

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL**

JARDEL ARNOLD SIVERIS

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS:
análise da acessibilidade aos usuários na cidade de Pelotas/RS

**PORTO ALEGRE
2023**

JARDEL ARNOLD SIVERIS

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS:
análise da acessibilidade aos usuários na cidade de Pelotas/RS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional da Faculdade de Arquitetura na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPUR/UFRGS), na linha de pesquisa Sistemas Configuracionais Urbanos, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Planejamento Urbano e Regional.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri

PORTO ALEGRE

2023

JARDEL ARNOLD SIVERIS

CONFIGURAÇÃO ESPACIAL E TRANSPORTE PÚBLICO POR ÔNIBUS:

análise da acessibilidade aos usuários na cidade de Pelotas/RS

Aprovada em 27 de janeiro de 2023

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri
(Presidente e Orientador)

Prof. Dra. Clara Natália Steigleder Walter
(Examinadora externa, CSTTT/UFPel)

Prof. Dr. Cláudio Mainieri de Ugalde
(Examinador externo, METROPLAN)

Prof. Dra. Clarice Maraschin
(Examinadora interna, PROPUR/UFRGS)

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Siveris, Jardel Arnold
Configuração espacial e transporte público por
ônibus: análise da acessibilidade aos usuários na
cidade de Pelotas/RS / Jardel Arnold Siveris. -- 2023.
202 f.
Orientador: Fábio Lúcio Lopes Zampieri.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Programa
de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional,
Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Acessibilidade. 2. Transporte público por
ônibus. 3. Configuração espacial urbana. 4. Equidade
social. 5. Sintaxe Espacial. I. Zampieri, Fábio Lúcio
Lopes, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Nilse e José Eusébio, por todas as palavras de incentivo, pela educação e pelos valores que me deram. Sem eles, nada disso seria possível.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Fábio Lúcio Lopes Zampieri, por me dar o suporte necessário na conclusão desta dissertação. Pela oportunidade de estágio na disciplina de Urbanismo II, da Faculdade de Arquitetura, ao me iniciar em experiências pedagógicas. E, acima de tudo, por ser um amigo.

Aos membros da Banca Examinadora: Prof^a. Dra. Clara Natália Steigleder Walter, Prof. Dr. Cláudio Mainieri de Ugalde e Prof^a. Dra. Clarice Maraschin, por aceitarem o convite e pelas valiosas contribuições.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e ao Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR), pela oportunidade de ingresso e qualidade em ensino, pesquisa e extensão.

Aos integrantes do Grupo de Pesquisa em Dinâmica Espacial e Sociedade (GDES), pelas experiências transmitidas, contribuições e práticas com a Sintaxe Espacial.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos e por proporcionar a minha permanência.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma me deram suporte intelectual e emocional durante este período de muitas dúvidas e questionamentos.

RESUMO

Na maioria das cidades brasileiras, o modelo atual de desenvolvimento urbano e a construção de condições favoráveis aos automóveis agravaram os problemas de mobilidade urbana. Esse cenário, associado à redução da participação dos modos coletivos, comprometeu a qualidade dos serviços de transporte público por ônibus, como na disponibilização do serviço em distâncias de caminhada acessíveis à população em suas atividades cotidianas, contrariando as ações em direção à equidade social no espaço urbano. Como forma de verificar as condições de deslocamento intraurbano e os reais beneficiários de sua distribuição, o estudo buscou analisar a acessibilidade considerando a configuração espacial da cidade e o acesso aos usuários, com base nas dimensões físicas e sociais da circulação através de uma análise multidimensional que considerou a estrutura urbana e a espacialização das características dos moradores. Explorou-se a relação entre a forma da cidade em seu viés configuracional, mediante uma abordagem exploratória da Sintaxe Espacial com a representação da malha viária pelo mapa de segmentos, e a mobilidade urbana, através de processamentos em SIG da rede viária, dados censitários e distâncias não-euclidianas a equipamentos urbanos. A metodologia se desenvolve a partir de um estudo de caso em Pelotas/RS, contando com quatro etapas: i) Caracterização da área de estudo; ii) Análise socioespacial; iii) Análise do potencial de movimento, e; iv) Análise comparativa. Para analisar a acessibilidade aos usuários do transporte coletivo, foram consideradas duas escalas de análise: microacessibilidade e macroacessibilidade, as quais buscaram simular a caminhada às paradas de ônibus e o percurso dos itinerários, respectivamente. A unidade de análise escolhida permitiu que as variáveis pudessem ser comparadas e divididas em áreas homogêneas, compatíveis com o tamanho da cidade. Os resultados encontrados demonstraram que a desigualdade revela-se espacialmente a partir do distanciamento de determinados grupos sociais às infraestruturas e oportunidades urbanas. Como reflexo disto, criam-se áreas de segregação socioespacial, diferenciando-se urbanisticamente em termos configuracionais e de mobilidade urbana.

Palavras-chave: Acessibilidade; Transporte Público por Ônibus; Configuração Espacial Urbana, Equidade Social; Sintaxe Espacial.

ABSTRACT

In most Brazilian cities, the current model of urban development and the construction of favorable conditions for cars have exacerbated the problems of urban mobility. This scenario, associated with the reduced participation of collective means of transportation, undermined the quality of public transport services provided by regular buses, as well as the availability of the service within walking distances to the population in their daily activities, contradicting the actions towards social equity in urban space. As a way to verify the conditions of intra-urban displacement and the real beneficiaries of its distribution, the study sought to analyze accessibility by considering the spatial configuration of the city and access to users, based on the physical and social dimensions of circulation through a multidimensional analysis that considered the urban structure and the spatialization of residents' characteristics. The relationship between the city form in its configurational bias was explored, through an exploratory approach to Spatial Syntax with the representation of the road network by the segment map, and urban mobility by using GIS processing of the road network, census data and non-Euclidean distances to urban equipment. Based on a case study conducted in Pelotas/RS, four stages were developed: i) Characterization of the study area; ii) Socio-spatial analysis; iii) Movement potential analysis; and iv) Comparative analysis. To analyze the accessibility for public transport users, two scales of analysis were used: micro-accessibility and macro-accessibility, which aimed to simulate walking to bus stops and traveling along the bus routes, respectively. The unit of analysis chosen allowed the variables to be compared and divided into homogeneous areas, compatible with the size of the city. According to the findings, inequality is spatially revealed through the distance of certain social groups to urban infrastructures and opportunities. As a reflection of this, areas of socio-spatial segregation are created, differentiating themselves urbanistically in terms of urban configuration and mobility.

Keywords: Accessibility; Public Transportation by Bus; Urban Spatial Configuration, Social Equity; Spatial Syntax.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ciclo de retroalimentação entre Transporte e Uso do solo.	13
Figura 2 – Modelo 4 Etapas.	14
Figura 3 – Evolução dos conceitos e escopo de atuação dos profissionais envolvidos com a mobilidade e seu planejamento.	16
Figura 4 – Distâncias médias percorridas por diferentes usuários e veículos em um período de 10 minutos.	38
Figura 5 – Espaço ocupado por 50 pessoas.	39
Figura 6 – Tipologia das cidades latino-americanas.	45
Figura 7 – Relações entre as componentes urbanas e o movimento natural. A é atração, C é configuração e M é movimento.	53
Figura 8 – Representação da rede de ruas. a) mundo real. b) mapa axial. c) rede tradicional.	55
Figura 9 – Conversão do mapa axial. a) Mapa axial. b) Grafo correspondente.	56
Figura 10 – Cálculo da profundidade média da linha A por medida axial e angular.	58
Figura 11 – Processo de obtenção de uma rede de segmentos a partir do mapa de linhas axiais. (a) Mapa axial. (b) Mapa segmentado. (c) Representação do grafo.	59
Figura 12 – Síntese da metodologia.	75
Figura 13 – Relações das figuras geométricas com sua vizinhança imediata.	79
Figura 14 – Distribuição modal a partir da pesquisa O-D.	103
Figura 15 – Identificação das linhas de influência da rede do transporte coletivo desenvolvida na etapa de diagnóstico da mobilidade urbana.	108

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 – Mapa de localização do município.	94
Mapa 2 – Regiões Administrativas ou macrorregiões da cidade de Pelotas/RS.	95
Mapa 3 – Evolução da área urbana (1815 – 2015)	97
Mapa 4 – Evolução da área urbana (1815 – 2015) com vias arteriais existentes.	98
Mapa 5 – Mapa dasimétrico de densidade populacional.....	99
Mapa 6 – Mapa de rendimento per capita da população.	100
Mapa 7 – Itinerários e paradas de ônibus.	106
Mapa 8 – Infraestrutura do transporte coletivo em Pelotas/RS.	107
Mapa 9 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (saúde pública).	110
Mapa 10 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (educação pública)...	111
Mapa 11 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (áreas verdes).....	112
Mapa 12 – Características sociodemográficas em Pelotas/RS.....	115
Mapa 13 – Estabelecimentos de saúde (com atendimento SUS) em Pelotas/RS...	120
Mapa 14 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde (com atendimento SUS) em Pelotas/RS.	121
Mapa 15 – Estabelecimentos públicos de educação em Pelotas/RS.....	124
Mapa 16 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação em Pelotas/RS.....	125
Mapa 17 – Áreas verdes, parques e praças em Pelotas/RS.	127
Mapa 18 – Isodistâncias para áreas verdes, parques e praças em Pelotas/RS.....	128
Mapa 19 – Distâncias de caminhada ao Transporte Público em Pelotas/RS.....	129
Mapa 20 – Características configuracionais em Pelotas/RS.....	134
Mapa 21 – Integração em macroescala em Pelotas/RS.	137
Mapa 22 – Núcleo de Integração (10%) em Pelotas/RS.	140
Mapa 23 – <i>Choice</i> em macroescala em Pelotas/RS.	142
Mapa 24 – Integração em microescala em Pelotas/RS.....	146
Mapa 25 – <i>Choice</i> em microescala em Pelotas/RS.	149

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Licenciamento de autoveículos no período 1960 – 2019.....	19
Gráfico 2 – Histograma da conectividade média das células em Pelotas/RS.	133
Gráfico 3 – Histograma de integração global média em Pelotas/RS.....	138
Gráfico 4 – Histograma de integração local média de R5000m em Pelotas/RS.	138
Gráfico 5 – Histograma de integração local média de R2000m em Pelotas/RS.	138
Gráfico 6 – Histograma de <i>choice</i> global média em Pelotas/RS.	143
Gráfico 7 – Histograma de <i>choice</i> local média de R5000m em Pelotas/RS.....	143
Gráfico 8 – Histograma de <i>choice</i> local média de R2000m em Pelotas/RS.....	143
Gráfico 9 – Histograma de integração local média de R800m em Pelotas/RS.	147
Gráfico 10 – Histograma integração local média de R500m em Pelotas/RS.	147
Gráfico 11 – Histograma de integração local média de R300m em Pelotas/RS.....	147
Gráfico 12 – Histograma de <i>choice</i> local média de R800m em Pelotas/RS.....	150
Gráfico 13 – Histograma de <i>choice</i> local média de R500m em Pelotas/RS.....	150
Gráfico 14 – Histograma de <i>choice</i> local média de R300m em Pelotas/RS.....	150

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre as abordagens tradicionais e as alternativas no planejamento de transportes.....	24
Quadro 2 – Definições de acessibilidade.	31
Quadro 3 – Síntese de medidas sintáticas.	60
Quadro 4 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa.	74
Quadro 5 – Síntese descritiva das etapas.....	77
Quadro 6 – Dados espaciais inseridos no estudo.	81
Quadro 7 – Síntese das variáveis utilizadas no estudo.....	91

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Variação populacional entre 1940 – 1991.	18
Tabela 2 – Variações no transporte coletivo no período 2008 – 2018.	22
Tabela 3 – Distribuição do número de viagens por modo de transporte principal.	40
Tabela 4 – Faixas de distância por modo de transporte.	87
Tabela 5 – Variáveis das dimensões sociais nas células H3.	88
Tabela 6 – Variáveis das dimensões físicas nas células H3.	89
Tabela 7 – Avaliação dos valores de r.	92
Tabela 8 – Dados sobre a população e unidades imobiliárias por RA.	95
Tabela 9 - Dados operacionais do transporte coletivo de 2018.	104
Tabela 10 – Distribuição dos equipamentos urbanos por nível de acessibilidade.	109
Tabela 11 – Distribuição das paradas de ônibus por RA.	113
Tabela 12 – Cobertura da infraestrutura do transporte público.	114
Tabela 13 – Características sociodemográficas por RA.	116
Tabela 14 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde pelo transporte público (porcentagem de população atendida).	122
Tabela 15 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).	123
Tabela 16 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação pelo transporte público (porcentagem de população atendida).	126
Tabela 17 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).	126
Tabela 18 – Isodistâncias às áreas verdes, parques e praças em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).	128
Tabela 19 – Distâncias de caminhada por RA.	130
Tabela 20 – Compacidade e Conectividade por RA (em valores médios).	135
Tabela 21 – Integração em macroescala por RAs (em valores médios).	141
Tabela 22 – <i>Choice</i> em macroescala por RA (em valores médios).	144
Tabela 23 – Integração em microescala por RA (em valores médios).	148
Tabela 24 – <i>Choice</i> em microescala por RA (em valores médios).	151
Tabela 25 – Correlações entre medida sintática de integração e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.	153

Tabela 26 – Correlações entre medida sintática de <i>choice</i> e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.	155
Tabela 27 – Correlações entre medidas configuracionais de conectividade e compacidade e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.	156
Tabela 28 – Quantidade de células dentro dos 10% por faixa salarial.	156
Tabela 29 – Quantidade de células dentro dos 10% por PPPs.	157
Tabela 30 – Quantidade de células dentro dos 10% por paradas ou itinerários.	157
Tabela 31 – Quantidade de células dentro dos 10% por distância de caminhada. .	158

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
ANTP	Associação Nacional de Transportes Públicos
BNH	Banco Nacional de Habitação
CBD	<i>Central Business District</i>
CBERS	<i>China-Brazil Earth Resources Satellite</i>
CNT	Confederação Nacional do Transporte
COHAB	Conjunto Habitacional
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
CRS	<i>Coordinate Reference System</i>
CTB	Código de Trânsito Brasileiro
CTCP	Consórcio do Transporte Coletivo de Pelotas
DENATRAN	Departamento Nacional de Trânsito
DOTS	Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável
GDCI	<i>Global Designing Cities Initiative</i>
GEE	Gases do Efeito Estufa
GeoPelotas	Portal de Informações Geográficas da Prefeitura de Pelotas
GPS	<i>Global Positioning System</i>
Habitat III	Conferência das Nações Unidas para a Habitação e Desenvolvimento Sustentável
H3	<i>Hexagonal hierarchical geospatial indexing system</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IES	Instituição de Ensino Superior
IFSul	Instituto Federal Sul-Riograndense
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IPI	Imposto sobre Produtos Industrializados
IPK	Índice de Passageiros por Quilômetro
ITDP	<i>Institute for Transportation and Development</i>
JLE	<i>Jubilee Line Extension</i>
JLR	<i>Jerusalem Light Rail</i>
NACH	<i>Normalised angular choice</i>

NACTO	<i>National Association of City Transportation Officials</i>
NAIN	<i>Normalised angular integration</i>
NAU	Nova Agenda Urbana
NI	Núcleo de Integração
NTU	Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos
ODS	Objetivo do Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organização das Nações Unidas
O-D	Origem-Destino
OSM	<i>OpenStreetMap</i>
PCD	Pessoa com Deficiência
PEC	Proposta de Emenda à Constituição
PlanMob	Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Pelotas
PNMU	Política Nacional de Mobilidade Urbana
PNT	Política Nacional de Trânsito
PPP	Pessoa Preta ou Parda
PVD	Passageiros por Veículo por Dia
r	Coeficiente de Correlação de Pearson
RA	Região Administrativa
RCL	<i>Road Centreline</i>
Rn	Raio Global
RS	Estado do Rio Grande do Sul
RSL	Revisão Sistemática de Literatura
SATURN	<i>Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks</i>
SE	Sintaxe Espacial
SI	<i>Spatial Interaction</i> ou Interação Espacial
SIG	Sistema de Informações Geográficas
SIMOB	Sistema de Informações de Mobilidade Urbana
SIRGAS2000	Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas
SST	<i>Space Syntax Toolkit</i>
STT	Secretaria de Transporte e Trânsito
SUS	Sistema Único de Saúde
TCE	Tribunal de Contas do Estado
TOD	<i>Transit Oriented Development</i>

UBS	Unidade Básica de Saúde
UCL	<i>University College London</i>
UCPel	Universidade Católica de Pelotas
UFPel	Universidade Federal de Pelotas
UPA	Unidade de Pronto Atendimento
UTM	<i>Universal Transverse Mercator</i>
VGI	<i>Volunteered Geographic Information</i>
WPM	<i>Multispectral and Panchromatic Wide-Scan Camera</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	MOTIVAÇÃO DA PESQUISA.....	2
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA.....	3
1.3	JUSTIFICATIVA.....	5
1.4	LACUNA DO CONHECIMENTO.....	6
1.5	QUESTÕES DE PESQUISA	7
1.6	OBJETIVOS DA PESQUISA.....	8
1.7	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	8
1.8	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	9
2	TRANSPORTE, MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E ACESSIBILIDADE.....	11
2.1	TRANSPORTE	11
2.1.1	Modelos de Transporte.....	12
2.1.2	Perspectivas atuais.....	15
2.1.3	Transporte no Brasil	17
2.1.4	Transporte público urbano.....	19
2.1.4.1	A inserção do ônibus no cenário brasileiro	21
2.2	MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL.....	23
2.2.1	Nova Agenda Urbana e Agenda 2030.....	26
2.2.2	Legislação no Brasil	27
2.3	ACESSIBILIDADE	30
2.4	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2	34
3	CIDADE, EQUIDADE SOCIAL E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL.....	36
3.1	CIDADE E MOVIMENTO.....	36
3.1.1.1	Espaço urbano e Transporte Público	38
3.2	EQUIDADE SOCIAL.....	41
3.3	ESTUDOS CONFIGURACIONAIS	43
3.3.1	Configuração espacial	43
3.3.1.1	Segregação socioespacial	46
3.4	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3	49

4	SINTAXE ESPACIAL, ESTUDOS EM TRANSPORTE E ANÁLISE ESPACIAL.....	51
4.1	TEORIA DA LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO.....	51
4.1.1	Representação por segmentos	57
4.1.2	Medidas sintáticas	60
4.2	APLICABILIDADE EM ESTUDOS DE TRANSPORTE PÚBLICO	62
4.2.1	Transporte metroferroviário	63
4.2.2	Transporte por ônibus.....	66
4.3	SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS.....	68
4.4	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4	70
5	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	72
5.1	MÉTODO DE PESQUISA	72
5.1.1	Delineamento metodológico.....	73
5.1.2	Concepção do método	74
5.1.3	Escalas de análise	78
5.1.4	Unidade de análise.....	79
5.2	TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS.....	81
5.2.1	Processamentos dos dados.....	82
5.2.1.1	Sistema viário.....	83
5.2.1.2	Unidade de análise.....	84
5.2.1.3	Células.....	85
5.3	VARIÁVEIS	90
5.4	CORRELAÇÕES	91
6	ESTUDO DE CASO: TRANSPORTE COLETIVO DE PELOTAS/RS	93
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	93
6.1.1	Sistema viário e área urbana.....	96
6.1.2	Aspectos socioeconômicos.....	99
6.1.3	Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Pelotas	101
6.1.4	Plano Diretor Municipal.....	104
6.1.5	Itinerários.....	105
6.1.6	Paradas de ônibus	108
6.2	ANÁLISE SOCIOESPACIAL.....	115
6.2.1	Macroacessibilidade	119
6.2.2	Microacessibilidade.....	129

6.3	ANÁLISE DO POTENCIAL DE MOVIMENTO.....	132
6.3.1	Macroacessibilidade	136
6.3.2	Microacessibilidade.....	146
6.4	ANÁLISE COMPARATIVA.....	153
6.5	CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 6	158
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	163
7.1	SOBRE O MÉTODO	165
7.2	LIMITAÇÕES DA PESQUISA	166
7.3	INDICAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	168
8	REFERÊNCIAS	169
	APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	181

1 INTRODUÇÃO

A mobilidade urbana, como forma de inclusão social, tem o desafio de proporcionar o acesso da população na vida das cidades e nos espaços urbanos (FERRAZ; TORRES, 2004). No entanto, durante a evolução da maioria das cidades brasileiras, não existiram princípios norteadores na expansão da malha viária e na distribuição das atividades pelo território (SANTOS, 1988; VASCONCELLOS, 2013). Além disso, a dispersão da ocupação urbana aumentou o número e a distância dos deslocamentos, levando à dependência da população aos sistemas de transporte (BALBIM, 2003; BRASIL, 2015).

Há pouco tempo, a mobilidade urbana era vista como meio de melhorar a fluidez dos deslocamentos para atender exclusivamente os modos de transporte individuais. No entanto, esse pensamento está centrado nos veículos motorizados particulares como elemento prioritário no acesso às vias, desconsiderando os fatores humano e ambiental. As consequências dos deslocamentos por esses modos de transporte aumentaram consideravelmente o consumo de espaço viário, o tempo e a energia durante as viagens, bem como as emissões de poluentes (FERRAZ; TORRES, 2004; VASCONCELLOS, 2006).

Devido ao aumento da oferta de veículos automotores, à facilidade de deslocamento porta a porta oferecida pelos modos de transporte como carros e motocicletas, e a outros fatores associados, as cidades passaram a se expandir em direção às periferias, contribuindo a uma menor densidade em bairros mais afastados da área central das cidades (FERRAZ; TORRES, 2004) e em consequentes alterações na morfologia urbana. Essa realidade afetou a qualidade dos serviços prestados pelo transporte público urbano em virtude do aumento das distâncias a serem percorridas para atender as necessidades da população, principalmente aos habitantes que residem distantes do centro (VASCONCELLOS, 2013).

Como forma de analisar o acesso dos moradores ao transporte público por ônibus, este estudo busca abordar o tema sob uma perspectiva da configuração espacial urbana e da equidade social, concomitantemente. A temática está inserida no contexto da mobilidade urbana sustentável, com foco no acesso à cidade pelos usuários. Baseia-se na infraestrutura de transportes conferida pelos espaços públicos, assim como na incorporação de componentes sociodemográficas.

1.1 MOTIVAÇÃO DA PESQUISA

A motivação se sustenta ao perceber as dificuldades existentes nos deslocamentos a partir e/ou até a chegada nas paradas do transporte coletivo, bem como pelo atual processo de urbanização, estimulado pelos avanços tecnológicos nos meios de transporte, dificultar a distribuição equitativa dos equipamentos urbanos à população e a oferta de transporte público em distâncias de caminhada adequadas. Por consequência deste e de outros aspectos associados, o transporte por ônibus vem reduzindo sua participação como modo preferencial de deslocamento e necessita de estudos que possam contribuir para torná-lo mais atrativo. Assim, a ideia de pesquisa inicia-se pela constatação de um problema de origem prática no mundo real e vivenciada por usuários do transporte público por ônibus que compromete o acesso à cidade.

A acessibilidade não é a única componente, porém é importante ao bom funcionamento dos sistemas de transporte público. De acordo com Ferraz e Torres (2004), os usuários devem ser vistos como clientes do sistema e das empresas operadoras, necessitando receber um serviço de qualidade que os motive em sua permanência e lhes proporcione satisfação. Nesse sentido, a acessibilidade pode ser encarada como forma de atrair e manter as pessoas neste modal. O passageiro é o principal componente, sendo necessário mantê-lo cativo e motivado a usar este sistema. Melhorias ou alterações devem se centrar no usuário, de modo a atender suas necessidades e anseios, uma vez que o passageiro tem poder de julgamento a partir de suas percepções e experiências no uso do ônibus como modo de transporte. Se as condições do transporte público não forem adequadas o suficiente e as condições financeiras permitirem, o usuário poderá migrar para outro modo de sua preferência, como na escolha pelos veículos automotores.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Com a consolidação de um padrão de urbanização mundial ocorrido posteriormente ao processo de industrialização, o desafio de oportunizar o acesso aos usuários vem se tornando cada vez mais complexo. A acessibilidade ao ambiente urbano agravou-se à medida que as cidades se dispersaram para além do centro econômico detentor de serviços especializados e tornaram-se cada vez mais dependentes dos veículos individuais motorizados. Esse é um cenário recorrente nos centros urbanos brasileiros, ocorrendo desde as metrópoles nacionais às cidades interioranas de médio ou pequeno porte. A consequência disso é o aumento do consumo do espaço público urbano correspondente às vias de circulação, incremento no tempo necessário para viagens, congestionamentos cada vez maiores e impactos ambientais causados pela emissão de poluentes à atmosfera.

Considerando as transformações ocorridas nas cidades no decorrer das últimas décadas, os cenários de desigualdade social se agravaram e muitas pessoas passaram a morar distante de melhores oportunidades de emprego e aos serviços necessários à manutenção da vida. Possuem as melhores condições de acesso aqueles que podem pagar por uma moradia mais bem localizada ou detenham de meios para atingir seus locais de destino, implicando em iniquidades relacionadas ao transporte. Este processo de desenvolvimento urbano, na maioria das vezes sem um planejamento adequado, trouxe inúmeros desafios a serem enfrentados durante o século XXI.

No caso do transporte público por ônibus, utilizado por parcela significativa da população urbana, a influência de externalidades acarretou na diminuição das velocidades médias¹ e na conseqüente redução da atratividade deste modo de transporte por parte dos usuários. Além disso, a participação do transporte coletivo tem enfrentado dificuldades com a concorrência de outros modos de transporte, principalmente devido aos incentivos à produção de veículos automotores concedidos nas últimas décadas e, recentemente, aos serviços de transporte por aplicativo que

¹ Com o compartilhamento de faixas com veículos automotores em vias sem corredor exclusivo para ônibus, a velocidade comercial é reduzida em decorrência da disputa de espaço entre os demais modos de transporte, principalmente em horários de maior fluxo.

realizam seus deslocamentos porta a porta². Contribui ainda no agravamento deste quadro a presença da informalidade com as redes de vans e mototáxis ilegais ocupando os vazios deixados pela ausência do Estado (MARICATO, 2008).

De acordo com a Associação Nacional de Transportes Públicos (ANTP, 2020), a proporção de pessoas que usam o transporte coletivo vem caindo. O número de usuários transportados reduziu pela metade nos últimos 25 anos. Parte deste contingente migrou para o transporte individual motorizado, que acaba alimentando um ciclo vicioso e atingindo o desempenho do transporte público, e parte passou a andar a pé por não ter como pagar a passagem devido aos aumentos em seu valor. Segundo dados do Tribunal de Contas do Estado (TCE, 2019), o número de usuários de ônibus reduziu em 18,3% no estado do Rio Grande do Sul no período compreendido entre 2015 – 2019 e, de acordo com ANTP (2020), houve redução de 25,9% entre 2014 – 2018 no cenário nacional.

Além disso, os estudos e as políticas de mobilidade urbana no Brasil não tem se dedicado muito à temática da acessibilidade urbana, em que costumam dar ênfase na redução de congestionamentos, redução dos tempos de viagem no trânsito e aumento dos fluxos veiculares (PEREIRA *et al.*, 2020). Apesar de transportarem apenas 20% dos passageiros nos deslocamentos motorizados em corredores de transporte urbano, os automóveis privados ocupam 60% das vias públicas, enquanto os ônibus, que transportam cerca de 70% dos passageiros, ocupam apenas 25% do espaço viário, de acordo com relatório da Confederação Nacional do Transporte (CNT 2002) realizado em 11 cidades brasileiras. Esse modo de planejamento tem sido questionado por vários autores, como Jacobs (2011) e Gehl (2015), que trouxeram críticas acerca do espaço público destinado aos automóveis no século passado, bem como sobre os impactos da expansão viária na vida urbana e na interação social.

² Este novo modo de deslocamento acaba por absorver a demanda por viagens curtas, que contribuíam para a sustentabilidade financeira do sistema, uma vez que auxiliavam indiretamente com as viagens de usuários que moram mais longe.

1.3 JUSTIFICATIVA

Como resposta aos processos que influenciam a vida cotidiana no ambiente urbano, existem questões que devem ser levadas em consideração para tornar as cidades mais acessíveis, sociáveis e sustentáveis e, portanto, menos dependentes dos automóveis. Entre as medidas possíveis de serem tomadas estão: aumentar a acessibilidade aos usuários através da disposição adequada dos locais de embarque ou desembarque aos transportes coletivos (PIANUCCI; SEGANTINE; HIROSUE, 2019), aproveitar o potencial da configuração espacial urbana na alocação dos locais de parada de ônibus e melhorar o acesso à cidade para as pessoas mais vulneráveis, como na proximidade aos equipamentos urbanos.

Nesta direção, a Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) (BRASIL, 2012) apresenta algumas premissas relacionadas à acessibilidade, como: a eficiência dos deslocamentos nas cidades, o desenvolvimento sustentável, o estímulo ao uso dos transportes coletivos em relação aos individuais e o incentivo por modos de transporte ativos sobre os motorizados. A PNMU é um instrumento que visa o desenvolvimento das funções sociais da cidade e de bem-estar à população, possibilitando atender as suas demandas no uso do espaço público de circulação. Assim, a maneira como os deslocamentos ocorrem pelas vias deve ser levada em consideração pela gestão pública dos municípios na construção de seus planos de mobilidade urbana, assumindo a necessidade de qualificar os acessos. Como resultado, facilitaria o deslocamento das pessoas em destinos variados e incentivaria o uso dos modos de transporte coletivos, como o realizado por ônibus.

De acordo com Santos (1988), as vias são o palco onde ocorrem os dramas e representações da sociedade, servindo como ligação entre pontos de interesse particular e, no caso de se tornarem complexas, demandarão soluções específicas. Neste sentido, a incorporação da acessibilidade configuracional em estudos de mobilidade urbana pode fornecer uma melhor abordagem para lidar com as complexidades urbanas, permitindo a provisão de acesso e o desenvolvimento urbano sustentável. A acessibilidade apresenta papel fundamental na inclusão social, uma vez que promove e incentiva o acesso e o compartilhamento do ambiente urbano entre todos.

Como solução possível, a oferta de modos de transporte mais sustentáveis e que favoreçam o acesso dos usuários às áreas urbanas poderia estimular a mudança comportamental das pessoas, contribuindo na construção de cidades acessíveis, sustentáveis e equitativas. Diante deste contexto, se faz necessário realizar uma reflexão sobre como os deslocamentos estão ocorrendo atualmente e quais as condições atuais nas cidades brasileiras, de modo a buscar melhorias na mobilidade urbana. Entender a influência da forma urbana sobre os deslocamentos pelos usuários do transporte público e a proximidade aos equipamentos urbanos é um caminho essencial a ser seguido para a criação de cidades humanas, equânimes e saudáveis. Por isso, a análise do transporte coletivo em relação às condições de acesso aos usuários tem relevância, uma vez que se pode identificar os gargalos urbanos existentes e os locais carentes de melhorias.

