõem, em sua maior parte, a áreas com taxas mais elevadas, evidenciando a dependência do sistema de transporte público pela população de baixa renda.

Já na fase de diagnóstico dos problemas de acessibilidade e mobilidade, foram delimitadas as zonas problemáticas, sob o aspecto da distribuição desigual, a partir de parâmetros de suficiência definidos com base nas distribuições estatísticas desses indicadores, para cada modo de transporte. Para análise dos problemas sob a perspectiva da distribuição inequânime, as zonas problemáticas foram sobrepostas às regiões de baixa renda previamente identificadas como de interesse social. As áreas de interseção entre as duas camadas foram, então, classificadas como zonas críticas, combinando características de baixa renda e de baixos níveis de acessibilidade ou mobilidade. Essas áreas críticas devem contar com especial atenção por parte do poder público e dos planejadores do sistema de mobilidade e intervenções devem ser priorizadas nesses locais, de modo a se alcançar níveis mais equitativos de acessibilidade e mobilidade.

Por fim, foram realizadas análises das relações entre acessibilidade e mobilidade e os atributos urbanos por trás desses problemas da distribuição desigual e inequânime. Para tanto, foram formuladas diversas hipóteses, partindo dos pressupostos de que a acessibilidade é influenciada pela configuração da rede e seus aspectos operacionais, assim como pelas características de uso do solo, e que a mobilidade, por sua vez, é influenciada pela acessibilidade, bem como pelas características dos indivíduos.

As hipóteses foram testadas por meio da análise das correlações de Pearson e índices de Moran globais bivariados, bem como pela estimação de modelos de regressão tradicionais e espaciais.

Os resultados apurados indicaram forte correlação da acessibilidade às oportunidades de trabalho com os indicadores topológicos de centralidade, especialmente para o modo de transporte coletivo. As especificações das regressões não-espaciais reforçaram essa constatação. Também foram observados níveis moderados de correlação do indicador de mix de uso do solo com a acessibilidade para ambos os modos de transporte, assim como da frequência de viagens de ônibus com a acessibilidade por TC.

Foram estimadas, ainda, as especificações de modelos alternativos de erro espacial, com base nos resultados dos testes do Multiplicador de Lagrange. Os resultados da modelagem indicaram que as especificações espaciais apresentaram maior capacidade preditiva do que as especificações não-espaciais, tanto para o modo individual quanto para o coletivo. Este resultado, inclusive, reforça a importância da consideração do aspecto espacial nas análises dos fenômenos da acessibilidade e mobilidade urbanas. Muitos trabalhos nesse campo de pesquisa se limitam a considerar modelos de regressão não-espaciais e não avançam em direção à remoção da dependência espacial dos resíduos.

Em relação aos problemas de distribuição da mobilidade, apenas a renda domiciliar apresentou uma correlação moderada com a taxa de mobilidade quando considerado o modo de transporte individual, indicando que a renda tem um impacto positivo na mobilidade por TI. Indicadores de posse de veículo e, principalmente, de acessibilidade apresentaram valores baixos para as correlações de Pearson e para os Índices de Moran Bivariados Globais, sugerindo que as condições de acessibilidade não são cruciais para se compreender o padrão de mobilidade por motivo trabalho em Belo Horizonte. As correlações foram ainda mais fracas quando considerado o modo de transporte coletivo.

As especificações dos modelos de regressão indicaram que, em se tratando da taxa de mobilidade por TI, apenas a renda domiciliar mostrou-se significativa ($p \leq 0,05$). No caso da mobilidade por TC, a posse de veículo, com associação inversa, e acessibilidade por transporte coletivo, desta vez com associação direta, foram estatisticamente significativas. No entanto, confirmando hipóteses advindas da análise das correlações não-espaciais e espaciais, os modelos apresentaram coeficientes de determinação extremamente baixos, principalmente em relação ao modo de transporte coletivo.

Como comentado no capítulo anterior, diante de indicadores reconhecidamente correlacionados, as especificações dos modelos de regressão levantam questionamentos a respeito da confiabilidade dos dados de mobilidade utilizados. Essa preocupação é reforçada pelas considerações feitas no relatório final da Pesquisa Origem e Destino 2011-2012 da RMBH (MINAS GERAIS, 2012). Segundo o documento uma série de problemas relativos à execução do trabalho de campo comprometeu a amostragem e a consistência das informações.