1.4 LACUNA DO CONHECIMENTO

A acessibilidade no transporte público está inserida nos estudos de mobilidade urbana sustentável e no planejamento urbano sustentável, sendo uma preocupação de autores em vários países, principalmente na Eurásia (CHEN; KARIMI, 2019; JUN et al. 2007; PEZESHKNEJAD; MONAJEM; MOZAFARI, 2020; ROKEM; VAUGHAN, 2018; TALAVERA-GARCÍA; VALENZUELA-MONTES, 2012; ZHANG; HU, 2018). No entanto, poucos são os estudos realizados sobre a relação do transporte público por ônibus com a estrutura urbana da cidade e a acessibilidade, especialmente quando consideradas as cidades brasileiras.

Vargas (2001, p. 2) afirma que desde que o Planejamento Urbano começou a ser uma preocupação das cidades, “os modelos de transporte têm concebido os seus planos sem levar em consideração estudos configuracionais da malha urbana, que como base que dá vida ao fenômeno urbano, pode representar a origem dos problemas” de mobilidade. Por isso, são necessários estudos que considerem a influência da configuração espacial urbana em decorrência dos impactos sobre a circulação nas cidades.

1.5 QUESTÕES DE PESQUISA

Considerando que a relação existente entre a configuração espacial urbana é necessária no sentido de viabilizar distâncias de caminhada acessíveis aos usuários do transporte público por ônibus, bem como formas de aumentar a atratividade ao sistema, aproveitando-se do potencial fornecido pela rede, a questão de pesquisa a ser respondida é: Como a configuração espacial das cidades interfere na acessibilidade ao transporte público por ônibus e quais os impactos da cobertura deste serviço no acesso dos usuários à cidade?

Com base no contexto e na questão de pesquisa apresentada, parte-se da hipótese de que a cobertura atual do serviço de transporte público não atende as áreas urbanas da cidade de Pelotas/RS de forma equitativa, considerando que as paradas de ônibus não são distribuídas de modo equilibrado entre as regiões do perímetro urbano. Ainda, no caso da distribuição dos locais de embarque ou desembarque ao transporte coletivo, supõe-se que nem todos se localizam em áreas da rede que contêm os maiores valores de acessibilidade sob a perspectiva configuracional, não aproveitando o potencial de atração fornecido pelo espaço público de circulação.

A pesquisa ainda se orientou a partir dos seguintes questionamentos:

- Quais são os perfis sociodemográficos dos moradores que mais se beneficiam da acessibilidade proporcionada pela rede viária e itinerários?
- A distribuição do sistema de transporte por ônibus cobre de forma equitativa as áreas da cidade?
- Qual o comportamento do transporte público por ônibus nos deslocamentos dos usuários considerando a acessibilidade como elemento central?
- O sistema de transporte público por ônibus está aproveitando o potencial da configuração espacial urbana na alocação dos itinerários na rede viária?

Por isso, pretende-se buscar as relações existentes entre a acessibilidade e a estrutura espacial da cidade, de modo a verificar de que maneira o transporte público por ônibus integra o ambiente urbano com as atividades demandadas pelos usuários e como são consideradas as questões socioeconômicas e demográficas nesse cenário.

1.6 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral do estudo é analisar a acessibilidade ao transporte público urbano por ônibus considerando a configuração espacial da cidade e o acesso aos usuários, com base nas dimensões físicas e sociais da circulação.

Para isso, é necessário atingir alguns objetivos específicos:

- Relacionar as dimensões sociais com a acessibilidade configuracional da rede, de modo a sistematizar um método de análise;
- Analisar as distâncias de caminhada dos usuários, considerando os deslocamentos em relação às paradas de ônibus e os destinos-chave;
- Verificar a distribuição atual dos itinerários urbanos do ponto de vista da acessibilidade configuracional, bem como a capacidade de atração do sistema sob a perspectiva da lógica social do espaço;
- Explorar a abordagem da Sintaxe Espacial como instrumento de análise da acessibilidade no transporte público por ônibus, considerando a influência da configuração espacial urbana sobre este modo de transporte.

1.7 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

O estudo ocorre a partir da análise do transporte público por ônibus em Pelotas/RS, sob o contexto de uma cidade média do estado do Rio Grande do Sul. A pesquisa é orientada pela análise da acessibilidade deste modal considerando a estrutura urbana da cidade, através do potencial de movimento dado pela sua configuração espacial, e a incorporação de dimensões sociais da circulação urbana com base em dados censitários e equipamentos urbanos selecionados (saúde, educação, áreas verdes, parques e praças). Deste modo, desconsiderou-se o tempo de espera, o preço da tarifa, as condições físicas das paradas *etc.*, parâmetros que os usuários também são expostos, mas que não foram analisados neste estudo. Portanto, a acessibilidade considerada será aquela conferida pelos espaços públicos de circulação, baseada na configuração espacial da cidade.

Durante as análises, as implicações sobre o usuário são colocadas em evidência, uma vez que é atingido diretamente pelo modo como ocorre a oferta do sistema. Isto porque para existir um transporte público de qualidade, além deste ser acessível por caminhada, a estruturação da cidade em suas dimensões físicas, políticas e sociais, com a integração deste modal aos espaços urbanos no entorno dos locais de embarque/desembarque dos usuários é necessária, uma vez que áreas desassistidas pelas operadoras ficam desconectadas de serviços urbanos essenciais. É neste contexto que a pesquisa busca se inserir, ao realizar uma análise da acessibilidade ao transporte público por ônibus na cidade de Pelotas/RS, sem, no entanto, adentrar no mérito das ações políticas desempenhadas pelo Estado.

1.8 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A proposta de pesquisa está descrita no Capítulo 1 – Introdução, ao situar o leitor quanto ao contexto em que o estudo está inserido, a sua justificativa e o problema que a originou. A partir disto, foram elaboradas as questões que nortearam o desenvolvimento da dissertação, bem como os objetivos perseguidos e a lacuna do conhecimento verificada. Por fim, a delimitação da pesquisa realiza um recorte ao estabelecer as restrições à investigação.

Os fundamentos necessários para o desenvolvimento da pesquisa foram constituídos a partir de três eixos condutores, os quais buscaram representar as dimensões físicas e sociais decorrentes da circulação de pessoas no ambiente urbano. Para isso, realizou-se um levantamento bibliográfico através de buscas em base de dados, periódicos, livros ou documentos, de maneira a embasar pelo estado da arte e constituir os conceitos básicos³. Contextualizou-se a temática centrada na acessibilidade aos usuários do transporte público por ônibus no decorrer dos seguintes eixos: i) Transporte, Mobilidade Urbana Sustentável e Acessibilidade; ii) Cidade, Equidade Social e Configuração Espacial, e; iii) Sintaxe Espacial, Estudos de Transporte e Análise Espacial.

³ Para verificar os procedimentos adotados na revisão sistemática de literatura, consulte o Apêndice A.

Para cada eixo mencionado, realizou-se a divisão em capítulos. Inicialmente, durante o Capítulo 2 – Transporte, Mobilidade Urbana Sustentável e Acessibilidade, foram descritos o cenário dos transportes no Brasil e no mundo, as perspectivas dos estudos em transportes, o ônibus como modo de transporte, os princípios do desenvolvimento sustentável, a legislação brasileira e a acessibilidade.

Considerando que os deslocamentos das pessoas e dos veículos ocorrem no ambiente urbano, o Capítulo 3 – Cidade, Equidade Social e Configuração Espacial, coloca a cidade como *background*, uma vez que é a partir das permeabilidades decorrentes da sua estrutura que a circulação acontece. Nesse sentido, tem-se a intenção de destacar a cidade ao abordar a respeito de sua configuração espacial, conduzi-la como um problema social e apresentar as implicações em relação à segregação socioespacial.

No Capítulo 4 – Sintaxe Espacial, Estudos em Transporte e Análise Espacial, é colocada em evidência a abordagem da Sintaxe Espacial, utilizada na predição do potencial de movimentos nos fluxos de pedestres e veículos. São apresentadas algumas experiências da utilização desta abordagem configuracional na área de transportes, com exemplos de aplicação em problemas de transporte público urbano.

Na sequência, o Capítulo 5 – Procedimentos metodológicos, descreve a organização metodológica, os materiais empregados para conduzir o estudo de caso e os limites da investigação. Demonstram-se as abordagens para o desenvolvimento da pesquisa, o delineamento metodológico, a caracterização do recorte espacial, a concepção do método, o banco de dados e as variáveis interdependentes e socioeconômicas selecionadas para as análises.

Durante o Capítulo 6 – Estudo de caso: transporte coletivo de Pelotas/RS, é apresentada a contextualização da área urbana do município, os resultados encontrados pela aplicação do método e as discussões de acordo com o referencial teórico elaborado. Para isso, a área urbana foi dividida em 7 Regiões Administrativas (RAs), conforme o III Plano Diretor de Pelotas (2008), e foram seguidas as seguintes etapas: i) Caracterização da área de estudo; ii) Análise socioespacial; iii) Análise do potencial de movimento, e; iv) Análise comparativa.

Por fim, o Capítulo 7 realiza o fechamento da dissertação através da exposição das considerações sobre a pesquisa, as limitações e as sugestões para trabalhos futuros.

2 TRANSPORTE, MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL E ACESSIBILIDADE

2.1 TRANSPORTE⁴

Historicamente, o transporte se mostrou indutor de crescimento (CAMPOS, 2013) e, à medida que os transportes mecânicos com velocidades superiores à caminhada foram sendo criados, as cidades aumentaram em proporção (MARCHETTI, 1994). A evolução dos modos de transporte promoveu a expansão das cidades para além do seu centro geométrico ao inserir maiores velocidades e liberdade nos deslocamentos realizados. Conseqüentemente, conforme ocorria o desenvolvimento dos transportes, as cidades mudaram em relação a sua configuração habitual (WALL; WATERMAN, 2012), muitas delas passando de uma tipologia de cidade densa e compacta para uma cidade dispersa ou para uma configuração COM-FUSA⁵, como nomeado por Abramo (2007) ao abordar as cidades latino-americanas.

A prioridade de investimentos na ampliação da infraestrutura viária para estes veículos fundamentaram as abordagens tradicionais nos estudos de transporte, originalmente limitadas ao campo da engenharia (VASCONCELLOS, 1999, 2001). Pela abordagem tradicional de planejamento de transporte, o foco está na dimensão quantitativa da demanda e na velocidade das viagens, além do incentivo ao uso de automóveis (PORTUGAL; MELLO, 2017) a partir de tendências de análises centradas em dimensões estruturais e estáticas (JIRÓN; IMILÁN, 2018). Além disso, estas abordagens consideram a demanda de transporte como uma variável dada nos modelos de previsão sem, no entanto, questionar ou examinar as condições de renda dos moradores (SHELLER; URRY, 2006) e as dimensões sociais, as quais influenciam no desenvolvimento de atividades cotidianas e impactam na vida social.

⁴ Para embasar o tema deste trabalho, inicia-se com uma abordagem evolutiva dos transportes e sua relação com as cidades, bem como as perspectivas que foram dadas aos estudos de transporte com o passar dos anos e suas implicações no ambiente urbano. Por conta disso, os subcapítulos seguem esta ordem.

⁵ De acordo com Abramo (2007), a combinação entre os modelos tradicionais da cidade compacta mediterrânea e da cidade anglo-difusa, denominada cidade COM-FUSA, produz simultaneamente uma estrutura urbana compacta e difusa nas cidades latino-americanas. Essa estrutura urbana se desenvolve pelo funcionamento dos mercados formais e informais de solo, em que a compactação alimenta a difusão e vice-versa.

2.1.1 Modelos de Transporte

No campo de estudos em transporte, as estimativas de movimento são frequentemente encontradas como modelos gravitacionais, em analogia ao conceito newtoniano de interação entre massas em uma dada distância (O'KELLY, 2009), os quais foram desenvolvidos a partir da comparação com dados empíricos (WEGENER, 2004). Baseiam-se nas relações de distância entre pares de origem-destino e são encontrados como referência ao planejamento estratégico e de longo prazo para a distribuição de viagens (CAMPOS, 2013).

Estes modelos também podem ser referidos como de interação espacial (SI), em que os fluxos de passageiros (ou fretes) entre uma origem e um destino podem ser estimados pela relação de demanda/oferta (existente ou potencial) entre áreas da cidade (RODRIGUE, 2020; TORRENS, 2000), podendo ser utilizados como atributos: a população residente, a população economicamente ativa, o número de empregos ou outras variáveis associadas à procura por transporte. Existem três modelos básicos de interação: modelos gravitacionais, modelos potenciais e modelos de varejo, ambos em função das mesmas variáveis (RODRIGUE, 2020).

$$T_{ij} = f(V_i, W_j, S_{ij})$$

Onde:

T_{ij} : Interação entre a localização i (origem) e localização j (destino);

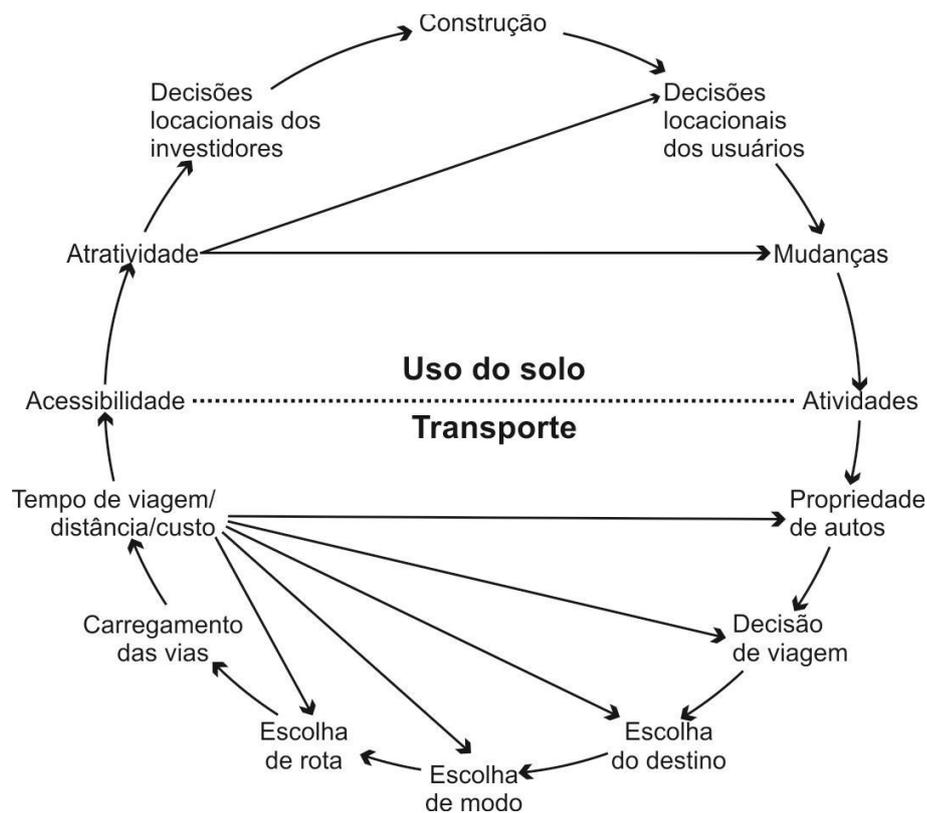
V_i : Atributos da localização de origem i;

W_j : Atributos da localização de destino j;

S_{ij} : Atributos de separação entre a localização de origem i e de destino j.

De acordo com as variáveis, ao aumentar as distâncias entre dois lugares, menor será a interação espacial esperada. Para carregar o modelo gravitacional, os dados de entrada são provenientes de uma composição entre pares de origem e destino, conhecida como matriz de Origem-Destino (O-D), em que são caracterizados os movimentos de atração ou repulsão dos fluxos em uma determinada área ou cordão. No entanto, os fatores de atração ou repulsão são dinâmicos e mudam com o passar do tempo, o que leva a complexidade de manter dados acurados (O'KELLY, 2009; TORRENS, 2000). Dessa forma, a cidade é pensada simplificada em termos dos custos de transporte e das localizações (Figura 1), em que qualquer modificação no uso e ocupação do solo tem efeito sobre a movimentação das pessoas (WEGENER, 2004). Assim, o modo como a malha está organizada (distribuição da infraestrutura) auxiliaria nas interações espaciais e nas decisões de localização.

Figura 1 – Ciclo de retroalimentação entre Transporte e Uso do solo.



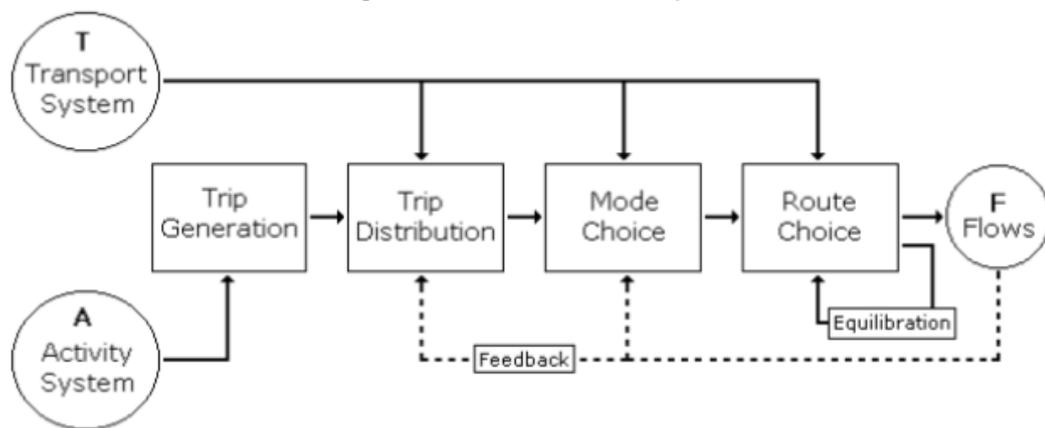
Fonte: Wegener (2004).

Os modelos são estimativas, havendo uma margem de erro embutida a depender do horizonte previsto e da complexidade das variáveis envolvidas. O processo tem como pressuposto básico que, ao se utilizar informações passadas, não

existe uma garantia que o conhecimento sobre o passado trará informações exatas sobre o futuro. De acordo com Wegener (2004), a resolução espacial dos modelos ainda é muito grosseira, dificultando a representação dos efeitos em escalas de bairros, bem como tem se mostrado insensíveis às questões de exclusão social e equidade espacial. Existe um predomínio de estudos quantitativos na localização e espacialização de fenômenos urbanos com tendência de representação das cidades em macroescala (JIRÓN; IMILÁN, 2018), assumindo a engenharia de tráfego como uma atividade pragmática, racional e neutra com ênfase na fluidez a partir de noções como velocidade, tempo de percurso, relação benefício–custo dos investimentos (VASCONCELLOS, 1999).

Além dos citados anteriormente, o Modelo 4 Etapas (*Four Step Model*) é constantemente referido na literatura como metodologia clássica de modelagem, normalmente definido em uma escala regional ou sub-regional (MCNALLY, 2007). Possui quatro etapas distintas e interligadas, as quais buscam determinar os fluxos de equilíbrio: geração de viagens, distribuição de viagens, escolha modal e alocação de tráfego (Figura 2). Em geral, são usados o sistema viário, as zonas de tráfego (representadas por um centroide) e as demandas da matriz O-D como dados de entrada. Convergem, basicamente, na análise da demanda de viagens e é uma representação discreta do espaço (CARDOSO, 2014).

Figura 2 – Modelo 4 Etapas.



Fonte: McNally (2007).

Os dados de demanda de viagens – o número de veículos que viajam entre zonas – são derivados de uma combinação de dados de uso da terra, dados de censo, entrevistas nas vias e contagens de tráfego manuais ou automatizadas, os quais buscam retroalimentar as etapas de modelagem e validar o modelo. No entanto, McNally (2007) lembra que a integração entre uso da terra e modelos de transportes está ausente na maioria das aplicações nos Estados Unidos, por exemplo.

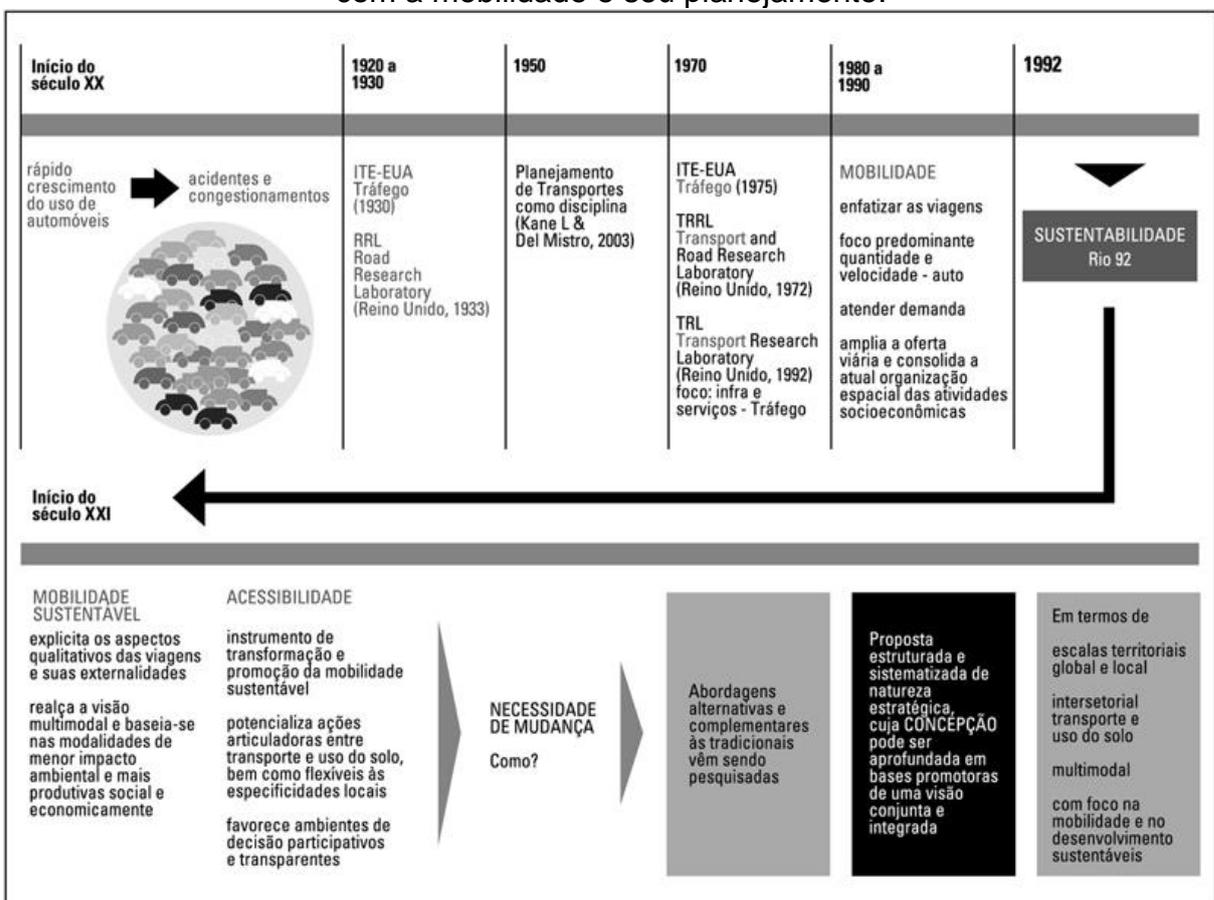
No setor de transportes públicos, o desafio para os gestores é o de encontrar o equilíbrio entre a oferta do serviço e a sua demanda real. Esse equilíbrio é delicado, não apenas em custos e receitas. Uma oferta de serviço menor do que a demanda, além de levar à insatisfação do usuário, pode incentivá-lo a buscar formas alternativas de transporte. Por outro lado, uma oferta superior ao número de pessoas dispostas a utilizar o serviço pode se reverter em custos elevados, onerando o sistema ou, até mesmo, inviabilizando-o. Considerando isso, é possível identificar os fatores que influenciam na demanda de passageiros e, a partir disso, estabelecer relações entre estes fatores e o seu impacto no número de usuários. Os métodos de previsão de demanda são desenvolvidos com o intuito de equilibrar o serviço prestado com a sua demanda real.

2.1.2 Perspectivas atuais

De acordo com Jones (2014), em estudo considerando as cidades europeias, a evolução dos transportes passou por três estágios durante os últimos 50 anos. No primeiro estágio, as soluções de transporte eram voltadas ao crescimento do tráfego, sob uma perspectiva baseada no veículo e associada ao desenvolvimento da indústria automobilística. No segundo estágio, existe a preocupação em racionalizar o uso dos automóveis ao incentivar a mudança comportamental através de deslocamentos por modais mais eficientes e produtivos, com base na perspectiva da viagem de pessoas. Por fim, o terceiro estágio tem como base a habitabilidade das cidades, sob a perspectiva de atividades e qualidade de vida. Considerando o estágio atual da maioria das cidades brasileiras, estas ainda permanecem no primeiro estágio, com uma visão tradicional em relação às soluções de transporte (PORTUGAL; MELLO, 2017).

Portugal e Mello (2017) diagramam a evolução dos conceitos e escopo de atuação dos profissionais envolvidos com a mobilidade e seu planejamento, em que colocam a acessibilidade como instrumento de destaque a partir do século XXI (Figura 3), devendo, portanto, ser considerada na construção dos planos de mobilidade urbana. A partir destas considerações, parte-se para dimensões que inserem a ideia de sustentabilidade, considerando as questões ambientais, sociais e a articulação entre as demais políticas setoriais urbanas, como a de uso do solo.

Figura 3 – Evolução dos conceitos e escopo de atuação dos profissionais envolvidos com a mobilidade e seu planejamento.



Fonte: Portugal e Mello (2017)

Contribuindo com este entendimento, Litman (2021) classifica as perspectivas em relação ao transporte em três categorias: sobre o tráfego, sobre a mobilidade e sobre a acessibilidade. De acordo com o autor, a acessibilidade está envolvida em um contexto maior, abrangendo as perspectivas de mobilidade e de tráfego, no qual afirma que a acessibilidade fornece um maior potencial de soluções para problemas de transporte e deveria servir como base no planejamento. Enquanto a mobilidade

urbana está centrada na velocidade em que ocorrem os deslocamentos ou na ampliação das vias numa tentativa de comportar fluxos e atender a demanda, a acessibilidade está preocupada em quão acessíveis as origens e os destinos são.

Sheller e Urry (2006) denominaram estas mudanças de perspectivas como “virada da mobilidade” nas ciências sociais ao apresentarem o novo paradigma das mobilidades e as possibilidades de movimentos dos fluxos (i)materiais e de pessoas. Os autores apontaram a necessidade de examinar a natureza e a experiência incorporadas nos diversos modos de transporte, vendo-os como formas de morar em movimento material e sociável, de origens a destinos para várias atividades que possibilitem a conexão com outras pessoas.

Jirón e Imilán (2018) seguem esta lógica ao destacarem a urgência em incorporar os estudos urbanos ao habitante, seu habitar e seu habitat, assim como inserir a dimensão móvel deste habitar. A mobilidade deveria observar as práticas cotidianas para a compreensão dos fenômenos sociais, a exemplo das oportunidades urbanas⁶ possíveis de serem acessadas pelos moradores, dos deslocamentos para alimentação, empregos, relações de gênero, entre outras, que os estudos urbanos tradicionais incorporam parcialmente. Os autores ainda destacam a necessidade de criar as políticas públicas de circulação de acordo com cada contexto geográfico político-institucional, em contraste às medidas de “transferência de políticas” de determinados locais (adaptações de *cases* internacionais) que costumam ocorrer mundialmente.

2.1.3 Transporte no Brasil

No Brasil, entre os fatores que contribuíram para a construção de um cenário favorável aos veículos estão os incentivos ofertados à indústria automotiva (MARICATO, 2015), que possibilitaram a muitos brasileiros comprar o seu veículo motorizado devido aos estímulos estabelecidos pelo governo, as características de mobilidade que ele permite e a ideologia dominante (BALBIM, 2003) com a concepção do automóvel como sinônimo de sucesso ou *status* social.

⁶ Oportunidades urbanas são possibilidades de acesso a serviços, bens e recursos disponíveis nas áreas urbanas. Exemplos: comércio, empregos, serviços de saúde, educação, cultura, lazer *etc.*

Segundo Santos (2005), a concepção do modelo rodoviarista pelo regime militar na década de 1960, com a construção de estradas de rodagem de primeira ordem para a integração nacional, contribuiu na construção deste cenário e coincidiu com o processo de urbanização brasileira, quando a população urbana ultrapassa a rural na década de 1970 (Tabela 1).

Tabela 1 – Variação populacional entre 1940 – 1991.

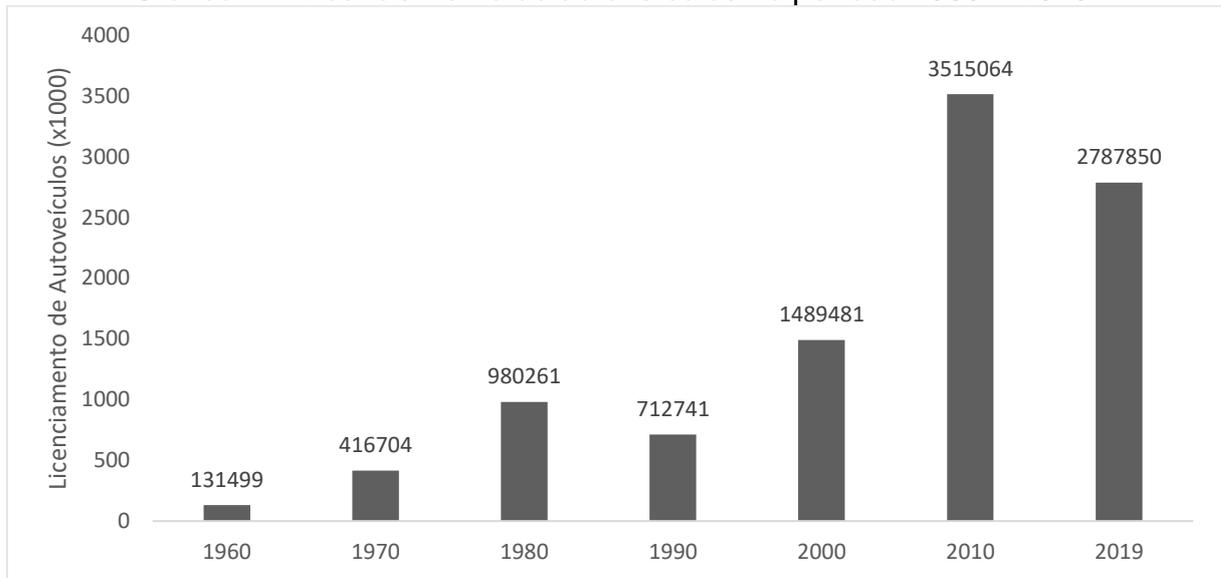
ANO	POPULAÇÃO TOTAL (MILHÕES DE HABITANTES)	POPULAÇÃO URBANA (MILHÕES DE HABITANTES)	ÍNDICE DE URBANIZAÇÃO (%)	VARIAÇÃO URBANA (%)
1940	41.326	10.891	26,35	-
1950	51.944	18.783	36,16	72,46
1960	70.191	31.956	45,53	70,13
1970	93.139	52.905	56,80	65,56
1980	119.099	82.013	68,86	55,02
1991	150.400	115.700	76,93	41,08

Fonte: adaptado de Santos (2005)

A partir da metade do século passado, as cidades brasileiras foram adaptadas à circulação da classe média, no papel de motoristas de automóveis, levando à origem da questão trânsito em virtude da “formação da cidade da classe média”, adaptada para reprodução social e econômica desta parcela da população em um período conhecido como “milagre brasileiro” (VASCONCELLOS, 1999). Como consequência, as pessoas mais vulneráveis economicamente se situavam em áreas periféricas da cidade por não possuírem outra alternativa senão viver legal ou ilegalmente nestes locais. Esta situação teve impactos significativos em relação ao transporte público (VASCONCELLOS, 2018).