Outro ponto a ser ressaltado diz respeito ao distanciamento temporal dos dados utilizados que, diante do dinamismo das transformações observadas nos centros urbanos - especialmente de países em desenvolvimento -, podem impactar as análises aqui realizadas.

Assim, é preciso cautela ao se avaliar os resultados das regressões, evitando-se conclusões definitivas a respeito de quais fatores urbanos impactam ou não os níveis de mobilidade na cidade.

Finalmente, sob a perspectiva do problema da distribuição inequânime, buscaram-se evidências, por meio da análise de mapas bivariados de clusters LISA, da correlação entre os indicadores explicativos e acessibilidade e mobilidade nas regiões de interesse social previamente delimitadas.

Para isso, quando as hipóteses formuladas assumiam uma relação direta entre os indicadores, o processo de validação consistiu na verificação da presença, em cada região de interesse social, de Áreas Homogêneas identificadas pelo Índice de Moran Local Bivariado como *Low-Low* ou *High-High*. Já no caso de presunção de uma associação inversa, buscaram-se identificar zonas pertencentes às regiões de interesse social classificadas como *Low-High* ou *High-Low*.

A hipótese que encontrou evidências significativas para o maior número de regiões de interesse social foi a que correlacionava elevadas taxas de mobilidade por transporte coletivo a baixos níveis de posse de veículos particulares (H_{MTC5}), observada em oito das 13 regiões de interesse social analisadas. A constatação de que disponibilidade de utilização do veículo particular afeta negativamente a taxa de mobilidade por transporte coletivo é corroborada pela presença de grandes clusters combinando baixa taxa de mobilidade por TC e elevada taxa de motorização nas áreas mais ricas da cidade, como as regiões Centro-Sul e Pampulha.

Esses resultados apontam para um uso do transporte coletivo decorrente da falta de opção por parte do usuário. Também indicam uma relação de dependência do sistema de transporte público por parte dessa população de baixa renda.

Por fim, a aplicação da metodologia ao caso de Belo Horizonte permitiu uma avaliação sistematizada dos problemas desiguais e inequânimes associados aos fenômenos de acessibilidade e mobilidade por motivo trabalho na cidade por meio da caracterização das distribuições dos respectivos indicadores, bem como do diagnóstico dos fatores que contribuem para a conformação desses problemas e suas características, alcançando os objetivos traçados no início desta pesquisa.

5.1 Recomendações para trabalhos futuros

Nesta dissertação, a representação das condições de acessibilidade em Belo Horizonte baseou-se em uma medida potencial que considerou um decaimento linear da interação entre as zonas em função do tempo de deslocamento entre elas. Essa assunção se deu em virtude da ausência na literatura de parâmetros ajustados para cidade. A inclusão de funções de decaimento para os modos de transporte individual e coletivo específicas para as características da região certamente trariam maior assertividade à avaliação dos níveis de acessibilidade ofertados à população.

Ainda em relação à caracterização dos níveis de acessibilidade, sugere-se um avanço no que diz respeito à identificação da distribuição dos postos de trabalho. Nesta pesquisa, foram considerados apenas os empregos formais, extraídos do banco de dados da Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), de 2017. Além disso, os dados da RAIS apresentam distorções em relação ao endereçamento dos postos de trabalho para alguns ramos de atividade específicos, como o da construção civil, de prestação de serviços de manutenção predial, e nos serviços públicos, para os quais os colaboradores são, costumeiramente, alocados nas respectivas sedes administrativas, e não nos efetivos locais de trabalho.

Para futuros trabalhos, sugere-se, ainda, a expansão da área de estudo, buscando abranger toda a Região Metropolitana de Belo Horizonte ou, ao menos, os municípios que compõem a área conurbada no entorno da capital mineira. A possibilidade de ajustes no zoneamento também deve ser avaliada, buscando-se desagregar zonas que contenham setores censitários com características socioeconômicas muito distintas.

Finalmente, de forma a permitir uma análise mais apropriada do problema da equidade social, sugere-se a confrontação de indicadores entre dois grupos sociais, considerando, para tanto, os clusters do grupo opositor ao vulnerável, isto é, de mais alta renda.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, B. R. (2016) *Compreensão da problemática da periferização por segregação involuntária no planejamento da acessibilidade e mobilidade em Fortaleza*. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- ANSELIN, L., REY, S. J. (2014) *Modern spatial econometrics in practice: a guide to GeoDa*. Geodasp. PySAL-GeoDa Press. Chicago, Estados Unidos da América.
- AZEVEDO, M. F. (2012) *Análise do processo de planejamento dos transportes como contribuição para a mobilidade urbana sustentável*. 2012. 190 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) - Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- BANISTER, D. (2011) The trilogy of distance, speed and time. *Journal of Transport Geography*, v. 19, n. 4, p. 950–959. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.12.004>.
- BANISTER, D. (2008) The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 73–80.
- BEN-AKIVA, M.; LERMAN, S. R. (1979) Disaggregate travel and mobility choice models and measures of accessibility. In: *Behavioural Travel Modelling*. London: Croom Helm, p. 654-679.
- BERTOLINI, L.; LE CLERCQ, F.; KAPOEN, L. (2005) Sustainable accessibility: a conceptual framework to integrate transport and land use plan-making. Two test-applications in the Netherlands and a reflection on the way forward. *Transport policy*, v. 12, n. 3, p. 207-220.
- BHAT, C.; HANDY, S.; KOCKELMAN, K.; MAHMASSANI, H.; CHEN, Q.; WESTON, L. (2000) Development of an urban accessibility index: Literature review. Center for Transportation Research, University of Texas.
- BHTRANS (2019) GTFS Estático do Sistema Convencional. Disponível em <https://dados.pbh.gov.br/dataset/gtfs-estatico-do-sistema-convencional>. Acesso em setembro de 2019.
- BRASIL (2012) Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Presidência da República. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112587.htm

CALIPER (2007) TransCAD: Transportation GIS Software. User's Guide, Version 6.0, Massachusetts, USA; Caliper Corporation.

CURTIS C, SCHEURER J (2010) Planning for sustainable accessibility: Developing tools to aid discussion and decision-making. *Progress in planning*, v. 74, n. 2, p. 53-106. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2010.05.001>

CURTIS, C. (2008) Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. *Transport Policy*, v. 15, n. 2, p. 104-112.

GARCIA, C. S. H. F.; MACÁRIO, R. M. R.; LOUREIRO, C. F. G. (2013) The Role of Assessment in the Urban Mobility Planning Process. In: 13th *WCTR World Conference on Transport Research*.

GARCIA, C. S. H. F. (2016) *Strategic Assessment of Accessibility on Urban Mobility Networks*. 182 f. Tese (Doutorado em Sistema de Transportes), Escola de Engenharia, Universidade de Lisboa.

GARCIA, C. S. H. F.; Macário, R. M. R.; Menezes, E. D. A. G.; Loureiro, C. F. G. (2018) Strategic assessment of Lisbon's accessibility and mobility problems from an equity perspective. *Networks and Spatial Economics*, v. 18, n. 2, p. 415-439.

GEURS, K. T.; VAN WEE, B. (2004) Land-use/transport interaction models as tools for sustainability impact assessment of transport investments: review and research perspectives. *European Journal of Transport and Infrastructure Research*, v. 4, n. 3, p. 333-355.

GOOGLE (2019) Google Maps. Disponível em: <http://code.google.com/apis/maps/documentation/directions/> Acesso em: setembro de 2019.

HÄGERSTRAND, T. (1970) What about people in Regional Science? In: *Papers of the Regional Science Association*, v. 24, n. 1, p. 6-21.

HALDEN, D. (2009) 10 Years of accessibility planning in the UK-what has been achieved? In: *European Transport Conference-Association of European Transport*.

HANDY, S. (2005) Planning for Accessibility: In Theory and in Practice, In: Levinson, D.M.; Krizek, K.J. (ed.). *Access to Destinations*. Emerald Group Publishing Limited. p. 131-147.

HANDY, S. L.; NIEMEIER, D. A. (1997) Measuring accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and planning A*, v. 29, n. 7, p. 1175-1194.

HANSEN, W. G. (1959) How accessibility shapes land use. *Journal of the American Institute of planners*, v. 25, n. 2, p. 73-76.