No decorrer deste período, a produção e licenciamento de novos automóveis (autos, comerciais leves, caminhões e ônibus) cresceu rapidamente até a década de 1990 (Gráfico 1). No entanto, merecem destaque dois momentos de atuação do governo federal: na fabricação dos veículos 1.0 em 1993 e nas reduções do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) nos anos 1992 e 2004 que garantiram alta na produção e no licenciamento de automóveis novos (VASCONCELLOS, 2013), bem como a manutenção de empregos da indústria automobilística.

Gráfico 1 – Licenciamento de autoveículos no período 1960 – 2019.



Fonte: Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores (2021)

Em contraposição a esse crescimento, houve o sucateamento de outros modos de transporte no Brasil, principalmente aqueles sobre trilhos que tiveram seu auge até a década de 60. Os bondes, que realizavam o transporte de passageiros nos grandes centros urbanos, praticamente sumiram a partir desse período e em 1976 desapareceram em todas as cidades brasileiras (VASCONCELLOS, 2013). Costa e Peres (2017) afirmam que o planejamento urbano baseado no modelo rodoviário, responsável pela popularização das indústrias automobilísticas no Brasil, são fatores-chave no processo histórico de dependência do automóvel nas cidades brasileiras.

2.1.4 Transporte público urbano

A cobertura de uma rede de transporte público é relevante tanto para a equidade quanto para a eficiência da operação do sistema. As redes de transporte coletivo são inerentemente ligadas ao planejamento abrangente que molda as decisões de uso do solo e densidade e necessitam ser cuidadosamente coordenadas. Os sistemas de transporte coletivo podem atrair estrategicamente novos empreendimentos e oferecer benefícios econômicos às empresas locais. Representa também uma alternativa ao transporte individual, minimizando as externalidades negativas. Pessoas que dependem do transporte público para o seu deslocamento

cotidiano se limitam à distribuição espacial das linhas de ônibus e de sua frequência nos locais de parada (VASCONCELLOS, 2013).

Com uma distribuição adequada das paradas do transporte público pelo tecido urbano⁷ das cidades, os usuários desse modo de transporte podem reduzir os deslocamentos de suas residências até os equipamentos urbanos ou outras atividades, como comércio ou trabalho. De acordo com estudo realizado por Aditjandra *et al.* (2012) em bairros da região metropolitana de *Tyne and Wear, North East of England*, no Reino Unido, quanto mais as pessoas estão próximas ao transporte público, maior é a tendência de dirigir menos. Além disso, os autores encontraram como resultados que um ambiente social com vitalidade favorece a redução de viagens com veículos privados, bem como incentiva o desenvolvimento de negócios locais. Tapli e Sun (2020) corroboram ao afirmarem que, em termos da demanda no entorno das paradas do transporte público, as residências próximas são mais valorizadas. De acordo com a *National Association of City Transportation Officials* (NACTO, 2018), considerando o aspecto econômico, os usuários das chamadas “mobilidades verdes”, onde se inclui os do transporte público, normalmente gastam mais dinheiro que pessoas que dirigem carros.

A utilização do transporte coletivo permite que os deslocamentos possam ser realizados promovendo a acessibilidade e a redução dos acidentes de trânsito, necessidade de investimento em obras viárias, consumo de energia *etc.* (FERRAZ; TORRES, 2004). Assim, o percurso de caminhada dos usuários deste modo de transporte permite que todos os habitantes de uma determinada região possam usar o sistema com percurso a pé dentro de limites aceitáveis (*op. cit.*). A cobertura do serviço e a distribuição dos itinerários do transporte público contribui para que os usuários cheguem aos seus destinos-chave facilmente.

A mobilidade fornecida pelo transporte público permite o aperfeiçoamento profissional e contínuo das pessoas, bem como o acesso aos equipamentos urbanos da cidade (SILVEIRA; COCCO, 2013), como educação, saúde, lazer, centros culturais *etc.* Desse modo, a conectividade entre os bairros contribui no acesso aos equipamentos urbanos da cidade. Garantir uma boa cobertura estimula o uso deste modo de transporte, o que demanda a sua completa abrangência nos bairros e provimento de conexões aos equipamentos acessados pelos usuários através dos

⁷ Speck (2016, p. 13) afirma que os urbanistas descrevem o tecido urbano como “o conjunto cotidiano de ruas, quadras e edifícios que une os monumentos”.

itinerários. É comum que a maioria das linhas realizem seus itinerários entre o centro e a periferia da cidade, enquanto ligações entre bairros são raras, reduzindo a acessibilidade ao transporte daqueles que residem distante do centro (VASCONCELLOS, 2000).

2.1.4.1 A inserção do ônibus no cenário brasileiro

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2012), 38% dos municípios brasileiros possuíam sistema de transporte coletivo por ônibus municipal, sendo que estava presente em 100% dos municípios com mais de 500.000 habitantes e em 94,9% dos com mais de 100.000 a 500.000 habitantes. Este serviço é um dos responsáveis pela macroacessibilidade urbana, compreendida como “a facilidade relativa de cruzar o espaço e ter acesso aos equipamentos e construções” (VASCONCELLOS, 2000, p. 97), abrangendo diversos destinos dentro das cidades, bem como na promoção de relações sociais, econômicas, políticas e culturais entre os cidadãos.

Como vantagens de sua utilização estão o custo acessível à população com menor renda, democratização da mobilidade urbana, menor ocupação do espaço viário e alternativa ao transporte individual (VASCONCELLOS, 2018). Considerando o índice de mortos por 100 mil habitantes, o transporte público representa o menor valor entre os modos de transportes (ANTP 2020), enquanto os maiores índices são o de motocicletas, pedestres e automóveis, respectivamente.

Apesar dos benefícios inerentes a esse modo, os indicadores do transporte público por ônibus têm diminuído no Brasil. De acordo com os levantamentos realizados pela ANTP (2009, 2020), houve redução no índice de passageiros por quilômetro e no número de passageiros por veículo por dia (PVD).

Tabela 2 – Variações no transporte coletivo no período 2008 – 2018.

	2008	2018
PASSAGEIROS TRANSPORTADOS ⁸ (MILHÕES/ANO)	14.794	16.099
QUILÔMETROS EM SERVIÇO (MILHÕES/ANO)	8.023	9.141
FROTA	99.705	116.942
IPK (ÍNDICE DE PASSAGEIROS POR QUILOMETRO)	1,84	1,76
PVD (PASSAGEIROS POR VEÍCULO POR DIA)	494,59	458,89

Fonte: ANTP (2009, 2020)

Embora a participação tenha diminuído nos últimos anos, este modo de transporte ainda é o mais utilizado em muitas cidades brasileiras, principalmente pela população de renda menor. De acordo com a ANTP (BRASIL, 2012), o número de cidades com esse modo de transporte cresce com o aumento populacional. Nas cidades de maior porte e regiões metropolitanas, aparecem ainda transportes de alta capacidade como o trem e o metrô, que demandam maiores investimentos para serem implantados. A participação é maior entre a classe baixa e média, enquanto a participação neste modo diminui com o aumento da renda (VASCONCELLOS, 2018).

⁸ Foram considerados 438 municípios com mais de 60.000 habitantes no levantamento de 2008, enquanto para o ano de 2018 o número de municípios que se enquadraram neste intervalo elevou-se para 553 no universo de estudo.

2.2 MOBILIDADE URBANA SUSTENTÁVEL

A ampliação de investimentos em infraestrutura para veículos privados, a resistência cultural dos motoristas e o crescimento da frota de automóveis são alguns dos fatores que contribuíram para a degradação do ambiente urbano. Além dos impactos diretos, como o incremento nos níveis de poluição (e.g. atmosférica, sonora, visual), existem também aqueles associados aos moradores em decorrência de como o espaço urbano é utilizado e do distanciamento de determinados grupos sociais às oportunidades urbanas. Em contrapartida, a promoção de modos de transporte sustentáveis, como os ativos e coletivos, poderiam mitigar estes impactos e reduzir o uso excessivo dos transportes privados movidos a combustíveis fósseis.

A mobilidade urbana sustentável visa o acesso das pessoas aos serviços e atividades urbanas de forma eficiente, equitativa, segura e respeitando os limites ambientais. De acordo com Ferraz e Torres (2004), um transporte urbano balanceado confere às cidades um caráter humano, ao contrário das cidades que incentivam a utilização de automóveis.

Para Gehl (2015), a cidade sustentável é fortalecida, na maior parte das vezes, se grande parte de seu sistema de transporte puder se dar por meio da “mobilidade verde”, ou seja, deslocar-se a pé, de bicicleta ou por transporte público. Speck (2016), considerando o cenário dos Estados Unidos, afirma que a tendência das novas gerações é de diminuir o uso do automóvel para o deslocamento cotidiano e valorizar as cidades como pontos de encontro, de vitalidade, buscando uma maior relação com a cidade em que vivem. Outro aspecto sustentável importante é o aumento de atratividade exercida pelos sistemas de transporte público, quando os usuários se sentirem seguros e confortáveis caminhando ou indo de bicicleta para e a partir dos ônibus, trens e veículos sobre trilhos. “Um bom espaço público e um bom sistema público de transporte são, simplesmente, dois lados de uma mesma moeda” (GEHL, 2015, p. 7).

Melhorar o acesso ao transporte coletivo é uma ação necessária, demandando a organização do espaço para conferir às cidades um caráter mais humano. Conforme Ferraz e Torres (2004), quando houver a necessidade de deslocamento, o transporte deve apresentar baixa impedância, disponibilidade de conforto, pequena distância de caminhada, baixo risco *etc.* aos usuários.

Considerando as novas abordagens nos problemas de transporte e as mudanças de ênfase que ocorreram a partir do século XXI, a visão da mobilidade sustentável parte da ideia do espaço como social e, como tal, deve integrar segurança, pessoas e tráfego. Nesse sentido, Portugal e Mello (2017) criaram um quadro, baseado em Banister (2008), para demonstrar as diferenças entre estas abordagens.

Quadro 1 – Diferenças entre as abordagens tradicionais e as alternativas no planejamento de transportes.

ABORDAGENS TRADICIONAIS	ABORDAGENS ALTERNATIVAS COM FOCO NA MOBILIDADE SUSTENTÁVEL
Dimensões físicas	Dimensões sociais
Mobilidade	Acessibilidade
Foco no tráfego, em particular no automóvel	Foco nas pessoas
Escala global	Escala local (mas considerando a sua articulação na escala global)
Rua como uma via	Rua como espaço social e um recurso público e limitado
Transporte motorizado	Todas as modalidades, priorizando as mais frágeis, como os pedestres, os ciclistas e os com restrição de mobilidade, bem como os modos coletivos em relação aos individuais.
Previsão do tráfego	Visão da cidade
Modelagens	Desenvolvimento de cenários e modelagens
Avaliação econômica	Análises multicritérios, considerando conceitos sociais e ambientais
Viagem como uma demanda derivada	Viagem como uma atividade
Base demanda	Base oferta e gerenciamento da demanda
Velocidade do tráfego	Moderação do tráfego
Minimização do tempo de viagem	Tempos de viagem aceitáveis e confiáveis
Segregação de pessoas e tráfego	Integração de pessoas e tráfego

Fonte: Portugal e Mello (2017) adaptado de Banister (2008)

Os autores incluem a dimensão social do espaço público, reafirmando a ideia da rua como ponto de encontro e interação entre as pessoas, assim como previa Jacobs (2011), a qual considera essencial a maneira como as pessoas se relacionam com a cidade, se aproximando ao que Jirón e Imálan (2018) destacam como “*giro de la movilidad*”, ideia desenvolvida por vários autores durante a década de 2000,

questionando as concepções estáticas da mobilidade. Além do incentivo aos modos de transporte menos poluentes, a ideia de crescimento sustentável ocorre na promoção de maiores densidades e uso misto do solo em bairros existentes, bem como pela oferta de transporte e acesso à população.

Apesar dos benefícios proporcionados ao facilitar os deslocamentos entre as várias origens e destinos, a inserção de veículos automotores trouxe uma série de externalidades negativas às cidades. Por isso, a redução dos modos de transporte motorizados implica em muitos benefícios ao ambiente urbano, como apontado por vários autores (D'AGOSTO, 2015; FERRAZ; TORRES, 2004; NACTO, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020; VASCONCELLOS, 2006), com consequentes reduções em: poluição sonora, poluição do ar, poluição da água, poluição do solo, acidentes de trânsito, congestionamentos, utilização do espaço público, consumo de combustíveis fósseis, gases do efeito estufa (GEE) *etc.* Atualmente, a velocidade dos automóveis em boa parte das cidades do mundo é inferior à do tráfego de veículos de tração animal no século XX (D'AGOSTO, 2015), por conta dos constantes congestionamentos.

Além das consequências apresentadas no ambiente urbano em decorrência da preferência pelo automóvel, Gehl (2015, p. 7) observa “um rápido crescimento dos problemas de saúde pública porque grandes segmentos da população, em vários lugares do mundo, tornaram-se sedentários, uma vez que os carros fazem todo o transporte porta a porta”. Com isso, aumentam-se os problemas enfrentados pela prevalência dos veículos motorizados particulares como modos de transporte, partindo para dimensões humanas de saúde e bem-estar.

A sustentabilidade será atingida no momento em que os impactos positivos forem maximizados e os impactos negativos minimizados (PORTUGAL; MELLO, 2017), dependendo não apenas dos transportes, mas também da relação entre o espaço e a sociedade no contexto urbano.

Ainda, no campo do transporte, existe a estratégia de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), que busca promover o uso eficiente da infraestrutura urbana e os locais de moradia das pessoas. De acordo com as premissas presentes no DOTS (ITDP, 2016), as cidades são voltadas à escala humana. Para o transporte público, além do serviço ser rápido, frequente e confiável, prevê-se a acessibilidade por caminhada. Este parâmetro, no entanto, depende da própria morfologia urbana, uma vez que os princípios de DOTS incluem redes densas

de ruas e caminhos, densidade de ocupação adequada ao transporte coletivo, articulação do espaço urbano na escala local e na escala da cidade, inserção urbana eficiente de novos empreendimentos, entre outros, que orientam o crescimento da cidade a partir do transporte público e ativo (caminhada e bicicleta).

2.2.1 Nova Agenda Urbana e Agenda 2030

No ano de 2016, o Brasil participou da Conferência das Nações Unidas sobre Habitação e Desenvolvimento Sustentável – Habitat III, ocorrida em Quito no Equador, em que foram criadas metas pelos países participantes e elaboração da Nova Agenda Urbana (NAU) (ONU, 2019). Este documento, apesar de não possuir um caráter legal, representa um acordo diplomático entre os países. A NAU busca promover o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida nas cidades e nos assentamentos urbanos.

Em relação à temática da mobilidade, uma de suas visões é a de uma cidade acessível para todos e com transporte de passageiros que façam uso eficiente de recursos que efetivamente conectem pessoas, lugares, bens, serviços e oportunidades econômicas. Ainda, de acordo com a NAU, espera-se o desenvolvimento orientado ao trânsito equitativo que minimize os deslocamentos, particularmente de pessoas em situação de pobreza.

No que diz respeito ao desenvolvimento sustentável, são idealizadas algumas metas que incluem a acessibilidade, como em seu artigo 115:

“Adotaremos medidas para desenvolver mecanismos e marcos de referência comuns nos níveis nacionais, subnacional e local para avaliar os benefícios mais amplos de estruturas de transportes urbanos e metropolitanos, incluído impactos sobre o meio ambiente, a economia, a coesão social, a qualidade de vida, a acessibilidade, a segurança viária, a saúde pública, as ações relativas as mudanças climáticas, entre outros.” (ONU, 2019)

A intenção firmada entre os países abrange as diversas escalas possíveis, bem como em relação aos impactos que os transportes urbanos acarretam no contexto das cidades. Além disso, estabeleceu-se como meta o incentivo aos transportes públicos como solução viável e sustentável às externalidades negativas dos automóveis, na melhoria do ambiente urbano, dos deslocamentos das pessoas e da qualidade de vida, como escrito em detalhes no artigo 118:

“Incentivaremos os governos nacionais, subnacionais e locais a desenvolver e expandir os instrumentos de financiamento, permitindo-lhes melhorar sua infraestrutura e seus sistemas de transporte e mobilidade, tais como sistemas de transporte público rápido de massa, sistemas integrados de transporte, sistemas aéreos, ferroviários, além de infraestruturas seguras, satisfatórias e adequadas para pedestres e ciclistas e inovações tecnológicas nos sistemas de transporte e de trânsito para reduzir o congestionamento e a poluição e, ao mesmo tempo, melhorar a eficiência, a conectividade, a acessibilidade, a saúde e a qualidade de vida.” (ONU, 2019)

Além da NAU, o ODS 11 (Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 11) da Agenda 2030 – Cidades e comunidades sustentáveis, aproxima-se aos objetivos previstos nesta pesquisa em “tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis” (ONU, 2019). Entre as metas estabelecidas como solução possível aos problemas urbanos, existe a indicação de expansão dos transportes públicos (Meta 11.2). A promoção deste modal como prioritário na circulação poderia desempenhar um papel importante na redução das emissões de poluentes atmosféricos e de gases do efeito estufa, além de oferecer ou ampliar o acesso da população às oportunidades urbanas.

2.2.2 Legislação no Brasil

No Brasil, começaram a surgir esforços para melhorar a mobilidade e acessibilidade a partir da consolidação da Política Nacional de Mobilidade Urbana (PNMU) (BRASIL, 2012), após 17 anos sendo discutida dentro e fora do Congresso Federal, como instrumento da política de desenvolvimento urbano. A PNMU, promulgada pela Lei 12.587/2012, se orienta pelas suas diretrizes de integração com a política de desenvolvimento urbano e respectivas políticas setoriais, prioridade do transporte público coletivo sobre o transporte individual motorizado, mitigação dos custos ambientais, sociais e econômicos dos deslocamentos de pessoas, e priorização de projetos de transporte público coletivo estruturadores do território.

A PNMU se relaciona com a Lei nº 10.257/2001, conhecida como Estatuto da Cidade (BRASIL, 2004), que estabelece diretrizes gerais da política urbana e regulamenta o capítulo da Constituição Federal que trata da política urbana. Além disso, considera o desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana. Dentre as diretrizes gerais descritas no estatuto, destacam-se as seguintes:

“I – Garantia do direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura urbana, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações;

[...]

IV – Planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente;

V – Oferta de equipamentos urbanos e comunitários, transporte e serviços públicos adequados aos interesses e necessidades da população e às características locais;”

Além disso, aos municípios brasileiros com mais de 20.000 habitantes e em todos os demais obrigados, prevê-se a elaboração dos planos diretores e de mobilidade urbana. Neste último caso, além da previsão de integração ao plano diretor, os municípios podem ficar sem acesso a destinação de recursos federais se não criarem ou atualizarem seus planos de mobilidade urbana.

Em relação ao acesso à cidade, a PNMU apresenta alguns itens importantes. Como disposições gerais, está a de melhorar a acessibilidade e mobilidade das pessoas e cargas em áreas urbanas. Entre os objetivos da política, estão a redução de desigualdades e promoção da inclusão social, o acesso aos serviços básicos e equipamentos sociais, melhorias nas condições urbanas da população em relação à acessibilidade e à mobilidade, o desenvolvimento sustentável e a consolidação da gestão democrática, com a participação popular nas construções dos planos.

De acordo com o seu Art. 5º, fundamenta-se nos princípios de:

- I – acessibilidade universal;
- II – desenvolvimento sustentável das cidades, nas dimensões socioeconômicas e ambientais;
- III – equidade no acesso ao transporte público coletivo;
- IV – eficiência, eficácia e efetividade na prestação dos serviços de transporte urbano;
- V – gestão democrática e controle social do planejamento e avaliação da Política Nacional de Mobilidade Urbana;
- VI – segurança nos deslocamentos das pessoas;
- VII – justa distribuição dos benefícios e ônus decorrente do uso dos diferentes modos e serviços;
- VIII – equidade no uso do espaço público de circulação, vias e logradouros, e;
- IX – eficiência, eficácia e efetividade na circulação urbana.

No caso do transporte público coletivo, o capítulo II da PNMU se dedica às diretrizes para a regulação deste serviço na promoção da equidade no acesso aos serviços, melhoria da eficiência e da eficácia na prestação dos serviços e ser instrumento da política de ocupação equilibrada da cidade de acordo com o plano diretor municipal, regional e metropolitano. Já no capítulo III, em seu Art. 14º, prevê-

se que o recebimento de serviço adequado é um direito dos usuários, de modo a atender as suas necessidades.

No que compete aos municípios, de acordo com o Art. 18º são suas atribuições:

- I – Planejar, executar e avaliar a política de mobilidade urbana, bem como promover a regulamentação dos serviços de transporte urbano;
- II – Prestar, direta, indiretamente ou por gestão associada, os serviços de transporte público coletivo urbano, que tem caráter essencial;
- III – Capacitar pessoas e desenvolver as instituições vinculadas a política de mobilidade urbana do município.

Passando ao campo constitucional, a Proposta de Emenda à Constituição (PEC) 74/2013, aprovada em plenário e promulgada em 2015, considerou o transporte como um direito social do cidadão, sendo competência dos municípios “organizar e prestar, diretamente ou sob regime de concessão ou permissão, os serviços públicos de interesse social, incluindo o de transporte coletivo, que tem caráter social”. Complementarmente ao Estatuto das Cidades e à PNMU, a modificação na redação do Art. 6º da Constituição Federal vai em direção aos princípios da política urbana e da mobilidade urbana.

Por fim, a respeito da Política Nacional de Trânsito (PNT), o Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) (BRASIL, 2004), sob a Resolução nº 166, de 15 de setembro de 2004, previa como um de seus objetivos:

“Estimular a mobilidade e a acessibilidade a todos os cidadãos, propiciando as condições necessárias para sua locomoção no espaço público, de forma a assegurar plenamente o direito constitucional de ir e vir, e possibilitando deslocamentos ágeis, seguros, confortáveis, confiáveis e econômicos.”

No entanto, o Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) (BRASIL, 2012), sob a Resolução nº 514, de 18 de dezembro de 2014, a revogou, reformulando os objetivos da Política Nacional de Trânsito, “garantir a melhoria das condições de mobilidade urbana e viária, a acessibilidade e a qualidade ambiental”, colocando-os de maneira mais genérica.

Como pode-se perceber, a legislação em vigor considera o valor social do transporte, bem como sobre a eficiência dos deslocamentos das pessoas, de modo que os cidadãos possam realizá-los livremente e garantam o seu direito de ir e vir. Desse modo, o usuário deve ser considerado protagonista na criação de políticas públicas e na gestão do transporte, uma vez que será o beneficiário direto. Além disso, envolvem-se as questões espaciais que são inerentes à própria estrutura urbana, como na distribuição dos equipamentos urbanos e na oferta de transporte em distâncias acessíveis ao cidadão, garantindo o direito de acesso à cidade.

2.3 ACESSIBILIDADE

De acordo com Ferraz e Torres (2004), em sua obra de referência Transporte Público Urbano, os padrões de qualidade do transporte realizado por ônibus podem ser avaliados por 12 fatores, sendo eles: acessibilidade, frequência de atendimento, tempo de viagem, lotação, confiabilidade, segurança, características dos veículos, características dos locais de parada, sistemas de informações, conectividade, comportamento dos operadores e estado das vias. Para cada um destes fatores, os autores criaram parâmetros de avaliação da qualidade, entre medidas objetivas e subjetivas. No caso da acessibilidade, os parâmetros de avaliação são divididos em duas categorias: i) Distância de caminhada no início e no fim da viagem, em metros, e ii) Declividade dos percursos não exagerada por grandes distâncias, passeios revestidos e em bom estado, segurança na travessia de ruas, iluminação noturna *etc.* Enquanto a primeira categoria está relacionada aos parâmetros objetivos de avaliação, com a consideração das distâncias de caminhada demandadas aos usuários, a última está relacionada aos subjetivos.

No entanto, a acessibilidade é um conceito utilizado em vários campos científicos, como nas áreas de transporte e de planejamento urbano. Por ser um conceito amplo e antigo, apresenta diferentes definições, que variam de acordo com o objetivo do estudo, com a natureza do fenômeno, ou com a escala de análise (KNEIB; PORTUGAL, 2017). As definições existentes a respeito da acessibilidade são numerosas e para demonstrar esta diversidade, criou-se o seguinte quadro:

Quadro 2 – Definições de acessibilidade.

AUTOR(ES)	DEFINIÇÃO
Hansen (1959)	Potencial de oportunidades de interação. Medida de distribuição espacial das atividades em relação a um ponto, ajustadas à habilidade e desejo das pessoas ou firmas em superar a separação espacial.
Ingram (1971)	Característica (ou vantagem) inerente a um lugar com relação à superação de alguma forma de fricção que se verifica espacialmente (tempo e/ou distância).
Jones (1981)	Oportunidade ou potencial para que diferentes tipos de pessoas desenvolvam suas atividades. Esse potencial ou oportunidade é disponibilizada pelo sistema de transporte e uso do solo.
Vasconcellos (2000)	Na sua forma mais simples, a acessibilidade pode ser medida pelo número e pela natureza dos destinos (desejados) que podem ser alcançados por uma pessoa.
Liu e Zhu (2004)	Facilidade com que atividades podem ser acessadas de um local ao outro através de um determinado modo de transporte.
Silva et al. (2008)	A medida a partir da perspectiva da facilidade de os usuários chegarem em seus destinos-chave, de forma que todo o estudo se concentre e se fundamente nestes destinos.
Pereira et al. (2020)	Facilidade com a qual pessoas de diferentes grupos sociais e níveis de renda distintos conseguem acessar oportunidades de emprego, serviços de saúde e educação, atividades culturais e de lazer.
Litman (2021)	Refere-se à capacidade das pessoas de alcançar os serviços e atividades desejados, que é o objetivo final da maioria das atividades de transporte.

Fonte: Autor baseado em Kneib e Portugal (2017).

Hansen (1959) é um dos precursores deste tema. Para o autor, a intensidade no uso do solo e os padrões de ocupação estão relacionados ao seu nível de acessibilidade, implicando em um aumento no valor da terra à medida que a acessibilidade cresce. Assim, as localizações com boa acessibilidade têm chances maiores de se desenvolverem.

A capacidade e a disposição da infraestrutura de transportes são elementos-chave, criando-se oportunidades para interações espaciais, as quais podem ser mensuradas pela noção de acessibilidade e dependem de sua localização e distância (RODRIGUE, 2020). Como os locais não são iguais, a acessibilidade representa uma forma de desigualdade espacial porque alguns locais são mais acessíveis que outros, o que implica em iniquidades.

Do ponto de vista da PNMU (BRASIL, 2012), a acessibilidade é definida como a “facilidade disponibilizada às pessoas que possibilite a todos autonomia nos deslocamentos desejados, respeitando-se a legislação em vigor”. Por esta definição, a acessibilidade pode ser encarada como a universal, prevista pela referência normativa 9.050/2020 (ABNT, 2020), a respeito da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. No entanto, de acordo com Pereira *et al.* (2020), a acessibilidade universal é voltada para a provisão de espaços urbanos sem barreiras físicas para grupos sociais com algum grau de deficiência, não devendo ser confundida com o conceito de acessibilidade, na qual denominou como *acessibilidade urbana*. Apesar de não considerar o conceito de acessibilidade sob uma perspectiva espacial, a PNMU apresenta pontos que vão em direção às definições mencionadas no Quadro 2, como visto na seção anterior.

Para Duarte, Libardi e Sánchez (2007), a acessibilidade sob o ponto de vista do usuário, ocorre de acordo com a configuração espacial das cidades e pela funcionalidade das atividades que são desenvolvidas nos espaços urbanos, as quais podem contribuir na movimentação dos usuários e a uma melhor relação usuário-cidade. Assim, a medida da acessibilidade depende de como o espaço urbano está desenhado, da distribuição das atividades e dos espaços livres para circulação, que podem ser representados por uma rede coincidente com o sistema de transportes existente.

No contexto intraurbano, Villaça (1998) menciona que as condições de deslocamentos estão associadas às localizações e estas, por sua vez, são determinadas pelas possibilidades de transporte. Um importante aspecto da acessibilidade é que ela combina em uma única medida as características relevantes do sistema de transporte e do uso do solo (DAVIDSON, 1977), no qual se espera uma distribuição equitativa da infraestrutura de transportes e dos serviços básicos à população. É importante que ocorra uma integração nas ações entre transportes e uso de solo, contribuindo para facilitar o acesso às atividades que dependem dos transportes (PORTUGAL; MELLO, 2017), uma vez que o transporte é o promotor que orienta a ocupação do solo (DAVIDSON, 1977; MARICATO, 2008).

A acessibilidade combina a qualidade do serviço, a capacidade e a configuração da rede de transportes com as atividades existentes e sua distribuição espacial (LEVINSON, 2012). Áreas com alta acessibilidade tendem a desenvolver o comércio mais rápido que outras (CAMPOS, 2013) e implicada no aumento da

demanda por uso e ocupação do solo (D'AGOSTO, 2015). De acordo com Campos (2013, p. 9), “a integração do uso do solo urbano, transporte, mobilidade, acessibilidade e sustentabilidade são a chave para uma grande melhoria na qualidade de vida das cidades”, reforçando a necessidade destas inter-relações na concepção do planejamento.

No caso do transporte público, as distâncias necessárias à caminhada refletem a distribuição média das linhas e dos pontos de parada no espaço da cidade, devendo ser distribuídas de maneira equitativa aos usuários. Como as linhas de transporte coletivo são mais densamente distribuídas nas áreas centrais (VASCONCELLOS, 2000), comumente com altos níveis de acessibilidade, as áreas periféricas são menos servidas por este serviço e menos conectadas. Alves (2011) descreve que as áreas centrais, por possuírem o atributo de centralidade e concentração de atividades, podem ser alvo de uma valorização espacial pela acessibilidade que fornecem a tudo que é necessário ao desenvolvimento da vida, como é o caso dos equipamentos urbanos, empregos, comércio e serviços em geral *etc.* No entanto, à medida que a acessibilidade decresce, como é o caso das áreas periféricas da cidade, maior é o custo necessário para se deslocar, reforçando a necessidade do transporte público nestas regiões.

Para Ferraz e Torres (2004, p. 102) a acessibilidade no transporte público “está associada à facilidade de chegar ao local de embarque no transporte coletivo e de sair do local de desembarque e alcançar o destino final da viagem.” Essa visão está centrada em uma escala próxima às paradas de ônibus, sem associar com a acessibilidade que o sistema de transporte público por ônibus possibilita como um todo, em uma escala de cidade. Este novo paradigma de planejamento exige um olhar mais abrangente sobre a acessibilidade, cobrindo o território de maneira integrada (KNEIB; PORTUGAL, 2017). Por isso, a importância de serem considerados as perspectivas dos estudos configuracionais, os quais consideram a rede viária em sua integralidade.

2.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 2

A interação entre Transporte e Uso do Solo se mostrou como promotora de desenvolvimento e expansão das cidades a partir do século passado. O crescimento populacional das áreas urbanas, ocasionado sobretudo pela Revolução Industrial, apresentou-se como principal indutor das necessidades de deslocamentos, tornando-os cada vez mais complexos à medida que as cidades cresciam em proporção.

No entanto, a provisão de transporte nos leva a um certo paradoxo. Ao mesmo tempo que o transporte urbano pretende vencer distâncias ao serem ofertadas novas possibilidades de deslocamento, este permite a criação de distâncias mais longas no espaço urbano, dificultando o acesso à cidade pelos moradores e criando distâncias que ele mesmo busca superar. A resposta para esses processos de interação tem desafiado vários autores na concepção de modelos de transporte a fim de encontrar respostas a esse problema, os quais muitas vezes não levam a configuração espacial urbana em consideração.

Os estudos tradicionais de transporte, originalmente integrados ao campo da área de engenharia, limitaram-se a analisar os níveis de congestionamento de veículos como argumento para apoiar propostas de investimentos rodoviários. Além disso, as simulações de redes de transporte e trânsito demandam muitos insumos de entrada, como as pesquisas Origem-Destino (OD), que requerem altos investimentos para serem realizadas e atualizadas periodicamente. Conforme Pereira *et al.* (2020), as pesquisas que fazem uso destes dados não conseguem captar as possibilidades de destinos e/ou atividades que os usuários, potencialmente, teriam condições de acessar. Estas estimativas, de acordo com os autores, podem mascarar os níveis de acessibilidades dos grupos sociais mais vulneráveis, omitindo os destinos e/ou oportunidades urbanas que elas potencialmente conseguiriam acessar, e replicar o viés dos padrões de viagem daquelas pessoas mais móveis e dos lugares mais visitados, não captando a demanda reprimida.

Entre as questões legais, destacam-se os avanços dados pelo Código de Trânsito Brasileiro (BRASIL, 1997), ao permitir o gerenciamento do tráfego pelos municípios, pelo Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), ao abranger as relações entre transporte e uso do solo em suas diretrizes para a política urbana, e pela PNMU (BRASIL, 2012), ao prever a criação de planos de mobilidade nos municípios e incluir

princípios que vão em direção ao acesso à cidade, a sustentabilidade e a equidade. No entanto, considerando o contexto brasileiro, a promoção de mudanças enfrenta(rá) enormes obstáculos, como os relacionados aos interesses econômicos e políticos cristalizados, da indústria automotiva, da classe média e de políticos conservadores.

O mais importante nos estudos de mobilidade urbana é trocar o paradigma de fluidez do trânsito pelo de fluidez das pessoas, levando à preferência pelo transporte coletivo, conforme visto nas mudanças de paradigmas na área durante este capítulo. A introdução do conceito de acessibilidade em estudos de transporte e no planejamento urbano soma-se a estas mudanças, buscando inserir as relações entre os moradores, equipamentos e infraestruturas de transportes no ambiente urbano.

O presente estudo incluiu as análises de medidas configuracionais, baseadas na abordagem da Sintaxe Espacial. Neste caso, considerou-se a inserção do sistema de transportes na rede urbana em uma perspectiva na escala da cidade e escala local, incluindo as análises a respeito do potencial de atração de usuários. Diferentemente das medidas de acessibilidade geográfica usadas em métodos baseados em localização (distância ou tempo), Morales *et al.* (2019) descrevem que a Sintaxe Espacial “analisa a acessibilidade como centralidade da rede, concentrando-se apenas nas propriedades topológicas, métricas e geométricas das formas urbanas”. Como abordagem, a Teoria da Sintaxe Espacial busca incorporar as dinâmicas espaciais na produção/reprodução das relações sociais, dialogando com outros campos de estudo.

Deste modo, compreender a importância da experiência de viagem do usuário pode ser mais importante do que melhorar o sistema de dados que se obtém as viagens ou a tecnologia mecânica dos ônibus. A acessibilidade, elemento central no planejamento do transporte e, em última instância, na desigualdade urbana, é reconfigurada pela integração, através da mobilidade, de um conjunto complexo de condições vivenciadas pelos habitantes que determinam o grau e a qualidade da acessibilidade.

3 CIDADE, EQUIDADE SOCIAL E CONFIGURAÇÃO ESPACIAL

3.1 CIDADE E MOVIMENTO

Como componente importante no transporte público, a cidade é o palco das vivências cotidianas de seus habitantes com o ambiente construído, caracterizado pelas atividades de produção e reprodução construídas pelos seus agentes, através dos meios e estruturas que constituem o sistema de circulação (VASCONCELLOS, 2001). A cidade é, portanto, parte essencial de uma trama que não permite dissociar suas urdiduras da estrutura urbana, na medida em que as relações sociais, ambientais e econômicas ocorrem sobre o ambiente físico. É a disposição espacial das atividades no ambiente construído que contribuirá na proximidade ou apropriação das pessoas aos espaços públicos ou privados, como em áreas comerciais e de serviços.

Esta estrutura se teceu a partir do desenvolvimento urbano das cidades que muito se deve ao progressivo aumento da tecnologia na área de transportes. No entanto, na maior parte das cidades brasileiras, o uso e ocupação do solo ocorreu de maneira espontânea, sem o ordenamento adequado desta ocupação e o suprimento de infraestruturas, as quais moldam o desenho das vias dos sistemas de transporte urbano. Esse fenômeno penalizou sensivelmente as áreas distantes do centro, que em muitas vezes tornaram-se alvo de programas de habitação social pelos gestores públicos.

Considerando o cenário brasileiro atual, Maricato (2015) acredita que o desenvolvimento da cidade é contrário aos interesses da boa mobilidade coletiva e da sustentabilidade. Para a autora, somente uma parte da cidade é favorecida pelas ações do estado, pelas leis e pelo mercado, contribuindo para a periferização da cidade pela atuação de interesses diversos. Sheller (2018) aponta que os problemas de mobilidade não se devem apenas a questões de poluição ou congestionamentos, mas também em relação à segregação no espaço urbano. A autora ainda afirma que existe a proliferação de lugares, tecnologias e “portões” que aprimoram as mobilidades de alguns e reforçam as imobilidades de outros. Isso ocorre por conta do alto custo do espaço nas áreas centrais ou próximas, contribuindo para que as classes com menor poder financeiro não tenham acesso a terras com boa acessibilidade e

necessitem migrar para locais onde a terra é mais barata, como na periferia da cidade ou em áreas de risco. Por não terem o atributo de centralidade, essas áreas mantêm-se distantes ao acesso a empregos ou serviços primários como saúde e educação, presentes em maior número em áreas centrais. Segundo Speck (2016) as famílias de recursos mais limitados moram cada vez mais longe dos centros das cidades a fim de achar moradias mais em conta e que atendam às exigências dos bancos de financiamento. No entanto, a economia esperada com a habitação é superada pelos custos indiretos de dirigir (*op. cit.*), que muitas vezes não são considerados no momento de comprar um automóvel. Desta forma, essas famílias acabam sendo afetadas pela especulação imobiliária e são atingidas (in)diretamente por estas consequências.

De acordo com Vasconcellos (2018), tais diferenças não estão relacionadas apenas à renda, mas também à raça, educação e emprego: áreas de alta qualidade são habitadas por pessoas “brancas” com maior renda e nível educacional, enquanto áreas de baixa qualidade são ocupadas por “não brancos” com menores rendimentos e nível educacional. Isso também pode ser analisado pela própria infraestrutura, em que os pobres periféricos residem em áreas com pavimentos e sistemas irregulares, enquanto as classes de maior renda que se distanciam do centro se desenvolvem em condomínios fechados com boa infraestrutura urbana. Neste último caso, tornam-se dependentes do transporte privado, já que tem condições de pagar por ele.

A falta de ocupação em grandes áreas urbanas, ocasionada pelos vazios urbanos decorrentes da especulação imobiliária, acarreta maior espraiamento. Segundo Mascaró e Yoshinaga (2005) isso cria sobrecustos para as prefeituras locais que têm de pavimentar, manter e varrer muito mais do que seria necessário. Além de não contribuir positivamente sobre os custos com a infraestrutura de transportes, também encarecem outros serviços essenciais aos moradores, como os de saneamento básico e de energia.

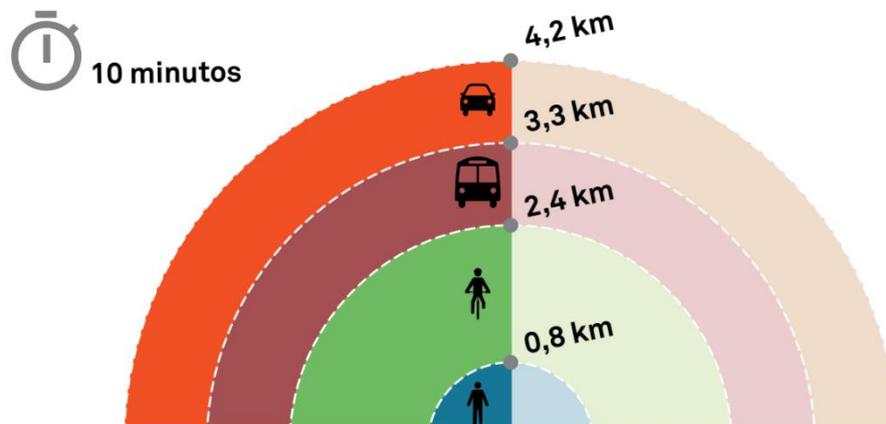
De acordo com essa visão, ocorre um aprofundamento da crise urbana, em especial sobre os deslocamentos nas cidades e em transportes alternativos aos automóveis, a exemplo do transporte público, da bicicleta e da caminhada. Como medida de combate a essa crise, uma reação em direção aos avanços no setor de transporte público para atender as necessidades dos usuários e se manter competitivo

poderia minimizar este panorama. Para o Guia Global de Desenho de Ruas⁹ da NACTO (2018), a maneira mais segura de melhorar a mobilidade é reduzindo a demanda de uso de veículos motorizados particulares e incentivando a caminhada para trajetos curtos, o ciclismo e o uso do transporte coletivo local para trajetos de média distância, e do transporte coletivo regional para trajetos mais longos.

3.1.1.1 Espaço urbano e Transporte Público

Na maioria das cidades, o espaço destinado às vias constitui na maior porcentagem de propriedade pública, aconselhando-se uma melhor distribuição entre os modos de transporte (NACTO, 2018). Estes se diferenciam pelas distâncias médias percorridas em intervalos de tempos determinados¹⁰ (Figura 4) e pelo espaço que ocupam nas vias de circulação.

Figura 4 – Distâncias médias percorridas por diferentes usuários e veículos em um período de 10 minutos.



Fonte: (NACTO, 2018)

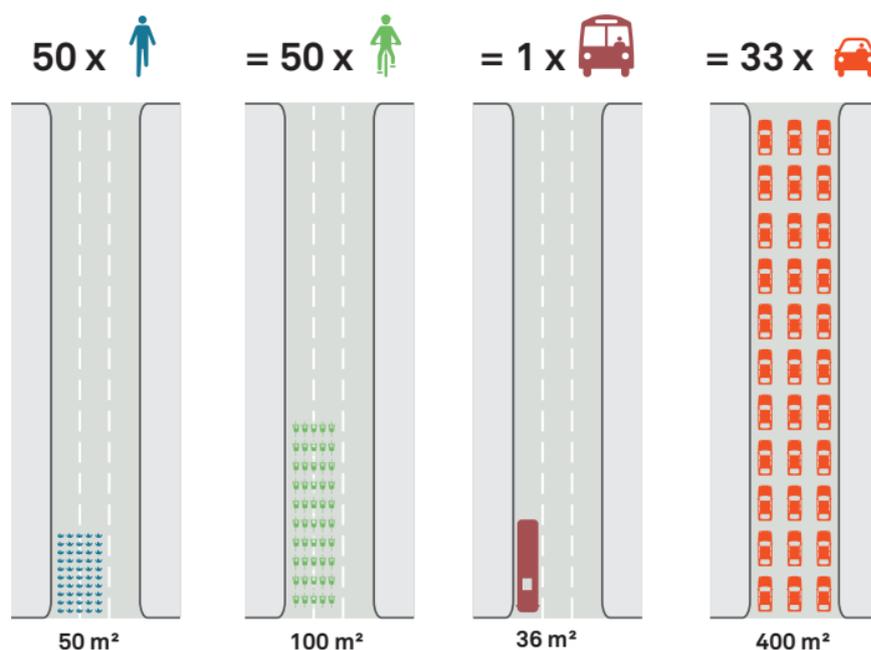
⁹ Considerando a rua como espaço social, a *Global Designing Cities Initiative* (GDCI), programa desenvolvido pela *National Association of City Transportation Officials* (NACTO), busca produzir reflexões sobre o desenho de ruas para a construção de ambientes urbanos seguros, sustentáveis e saudáveis.

¹⁰ De acordo com NACTO (2018), a velocidade segura para os pedestres é de 30km/h em busca de diminuir o risco de lesões e mortes em caso de acidentes. Como velocidades médias, considerou-se: 25-30 km/h para automóveis, 20-25 km/h para os ônibus, 15-20 km/h para bicicletas e 5-7 km/h aos pedestres. Estas velocidades resultam nos raios de alcance no tempo de 10 minutos para os diferentes usuários e veículos.

No caso do transporte coletivo, a localização das paradas em distâncias de caminhada adequadas favorece a sua utilização, contribuindo no aumento do potencial de uma rua na rede de transporte, na melhoria da sua capacidade de circulação e na construção de ambientes mais sustentáveis. Este modo é complementar ao transporte ativo (e.g. caminhada, bicicleta *etc.*) e é indicado para realizar trajetos mais longos, possibilitando a redução do uso intenso dos veículos individuais motorizados. Além disso, desempenha um papel fundamental na inclusão social, pois promove e incentiva o acesso e o compartilhamento do meio urbano de maneira equitativa, principalmente para as classes sociais com menores condições econômicas (VASCONCELLOS, 2013).

Embora um ônibus consuma três vezes mais espaço viário que um automóvel (Figura 5), sua capacidade de carga por faixa contribui para um modo de transporte sustentável e eficiente para circular no ambiente urbano (NACTO, 2018). Se cada cidadão se deslocasse com um automóvel particular, os espaços públicos de circulação estariam completamente congestionados, o que já ocorre em muitas cidades, principalmente em horários de pico. A utilização de transporte coletivo favorece as áreas urbanas ao servir o maior número de pessoas possível, possibilitando a liberação de porções de solo que se tornam cada vez mais escassos (*op. cit.*).

Figura 5 – Espaço ocupado por 50 pessoas.



Fonte: (NACTO, 2018)

No caso dos automóveis, além de ocuparem mais espaço ao circular na via, este modo de transporte ainda requer áreas para estacionamento. De acordo com Duarte, Libardi e Sánchez (2007), existe a cultura entre os motoristas que ao comprarem seus carros pensam ter adquirido o espaço público para estacionar a qualquer horário e em qualquer lugar. Tal comportamento é fruto de uma ocupação patrimonialista pela falta de consciência cidadã com o espaço público, em contradição à visão de bem coletivo e compartilhado.

Com esse pensamento, cada vez mais solo vira estacionamento para acomodar um sem número de veículos que não estão sendo usados, num processo de retroalimentação positiva do tráfego¹¹ (JACOBS, 2011). Quanto mais espaço for disponibilizado ao automóvel, maior será o seu uso. Esse processo impacta diretamente a provisão de transporte público e acarreta maior dispersão dos usos do solo, retroalimentando este ciclo em favor à dependência por automóveis (*op. cit.*).

Considerando a divisão modal no cenário nacional, de acordo com o relatório do Sistema de Informações de Mobilidade Urbana (SIMOB), produzidos pela ANTP com base nos dados do ano de 2018 (ANTP, 2020), a distribuição dos modos de transporte nas cidades brasileiras com mais de 60 mil habitantes é a seguinte:

Tabela 3 – Distribuição do número de viagens por modo de transporte principal.

MODO		VIAGENS (MILHÕES/ANO)	%
NÃO- MOTORIZADO (INDIVIDUAL)	A PÉ	26.296	39,2
	BICICLETA	1.712	2,6
	SUBTOTAL	28.008	41,8
COLETIVO	ÔNIBUS (MUNICIPAL + METROPOLITANO)	16.099	24,0
	TRILHOS	2.653	4,0
	SUBTOTAL	18.752	28,0
INDIVIDUAL (MOTORIZADO)	AUTOMÓVEL	17.331	25,9
	MOTOCICLETA	2.951	4,4
	SUBTOTAL	20.282	30,3
TOTAL		67042	100,0

Fonte: adaptado de ANTP (2020)

¹¹ “Na retroalimentação positiva, uma ação produz uma reação que por sua vez intensifica a situação que originou a primeira ação. Isso intensifica a necessidade de repetição da primeira ação, que por sua vez intensifica a reação e assim por diante, *ad infinitum*.” (JACOBS, 2011, p. 389), como apresentado no paradoxo de Braess ou amplamente discutido no fenômeno de demanda induzida.

Percebe-se uma maior predominância dos modos de transporte individuais motorizados em relação aos coletivos. Levando em consideração o cenário de 2008 (ANTP, 2009), o percentual estava em 29,8% e 29,4%, respectivamente. Enquanto a proporção de viagens por transporte individual motorizado cresceu durante este período, o coletivo retraiu em 1,4%. Individualmente, a redução percentual é de 2,0% para os ônibus, enquanto nos deslocamentos sobre trilhos houve acréscimo de 0,5% na distribuição modal. Esta tendência de mudança na divisão modal culminou na superação do transporte individual (motorizado) sobre o coletivo no ano de 2015 (VASCONCELLOS, 2018).

No Brasil, o transporte público é majoritariamente prestado por ônibus, com uma proporção aproximada de 84,5% em relação ao número de viagens sobre trilhos (trem, metrô *etc.*). No entanto, durante os últimos anos essa diferença diminuiu (ANTP, 2009, ANTP, 2020). Pereira *et al.* (2011) consideram que uma destas explicações é a deterioração do trânsito urbano, a qual favoreceu a utilização dos sistemas sobre trilhos, principalmente em cidades de maior porte, em virtude das situações de lentidão que ocorrem no tráfego rodoviário e contribuem para a queda do desempenho do transporte público realizado sobre rodas, comprometendo a sua atratividade.

3.2 EQUIDADE SOCIAL

Como destacado nos princípios da mobilidade urbana sustentável, o foco passa a estar nas dimensões sociais, nas pessoas e na integração destas à cidade e ao tráfego. Estudos sobre equidade no transporte têm crescido recentemente, nos quais o acesso às oportunidades urbanas pelos sistemas de transporte é considerado (VERLINGHIERI; SCHWANEN, 2020). Os autores ainda destacam que apenas parte da população é beneficiada pelos sistemas de transporte, enquanto outra parcela é afetada em decorrência de diferenças na acessibilidade, (i) mobilidade e capacidades. Aman e Smith-Colin (2020) abordam a equidade sob uma perspectiva vertical com o suprimento de recursos com base na necessidade e na potencialidade, os quais são oferecidos para aqueles que estão em desvantagem ou muitas vezes excluídos. Ainda, de acordo com os autores, a visão de equidade vertical pode ser encontrada

por outros termos, como equidade social, justiça social, justiça ambiental e inclusão social ao oferecer recursos e benefícios para grupos especiais ou de baixa renda.

Os princípios de equidade dizem respeito à disponibilidade de serviços e infraestruturas que permitem o acesso às oportunidades urbanas em conjunto com as questões socioeconômicas, as quais são evidenciadas pela tendência de exclusão que alguns grupos sociais são expostos. Verlinghieri e Schwanen (2020) entendem as questões de equidade como um processo contínuo que é moldado pelos lugares e configurações espaciais a partir do meio em que se desdobram.

Para Pereira *et al.* (2017), os investimentos em transportes deveriam ser avaliados de acordo com a redução de desigualdades e aumento da acessibilidade aos grupos de baixa renda dependentes do transporte público promovendo o acesso aos seus destinos-chave, tais como empregos, serviços de saúde e educação. Gomide (2003) afirma que o transporte urbano reduz a pobreza e promove a inclusão social ao: i) contribuir para a competitividade das cidades; ii) melhorar a acessibilidade e a mobilidade urbana; iii) impactar positivamente no emprego e na renda, e; iv) permitir o acesso dos mais pobres às oportunidades urbanas e aos serviços sociais. Dessa maneira, o sistema de transporte público pode amenizar as desigualdades urbanas ao potencializar o acesso da população ao espaço urbano como um todo.

Considerando a aplicação de medidas de curto prazo em cidades brasileiras, Vasconcellos (2013) destaca que iniciativas para aumentar a equidade nos sistemas de mobilidade urbana são escassas e estão muito vinculadas ao modelo automotivo, bem como pelas barreiras criadas por interesses de grupos sociais que dificultam mudanças e ampliam as desigualdades. Além disso, o autor descreve que quando a função do cidadão muda no trânsito (de pedestre para usuário de ônibus, por exemplo), os requisitos mudam e as pessoas clamam por melhorias para o modo de transporte que é mais importante para elas.

Para Aman e Smith-Colin (2020), áreas em que ocorrem desvantagens em relação ao trânsito, como aqueles locais com provisão inadequada de transporte público, podem ser denominadas como *transit deserts*. Segundo Allen (2018, p. 2), as características destas áreas têm "origem na forma e na fisiografia dos bairros, no tempo demandado e na facilidade de acessar o transporte público, na insuficiência de instalações necessárias à vida urbana e, especificamente, na demografia de seus moradores". Nesse sentido, áreas com serviço de transporte público inadequado ou sem cobertura podem ser consideradas como *transit deserts* e reforçam as

desigualdades entre os indivíduos. Pereira *et al.* (2020) seguem esse raciocínio ao apontarem que a concentração de atividades e a conectividade dos transportes em áreas centrais contrasta com a realidade das regiões de periferia, a qual denominaram de deserto de oportunidades. A ineficiência dos transportes nestas áreas impede que as pessoas se movam e tenham acesso à cidade como um todo.

Allen (2018) destaca que o novo ambiente urbano não se distingue apenas em relação a sua configuração espacial e às menores densidades, como também pela dificuldade em acessar as ruas e o transporte público, comprometendo os moradores das áreas de periferia. A autora ainda descreve que a natureza desconectada deste desenvolvimento urbano, com a ampliação do espraiamento urbano e a sua fraca relação com as infraestruturas existentes, prejudica a capacidade de um transporte público acessível.

3.3 ESTUDOS CONFIGURACIONAIS

3.3.1 Configuração espacial

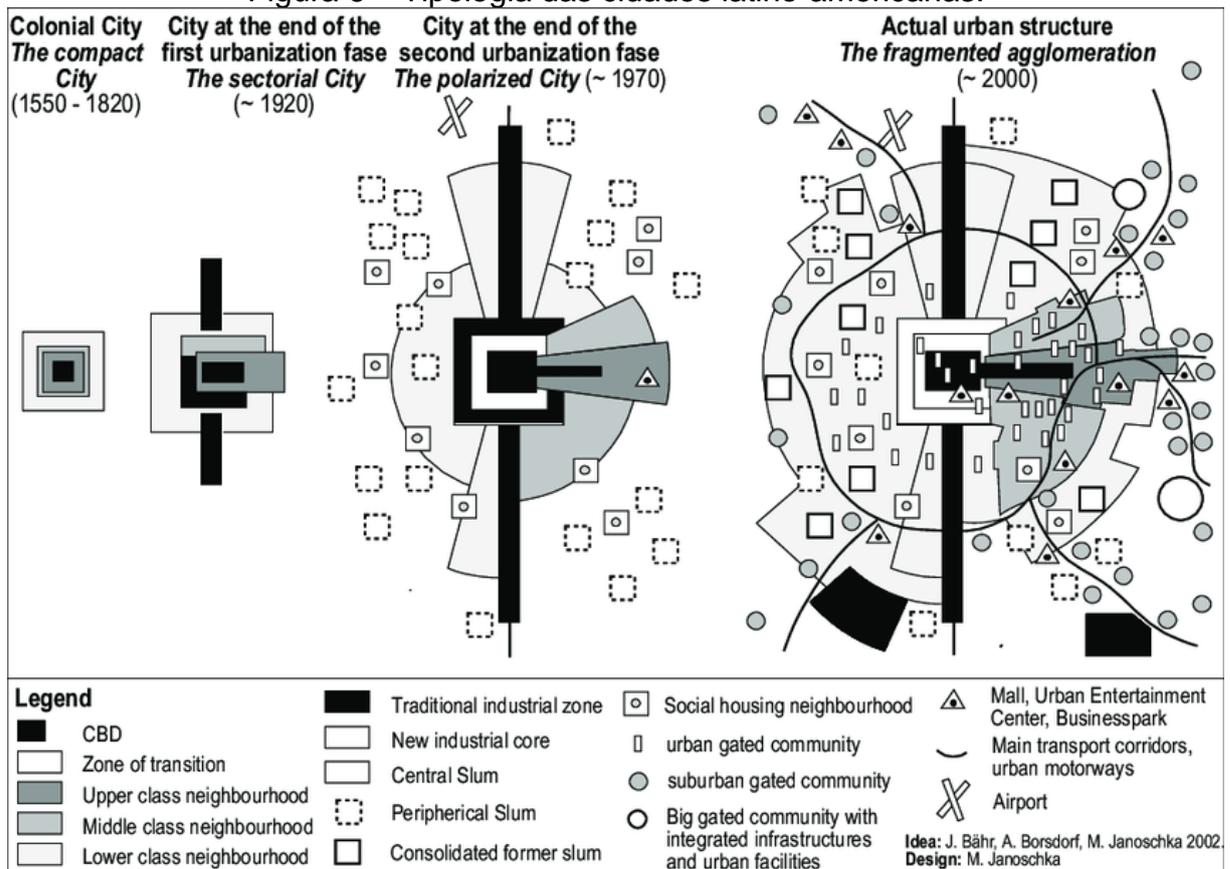
Diversos pesquisadores, inclusive Ferraz e Torres (2004), acreditam que os transportes urbanos contribuem para as alterações na morfologia das cidades, além de interferir no processo de deslocamento das pessoas (BARROS *et al.*, 2013; VARGAS, 2001). Os sistemas de transporte configuram as formas urbanas, onde a forma de uma cidade baseada no transporte público difere radicalmente daquela construída para satisfazer as necessidades do automóvel (WALL; WATERMAN, 2012). Isto pode ser visualizado no ambiente urbano de muitas cidades, as quais enfrentam sérios problemas em decorrência dos padrões atuais de dependência dos veículos privados, afetando o ambiente e o próprio tecido socioeconômico da sociedade (GIL, 2014). Para medir a forma urbana em termos do transporte público, um modelo de rede de ruas pode dar suporte a uma estrutura multicamadas, combinando diferentes camadas de infraestruturas de transportes (*op. cit.*). Assim, o entendimento dos transportes urbanos passa pela compreensão da cidade, conforme Calvet (1970) destaca, embora também devesse considerar a estrutura social da *urbe*:

“É difícil chegar ao conhecimento dos transportes urbanos sem passar antes pelo estudo da estrutura urbana sobre a qual eles vão se desenvolver. O problema do transporte não é um problema que pode se resolver em si mesmo. Ele atua num determinado cenário, a cidade, então é preciso conhecer a fundo suas características para determinar não somente a demanda por transportes como também os meios mais adequados para satisfazê-la, o que está extremamente relacionado com as peculiaridades da estrutura física da urbe.” (CALVET, 1970)

Considerando a forma urbana das cidades brasileiras, Medeiros (2006) afirma que as maiores cidades (com população superior à 300.000 habitantes) se diferem aos modelos clássicos de cidade desenvolvidos por Burgess (1925), Hoyt (1939) ou Harris e Ullman (1945), se aproximando ao que ele denomina de um padrão caracterizado por uma “colcha de retalhos”. Esse cenário se desenvolveu durante a segunda metade do século XX, associado à ausência de políticas de planejamento urbano que considerassem a cidade em sua integralidade (MEDEIROS; BARROS, 2014).

Borsdorf (2003), ao investigar as cidades latino-americanas influenciadas pelo neoliberalismo econômico e vinculadas à globalização, identifica a existência de quatro fases distintas nos seus processos de desenvolvimento urbano: cidade colonial (1500 – 1820), cidade setorial (1820 – 1920), cidade polarizada (1920 – 1970) e cidade fragmentada (1970 – atualmente) (Figura 6). A cidade fragmentada, desenvolvida posteriormente à segunda fase de industrialização, apresenta o predomínio de circulação por automóveis e tem como símbolos a criação de condomínios residenciais fechados, *shopping centers* e parques empresariais. Uma de suas consequências é o aumento da diferenciação espacial entre as classes sociais, com a presença da autossegregação espontânea dos ricos que migram para as áreas periféricas da cidade em condomínios fechados próximos aos principais corredores de transporte, enquanto os pobres se distanciam em termos de mobilidade espacial (ALVES, 2011). Além disso, esta fase de desenvolvimento apresenta estagnação demográfica nas metrópoles e crescimento das cidades médias por meio das migrações (BORSDDORF, 2003), o que contribui para a presença desta estrutura urbana nestas cidades.

Figura 6 – Tipologia das cidades latino-americanas.



Fonte: Borsdorf (2003)

Se a forma urbana influencia no ir e vir das pessoas, admite-se que afetará nos seus deslocamentos pela cidade (MEDEIROS; BARROS, 2014). Os autores afirmam que a forma urbana pode ser interpretada a partir da estrutura do espaço expressa pelo desenho urbano da cidade, representado pela sua malha viária, e de acordo com os padrões geométricos a que os desenhos são conferidos (orgânicos ou planejados). Barros *et al.* (2013) corroboram com a afirmação ao inferir que as características físicas do desenho viário influenciam nos deslocamentos. Nesse sentido, a disposição dos elementos urbanos implica em restrições (barreiras) ou favorecimento (permeabilidades) da acessibilidade, influenciando no desempenho de atividades e na circulação de pessoas (PEREIRA *et al.* 2011). No contexto urbano, estas relações ocorrem pela análise entre os cheios (espaços construídos) e os vazios (espaços abertos ou vias de circulação).

A malha de uma cidade pode ser definida como um sistema de espaços públicos abertos criados a partir de como as construções estão dispostas e alinhadas (HILLIER *et al.*, 1993). Para Hillier (1996, p. 26) “a configuração é um conjunto de relações entre as quais todas se interdependem em uma estrutura global de algum

tipo”. A configuração da cidade importa porque ela é capaz de expressar a propriedade do espaço que, mais do que qualquer outro, é o meio pelo qual o espaço adquire significado social e tem consequências sociais, sendo diferente quando observada de diferentes pontos de vista da sua estrutura espacial (HILLIER; VAUGHAN, 2007). A configuração é o gerador primário, e sem entendê-la não pode-se entender nem o movimento de pedestres urbanos, nem a distribuição de atratores, nem mesmo a morfologia da própria malha urbana (HILLIER *et al.*, 1993).

De acordo com Lynch (2018, p. 106) “as vias, a rede de linhas habituais ou potenciais de deslocamento através do complexo urbano são o meio mais poderoso pelo qual o todo pode ser ordenado”. Nesse sentido, Marschall (2005) descreve que o espaço de ruas forma o núcleo básico de todo o espaço público urbano formando uma rede contínua pela qual tudo está ligado a todo o resto. Assim, o movimento ao longo das ruas de uma malha viária é mais influenciado pela posição de cada rua dentro do complexo urbano como um todo, do que qualidades imediatamente locais de determinada rua, havendo razões lógicas para a preferência da configuração como a principal causa do movimento (HILLIER *et al.*, 1993).