HULL, A.; SILVA, C.; BERTOLINI, L. (2012). *Accessibility instruments for planning practice*. Brussels: COST Office.

IBGE (2010) Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Available: <https://www.ibge.gov.br/> [Acessado em maio 2018].

JONES, S. R. (1981). Accessibility measures: a literature review. *TRRL Report 967, Transport and Road Research Laboratory*, Crowthorne, Berkshire.

LIMA, L. S. (2017) *Espraiamento urbano por autossegregação e seus impactos na acessibilidade urbana de Fortaleza*. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

LITMAN, T. (2013). The new transportation planning paradigm. *Institute of Transportation Engineers. ITE Journal*, v. 83, n. 6, p. 20, 2013.

LOPES, A. S.; LOUREIRO, C. F. G. (2012) Dimensões do Planejamento Urbano Integrado: Revisão Histórica e Discussão Conceitual. In: *PLURIS 5o Congresso Luso Brasileiro para o Planejamento Urbano Regional Integrado e Sustentável*, Brasília, DF.

MACÁRIO, R. (2005) *Quality Management in Urban Mobility Systems: an integrated approach*. Tese de Doutorado – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, Portugal.

MACÁRIO, R. (2007) What is Strategy in Urban Mobility Systems? In: *10th International Conference on Competition and Ownership in Land Passenger Transport*, Hamilton Island, Queensland, Australia.

MACÁRIO, R. (2014) Access as a social good and as an economic good. *Urban Access for the 21st Century: Finance and Governance Models for Transport Infrastructure*, v. 87.

- MARTÍNEZ, L. M.; VIEGAS, J. M. (2013) A new approach to modelling distance-decay functions for accessibility assessment in transport studies. *Journal of Transport Geography*, v. 26, p. 87-96.
- MELLO, A.; PORTUGAL, L. (2017) Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de Planos Estratégicos de Mobilidade Urbana: o caso do Brasil. *Eure (Santiago)*, v. 43, n. 128, p. 99-125. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612017000100005>
- MENEZES, E. D. A. G. (2015) *Metodologia para avaliação estratégica da problemática da acessibilidade urbana sob o princípio da equidade*. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- MINAS GERAIS (2012) Pesquisa Origem-Destino da RMBH 2012.
- MINOCHA, I., SRIRAJ, P. S., METAXATOS, P., Thakuriah, P. (2008) Analysis of Transit Quality of Service and Employment Accessibility for the Greater Chicago, Illinois, Region. *Transportation Research Record*, v. 2042, n. 1, p. 20-29.
- MTE (2019) Relação anual de Informações sociais – RAIS 2017. Base de dados acessada no site <https://www.gov.br/trabalho/pt-br>.
- MURRAY, A. T.; Wu, X. (2003) Accessibility tradeoffs in public transit planning. *Journal of Geographical Systems*, v. 5, n. 1, p. 93-107.
- OWENS, S. (1995) From ‘predict and provide’ to ‘predict and prevent’?: Pricing and planning in transport policy. *Transport policy*, v. 2, n. 1, p. 43-49.
- PRIMERANO, F.; TAYLOR, M. A. P. (2005). An Accessibility Framework for Evaluating Transport Policies. *Access to Destination*, Elsevier.
- SALOMON, I.; MOKHTARIAN, P. L. (1998) What happens when mobility-inclined market segments face accessibility-enhancing policies? *Transportation Research*, v. 3, n. 3, p. 129-140.
- SANCHEZ, T. W.; STOLZ, R.; MA, J. S. (2003). *Moving to Equity: Addressing Inequitable Effects of Transportation Policies on Minorities*. Cambridge: The Civil Rights Project at Harvard University

SOARES, F. D. P. (2014) *Proposta metodológica de compreensão da problemática das relações entre uso do solo e transportes no planejamento urbano integrado*. 114 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

SOUZA, H. H. H. D. (2018). *Caracterização da problemática da acessibilidade urbana com base no valor do tempo percebido pelos usuários*. 204 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

ZEGRAS, C. (2005). *Sustainable urban mobility: exploring the role of the built environment*. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.

ZHANG, M. (2002). *Conditions and Effectiveness of Land Use as a Mobility Tool*. Tese de Doutorado. Massachusetts Institute of Technology.