3.3.1.1 Segregação socioespacial

Como segregação, considera-se o ato de exclusão de um grupo de indivíduos num contexto residencial, social, racial, espacial *etc.* (FERRETTO, 2019), sendo uma característica intrínseca das cidades (CALDEIRA, 2000). Nesta seção, será discutido sobre a segregação sob a perspectiva espacial, baseada na localização das moradias no espaço urbano. A diferenciação espacial busca limitar um grupo social a partir de suas características econômicas, étnicas, raciais, religiosas, entre outras pelo afastamento de grupos sociais homogêneos (FERRETTO, 2019). De acordo com Villaça (1998), ao considerar a construção do espaço intraurbano das cidades, a segregação espacial é originada a partir da manifestação espacial das desigualdades sociais e, deve também, abordar a segregação em relação aos empregos, comércio e serviços.

Diferentemente do que ocorria nos modelos clássicos, a cidade contemporânea trouxe uma nova maneira de distribuição das classes sociais. Como apontado na

seção anterior, o processo de urbanização nas cidades latino-americanas passou para uma nova fase de desenvolvimento urbano, com a existência de um fenômeno denominado por autossegregação ou segregação voluntária, fruto do sistema econômico vigente. Essa diferenciação espacial ocorre ainda em termos de provisão de serviços públicos e infraestruturas sociais (ABRAMO, 2007) e, de acordo com Correa (2007), o arranjo espacial nas cidades segue lógicas locacionais a partir do valor do solo derivado da distância destes espaços ao centro, aos subcentros comerciais, às amenidades e aos eixos viários. Villaça (1998) observa que a lógica de desenvolvimento da cidade segue os eixos de alta renda que buscam atrair investimentos públicos e privados, piorando a oferta de equipamentos e serviços às classes de menor renda. Desse modo, os custos negativos da cidade como o crime, a violência e os impactos ambientais ficam distantes das classes dominantes (SANTOS; FERREIRA, 2016) que possuem o capital a seu favor. Abramo (2007) descreve que a iniquidade social ocasionada aos setores populares nas áreas periféricas da cidade compromete o orçamento familiar com custos de deslocamento.

De acordo com Santos (2005), a própria cidade, como forma de relação social e material, tornou-se criadora de pobreza, não só pelo modelo socioeconômico que a sustenta, mas também por sua estrutura física, que torna os habitantes das periferias (e dos cortiços) pessoas ainda mais pobres. Por isso, o autor afirma que a pobreza não é apenas uma consequência do modelo socioeconômico vigente, como também um fato do modelo espacial.

Tradicionalmente, o centro é caracterizado pela concentração de serviços e atividades especializadas necessárias à manutenção da vida, com predomínio das classes de alta renda, enquanto a periferia da cidade é subequipada (VILLAÇA, 1998) e acabam se tornando áreas carentes em oportunidades (PEREIRA *et al.*, 2020). No entanto, as classes sociais têm se diferenciado atualmente com base em novos modelos habitacionais e não somente pela posição geográfica que ocupam (SANTOS; FERREIRA, 2016). Se distinguem não mais apenas em regiões gerais ou bairros da cidade, mas a partir do condomínio fechado (VILLAÇA, 1998) que criam verdadeiros “enclaves” e estimulam a segregação espacial (CALDEIRA, 2000). Neste novo modelo, as diferentes classes sociais passaram a viver muitas vezes lado a lado, separados por barreiras para assegurar aos ricos exclusividade e ilhas de riqueza (BORSODORF, 2003). Conforme aponta Santos (1994) *apud* Manhães (2017):

“Projetou-se e criou-se um novo espaço. Não foi colocado à venda só o terreno, mas um novo estilo de vida, uma maneira moderna de morar, a valorização do verde, o contato com a natureza, a segurança entremuros, deixando-se para trás a poluição, a violência, o corre-corre, a desordem urbana. O condomínio fechado surgia como uma nova concepção de morar numa cidade marcada pela insegurança.”

Ao morar em condomínios fechados cercados por muros, as classes mais altas acabam por segregar as mais baixas, ao viverem em realidades completamente distintas umas das outras, como se existissem várias microcidades dentro de uma única cidade (SANTOS; FERREIRA, 2016). Esse modo de viver desqualifica os espaços públicos ao não possibilitar o acesso livre às vias internas (CALDEIRA, 2000). De acordo com Alves (2011), a ideia tradicional de centro-periferia deixa de existir, uma vez que as classes altas estão migrando espontaneamente para essas áreas. A autora destaca que a nova concepção de periferia é a da escassez de serviços, equipamentos, lazer, cultura, trabalho e acessibilidade a outras partes da cidade, caso contrário do que ocorre com os atores da autosegregação espacial que se concentram próximos aos principais eixos viários. Isso contribui ainda mais para o processo de espalhamento urbano e a dependência do automóvel, além de dificultar o provimento de infraestruturas por parte do poder público.

Villaça (1998) indica que a localização urbana é determinada pelas redes de infraestrutura urbana (inclusive a viária) e pelas possibilidades de transporte (pessoas, materiais e comunicação). O autor considera a existência de uma diferenciação relacionada aos modais de transporte, uma vez que o acesso às oportunidades urbanas é dificultado às classes de baixa renda e consolidam a segregação socioespacial ao restringir a mobilidade. A população de alta renda consegue se adaptar melhor em relação às condições de mobilidade ao possuir maiores condições financeiras, melhor localização residencial e de trabalho (GALLINA, 2019). Santos (2005) afirma que esse modo de organização torna ainda mais pobres aqueles que devem viver longe dos centros devido aos bens e serviços serem mais dispendiosos nas periferias. Além de produzir a segregação socioespacial, esse processo repercute na acessibilidade (GALLINA, 2019) ao colocar os transportes como estruturadores do crescimento urbano (VILLAÇA, 1998).

Legeby (2009), em estudo sobre a segregação espacial dos imigrantes na cidade sueca de Södertälje, descreve que raramente as políticas anti-segregação levam em consideração uma abordagem a partir do desenho urbano e do planejamento espacial para melhor entender a lógica social. A autora afirma que a

configuração espacial influencia no desempenho da acessibilidade e não é exclusivo para uma única classe social, porém contribui para a desigualdade dos imigrantes às oportunidades locais e os tornam mais dependentes do transporte público. Além disso, algumas áreas que geograficamente pareciam próximas ao centro, mostraram-se segregadas devido à configuração espacial.

3.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 3

As cidades não têm se mostrado equitativas em suas dimensões sociais ao ampliar as desigualdades pela (i)mobilidade de seus moradores. Este panorama se aprofunda pelos padrões atuais da forma urbana de muitas cidades brasileiras e latino-americanas, aproximando-se aos padrões da cidade fragmentada. A maneira como ocorreu a ocupação do território das cidades e o uso dos imóveis exerceram uma forte influência sobre o desenho dos sistemas de transporte urbano com implicações diretas na equidade ao privar os mais pobres de melhores oportunidades. No Brasil, por exemplo, os investimentos públicos em moradias de baixa renda também contribuíram para uma maior dispersão urbana porque, em muitos casos, os conjuntos habitacionais estavam sendo instalados em áreas distantes dos centros das cidades, sem estrutura de serviços essenciais e empregos próximos. Os efeitos dessa dispersão foram numerosos e em muitos aspectos diferentes, contribuindo para a formação de verdadeiros *transit deserts*.

Recentemente, estão emergindo estudos que têm questionado a distribuição de recursos (dentro do conceito de Equidade Social) num sentido de equilibrar esta distribuição e refletir sobre qual é o padrão realmente justo dentro do campo da mobilidade. Estes estudos e conceitos vão na direção dos clássicos de Henri Lefebvre e David Harvey no campo do direito à cidade, ao apresentarem a estruturação das cidades como fruto de disputas entre os diferentes grupos sociais e como questões crescentes em função da polarização socioespacial urbana. Acrescentam-se, inclusive, o surgimento de questões relacionadas à idade, raça/cor, gênero *etc.* na mobilidade urbana, que demandam análises sob uma perspectiva interseccional.

As cidades tornam-se justas a partir do momento em que os estudos urbanos considerem o habitante, seu habitar e seu habitat, de maneira que o morador possa

participar da vida urbana e consiga se apropriar dos espaços urbanos. A justiça na mobilidade é multiescalar e vai da microescala (local) até a macroescala (global), que apresenta os efeitos sociais causados por uma incompatibilidade espacial, como na segregação socioespacial. Deste modo, vê-se a necessidade em avançar para uma escala próxima das pessoas, de acordo com os novos paradigmas da mobilidade. No caso do transporte público, a incorporação da mobilidade cotidiana dos moradores no planejamento da circulação urbana, em escalas que se aproximem aos deslocamentos a pé, numa ótica de movimentos centrada no pedestre, contribuiria para um transporte mais equitativo.

A necessidade de minimizar os problemas de inequidade ocorre através de políticas urbanas que afetam quais e quantas oportunidades são acessíveis em cada bairro. No entanto, as novas políticas tendem a beneficiar apenas uma parcela da população que está à frente dos poderes decisórios e segregam o espaço urbano, mantendo as condições do transporte público abaixo de padrões aceitáveis na maioria das cidades brasileiras em decorrência do modelo espacial vigente. Segundo Vasconcellos (2018), nas manifestações que ocorreram no Brasil em junho de 2013, também conhecida como “movimento dos 20 centavos”, as pessoas mais pobres, que mais sofriam com a precariedade dos serviços de transporte, não saíram às ruas e, portanto, foram excluídas da agenda pública. Ainda, a idolatria do carro como um produto econômico superior criaram um ambiente em que limitar o uso do carro é um “anátoma”, no qual o fraco desenvolvimento da cidadania e a falta de voz política dos usuários do transporte público para proteger seus interesses agravam este cenário.

Portanto, a acessibilidade é fortalecida quando o transporte público é colocado como um provedor, eficaz e democrático, de mobilidade. Para o desenvolvimento de projetos deste sistema modal, a análise simultânea da ocupação urbana, políticas de planejamento urbano, de qualidade ambiental e a incorporação de marcadores sociais, que se baseiam nas manifestações da natureza humana (idade, sexo *etc.*) e em construções sociais (renda, raça/cor, gênero *etc.*), possibilita melhorar a acessibilidade e a compreender aspectos específicos dos moradores. Esses fatores são considerados protagonistas do desenvolvimento urbano e estão no caminho dos princípios do desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. Ao cobrir diversas partes da cidade, provendo principalmente os mais carentes com melhor acesso, o sistema de transporte público por ônibus tende a mitigar os processos de exclusão social.

4 SINTAXE ESPACIAL, ESTUDOS EM TRANSPORTE E ANÁLISE ESPACIAL

Como parte da solução dos problemas de pesquisa, propôs-se o uso de uma abordagem configuracional que auxilie no processo de análise do espaço de circulação urbana. No presente estudo explorou-se o potencial de aplicação da Sintaxe Espacial na análise da acessibilidade ao transporte público por ônibus, tendo como ponto de partida o corpo teórico e metodológico desenvolvido para esta teoria.

O presente capítulo realiza uma revisão a respeito dos estudos configuracionais baseados nesta teoria e a sua aplicabilidade em transportes. Portanto, para o completo entendimento desta abordagem é necessário a fundamentação do ambiente urbano como sistema e como palco de interações sociais, bem como trazer algumas aplicações da abordagem adotada na resolução de problemas de transporte.

4.1 TEORIA DA LÓGICA SOCIAL DO ESPAÇO

A Sintaxe Espacial (Teoria da Lógica Social do Espaço) originou-se a partir dos estudos de Bill Hillier e seus colaboradores na década de 1970 (HILLIER *et al.* 1976)¹² na *University College London* (UCL) e teve sua consolidação com a publicação da obra seminal *The Social Logic of Space* (HILLIER; HANSON, 1984) ao observar que o espaço é a base comum das cidades físicas e sociais (HILLIER; VAUGHAN, 2007). Esta teoria explica a estrutura lógica do espaço urbano assumindo que existe uma estrutura inteligível para construir o espaço como ele é percebido e explorado pelos usuários que se movimentam através dele (ZHAN; ZHOU; XIAO, 2009), denominado como movimento natural¹³ (HILLIER *et al.*, 1993) e que qualquer atividade social possui uma componente espacial (HILLIER; VAUGHAN, 2007). Esta teoria busca capturar as dimensões espaciais do mundo real em termos da lógica social que está

¹² O termo Sintaxe Espacial (SE) ou *Space Syntax* teve origem na publicação do artigo *Space Syntax* na revista *Environment and Planning B: Planning and Design* em 1976 em que se argumentou que a configuração espacial poderia ter influência nos padrões de comportamento humano.

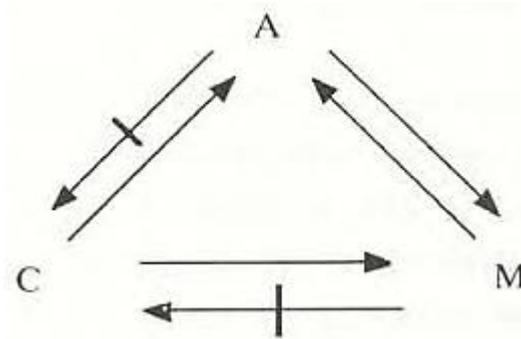
¹³ De acordo com Hillier *et al.* (1993), o movimento natural é a proporção do movimento determinada pela própria configuração da rede. A configuração urbana atua como o primeiro gerador dos padrões de movimento, servindo como potencializadora dos fluxos (ZAMPIERI, 2006). Sem o movimento natural, a maioria dos espaços ficaria vazia a maior parte do tempo.

por trás da configuração espacial das cidades, levando em conta a relação espaço-sociedade (HILLIER; HANSON, 1984; ZAMPIERI, 2012), em que a sociedade pode ser entendida como “um conjunto de sistemas de encontros, que estão relacionados com padrões espaciais, e que contribuem para a materialização de papéis sociais” (HOLANDA, 1997, p. 2).

Diferentemente dos modelos mais familiares de engenharia, que criam análises individualizadas para cada fenômeno socioespacial em particular, procurando ser explicativos em si mesmos, a SE tem provado ser aplicável como um modelo de projeto ao se aproximar ao que a cidade é em sua integralidade (HILLIER; VAUGHAN, 2007), buscando refletir a objetividade do espaço e a interação das pessoas com ele. Os modelos quantitativos, baseados em teorias de atração e empregados em estudos veiculares, dizem pouco sobre a configuração espacial da malha urbana, ou seja, sobre a maneira pela qual os elementos espaciais através dos quais as pessoas se movem – ruas, praças, vielas *etc.* – estão ligados entre si para formar algum tipo de padrão global (HILLIER *et al.*, 1993). Por outro lado, a SE torna a cidade construída como o principal objeto de estudo e examina a sua morfologia para detectar os processos econômicos e sociais, independente da consideração de atratores no modelo. De acordo com Hillier e Lida (2005), a configuração espacial da rede urbana é a promotora dos movimentos potenciais por si mesma, onde os padrões da malha definirão a maior ou menor atração destes movimentos naturais a partir de sua forma.

Ao considerar um cenário em que movimento, atração e configuração estivessem combinados (Figura 7), Hillier *et al.* (1993) afirmam que a configuração seria a causa primária de movimento. Pela visão dos autores, a localização de atratores e os movimentos podem se influenciar, porém esses dois componentes não podem influenciar na configuração. Sem o entendimento dos efeitos da configuração da cidade, não seria possível entender os movimentos, a distribuição dos atratores ou a própria morfologia do tecido urbano.

Figura 7 – Relações entre as componentes urbanas e o movimento natural. A é atração, C é configuração e M é movimento.



Fonte: Hillier et al. (1993)

Ao abordar sobre a localização de atividades comerciais, Penn *et al.* (1998) indicam que o sucesso destas atividades está propenso à relação existente com outros espaços da malha urbana. De acordo com os autores, o comércio tende a tirar proveito da forma urbana ao se instalar preferencialmente onde exista um maior potencial de movimento. Embora os atratores possam ser multiplicadores dos padrões básicos de movimento induzidos pela malha, o movimento primário originado pela configuração é que possibilita os maiores usos do espaço (HILLIER *et al.*, 1993). Além disso, de acordo com Hillier (1988), a presença natural de pessoas pode ser o significado primário que o espaço é naturalmente policiado e, quanto mais eliminar esta presença, maior o potencial de crimes e a criação de zonas perigosas.

A análise de rede, representada aqui pela SE, pode ser uma alternativa aos modelos de transporte orientados à demanda e surgiu originalmente nas ciências sociais para estudar as relações entre pessoas ou grupos sociais, tendo também sido amplamente utilizada em estudos regionais. Os modelos desenvolvidos com este propósito reduzem um sistema complexo a um grafo¹⁴ matematicamente definido que consiste em nós interconectados (SCHWANDER, 2007). No entanto, a SE se diferencia ao representar cada linha como um nó (*node*) e cada interseção como uma conexão (*link*), enquanto em outros métodos tradicionais a situação é inversa (JUN *et al.* 2007; MARSHALL, 2005).

Como vantagens da Sintaxe Espacial, pode-se citar a necessidade de poucos dados e a sua calibração consiste no confronto dos resultados com dados

¹⁴ De acordo com Marshall *et al.* (2018, p. 2) “os grafos são, em outras palavras, apenas uma abstração matemática, uma representação formal de um modelo retirado da realidade física do ambiente das ruas através de um processo de abstração e modelagem.”

preexistentes (BARROS, 2006). A autora, ao realizar uma comparação entre o *software* SATURN¹⁵, utilizado na engenharia de transportes para simular o movimento de veículos, e a SE, com base na representação por segmentos, observou correlações significativas entre os dois modelos. Pesquisas utilizando a SE sugerem que existe uma forte relação entre a configuração da rede viária e os fluxos de pedestres e veículos (PENN *et al.*, 1998), em que os efeitos da rede e a estrutura correspondem fortemente ao movimento de pedestres, veículos e ciclistas, bem como a densidade e distribuição dos usos do solo na cidade (CHIARADIA; MOREAU; RAFORD, 2005). Locais mais acessíveis são teoricamente mais atrativos como destinos que aqueles menos acessíveis devido à sua posição na configuração da rede como um todo (HILLIER; IIDA, 2005), induzindo a presença de pessoas e atividades econômicas que se beneficiem da acessibilidade fornecida (HILLIER, 1996).

Examinando a estrutura do sistema urbano, Hillier (1996) descreve que quando ocorrem quaisquer transformações em um único elemento de sua configuração, as propriedades configuracionais são alteradas em outros elementos da estrutura. O autor explica que independentemente de serem alterações em níveis locais, estas vão alterar as características da configuração em nível global. Nesse caso, não se vê apenas as propriedades dos espaços individualizados, mas as inter-relações entre os espaços que compõem o sistema.

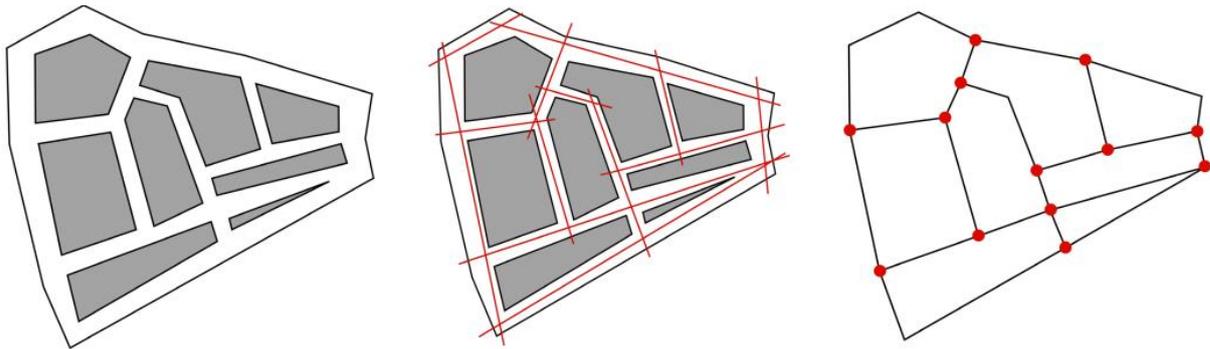
Com o avanço das pesquisas no campo da SE, pôde-se analisar quantitativamente os espaços e as relações matemáticas existentes entre eles, obtendo resultados mais condizentes com a realidade física da cidade. Ao considerar as representações usuais de espaços abertos, a SE promove uma representação diferente, construída a partir de linhas que compõem o mapa axial (GIL, 2014) e compreendem o isolamento das barreiras ou ilhas espaciais. Este mapa pode ser desenhado a partir do menor número das maiores linhas que passam pelo conjunto de espaços convexos¹⁶, constituindo-se como linhas axiais que podem ser desenhadas no sistema de espaços abertos do assentamento (HILLIER; HANSON,

¹⁵ *Simulation and Assignment of Traffic to Urban Road Networks.*

¹⁶ De acordo com Hillier (1988), um espaço é dito como convexo quando todos os pontos são diretamente visíveis e acessíveis a partir de outros pontos neste espaço, sem a existência de lugares escondidos (espaços côncavos). Além disso, considerando a construção dos espaços convexos, cada um destes espaços possui entradas de edificações ligadas diretamente a ele (transições público/privado), denominadas como constituições (HILLIER; HANSON, 1984). Para os autores, essas considerações representam tanto uma propriedade social quanto espacial, as quais indicam um potencial de vigilância em decorrências destas entradas, em qualquer lugar que se possa estar no espaço urbano.

1984) e oferece como resultados informações sobre diversos aspectos através das medidas sintáticas da malha urbana (TALAVERA-GARCÍA; VALENZUELA-MONTES, 2012). Nesse sentido, a organização unidimensional do assentamento, criada a partir do desenho das linhas axiais, começa a ser traçada pelas linhas retas ou axiais mais longas, depois a próxima linha mais longa, e continuando até que todos os espaços convexos sejam passados pelo menos uma vez e todos os elos axiais sejam feitos. Na Figura 8 são apresentadas as representações usuais das redes de ruas, em que os espaços abertos são demonstrados pelas áreas brancas como os vãos livres entre as edificações (caracterizando os “vazios”) e as áreas preenchidas com cinza representam as áreas edificadas da cidade (caracterizando os “cheios”), compondo o ambiente urbano como conhecemos.

Figura 8 – Representação da rede de ruas. a) mundo real. b) mapa axial. c) rede tradicional.



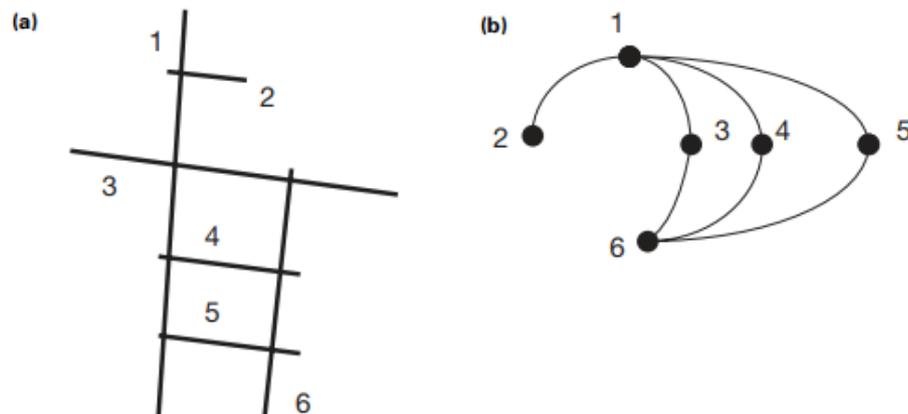
Fonte: Jun et al. (2007)

Simplificadamente, a ideia de linha axial representa a cobertura de espaços abertos a partir de linhas de visão e movimento, com base na navegabilidade urbana dos usuários, ao contrário dos espaços convexos que produzem uma visão estática voltada à ocupação. Por isso, o espaço da cidade é insumo essencial para as análises realizadas pela Sintaxe Espacial, sendo entendido como um sistema complexo de barreiras¹⁷ e permeabilidades que constituem padrões (HOLANDA, 1997) e é através das formas pelas quais os edifícios, individualmente e coletivamente, criam e ordenam o espaço que somos capazes de reconhecer a sociedade (HILLIER; HANSON, 1984).

¹⁷ Constituem-se como barreiras as edificações, cercas, muros, corpos d'água etc., as quais impedem o movimento de pessoas.

Uma vez representado o sistema espacial, ele pode ser analisado como um sistema de relações sintáticas através da configuração do sistema por suas relações de permeabilidade. Isto significa analisar as relações em termos das propriedades básicas de simetria-assimetria¹⁸ e distribuição-não-distribuição¹⁹ (HILLIER; HANSON, 1984), as quais podem ser representadas criando grafos a partir destas relações.

Figura 9 – Conversão do mapa axial. a) Mapa axial. b) Grafo correspondente.



Fonte: Marshall (2005)

Nesse sentido, é importante a noção de passo topológico, que é usado nos cálculos de medidas sintáticas e remete à distância topológica entre os espaços do sistema. Cada passo topológico é entendido dentro da SE como a necessidade de mudança de direção para passar de uma linha a outra no sistema. Considerando a sua representação em grafos, o acumulado de passos topológicos entre todos os pares de nós do grafo é o que se denomina como profundidade e independe de medidas métricas. Todos os espaços ou linhas a um passo topológico de distâncias estão alinhados no mesmo nível, todos aqueles a dois passos topológicos em um nível

¹⁸ A distinção entre simetria e assimetria diz respeito ao acesso dos espaços com ou sem a necessidade de um ou mais espaços intermediários. Quando as relações são simétricas, os acessos são diretos a outros espaços. Nas relações assimétricas, por sua vez, as relações ocorrem de maneira indireta, pela necessidade de espaços intermediários. Desse modo, quanto mais simétrico for um sistema, maior será a quantidade de anéis (anelaridade) e a tendência de baixa profundidade (raso). Por outro lado, quanto mais assimétrico for um sistema, maior será a linearidade e a tendência de maior profundidade.

¹⁹ Já quando se está trabalhando com as noções de distribuição e não-distribuição, se considera as derivações entre as relações das linhas axiais. Em um sistema não-distribuído nunca haverá mais de uma rota de um ponto a outro, enquanto em um sistema distribuído haverá alternativas de rotas em decorrência da formação de anéis. Se considerada a relação das linhas axiais com suas vizinhas, sistemas não-distribuídos tendem a concentrar uma maior quantidade de espaços do tipo ponta de sistema ou caminhos para ponta de sistema, enquanto sistemas distribuídos tendem a possuir maior quantidade de espaços que estão contidos em um ou mais anéis.

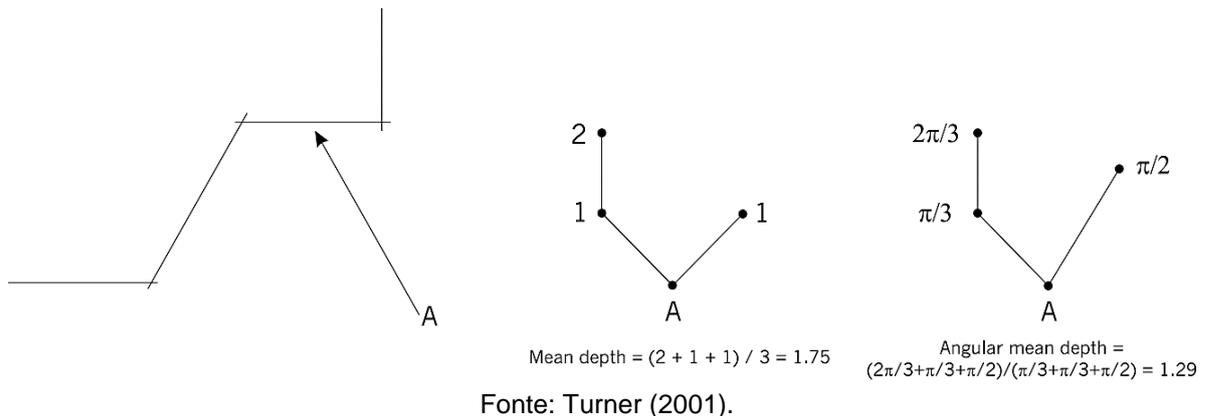
acima, e assim por diante (HILLIER; HANSON, 1984). Quanto maior o número de níveis (passos topológicos) necessários para acessar um local a outro, maior é a sua profundidade, uma vez que é necessária a passagem por uma sucessão de espaços. Desse modo, a profundidade é dada pelo número de espaços intermediários que se encontram entre o que se analisa e todos os outros do sistema.

4.1.1 Representação por segmentos

Elaborada por Turner (2001) como aperfeiçoamento metodológico da forma tradicional de representação da Sintaxe Espacial, a representação por segmentos realiza a decomposição do mapa de linhas axiais. Essa representação consiste na disposição de linhas entre cada nó de uma malha viária (MEDEIROS, 2006), diferentemente da axial que perpassa de forma contínua as intersecções em linha reta, conforme ilustrado na Figura 8. Esta derivação do mapa axial divide as linhas axiais em suas intersecções, produzindo o mapa de segmentos (TURNER, 2001) e contornam uma das críticas devido as linhas axiais possuírem comprimentos altamente diferenciados (GEREMIA, 2018). As medidas obtidas a partir do mapa segmentado, criado a partir da segmentação das linhas no mapa axial, levam em consideração o ângulo existente entre as rotas possíveis entre todos os segmentos do sistema (ZAMPIERI 2013), sendo denominadas como medidas angulares e utilizam um grafo ponderado para o cálculo das medidas sintáticas (TURNER, 2007) dependendo do ângulo em que os segmentos estejam conectados (ZAMPIERI, 2012).

Enquanto as medidas axiais tradicionais ocorrem através de passos topológicos, somados com a passagem de um vértice ao outro, as medidas angulares realizam uma ponderação a cada mudança de direção, conforme pode ser observado na Figura 10. Como exemplo, é calculada a profundidade média de um sistema simples com as medidas axiais e angulares, considerando o caminho mais curto de cada linha para outra no sistema.

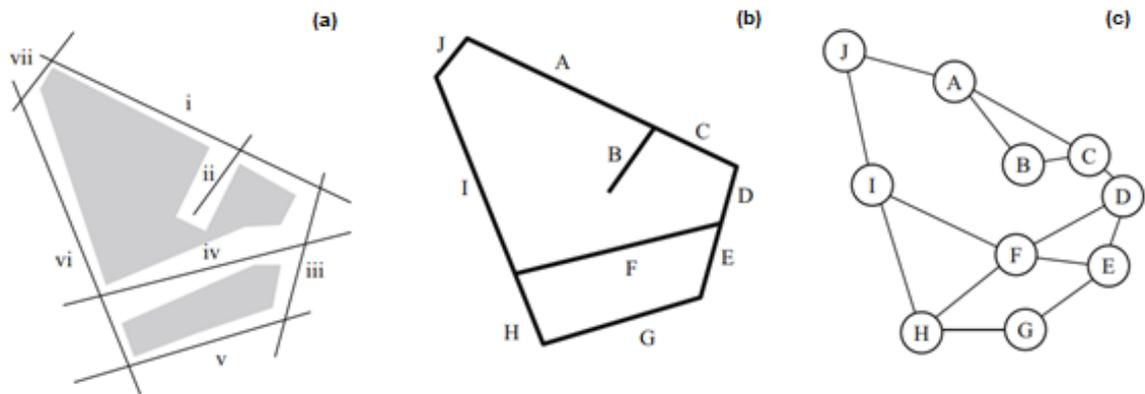
Figura 10 – Cálculo da profundidade média da linha A por medida axial e angular.



Além disso, as medidas angulares são uma forma simplificada de considerar o conceito de navegabilidade humana pelos espaços urbanos (ZAMPIERI, 2012). De acordo com Hillier e Iida (2005), os humanos navegam nas cidades levando em consideração o desvio angular e procuram os caminhos com os menores desvios. Embora não apresente evidências empíricas, este estudo alega que o movimento de pedestres pode ser melhor explicado pelas variáveis angulares (ZAMPIERI 2012). Hillier e Iida (2005) descrevem que estudos mostram que as distâncias angulares possibilitam uma representação mais acurada da distribuição dos movimentos do que distâncias métricas e topológicas.

Turner (2007) demonstrou que a análise angular por segmentos permite uma melhor correlação com os fluxos veiculares que as análises tradicionais por linhas axiais e por medidas métricas de distância. De acordo com o autor, a representação do modelo de análise angular por segmentos permite a utilização das linhas viárias centrais (*Road Centrelines* ou RCL), muito comuns nas análises de transportes, e disponibilizadas mais facilmente. Esta representação ainda possibilita uma menor interferência do analista na base cartográfica, uma vez que a sensibilidade dos efeitos da base é minimizada. De acordo com Barros (2006), o mapa de segmentos apresenta maior compatibilidade com dados de transportes do que por linhas axiais, permitindo a investigação nos vários segmentos de uma via, enquanto Pereira *et al.* (2011) avaliaram como baixo o potencial de aplicação da representação por linhas axiais em estudos de transportes. Segundo Barros *et al.* (2007) o mapa de segmento seria mais apropriado a esses estudos, uma vez que sua representação e possibilidades de análise tem características semelhantes às que tradicionalmente são consideradas na engenharia de tráfego.

Figura 11 – Processo de obtenção de uma rede de segmentos a partir do mapa de linhas axiais. (a) Mapa axial. (b) Mapa segmentado. (c) Representação do grafo.



Fonte: adaptado de Summers e Johnson (2017)

O processo de criação dos mapas segmentados inicia-se a partir da delimitação e quebra dos espaços abertos contínuos em espaços convexos. Simplificadamente, estes espaços coincidem com as vias de circulação de pedestres ou veículos, correspondentes aos espaços livres entre as edificações e representam o potencial de movimento. No exemplo (Figura 11), o mapa axial se origina pelo desenho das linhas axiais que atravessam os espaços convexos (7 linhas axiais), conforme previsto por Hillier e Hanson (1984), onde cada linha deve perpassar outra linha para formar uma rede conectada. Em seguida, as linhas axiais são quebradas nas suas intersecções e originam o mapa segmentado (10 linhas segmentadas) a partir da metodologia de Turner (2001), a qual permite a análise individualizada dos resultados em cada segmento. Por fim, para o cálculo das medidas e a realização das análises sintáticas, cada segmento se torna um vértice, em que as conexões representam as ligações entre os vértices (10 vértices e 14 ligações). No entanto, com a possibilidade de utilizar as RCL previstas por Turner (2007), esse processo pode ser automatizado e demandar menos tempo do analista na construção da base de dados, como aqueles originados da plataforma *OpenStreetMap* (OSM).

4.1.2 Medidas sintáticas

Tendo como base o mapa segmentado, a configuração espacial pode ter os seus atributos quantificados pela SE a partir das medidas ou variáveis sintáticas. No Quadro 3 são apresentadas as variáveis a serem utilizadas neste trabalho. Estas medidas trazem informações configuracionais a respeito do sistema urbano e de como as suas partes interagem entre si.

Quadro 3 – Síntese de medidas sintáticas.

MEDIDA	CARACTERÍSTICA
INTEGRAÇÃO	Mede o número mínimo de espaços necessários para ir de cada espaço (segmento) para os demais dentro do sistema e baseia-se na noção de profundidade (HILLIER; HANSON, 1984). Indica se um segmento está mais acessível (raso ou integrado) ou mais segregado no sistema. A integração pode ser analisada em níveis locais e/ou em níveis globais, a depender dos raios considerados nos cálculos. As propriedades da rede medidas por raios de integração variáveis podem indicar maiores potenciais de movimento para alguns destinos que outros simplesmente como um efeito da estrutura da rede, assim como encontramos na realidade urbana. No momento em que a produção de espaços em escala menor é potencializada pela malha, ela mantém a mesma lógica, mesmo em nível local, que pode ser entendido por toda a cidade (ZAMPIERI, 2012).
CHOICE (ESCOLHA)	Mede o potencial de um espaço ou segmento ser escolhido por pedestres ou veículos como o caminho mais curto para os demais (VAEZ; BURKE; ALIZADEH, 2017). Representa o número de vezes que um segmento está presente como caminho mais curto para todos os outros no sistema, de modo que os segmentos com os maiores valores de <i>choice</i> fornecem a rota mais utilizada dentro de um raio topológico predeterminado, geometricamente curta e com menos deflexão de todo o sistema.
CONNECTIVIDADE	É uma medida local que descreve o número de espaços vizinhos conectados diretamente a cada espaço (HILLIER; HANSON, 1984), relacionando-se à quantidade de espaços que se interceptam ou se cruzam. Mede o número de espaços (segmentos) imediatamente conectados ao espaço de origem (<i>op. cit.</i>). Indica quantos segmentos estão conectados a cada segmento na malha.

Fonte: Autor.

Na Sintaxe Espacial, a integração é a medida que revela a facilidade de se deslocar de uma linha ou segmento para qualquer outro considerando o sistema em sua integralidade. Por esta abordagem, o espaço urbano é definido como aquele livremente acessível e percorrido sem barreiras (HOLANDA, 1997). Nesse sistema, a integração expressa o potencial para ir de um ponto para outro (*to movement*) (HILLIER; IIDA, 2005), indicando o potencial configuracional na formação de

centralidades de acordo com a escala considerada na análise. Aumentar os valores médios de integração no sistema indica que houve redução nas áreas segregadas e aumento da facilidade de deslocamento entre os diversos pontos de uma cidade ou assentamento. No caso das vias de transporte, valores elevados acarretam facilidade de acesso a este eixo a partir das outras vias.

Considerando a sua formulação, o conceito de integração é conduzido pela ideia de profundidade ao expressar a relação entre a profundidade média de cada linha e o número total de linhas do sistema analisado (HILLIER; HANSON, 1984). Nesse sentido, a medida de integração indica a acessibilidade relativa entre cada uma das linhas ou segmentos do sistema em relação à necessidade de mudanças de direção ou passos topológicos.

Além disso, é possível determinar o núcleo de integração de um sistema, o qual pode ser entendido como privilegiado em relação ao acesso à cidade. De acordo com Hillier *et al.* (1988), o núcleo de integração pode ser formado pelos 25% dos espaços mais integrados, quando o número for menor que 100 linhas, ou pelos 10%, quando forem superiores a esse número. A utilidade de identificar o núcleo de integração ocorre devido a quantificação do potencial de acessibilidade pelo posicionamento relativo dos espaços abertos no sistema, demonstrando como ocorre a distribuição dos valores desta variável sintática.

O cálculo da medida de integração identifica as áreas que se configuram como centralidades urbanas ou de bairro, a depender dos raios especificados conforme as análises demandadas. Estudos demonstraram que as maiores medidas de integração são relacionadas aos maiores fluxos como destino para pedestres e veículos (HILLIER *et al.*, 1993; HILLIER; IIDA, 2005), enquanto as menores medidas são relacionadas aos menores fluxos ou aos espaços mais segregados do sistema. Considerando a representação clássica dos mapas sintáticos de integração, as linhas mais rasas do sistema ou mais integradas são apresentadas com a coloração vermelha, onde existe uma probabilidade maior de haver movimento. Significa que é mais fácil alcançar ou chegar a esses espaços a partir de qualquer parte da cidade (mais acessíveis ou permeáveis) (MEDEIROS, 2006), baseada na centralidade de proximidade (*closeness*). No outro extremo, as linhas mais profundas do sistema ou mais segregadas (com menor potencial como destinos) são apresentadas com a coloração azul, onde existe uma menor probabilidade de haver movimento em função da configuração espacial. De acordo com Hillier (1988), quanto menor o número de linhas

intermediárias que precisamos passar a partir de um lugar ou linha axial para todas as demais no sistema, mais integrada ou mais rasa será esta linha.

Por outro lado, a medida de *choice* expressa o potencial de movimento através do espaço público (*through movement*) ou de passagem, identificando as rotas alternativas mais escolhidas tendo como base todos os pares de espaços no sistema. Baseia-se na centralidade de atravessamento ou de intermediação (*betweenness*) e representa os locais por onde as pessoas passam, mas não ficam. Normalmente, identifica as principais vias da rede e é altamente influenciada pela escala ou raio em que se está medindo (ROKEM; VAUGHAN, 2018).

As medidas de integração e *choice* são representativas em diferentes escalas de análise. Um raio de 800 metros, por exemplo, tende a prever o comportamento em distâncias curtas como em 10 minutos de caminhada (*op. cit.*), normalmente realizadas dentro dos bairros que as pessoas residem, enquanto um raio global (R_n) tende a prever o comportamento no sistema inteiro.

4.2 APLICABILIDADE EM ESTUDOS DE TRANSPORTE PÚBLICO

A acessibilidade aos transportes públicos é um tema recente em pesquisas acadêmicas, colocado em evidência devido à dependência e ao aumento expressivo no número de automóveis, as externalidades causadas ao ambiente e à saúde humana, e aos níveis de igualdade e equidade social dentro das cidades. De modo a inserir a presente pesquisa no contexto do transporte público dentro da lógica da Sintaxe Espacial, realizou-se uma revisão sistemática de literatura²⁰ (RSL) acerca desta temática. A síntese dos estudos encontrados é apresentada nas próximas seções, com a divisão em transporte público metroferroviário e por ônibus.

²⁰ Os procedimentos adotados para a RSL estão detalhados no Apêndice A. Foram incluídos artigos de periódicos e de eventos científicos que atendessem ao protocolo proposto. Apesar da dissertação envolver o transporte público por ônibus, foram considerados trabalhos que abordaram outros modos de transporte públicos, como o trem, metrô e aeromóvel, de maneira a obter uma maior compreensão sobre o tema e maior retorno de artigos.

4.2.1 Transporte metroferroviário

Os primeiros estudos que inseriram a Sintaxe Espacial na temática do transporte público foram desenvolvidos na Inglaterra, precisamente na análise da expansão do metrô de Londres (CHIARADIA; MOREAU; RAFORD, 2005) e em uma análise na rede de trens de passageiros em *South East of England* (SCHWANDER, 2007) usando um modelo topológico ponderado pela frequência dos trens. Ambos os estudos consideraram as redes de transporte isoladamente e mostraram correlações significativas ao comparar medidas topológicas da SE e dados empíricos, indicando a influência da rede no transporte sobre trilhos e correspondência com o nível de utilização das estações.

Chiaradia *et al.* (2005), que avaliaram a rede metroferroviária de Londres a partir de suas linhas subterrâneas e superficiais, apontam que os modelos tradicionais de demanda de transporte têm falhado na previsão de fluxos, como na expansão da *Jubilee Line Extension* (JLE), ao não considerar as análises configuracionais no planejamento das linhas do metrô. Estes modelos de transporte necessitam de informações sobre o tempo de transferência, velocidade, densidade, informações de viagens de diferentes modos (LAW; CHIARADIA; SCHWANDER, 2012) e, ainda, podem custar centenas ou milhares de euros para serem construídos ou mantidos (CHIARADIA; MOREAU; RAFORD, 2005).

Considerando ainda o cenário londrino, Gil (2012) e Law, Chiaradia e Schwander (2012) desenvolveram suas pesquisas a partir de uma visão multimodal do transporte sobre trilhos com a inserção da rede viária da cidade em suas análises, a qual combina a possibilidade de movimentos por parte dos pedestres. Ambos os casos utilizaram dados empíricos a respeito das estações e validação através de análise estatística. Gil (2012) desenvolveu um método para modelar e integrar as camadas do transporte metroferroviário e os movimentos de pedestres sob uma visão multimodal da rede a partir da criação de um hipergrafo²¹. No entanto, o autor

²¹ Gil denominou a combinação das diversas camadas como um hipergrafo. A conexão entre as camadas dos modos era realizada através de uma “interface modal” conectando os diversos modos por linhas, semelhante a ideia de *link* utilizada no software *Depthmap*. Ou seja, cada camada ou nível estava ligada às camadas subjacentes ou sobrejacentes. Um pacote genérico de análise de redes, denominado de *NetworkX*, foi utilizado para analisar a integração do modelo de rede multi-modal.

considerou que os resultados encontrados não contribuíram na estimativa de fluxo de pedestres e de uso das estações.

Por outro lado, os resultados de Law, Chiaradia e Schwander (2012) sugerem que a integração bi-modal do sistema de vias urbanas e do metrô nas análises de rede são capazes de capturar mais precisamente as centralidades da cidade do que em análises tradicionais baseadas somente nas vias urbanas. De acordo com os autores, os efeitos de um modelo bimodal são subestimados pelas análises tradicionais da Sintaxe Espacial. Os resultados mostram, por exemplo, que algumas áreas que são segregadas pelo modelo tradicional de análise da SE (sistema de vias urbanas), como a região de *Canary Warf*, são bem conectadas quando se combina a rede do metrô de Londres no modelo bi-modal, uma vez que a área mencionada está presente em um corredor importante deste modal de transporte. Além disso, de acordo com os resultados, existe uma correlação positiva entre densidade, preço de transação de imóveis e integração espacial, sugerindo que locais acessíveis se encontram em maiores densidades e em maiores valores de terrenos e vice-versa.

Considerando as infraestruturas do sistema metroferroviário, Bolton (2015) estudou a influência destas em relação a sua vizinhança e analisou os impactos nas proximidades dos terminais centrais de *Euston* e *Waterloo* no período de 1880 – 2014 através de medidas sintáticas normalizadas provenientes de mapas segmentados. De acordo com o autor, as análises demonstram que as vizinhanças se tornaram menos acessíveis e conectadas à medida em que foram introduzidas estas novas infraestruturas, com exceção dos locais em que havia viadutos para passagem de fluxos das vias, contribuindo para a permeabilidade do sistema, e os resultados corroboram com o que Hillier *et al.* (1993) havia denominado como um efeito de atração negativa.

Fora do contexto de Londres, Talavera-García e Valenzuela-Montes (2012) estudaram a implantação do “metro ligero” (*Light Rail Transit*) de Granada, na Espanha. De acordo com os autores, a localização das paradas vai além de sua cobertura geográfica, indicando a necessidade de avaliar sua influência como atrator em relação ao seu entorno. O dimensionamento atual se mostrou superestimado a respeito da localização ao considerar distâncias euclidianas²², não realizando o uso de análises de rede e a configuração espacial. Em relação à SE, foram consideradas

²² É a distância, em linha reta, entre dois pontos. Não considera obstáculos.

as medidas de integração e conectividade, a partir do mapa axial, e a medida de profundidade visual, sobre o mapa de visibilidade. Os resultados encontrados indicaram que o projeto poderia ser melhorado se considerasse as medidas de integração das vias ou a visibilidade que poderiam gerar em relação ao seu entorno.

Li *et al.* (2017) ao desenvolverem sua pesquisa no sistema metroviário da cidade chinesa de Xi'na utilizaram a SE como uma medida avaliativa para o que denominaram como “acessibilidade por radiação”. Com a utilização de medidas topológicas a partir do mapa axial, os autores consideraram somente a rede de linhas do metrô, sem levar em consideração os arruamentos. Como resultados, observaram que as estações de transferência eram aquelas que possuíam os maiores valores de integração e estavam inseridas nas áreas mais prósperas da cidade, enquanto os menores valores ocorriam nas demais estações, demonstrando a dificuldade do usuário em se deslocar entre estações. A sugestão encontrada é fechar circuitos entre estações mais afastadas para aumentar a acessibilidade.

Considerando as questões de segregação espacial, Rokem e Vaughan (2018, 2019) estudaram a cidade de Jerusalém, em Israel, e a capital da Suécia, Estocolmo. Em ambos os casos foram calculadas medidas angulares normalizadas de NAIN e NACH, bem como as distâncias de caminhada ao transporte público e destacadas as vias mais acessíveis do sistema. No caso de Jerusalém, os autores abordaram as diferenças entre os grupos árabes e judeus, que povoam a cidade em áreas distintas, a partir da construção do *Jerusalem Light Rail* (JLR), em 2011. Conforme os resultados apresentados, a maioria das vias urbanas com intenso potencial de movimento (10%) estão localizadas nas regiões de moradores judeus e correspondem aos locais com as menores distâncias de caminhada para as estações do JLR. Apesar disso, a inauguração do JLR aumentou as oportunidades de encontro entre esses dois grupos étnicos. Já no caso de Estocolmo, as análises foram realizadas a partir da diferenciação espacial entre os suecos nativos e imigrantes, considerando a capacidade de interações sociais por partes destes últimos. A partir dos resultados encontrados, os autores observaram que as áreas mais segregadas do sistema são aquelas que possuem a maior diversidade étnica, enquanto as partes mais prósperas da cidade são compostas predominantemente por nativos. Além disso, é destacado que os imigrantes estão mais afastados das possibilidades de interação com a cidade e do sistema de transporte público, dificultando o acesso destas pessoas ao centro da capital.

No Brasil, Balestro e Zampieri (2020) avaliaram os possíveis benefícios do projeto de implantação de linhas de aeromóvel nas propriedades configuracionais das áreas a serem beneficiadas em Canoas/RS através de medidas sintáticas do mapa axial. Como resultados, os autores observaram uma significativa melhora no bairro Guajuviras, que na configuração original (sem aeromóvel) apresentava os maiores valores de segregação do sistema de Canoas, bem como verificaram aumento da sinergia²³ no bairro. Como vantagens da implantação, se verificou melhorias na acessibilidade de áreas com baixa renda, aumentando o potencial de movimento e a formação de centralidades locais que poderiam desenvolver o comércio nestas áreas.

4.2.2 Transporte por ônibus

Em relação ao transporte público por ônibus, os primeiros estudos a considerá-lo correspondem às pesquisas realizadas por Jun *et al.* (2007) aplicando a SE em um estudo de caso no *Central Business District* (CBD) de Seul, Coréia do Sul, e Zhan *et al.* (2009), em Wuhan, China²⁴, ao relacionar as paradas de ônibus com o varejo sob um viés configuracional. No estudo de Jun *et al.* (2007), em combinação com o metrô da capital sul-coreana, as paradas do transporte público foram consideradas como nós e a aplicação da SE ocorreu através de mapas axiais com a obtenção das medidas de integração. Utilizaram-se dados de pesquisas origem-destino (O-D) para calibrar a medida de acessibilidade baseada na profundidade dos passos topológicos e a criação de um algoritmo genético (GA).

²³ Na SE, a sinergia mede a correlação entre os valores de Integração Global (Rn) e Integração Local. Representa as relações entre o potencial de movimento em escala global com a escala local, indicando se um espaço integrado globalmente, em escala de cidade, apresenta correspondência em escala local, de bairro.

²⁴ Apesar da resistência inicial dos chineses à SE, a partir do século XXI muitos estudos passaram a utilizar esta abordagem na China. Boa parte dos estudos encontrados em *Backward Reference Searching* foram publicados em mandarim, motivo pelo qual alguns estudos não puderam ser incluídos na revisão de literatura.

No estudo chinês, os autores quebraram as linhas axiais em partes menores, de até 1000 metros ou dez minutos de caminhada, e realizaram a comparação entre a localização das paradas de ônibus e a concentração de lojas de varejo. De acordo com os autores, a divisão das linhas axiais em parte menores se deu devido à forma das cidades chinesas que possuem vias retilíneas de até 13 quilômetros, diferentemente do que acontece na maioria das cidades ocidentais. No entanto, uma dificuldade encontrada são as vias de direção única ou trechos de itinerários que seguem em um sentido único, diferente das linhas axiais que são binárias. A partição das linhas demonstrou melhores resultados que o modelo tradicional de linhas longas, correspondendo as áreas de alta integração aos centros de varejo da cidade.

Berhie e Saq (2017) utilizaram a SE para identificar as relações entre a intensidade de uso do solo e a escolha de modos de transporte para os deslocamentos nas cidades americanas de Boston, Pittsburgh, Lubbock e Salt Lake City a partir de medidas axiais e angulares para integração e *choice*. De acordo com os autores, os *commuters*²⁵ tendem a residir em áreas segregadas do sistema, nos subúrbios, enquanto os ciclistas e pedestres vivem em áreas com alta integração no sistema. Além disso, as pessoas tendem a dirigir mais em cidades que têm a sua estrutura urbana em padrões irregulares, enquanto os padrões regulares²⁶ produzem uma tendência maior para as pessoas caminharem aos seus destinos. No entanto, não foram encontradas correspondências das medidas sintáticas com usuários de transporte público em nenhuma das cidades analisadas e a propriedade de automóveis por pessoa parece ser um fator com influência nessa correlação.

Vaez *et al.* (2017) analisaram o uso da SE na avaliação da acessibilidade das estações do transporte público (ônibus, trens e balsas) no *Central Business District* (CBD) de Brisabane, na Austrália, por medidas angulares e raios métricos de 400m, compatíveis com a caminhada até as estações. Correlacionando os valores integração e *choice* encontrados nas avaliações com dados de utilização dos sistemas, os autores encontraram boas correlações para as estações de ônibus, enquanto foram baixas para as estações de trens e balsas. No entanto, considerando a extensão do recorte espacial analisado, as estações de ônibus estavam localizadas em um

²⁵ Refere-se aos moradores que vivem em áreas distantes do centro e realizam seus deslocamentos até o CBD para suas atividades cotidianas.

²⁶ Os padrões irregulares são caracterizados pelas malhas orgânicas, comuns em cidades com crescimento desordenado e não-planejadas. Por outro lado, os padrões regulares representam as cidades planejadas, estruturadas em grelhas reguladas, modelos lineares ou esquemas radiais.

importante corredor central da cidade, enquanto os outros modais estavam próximos ao lado do rio, que funciona como barreira.

No Irã, Pezeshknejad, Monajem e Monajem (2020) avaliaram o BRT de Teerã sob a perspectiva do *Transit Oriented Development* (TOD) com a utilização dos métodos de *node-place model* e da Sintaxe Espacial através de medidas sintáticas por mapas segmentados. Segundo os autores, a eficiência das estações deste modal depende das medidas de acessibilidade das proximidades e áreas bem integradas aparentam ser mais suscetíveis à implantação do TOD, bem como melhoram a acessibilidade e tem mais sucesso em atrair a população. Para o *choice*, os autores destacam que as vias com maiores valores desta medida tendem a ser escolhidas como rotas para as estações do BRT. No entanto, eles descrevem que seria benéfico existir mais vias com valores menores de *choice* do que poucas com altos valores, uma vez que causaria saturação de movimento nas calçadas, além de identificar que rotas contínuas são mais favoráveis ao movimento por demandar menores conversões para chegar aos destinos. Como soluções aos locais com elevados valores de *choice*, sugere-se a ampliação das áreas de circulação nas calçadas ou a construção de novas rotas.

4.3 SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS

Os modelos configuracionais são frequentemente desenvolvidos dentro de um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para permitir a integração de várias camadas de informações, como uso do solo, infraestrutura de transportes, forma urbana, fluxos de movimento e características socioeconômicas, o que lhes confere uma qualidade operacional (GIL, 2014). Nesse sentido, o SIG atua como uma ferramenta para a criação, consulta, armazenamento e gerência de dados espaciais com a finalidade de representar a distribuição espacial do fenômeno em análise (LONGLEY *et al.*, 2013). Pela adoção desta tecnologia, é possível extrair diversas informações relacionadas ao mundo real e a criação de produtos cartográficos diversos, implicando em uma melhor visualização e identificação do território, de maneira a auxiliar no planejamento e gestão dos municípios (MOURA, 2014).

O uso de tecnologias de geoprocessamento, principalmente o SIG, pode auxiliar na tomada de decisão por meio da realização de estudos mais detalhados sobre a distribuição espacial dos elementos urbanos e de suas conexões com os componentes do espaço público de circulação. Para Li (2014), a aplicação de um SIG contribui nas análises da dinâmica espacial dos deslocamentos e é capaz de identificar mudanças nas dimensões espaciais da mobilidade em diversas escalas (regional, local e micro). Em continuidade, o autor ainda descreve a essência desta ferramenta em identificar a localização das atividades de interesse das pessoas, bem como as rotas de transporte e a distância a ser percorrida entre as atividades. Com o auxílio de *softwares* SIG é possível realizar a análise de redes e chegar a resultados satisfatórios em relação à acessibilidade e, conforme Silva *et al.* (2008), a incorporação dessa ferramenta permite o desenvolvimento de técnicas e métodos para aplicações em planejamento urbano, regional e de transportes. Deste modo, se considerada a relação existente entre o usuário e o ambiente urbano, caracterizado pelas suas áreas consolidadas, podem ser realizadas análises do transporte público.

Em um cenário de escassez de dados, muito comum nas cidades dos países do Sul Global (MORALES *et al.*, 2019), como o Brasil, os dados espaciais provenientes de plataformas de dados colaborativos ou *Volunteered Geographic Information* (VGI), como o *OpenStreetMap* (OSM), reconhecido como a maior plataforma de produção e distribuição de dados colaborativos, se tornam úteis à administração pública. Estas plataformas consistem no resultado da contribuição de mapeadores colaborativos espelhados pelo mundo inteiro e, no caso da incapacidade de atualizações periódicas das bases cartográficas oficiais pelos municípios, os dados VGI podem contribuir para suprir esta demanda (MACHADO; CAMBOIM, 2019) e fornecer informações completas, precisas e atualizadas de acordo com a base de dados disponível.

Em estudo realizado por Cruz e Santos (2016) sobre a qualidade posicional do sistema rodoviário proveniente do OSM na área central de Viçosa/MG, por exemplo, verificou-se que os dados são compatíveis com a escala de 1:10.000. Machado e Camboim (2019) afirmam que dados originados de áreas com alta densidade populacional tendem a ter maior precisão, uma vez que muitas pessoas podem estar envolvidas na construção destas bases e realizar correções, o que em áreas menos povoadas se torna dificultoso. No entanto, as autoras alertam sobre o uso de dados VGI em mapeamentos e indicam a importância de revisões para que esses dados

possam ser integrados e confirmam confiabilidade. Assim, mesmo que as contribuições dos usuários do OSM passem por um processo de revisão antes de serem publicados para acesso a comunidade mundial, é importante que exista um controle na entrada desses dados.

Tomando o panorama apresentado acima, a Sintaxe Espacial pode entrar como aliada à gestão pública no planejamento da mobilidade ao demandar uma menor quantidade de dados para entender adequadamente a acessibilidade urbana. Morales *et al.* (2019) afirmam que as métricas da Sintaxe Espacial em raios baixos e médios estão consistentemente correlacionadas com o acesso baseado na localização, que refletem a qualidade de localização em escala de bairro e da cidade.

4.4 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 4

Este capítulo trouxe uma visão acerca da Sintaxe Espacial e a sua relação com as abordagens em transportes, levando em conta a lógica social do espaço. Embora as abordagens tradicionais realizem uma análise de acessibilidade, estas lidam parcialmente com os problemas urbanos, como se estivessem trabalhando com um subsistema paralelo e desconsiderassem o conjunto existente no sistema viário e suas componentes sociais.

A introdução de novas tecnologias em transporte implicou em transformações na forma urbana das cidades, bem como a forma urbana alterou as condições de deslocamentos a partir dos meios de transportes. Apesar da Sintaxe Espacial limitar-se a estudar a estrutura física da cidade sem a consideração de atratores, este modelo configuracional se mostrou como uma alternativa viável em estudos de mobilidade urbana por não demandar dados que são custosos e dificultosos de se levantar, os quais são obrigatórios nos modelos tradicionais de transportes. Por meio desta teoria, a distribuição espacial dos fluxos e/ou deslocamentos é delineada pelo desenho e pela forma do espaço urbano a partir de uma perspectiva relacional de posição, conexão e adjacências.

Diversos estudos têm sido realizados com a aplicação da Sintaxe Espacial em transportes, os quais verificaram boas correlações com dados empíricos coletados em campo para os movimentos veiculares e pedonais, principalmente quando utilizada a

representação por segmentos. Esta teoria busca, através de análises espaciais e quantitativas, estabelecer as relações existentes entre o espaço urbano e a estrutura social da *urbe*. A partir desta relação, busca-se extrair as interações existentes entre os indivíduos e os aspectos urbanos como a acessibilidade e os usos do solo. Por isso, aborda-se o problema de pesquisa sob um viés configuracional por acreditar que as cidades devem maximizar as oportunidades de deslocamentos, mas ao mesmo tempo diminuir a necessidade de movimento a partir de uma melhor organização do espaço. Deste modo, ocorreria uma aproximação aos princípios de equidade social e sustentabilidade em decorrência da organização espacial da cidade.

Entretanto, conforme apresentado durante a exposição do capítulo, os estudos configuracionais desta teoria na área de transporte se limitaram em boa medida à investigação do modal metroferroviário, com as primeiras publicações datadas do início deste século, em 2005 e 2007, com poucos exemplos sobre o transporte por ônibus. As investigações iniciaram com a aplicação da representação axial e, recentemente, com a utilização dos mapas de segmentos ou RCL, mais facilmente extraídas nas consultas em bancos de dados públicos.

Ao explorar a Sintaxe Espacial como modelo de análise das condições de acessibilidade e equidade social no transporte coletivo, busca-se compreender como os atributos espaciais podem ser utilizados para um melhor entendimento da realidade urbana e da distribuição deste modal no sistema. A identificação de processos de segregação socioespacial em curso, através da análise das medidas sintáticas, pode antever a necessidade de melhores condições de acesso a determinados grupos sociais, simplesmente em virtude de sua posição relativa na malha urbana.

Por fim, as evoluções computacionais e a importância do SIG como instrumento de processamento de dados urbanos trouxeram a possibilidade de cruzamento de informações complementares, como na associação entre as dimensões físicas e sociais da circulação urbana.

5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos centraram-se em analisar a acessibilidade ao transporte público por ônibus através de um viés configuracional, ao incorporar a Sintaxe Espacial em estudos de transporte, e abordar as dimensões sociais a partir de variáveis sociodemográficas. Considerou-se o usuário como pedestre, quando no acesso (a pé) ao serviço de transporte público por ônibus, e como parte do sistema, quando está se deslocando com este modal (dentro do ônibus). Por isso, são consideradas duas escalas de análise: microescala e macroescala²⁷, respectivamente. A pesquisa enquadra-se como de natureza exploratória/descritiva e a estratégia escolhida é o estudo de caso, conforme será visto na seção a seguir.

5.1 MÉTODO DE PESQUISA

De acordo com Dresch *et al.* (2015, p. 24) “o **estudo de caso** é uma pesquisa empírica que busca melhor compreender um fenômeno contemporâneo, normalmente complexo, no seu contexto real”. Os autores também destacam que esta estratégia de pesquisa é particularmente adequada para investigações no contexto de problemas complexos, assegurando que a investigação e o entendimento do problema sejam feitos em profundidade.

Para Martins e Theophilo (2007), é uma investigação empírica que pesquisa fenômenos dentro de seu contexto real, onde o pesquisador não tem controle sobre eventos e variáveis, apenas busca apreender a totalidade de uma situação e criativamente, descrever, compreender e interpretar a complexidade de um caso concreto. Adicionalmente, Gil (2018, p. 35) considera que esta estratégia de pesquisa “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos casos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento”.

²⁷ As escalas de análise são abordadas em 5.1.3.

Apesar do estudo de caso não possuir etapas rígidas a serem seguidas, foram utilizadas as recomendações dadas por Dresch *et al.* (2015) com as seguintes atividades: i) definir a estrutura conceitual; ii) planejar o(s) caso(s); iii) Conduzir o teste piloto; iv) Coletar dados; v) Analisar dados, e; vi) Gerar relatório.

5.1.1 Delineamento metodológico

O estudo utiliza fontes de dados secundários de plataformas de dados espaciais, artigos científicos, documentos e relatórios com dados estatísticos. Durante a investigação, realizou-se um levantamento teórico-metodológico a fim de embasar e orientar as respostas aos questionamentos levantados. A pesquisa se caracteriza como de natureza quali-quantitativa ou mista, conforme Sampieri *et al.* (2013), e parte de um caso particular, no município de Pelotas/RS, para a sua generalização a partir dos resultados obtidos.

A área urbana de Pelotas/RS foi escolhida como recorte espacial devido a sua característica de ser uma cidade de porte médio e ao transporte público predominante ser realizado por ônibus. Além disso, outro aspecto relevante é em relação a sua configuração espacial, com particularidades de uma cidade fragmentada. A caracterização da cidade é apresentada na seção 6.1, de modo a contextualizá-la em maior profundidade.

Para atingir os objetivos propostos neste estudo, dividiu-se o processo de desenvolvimento da pesquisa em 5 etapas distintas. As duas primeiras foram denominadas de etapas de base, compreendendo o levantamento de material bibliográfico, documentos e dados espaciais para a área de estudo, enquanto as demais correspondem às etapas de produção.

Quadro 4 – Etapas para o desenvolvimento da pesquisa.

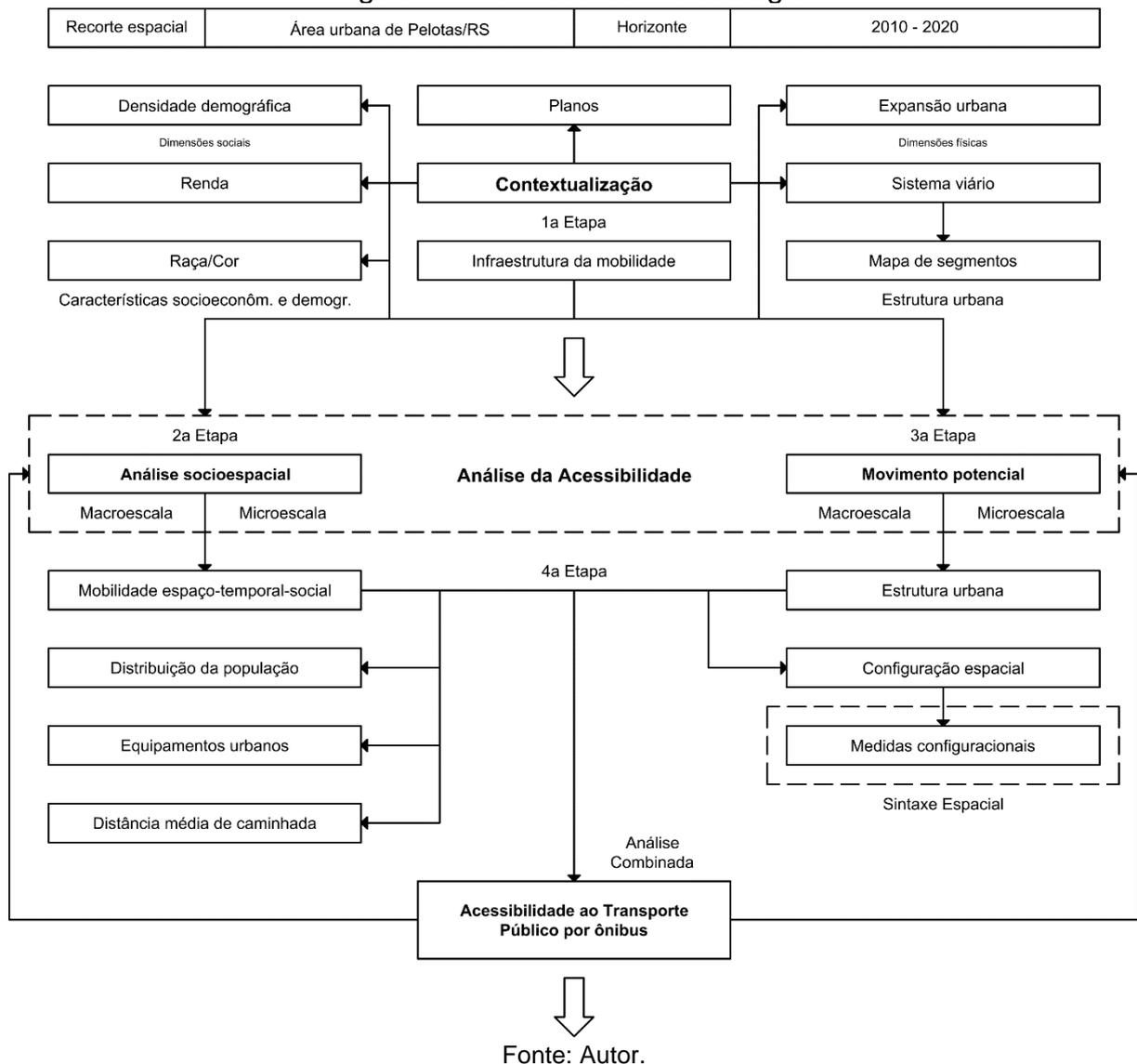
ETAPAS DE BASE	
1ª ETAPA	Revisão do estado da arte relacionado ao tema, de maneira a contextualizar e compreender a problemática da acessibilidade ao transporte público urbano, bem como os estudos configuracionais baseados na abordagem da Sintaxe Espacial com aplicações em transportes. Para isso, adotou-se um protocolo de Revisão Sistemática de Literatura (RSL), que pode ser consultada no Apêndice A. A revisão serviu como embasamento para a elaboração da segunda etapa, contribuindo para um correto direcionamento às atividades posteriores, além de auxiliar nas respostas aos questionamentos e acompanhar a pesquisa até a sua finalização.
2ª ETAPA	Levantamento de dados espaciais da infraestrutura urbana e de mobilidade para a área de estudo em bases de dados livres, assim como a preparação dos dados censitários.
ETAPAS DE PRODUÇÃO	
3ª ETAPA	Definição da ferramenta considerada na análise configuracional. Manipulação em SIG. Atualização do sistema viário urbano através de imagem orbital. Verificação da integridade geométrica e topológica da rede. Construção do mapa de segmentos. Descrição das propriedades configuracionais adotadas. Definição da unidade de análise. Espacialização dos dados censitários, urbanos e do transporte público.
4ª ETAPA	Realização do estudo de caso. Processamento dos dados. Análise e validação dos resultados. Análise estatística relacionada aos resultados encontrados. Correlações entre as variáveis das dimensões físicas e sociais. Produção de tabelas, gráficos e mapas.
5ª ETAPA	Elaboração dos resultados, discussões, considerações, limitações encontradas e recomendações para estudos futuros.

Fonte: Autor

5.1.2 Concepção do método

A seguir, são demonstrados os passos necessários para a concepção do estudo de caso, os quais conduziram aos resultados e conclusões desta pesquisa. Como relatado durante as exposições anteriores, o estudo explora a relação entre a forma da cidade, em seu viés configuracional, e a mobilidade urbana, com base nas dimensões físicas e sociais da circulação. Na Figura 12, representou-se de maneira gráfica a síntese dos procedimentos metodológicos adotados.

Figura 12 – Síntese da metodologia.



Anterior ao início das análises, realizou-se a **caracterização da área de estudo** de acordo com as dimensões físicas e sociais da mobilidade, categorizada como 1ª etapa. As dimensões sociais foram coletadas através do Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010) e as dimensões físicas através de plataformas de dados espaciais vetoriais e/ou matriciais (GEOPELOTAS, 2020; OSM, 2022, INPE, 2022). Desse modo, buscou-se revelar as questões que envolvem o contexto urbano, as quais servem como base às etapas posteriores.

É importante ressaltar que as abordagens se apoiaram dentro da lógica de funcionamento do SIG e suas respectivas ferramentas – entre algoritmos nativos ou complementos, visto que esta aplicação é comumente utilizada em estudos urbanos e de transporte devido às componentes espaciais.

Para analisar o transporte público por ônibus na área urbana do município, a investigação se divide em duas partes que se complementam e interagem. A **análise socioespacial** (2ª etapa) considera a cobertura espacial do serviço, em que são analisadas as possibilidades de movimento dos usuários, tanto em questão dos deslocamentos no espaço-tempo quanto em seu sentido social. Foram realizadas análises a respeito das distâncias de caminhada, dos equipamentos urbanos (saúde, educação, áreas verdes, parques e praças) e em relação às características socioeconômicas e demográficas na área de estudo (demografia, rendimento e raça/cor). A **análise do potencial de movimento** (3ª etapa), por sua vez, considera a estrutura urbana e a configuração espacial conferida por ela. Trata-se de um estudo exploratório de aplicação da abordagem da Sintaxe Espacial no transporte coletivo por ônibus.

Como **análise comparativa** entre ambas as partes (4ª etapa), os resultados conferem a acessibilidade ao transporte público por ônibus em suas dimensões físicas e sociais. Foram considerados os elementos que dependem de como ocorre a organização da configuração espacial e os elementos que sustentam a estrutura urbana. Para realizar a vinculação e a correlação entre as variáveis ocorreu a adoção de uma unidade comum: o hexágono.

A partir de correlações, buscou-se detectar as vias com maior potencial de movimento ao transporte público por ônibus, identificar os locais com as maiores possibilidades de movimento e verificar as condições de acesso em termos de equidade social. Desta forma, buscou-se explorar como os dados considerados podem ser utilizados pela Sintaxe Espacial através do cruzamento das medidas sintáticas com os dados censitários.

Finalmente, de modo a esclarecer os passos tomados para o desenvolvimento da pesquisa, criou-se uma síntese descritiva para cada uma das etapas mencionadas acima, conforme Quadro 5 – Síntese descritiva das etapas.

Quadro 5 – Síntese descritiva das etapas.

ETAPA		ESCALA	OBJETIVO
1	CONTEXTUALIZAÇÃO	-	Contextualizar a estrutura intraurbana de Pelotas/RS a partir dos processos que deram origem a atual configuração espacial, os planos em vigência e a sua infraestrutura de transportes. Espacializar as dimensões sociais com características demográficas e socioeconômicas, a partir do Censo de 2010.
2	ANÁLISE SOCIOESPACIAL	Macro	Verificar as possibilidades de movimento dos usuários a partir da distribuição da população no perímetro urbano, as suas características socioeconômicas e a proximidade aos equipamentos urbanos a partir do transporte público.
		Micro	Identificar a facilidade relativa de acesso a partir das distâncias de caminhada dos usuários às paradas de ônibus.
3	POTENCIAL DE MOVIMENTO	Macro	Verificar a capacidade do sistema em atravessar o espaço em uma escala intraurbana e atingir as demais edificações e equipamentos urbanos, com base na infraestrutura dos itinerários.
		Micro	Analisar o potencial de movimento do sistema devido à configuração do espaço de circulação em relação à proximidade das paradas de ônibus.
4	ANÁLISE COMPARATIVA	-	Compreender a acessibilidade a partir do comparativo entre as dimensões físicas e sociais da circulação considerando o perfil da população atendida, as possibilidades de movimento e a atratividade conferida pela rede urbana.

Fonte: Autor.

O horizonte de análise compreendeu os anos de 2010 – 2020 em virtude da origem dos dados e dos impactos da pandemia de COVID-19²⁸ nos serviços de transporte.

²⁸ Devido à pandemia de COVID-19, que impactou severamente as atividades e a circulação no mundo inteiro, buscou-se considerar dados até o ano de 2020 neste estudo.

5.1.3 Escalas de análise

De modo a realizar as análises sobre o transporte público por ônibus, são consideradas duas escalas: **macroacessibilidade** e **microacessibilidade**, conforme mencionado por Vasconcellos (2001). Cada uma destas análises foi decomposta em duas etapas, conforme ilustrado na seção anterior e, ao final, verificou-se as relações existentes entre as variáveis sintáticas/morfológicas com as demais (infraestrutura do transporte coletivo e censitárias). Neste estudo, a macroacessibilidade compreende as possibilidades de movimento aos diferentes pontos da cidade ou potencial de deslocamento numa escala intraurbana, como no acesso aos equipamentos urbanos, os quais podem ser acessados pelos usuários e se limita aos percursos dos itinerários.

Por outro lado, a microacessibilidade refere-se à proximidade dos usuários às paradas de ônibus, considerando o potencial de atração das paradas na escala local. As análises buscam realizar uma leitura das distâncias das paradas de ônibus aos usuários e do nível de acessibilidade decorrente da configuração espacial. Foram escolhidos os raios de 300, 500 e 800 metros para estas análises. Os dois primeiros referem-se à qualidade da acessibilidade conforme sugerida por Ferraz e Torres (2004)²⁹ e o último representa 10 minutos de caminhada (NACTO, 2018; ROKEM; VAUGHAN, 2018) bem como os movimentos entre as microrregiões do Sistema de Territórios do Plano Diretor.

A análise dos pontos de acesso ao transporte público é determinada pela microacessibilidade, que funciona como movimento complementar ao verificado pela macroacessibilidade e suas condições tornam-se mais adequadas quando existe a possibilidade de acessá-los rapidamente. Neste caso, são considerados os tempos de acesso ou deslocamentos necessários ao ingresso no ônibus e à chegada ao local de destino após o desembarque, exceto os tempos de espera nas paradas que são em função da frequência média do transporte.

Para as análises da macroacessibilidade, abordou-se a acessibilidade fornecida pela análise configuracional, bem como pelas variáveis demográficas e socioeconômicas inseridas nesta escala ao realizar uma análise socioespacial de sua

²⁹ A medida de acessibilidade, baseada nas distâncias de caminhada às paradas de ônibus, é definida por Ferraz e Torres (2004) como: i) boa: até 300 metros; ii) regular: entre 300 e 500 metros, e; iii) ruim: acima de 500 metros.

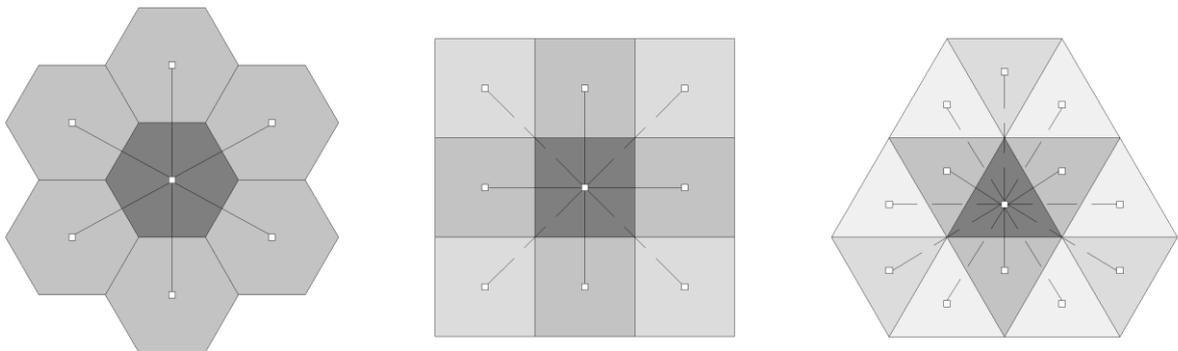
distribuição na escala intraurbana, buscando uma leitura das condições de equidade no acesso à cidade e de segregação. Nas análises configuracionais pela Sintaxe Espacial, considerou-se os raios de 2000 metros, representando as articulações entre as mesorregiões, 5000 metros para as relações entre macrorregiões e raio n , que compreende o perímetro urbano de Pelotas, conforme o Plano Diretor do município (PELOTAS, 2008). Deste modo, levou-se em consideração as possibilidades de movimento dos usuários como parte do sistema de transporte público, no deslocamento posterior ao seu embarque.

5.1.4 Unidade de análise

No que se refere à unidade de análise, esta é representada por **hexágonos**, os quais são analisados pela incorporação das medidas configuracionais da rede urbana e das variáveis das dimensões sociais. Como as variáveis têm como base a mesma unidade de análise, estas podem ser processadas estatisticamente.

A representação por hexágonos possui vantagem em relação à outras figuras geométricas, como quadrados ou triângulos. No plano, a distância entre células e o número de arestas e vértices de um hexágono com sua vizinhança imediata é igual. Para o quadrado, a menor distância ocorre entre as arestas alinhadas ao seu perímetro (ortogonais) e tem a distância aumentada nas células contíguas aos vértices (diagonais). No caso do triângulo, este ainda compartilha um vértice com um vizinho adjacente e cria uma terceira distância, como pode ser visto:

Figura 13 – Relações das figuras geométricas com sua vizinhança imediata.



Fonte: Autor.

De acordo com Birch *et al.* (2007), a utilização de grades hexagonais é mais adequada em estudos relacionados à conectividade, movimentação e representação dos vizinhos mais próximos. A grade hexagonal possui uma vizinhança simplificada, em que a posição relativa dos seis vizinhos de cada célula possui a mesma distância. Deste modo, existe uma relação unívoca entre a sua vizinhança imediata, evitando ambiguidades.

Esta forma de representação³⁰ é utilizada pela Uber, denominada como H3³¹, para realizar a otimização dos deslocamentos e estabelecer preços dinâmicos para as viagens (UBER, 2022), através das escolhas por um índice hexagonal hierárquico com 16 níveis de escala. Pereira *et al.* (2020) utilizaram este modo de divisão do espaço como um método sistemático de análise do acesso a oportunidades³² nas 20 maiores cidades brasileiras e verificaram o grau de facilidade em acessar atividades cotidianas, como o acesso à saúde, educação, empregos *etc.* Para isso, as estimativas de acessibilidades dos municípios foram realizadas em malhas de hexágonos com 357 metros na diagonal mais curta.

Como boa parte dos dados disponíveis ocorre de maneira agregada e sem um padrão espacial bem definido, com formas e tamanhos incomuns, a exemplo do que ocorre com os setores censitários, as análises são muitas vezes inviáveis. Por outro lado, a análise em hexágonos com áreas homogêneas torna-se mais prática de ser realizada devido à diversidade geográfica dentro das cidades e à dificuldade de aquisição de dados de maior resolução, como eventos pontuais. Nesse sentido, a grade hexagonal permite a análise de conjuntos de dados espaciais em estudos sociodemográficos e de uso do solo em representações com maior homogeneidade.

No caso das medidas sintáticas, a leitura das áreas de vizinhança é criada ao realizar a agregação dos valores dos segmentos em uma unidade de análise maior, o hexágono. Por possuírem formas e tamanhos comparáveis, os dados são encapsulados nestas células, permitindo o cruzamento entre as medidas sintáticas da rede, os dados censitários e da infraestrutura de transporte. Deste modo, as análises são realizadas em um nível compatível com o tamanho da cidade, em menor escala.

³⁰ Lembra a ideia de Christaller (1933), que compõe uma das teorias clássicas da localização – Teoria dos Lugares Centrais, numa tentativa de explicar a razão dos tamanhos, composições, espaçamentos e distribuição das cidades na rede urbana de acordo com uma hierarquia de hexágonos.

³¹ Sigla utilizada para *hexagonal hierarchical geospatial indexing system*. Código disponível em: <https://github.com/uber/h3>.

³² Projeto Acesso a Oportunidades do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/acessoportunidades/>.

5.2 TÉCNICAS DE COLETA E ANÁLISE DE DADOS

Como abordado anteriormente, um dos principais problemas nos modelos de transporte está na aquisição dos dados, muitas vezes caros, além de demandarem atualizações constantes para representar a realidade momentânea, como na pesquisa O-D, e não captarem as possibilidades de destinos e/ou atividades que os usuários, potencialmente, teriam condições de acessar. Os modelos de transportes levam em consideração os aspectos geométricos de um sistema, enquanto os modelos configuracionais ocorrem a partir de aspectos topológicos e/ou geométricos da rede em acordo com a posição relativa de cada espaço no recorte analisado.

Dentre os dados necessários para a análise da acessibilidade neste estudo, destacam-se aqueles relacionados às condições de infraestrutura urbana e de transportes, de responsabilidade do estado, e a espacialização das características socioeconômicas e demográficas dos moradores. Estes dados recobrem o recorte espacial do estudo, permitem a sua transformação em informações espacializadas a respeito dos fenômenos em análise e possibilitam a obtenção do conhecimento necessário à verificação da realidade existente no perímetro urbano do município.

A união deste universo corresponde às informações sobre o ambiente urbano, bem como aos necessários para a análise do transporte realizado por ônibus. Portanto, a fim de realizar a pesquisa, são utilizados os seguintes dados espaciais:

Quadro 6 – Dados espaciais inseridos no estudo.

FONTE	DADO	ANO
GeoPelotas	Áreas verdes, praças e parques Educação Expansão Urbana (1815 – 2015) Itinerários Macrorregiões Perímetro urbano Paradas de ônibus Saúde	2020
IBGE	Malha de municípios Setores censitários	2020 2010
INPE	Imagem orbital CBERS-4A / WPM	2022
Colaboradores do OSM	Sistema viário	2022

Fonte: Autor.

Conforme ilustrado no Quadro 6, boa parte dos dados foram adquiridos localmente através do Portal de Informações Geográficas da Prefeitura de Pelotas (GeoPelotas). O sistema viário é proveniente de mapeamento colaborativo, enquanto os dados socioeconômicos são de origem do IBGE. No caso das imagens base para o mapeamento de atualizações, foram utilizadas as imagens *Bing*, com a contribuição do autor no mapeamento na plataforma do *OpenStreetMap*, e WPM/CBERS-4A³³, pelo processamento digital de imagem no *software* QGIS.

Nos mapas viários, essenciais no estudo da configuração espacial urbana, a representação geográfica mais comum para uma rede viária é através das RCL, com segmentos lineares desenhados a partir dos seus eixos centrais (GIL, 2014). Esses mapas são disponíveis por fontes de dados oficiais, como em prefeituras, ou podem ser obtidos através de dados colaborativos, em várias escalas cartográficas. Neste último caso, estes dados são denominados como *Volunteered Geographic Information* (VGI) e são disponibilizados de maneira livre aos usuários.

Portanto, a coleta de dados baseou-se em pesquisa bibliográfica, documental a respeito da legislação e dos planos setoriais de Pelotas relacionados à mobilidade urbana, e dados secundários georreferenciados. No caso das técnicas de análise de dados, realizou-se a análise do espaço urbano e sintática da malha, com posterior comparação entre as variáveis relativas à mobilidade e as características sociais na área urbana.

5.2.1 Processamentos dos dados

A partir dos dados apresentados acima, formou-se a base necessária para cada etapa do método, conforme ilustrado na seção anterior, as quais estruturaram as dimensões da circulação urbana consideradas neste estudo. Para realizar a análise comparativa entre as variáveis utilizadas, adotou-se o hexágono como unidade de análise comum entre os dados. Nas próximas seções, são apresentados os procedimentos adotados para realizar a análise da acessibilidade.

³³ Acrônimo para Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), sensor orbital embarcado no Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres (CBERS), em sua geração 4A.

5.2.1.1 Sistema viário

Estudos baseados a Sintaxe Espacial fornecem medidas quantitativas a respeito da probabilidade em delimitar as centralidades urbanas e as hierarquias viárias através da predição de movimentos de pessoas ou fluxos veiculares. Nesta pesquisa, as análises configuracionais foram realizadas através de mapas segmentados, conforme descrito na seção 4.1.1 sobre esta representação. A metodologia segue os procedimentos apresentados por Turner (2007) ao fazer uso de *Road Centrelines* (RCL) em plataforma SIG. As linhas oriundas de RCL correspondem ao centro do eixo viário e coincidem com os caminhos veiculares ou pedonais.

Como salientado anteriormente, os dados espaciais de RCL podem ser coletados através de plataformas como o OSM. Deste modo, a forma de aquisição dos dados do sistema viário pode ser replicada em outras cidades, uma vez que não serão dependentes do fornecimento pelas prefeituras³⁴. Os dados foram importados através da biblioteca OSMnx³⁵ desenvolvida em Python e dependem da qualidade do mapeamento colaborativo na plataforma *OpenStreetMap*.

O sistema viário³⁶ compreende a área do perímetro urbano e necessitou de recorte em relação aos dados importados do OSMnx, que estavam inseridos dentro dos limites municipais. No parâmetro `network_type`, foram consideradas as vias com os valores 'drive' e 'walk'. Neste último caso, realizou-se uma filtragem dos dados após a sua importação no QGIS, admitindo-se apenas as linhas com os valores "highway" = 'pedestrian', os quais representam as áreas de calçadas, e "service" = 'alley', que compreendem as áreas de becos. Por fim, as duas camadas resultantes foram unidas e corrigidas. Realizou-se ainda uma nova atualização³⁷ deste plano de informação a partir de uma cena do sensor WPA do satélite CBERS-4A datada de 22 de maio de 2022 a fim de verificar as novas infraestruturas construídas.

³⁴ No caso de existir a possibilidade de acesso aos dados oficiais atualizados nas prefeituras, é indicado o seu uso.

³⁵ Acesso em: <https://github.com/gboeing/osmnx>

³⁶ Vias pedonais, como a do Calçadão de Pelotas, localizado na área central, foram consideradas, uma vez que influenciam na acessibilidade aos usuários do transporte público por ônibus.

³⁷ A imagem base do *Bing* utilizada no mapeamento colaborativo corresponde ao ano de 2021. Como ressaltado no item anterior, realizou-se contribuições para a comunidade do OSM no mapeamento de vias com o auxílio da ferramenta RapID, que utiliza inteligência artificial para identificar vias e necessita da validação pelos usuários da plataforma. Disponível em: <https://mapwith.ai/>

Posterior à atualização da base viária, necessitou-se realizar a correção geométrica e topológica da rede, conforme metodologia indicada pelo *plugin Space Syntax Toolkit* (SST) (Gil *et al.*, 2015)³⁸ disponível no QGIS. Além disso, realizou-se a inclusão de *unlinks*³⁹ em áreas que houvesse viadutos ou alças elevadas nos trechos da BR-116 e BR-392 correspondentes ao contorno viário de Pelotas, uma vez que não existe passagem direta entre estes segmentos. Nesse caso, houve a necessidade de criação de uma camada vetorial para a inclusão destes pontos, que totalizaram 43 feições pontuais.

Com a criação do mapa base, que consistiu na segmentação da rede (partição dos trechos entre os nós) em 11.742 segmentos, os processamentos foram realizados através do *DepthmapXnet* 0.35, acessado remotamente pelo *plugin* e necessário para as análises configuracionais.

5.2.1.2 Unidade de análise

Na estruturação de dados espaciais, a dependência da origem e da qualidade é uma preocupação na construção das bases de referência, uma vez que os dados podem ser encontrados em escalas e formatos variados (cartográficos, tabulares, textuais *etc.*). Numa tentativa de compatibilizar os dados utilizados no estudo em uma resolução apropriada, ocorreu a criação de uma grade de hexágonos delimitada pelo perímetro urbano do município. A unidade de análise corresponde a uma célula com resolução 9 na escala da metodologia H3⁴⁰, com uma área média de 0,1053325 km² ou 10,5 hectares, coincidente com a proposta de Pereira *et al.* (2020) que consideram este modo de partição do espaço. A aquisição ocorreu por meio do *plugin* H3 Toolkit, disponível nos complementos do QGIS.

³⁸ Para maiores informações, consulte: <https://github.com/SpaceGroupUCL/qgisSpaceSyntaxToolkit/>.

³⁹ Indica os nós onde não há passagem de nível entre as linhas que se cruzam no mapa.

⁴⁰ Consulte a tabela completa com as resoluções em: <https://h3geo.org/docs/core-library/restable/>

No caso do município de Pelotas/RS, as células possuem área média de 0,0852978 km² ou 8,5 hectares devido ao sistema H3 ter abrangência global e ser construído com base na projeção⁴¹ sobre um icosaedro⁴². Conforme H3 (2022):

The hexagonal grid system is created on the planar faces of a sphere-circumscribed icosahedron, and the grid cells are then projected to the surface of the sphere using an inverse face-centered polyhedral gnomonic projection. The coordinate reference system (CRS) is spherical coordinates with the WGS84/EPG:4326 authalic radius. It is common to use WGS84 CRS data with the H3 library.

Por fim, para uma representação mais fiel da realidade encontrada na área urbana do município, realizou-se a filtragem das células de acordo com o método dasimétrico. Deste modo, foram consideradas informações complementares do ambiente construído para subdividir a área de maneira mais homogênea, evitando a contagem de vazios urbanos, por exemplo.

5.2.1.3 Células

O cálculo dos valores das células depende do tipo das feições vetoriais. Para as representações pontuais, ocorreu a contagem de cada ocorrência. No caso das representações lineares, a incorporação dos valores ocorreu através do cálculo da média das linhas que interceptaram as células. Para as representações de área (polígonos), como nos dados dos setores censitários, realizaram-se interpolações espaciais a partir do complemento *Area Weighted Average*⁴³ para obter a média ponderada da área espacial sobreposta à unidade de análise, com exceção do número de moradores.

Os valores populacionais tiveram como origem a grade estatística do IBGE, com dimensões de 200 x 200m, e foram incorporados em cada uma das células. As

⁴¹ Projeções cartográficas são representações aproximadas da superfície terrestre. Devido a Terra possuir um formato geoidal, aproximado ao elíptico, ocorrem distorções ao passar a sua representação ao plano. Cada uma das projeções apresenta suas características ao mesmo tempo que deformam outras. Por isso, as células H3 não possuem exatamente o mesmo valor de área no plano, variando a depender da sua referência. Para que fossem criadas células ou hexágonos de mesmo tamanho ou área, a Terra deveria ser plana. Como isso não é uma verdade e a superfície se aproxima ao formato de uma esfera, ocorrem as distorções.

⁴² Para saber mais, consulte: <https://h3geo.org/docs/core-library/overview/> <https://h3geo.org/docs/core-library/restable/>

⁴³ Disponível em: https://github.com/ar-siddiqui/area_weighted_average.

quadrículas da grade estatística foram convertidas em pontos randômicos com contagem posterior do número de moradores. O cálculo da densidade demográfica ocorreu a partir do número de moradores em cada célula. Em relação à raça/cor e ao rendimento, os valores foram calculados pela interpolação espacial dos setores censitários e tiveram como referência a porcentagem de moradores, por categoria, e ao salário mínimo *per capita*, respectivamente. Deste modo, os dados foram reagregados na grade de hexágonos de acordo com a proporção de área de cada uma das informações socioeconômicas.

No caso dos cálculos de isodistâncias⁴⁴, que buscaram analisar os deslocamentos dos moradores no espaço-tempo, a incorporação dos valores ocorreu da seguinte maneira: criação de áreas de serviço de acordo com as distâncias atingidas por modo de transporte (Tabela 4) pelo algoritmo nativo do QGIS⁴⁵, criação de um *buffer* mínimo (1m), dissolução dos resultados e posterior união, obtendo a partição destes de acordo com as faixas de distâncias, conforme as velocidades médias em NACTO (2018).

Como são consideradas duas escalas de análise, foram utilizadas somente as vias com itinerários de ônibus e os respectivos binários (vias de mão única ou unidirecionais) na macroescala, de modo a analisar as condições de acesso aos equipamentos urbanos pelos ônibus. Para a microescala, as isodistâncias foram calculadas a partir da rede viária inteira, sem a consideração dos binários, uma vez que pretendeu-se simular a caminhada dos usuários do transporte público até as paradas de ônibus. Este modo de representação se mostrou satisfatório, uma vez que os cálculos das distâncias são realizados considerando somente os deslocamentos sobre a rede (o quanto é possível se deslocar a partir de uma dada origem).

⁴⁴ Este procedimento se mostrou necessário devido aos resultados obtidos por complementos (*plugins*) disponíveis no QGIS se mostrarem insatisfatórios durante a validação, apresentando isócronas com resultados distorcidos acerca da realidade ou limitações diárias de uso em versão gratuita.

⁴⁵ A análise realizada pelo algoritmo leva em consideração a velocidade média de deslocamento ou a distância a ser percorrida, baseando-se na topologia da rede viária – as quais podem considerar vias compartilhadas, vicinais, pedonais, passarelas *etc.* Como consequência destes procedimentos, é possível realizar a criação de áreas de serviço, que representam linhas de tempos ou distâncias iguais, e estimar os lugares que estão mais afastados dos locais de referência.

Tabela 4 – Faixas de distância por modo de transporte.

CAMINHADA			ÔNIBUS		
DISTÂNCIA (M)	TEMPO (MIN)	VELOCIDADE MÉDIA (KM/H)	DISTÂNCIA (M)	TEMPO (MIN)	VELOCIDADE MÉDIA (KM/H)
100	1,25	4,8	412,5	1,25	19,8
200	2,50	4,8	825	2,50	19,8
300	3,75	4,8	1237,5	3,75	19,8
400	5,00	4,8	1650	5,00	19,8
500	6,25	4,8	2062,5	6,25	19,8
600	7,50	4,8	2475	7,50	19,8
700	8,75	4,8	2887,5	8,75	19,8
800	10,00	4,8	3300	10,00	19,8
900	11,25	4,8	3712,5	11,25	19,8
1000	12,50	4,8	4125	12,50	19,8
1100	13,75	4,8	4537,5	13,75	19,8
1200	15,00	4,8	4950	15,00	19,8

Fonte: Autor, baseado em NACTO (2018).

As demais variáveis das células podem ser consultadas pela Tabela 5 e pela Tabela 6:

Tabela 5 – Variáveis das dimensões sociais nas células H3.

ABREVIATURA	FEIÇÃO DE ORIGEM	DESCRIÇÃO
CÉLULA		
index	Polígono	Índice H3 (único)
DIMENSÕES SOCIAIS		
DS_E_INF	Pontual	Escolas de Educação Infantil
DS_E_FUN	Pontual	Escolas de Ensino Fundamental
DS_E_MED	Pontual	Escolas de Ensino Médio
DS_E_TOT	Pontual	Escolas Públicas (Total)
DS_S_PRI	Pontual	Unidades de Atenção Primária
DS_S_SEC	Pontual	Unidades de Pronto Atendimento
DS_S_TER	Pontual	Unidades de Média e Alta Complexidade
DS_S_TOT	Pontual	Unidades de Saúde com atendimento SUS (Total)
DS_V_COM	Polígono	Áreas Verdes, Praças e Parques com Mobiliários
DS_V_SEM	Polígono	Áreas Verdes, Praças e Parques sem Mobiliários
DS_C_POP	Polígono	Moradores (2010)
DS_C_REN	Polígono	Rendimento per capita (2010)
DS_C_PPP	Polígono	Pessoas Pretas ou Pardas (2010)
DS_M_PAR	Linear	Isodistância para Paradas de Ônibus (caminhada, micro)
DS_M_SAU	Linear	Isodistância para Unidades de Saúde (ônibus, macro)
DS_M_SAU_P	Linear	Isodistância para Unidades de Atenção Primária
DS_M_SAU_S	Linear	Isodistância para Unidades de Pronto Atendimento
DS_M_SAU_T	Linear	Isodistância para Unidades de Média e Alta Complexidade
DS_M_EDU	Linear	Isodistância para Escolas (ônibus, macro)
DS_M_EDU_I	Linear	Isodistância para Escolas de Educação Infantil
DS_M_EDU_F	Linear	Isodistância para Escolas de Ensino Fundamental
DS_M_EDU_M	Linear	Isodistância para Escolas de Ensino Médio
DS_M_VER	Linear	Isodistância para Áreas Verdes, Praças e Parques com Mobiliários (ônibus, macro)

Fonte: Autor.

Tabela 6 – Variáveis das dimensões físicas nas células H3.

ABREVIATURA	FEIÇÃO DE ORIGEM	DESCRIÇÃO
CÉLULA		
index	Polígono	Índice H3 (único)
DIMENSÕES FÍSICAS		
DF_I_PAR	Pontual	Paradas do Transporte Público
DF_I_LIN	Linear	Número de linhas do Transporte Público
SS_CONN	Linear	Conectividade média dos segmentos
SS_COMP_A	Linear	Compacidade (un/ha)
SS_COMP_B	Linear	Compacidade (m/ha)
SS_INT_INF	Linear	Integração Global média (Rn)
SS_INT_5K	Linear	Integração Local média (R5000)
SS_INT_2K	Linear	Integração Local média (R2000)
SS_INT_800	Linear	Integração Local média (R800)
SS_INT_500	Linear	Integração Local média (R500)
SS_INT_300	Linear	Integração Local média (R300)
SS_CHC_INF	Linear	Choice Global média (Rn)
SS_CHC_5K	Linear	Choice Local média (R5000)
SS_CHC_2K	Linear	Choice Local média (R2000)
SS_CHC_800	Linear	Choice Local média (R800)
SS_CHC_500	Linear	Choice Local média (R500)
SS_CHC_300	Linear	Choice Local média (R300)

Fonte: Autor.

5.3 VARIÁVEIS

Nesta pesquisa, as variáveis foram divididas conforme suas respectivas dimensões e analisadas de maneira quali-quantitativa, a fim de investigar as condições de acessibilidade aos usuários do transporte coletivo na cidade. A associação entre as variáveis ocorreu pela agregação de seus valores na unidade de análise.

Em relação às dimensões sociais, que compreendem a 2ª etapa do método, foram realizadas as contagens dos estabelecimentos (educação, saúde, áreas verdes, praças e parques), de acordo com as coordenadas geográficas disponibilizadas pela plataforma GeoPelotas, a interpolação dos dados censitários e as isodistâncias em cada modo de transporte considerado (caminhada ao transporte público e ônibus). Estas variáveis buscaram refletir as condições de equidade no acesso à cidade.

Para as dimensões físicas (3ª etapa), ocorreu a contagem das infraestruturas relativas ao transporte coletivo e a agregação das medidas configuracionais nas células (compacidade, conectividade, integração e *choice*/escolha), contribuindo para as investigações acerca da influência da configuração espacial urbana sobre este modo de transporte. A inclusão das variáveis configuracionais ocorreu através do processamento dos mapas de segmentos pelas ferramentas metodológicas da Sintaxe Espacial e permitiu a análise do espaço conforme a Teoria da Lógica Social do Espaço.

A partir dos resultados encontrados nestas etapas e das correlações (4ª etapa) entre variáveis, foram realizados recortes para cada uma das Regiões Administrativas (RAs) e um cenário da cidade em sua integralidade. A comparação entre as informações ocorreu em ambiente SIG e possibilitou a interpretação dos resultados. Com base na coleta e no processamento dos dados, o Quadro 7 realiza uma síntese das variáveis que compõe as etapas mencionadas anteriormente e são alvos da análise comparativa:

Quadro 7 – Síntese das variáveis utilizadas no estudo.

DIMENSÃO	VARIÁVEL	VALOR	FONTE
FÍSICA	Compacidade	Medida configuracional	Colaboradores do OSM
	Conectividade	Medida sintática	Space Syntax Toolkit Depthmap Colaboradores do OSM
	<i>Choice</i> / Escolha	Medida sintática	Space Syntax Toolkit Depthmap Colaboradores do OSM
	Integração	Medida sintática	Space Syntax Toolkit Colaboradores do OSM
	Itinerários	Contagem	GeoPelotas
	Paradas de ônibus	Contagem	GeoPelotas
SOCIAL	Áreas verdes, parques e praças	Contagem / Isodistâncias	GeoPelotas
	Educação	Contagem / Isodistâncias	GeoPelotas
	Saúde	Contagem / Isodistâncias	GeoPelotas
	Densidade Demográfica	Moradores/célula	Grade estatística (IBGE)
	Raça/Cor	% de moradores	Setores censitários (IBGE)
	Renda	Salário mínimo per capita	Setores censitários (IBGE)

Fonte: Autor.

5.4 CORRELAÇÕES

A análise comparativa compreendeu uma abordagem exploratória da aplicação da Sintaxe Espacial, verificando o comportamento das correlações estatísticas entre as dimensões físicas e sociais da mobilidade. Portanto, buscou-se identificar quais variáveis sintáticas/configuracionais têm melhor correspondência com as variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo, em cada um dos raios considerados.

Para isso, utilizou-se o coeficiente de correlação de Pearson (r), comumente empregado em pesquisas no campo da SE, que mede o grau de relacionamento ou

associação entre duas variáveis em uma escala com intervalo de -1 a 1. Para valores maiores que 0, a correlação é dita como positiva e as variáveis estão diretamente correlacionadas, com crescimento linear. Para valores menores que 0, a correlação é dita como negativa e as variáveis estão inversamente correlacionadas, com decréscimo linear. Para valores iguais ou muito próximos a 0, significa que as variáveis não dependem linearmente uma da outra.

De modo a avaliar o grau de correlação, seguiu-se a classificação utilizada por Medeiros (2006), com intervalos sugerido por Hopkins (2001):

Tabela 7 – Avaliação dos valores de r.

CLASSIFICAÇÃO	COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
INEXISTENTE	0,0 a 0,09
PEQUENA	0,1 a 0,29
MODERADA	0,3 a 0,49
GRANDE	0,5 a 0,69
MUITO GRANDE	0,7 a 0,89
QUASE PERFEITA	0,9 a 0,99
PERFEITA	1

Fonte: Hopkins (2001).

6 ESTUDO DE CASO: TRANSPORTE COLETIVO DE PELOTAS/RS

Este capítulo apresenta o estudo de caso realizado na cidade de Pelotas/RS. Inicialmente, são descritas as características da área urbana, a qual representa o lócus de estudo e objeto empírico das análises, para em seguida expor e analisar os resultados obtidos. Dessa forma, dividiu-se em 4 subcapítulos, conforme as etapas mencionadas em 5.1.2: i) Caracterização da área de estudo, ao apresentar as características gerais, a estrutura urbana, os aspectos socioeconômicos, os planos setoriais de interesse do estudo e o diagnóstico do transporte coletivo; ii) análise socioespacial, iii) análise do potencial de movimentos, e; iv) análise comparativa.

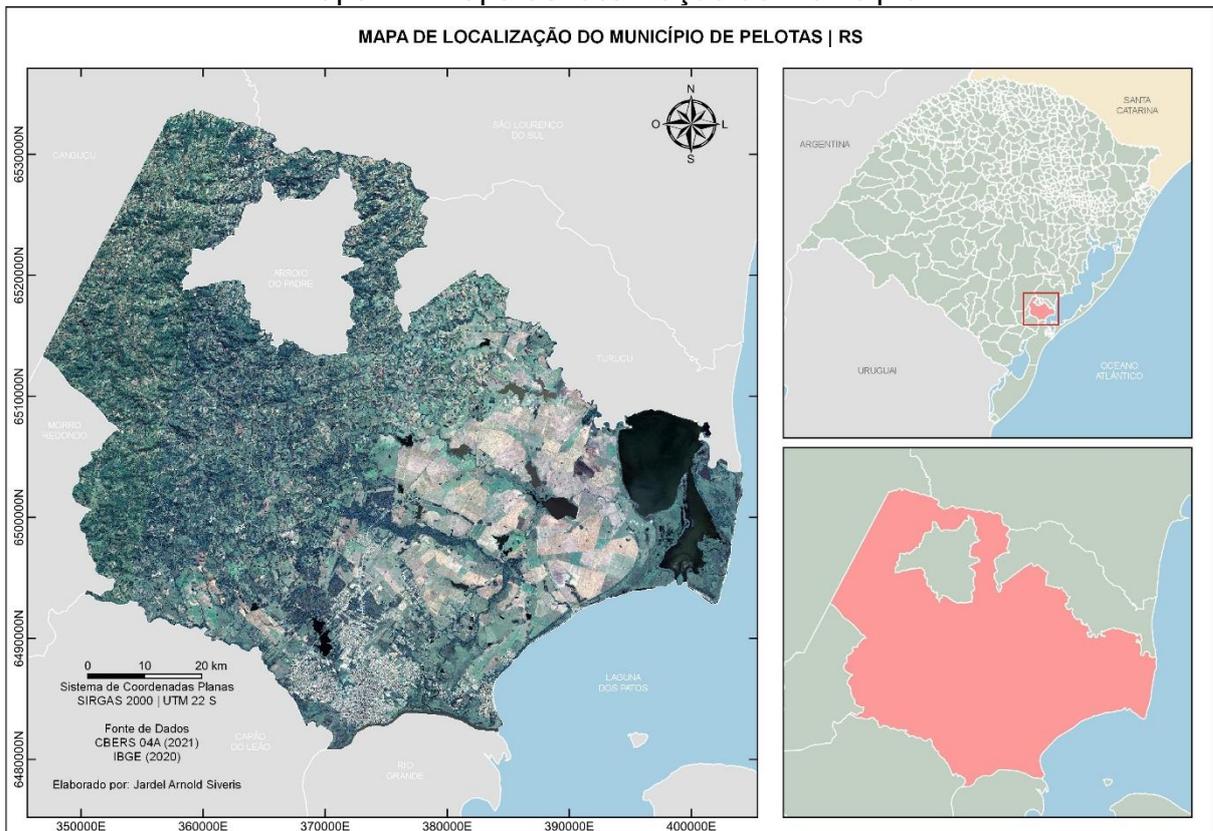
As análises foram realizadas para a área urbana e individualizadas de acordo com as RAs (Areal, Barragem, Centro, Fragata, Laranjal, São Gonçalo e Três Vendas), considerando os aspectos mencionados nos procedimentos metodológicos.

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Pelotas, escolhido como contexto espacial deste trabalho, localiza-se na porção sudeste do estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui população de 328.275 habitantes e aproximadamente 93% dos moradores residem em área urbana. É considerada uma das capitais regionais do estado, sendo atualmente a quarta cidade gaúcha mais populosa e está localizada a 261 quilômetros da capital do estado.

Integra a Aglomeração Urbana do Sul, criada inicialmente em 1990 como Aglomeração Urbana de Pelotas, atualmente composta pelos municípios de Arroio do Padre (enclave), Capão do Leão, Rio Grande e São José do Norte, com população estimada de 577.578 habitantes.

Mapa 1 – Mapa de localização do município.



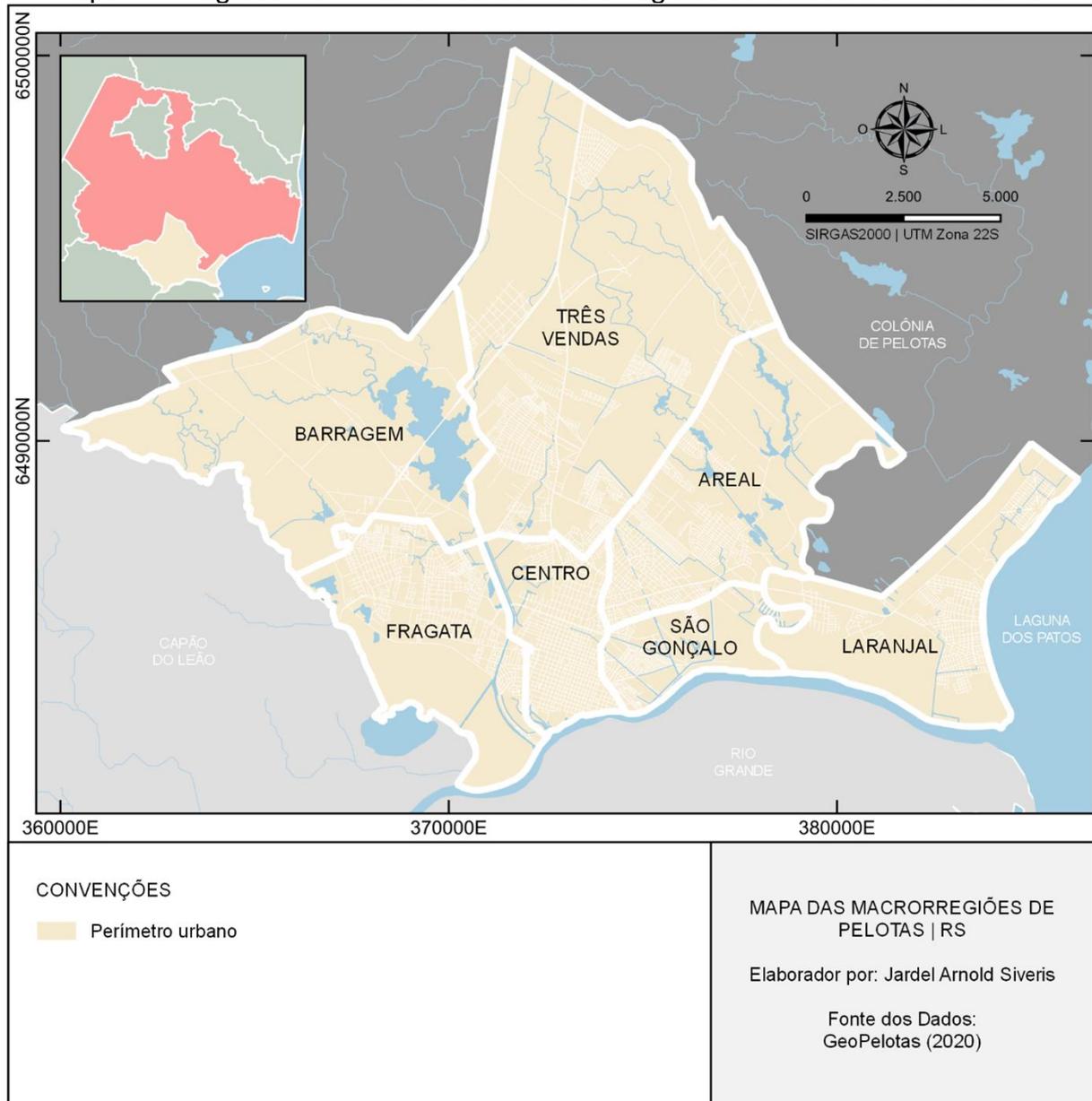
Fonte: Autor.

Como principal atividade econômica está o setor terciário, com predominância do comércio e serviços. Constitui-se como polo educacional, com a presença de importantes instituições de ensino, como a Universidade Federal de Pelotas (UFPel), o Instituto Federal Sul-Riograndense (IFSul) e a Universidade Católica de Pelotas (UCPel), bem como é referência em saúde aos municípios da região Sul do estado.

Considerando os seus aspectos fisiográficos, a cidade de Pelotas se localiza em relevo com pouca variação de altitude e é irrigada por vários cursos d'água, áreas de várzea ou banhados, sendo delimitada ao sul pelo Canal São Gonçalo e a leste pela Laguna dos Patos.

A sua sede ou área urbana (1º Distrito) é composta por 7 Regiões Administrativas (RAs) ou macrorregiões, a saber: Areal, Barragem, Centro, Fragata, Laranjal, São Gonçalo e Três Vendas. Estas, por sua vez, são subdivididas em 29 mesorregiões (regiões de planejamento) e 109 microrregiões, conforme o Sistema de Territórios do município do Plano Diretor.

Mapa 2 – Regiões Administrativas ou macrorregiões da cidade de Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Tabela 8 – Dados sobre a população e unidades imobiliárias por RA.

REGIÃO ADMINISTRATIVA	POPULAÇÃO (HAB)	ÁREA (KM²)	DENSIDADE (HAB/HA)	UNIDADE IMOB./HAB	UNIDADE IMOB./HA
AREAL	56.369	40,84	13,80	0,42	5,81
BARRAGEM	3.182	57,94	0,55	0,22	0,12
CENTRO	58.964	16,22	36,35	0,71	25,91
FRAGATA	73.632	32,26	22,82	0,37	8,40
LARANJAL	12.507	32,00	3,91	1,00	3,90
SÃO GONÇALO	28.608	13,10	21,84	0,37	8,17
TRÊS VENDAS	72.927	90,57	8,05	0,41	3,34

Fonte: GeoPelotas (2020); IBGE (2010)

A RA do Fragata é a que possui a maior população, a RA das Três Vendas a maior área, o Centro a maior densidade e a Barragem a menor. Destaca-se ainda a RA do Laranjal que possui a relação de unidade imobiliária por habitante igual a um.

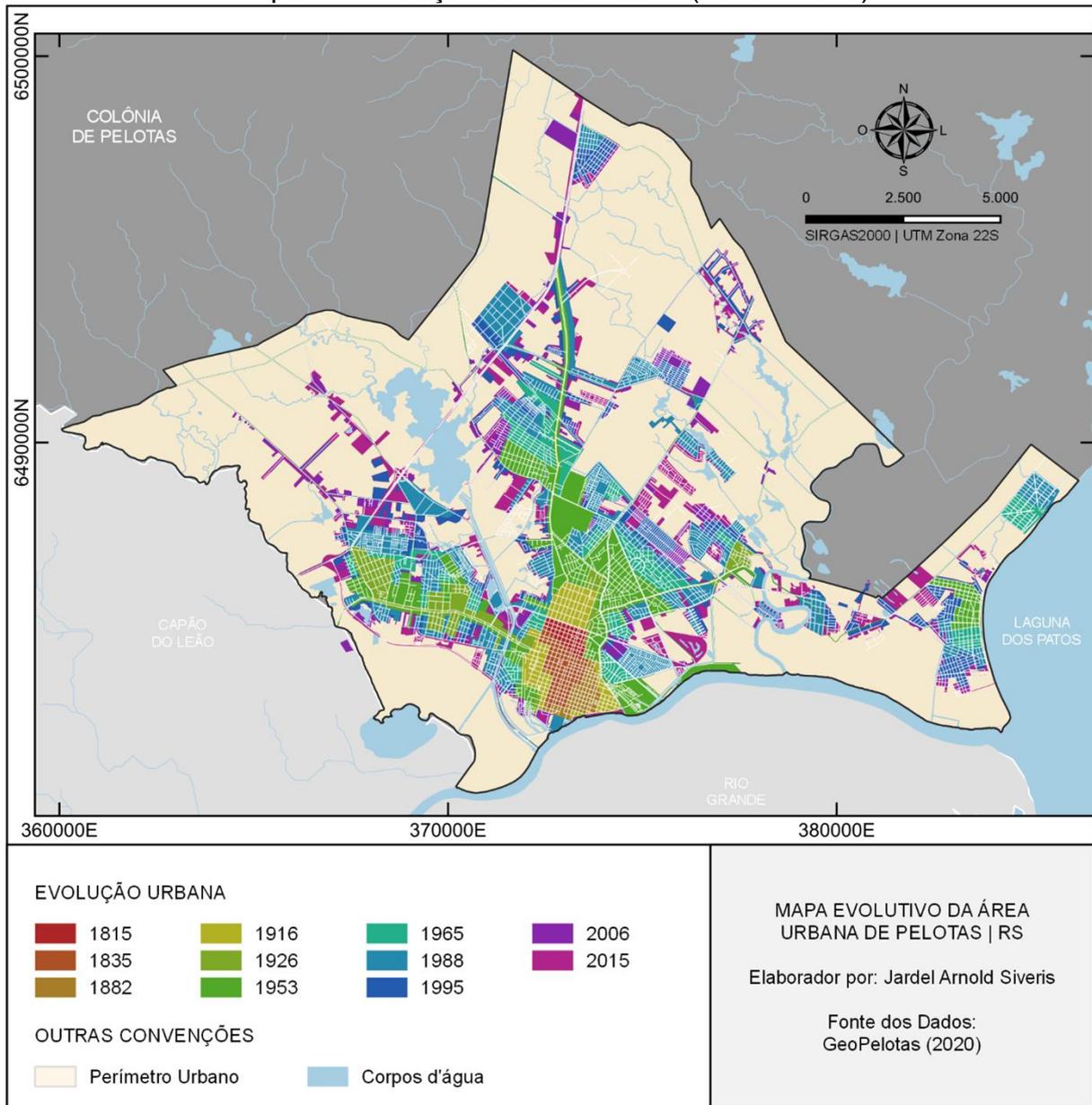
6.1.1 Sistema viário e área urbana

De acordo com o relatório da mobilidade urbana (PELOTAS, 2018) e dados espaciais levantados, o sistema viário urbano da cidade se expandiu a partir de seu xadrez central, planejado e existente até o início do século XX, em direção aos atuais bairros Três Vendas, Areal e Fragata pela consolidação de três eixos principais. Esse desenvolvimento da malha ocorreu no entorno das avenidas Fernando Osório, Domingos de Almeida e Duque de Caxias até a década de 1950.

Posteriormente, a partir da metade do século XX, ocorreu a estruturação de novos eixos de crescimento em direção ao norte, pelas avenidas República do Líbano e Eng. Ildelfonso Simões Lopes Neto, e ao leste, pelas avenidas Ferreira Viana e Adolfo Fetter, ambas caminhos ao Laranjal. Entre as décadas de 1980 e 1990 houve a criação de novas avenidas entre os principais eixos e, no século XXI, a consolidação do processo de fragmentação urbana.

Como pode-se observar a partir do mapa evolutivo da área urbana do município (Mapa 3), a cidade de Pelotas passou de uma configuração compacta no início do século XX a uma configuração mais dispersa até o fim do mesmo século. Considerando os estudos de Borsdorf (2003) sobre as cidades latino-americanas, Pelotas passa de uma cidade compacta à uma cidade fragmentada, contribuindo para uma baixa densidade em sua franja urbana. Além disso, o desenvolvimento se direciona ao modelo de cidade COM-FUSA, termo adotado por Abramo (2007), ao manter características de uma cidade compacta e difusa.

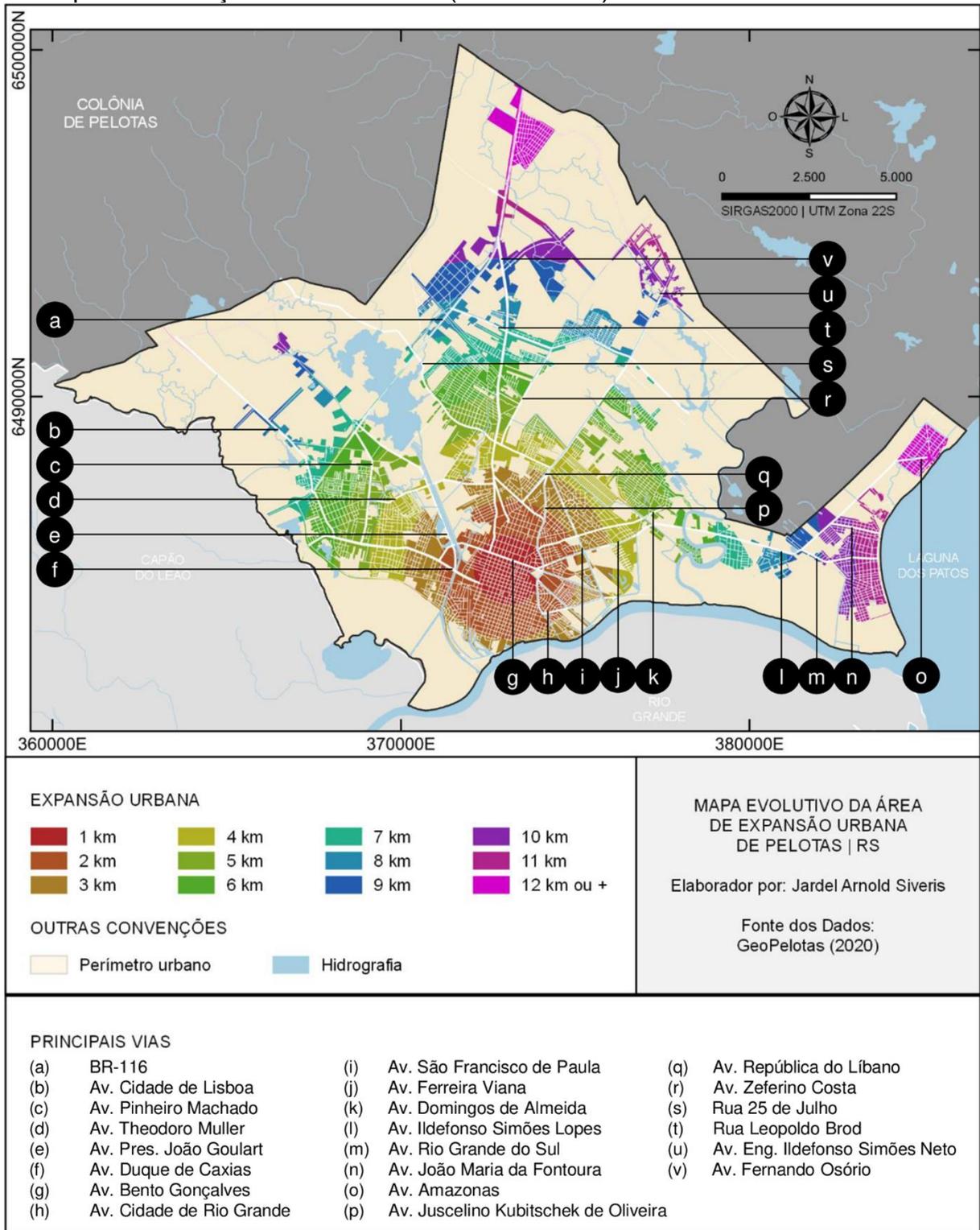
Mapa 3 – Evolução da área urbana (1815 – 2015)



Fonte: Autor.

Como alguns agravantes a esse processo, estão as questões topográficas e ambientais do sítio, compreendendo uma região com predominância de banhados e cursos d'água que cortam a área urbana. Com isso, a configuração atual proporciona espaços vazios que dificultam a mobilidade urbana dos moradores de áreas mais distantes do centro. Considerando o centro geométrico do primeiro loteamento da cidade em 1815, situado atualmente na área central da cidade, as distâncias (em raios) aos extremos atingem 13 km em direção ao Laranjal e 14 km em direção ao Três Vendas, na zona norte da cidade. Como resultado, tem-se a intensificação da fragmentação da cidade e a formação de áreas com baixa densidade nas periferias.

Mapa 4 – Evolução da área urbana (1815 – 2015) com vias arteriais existentes.

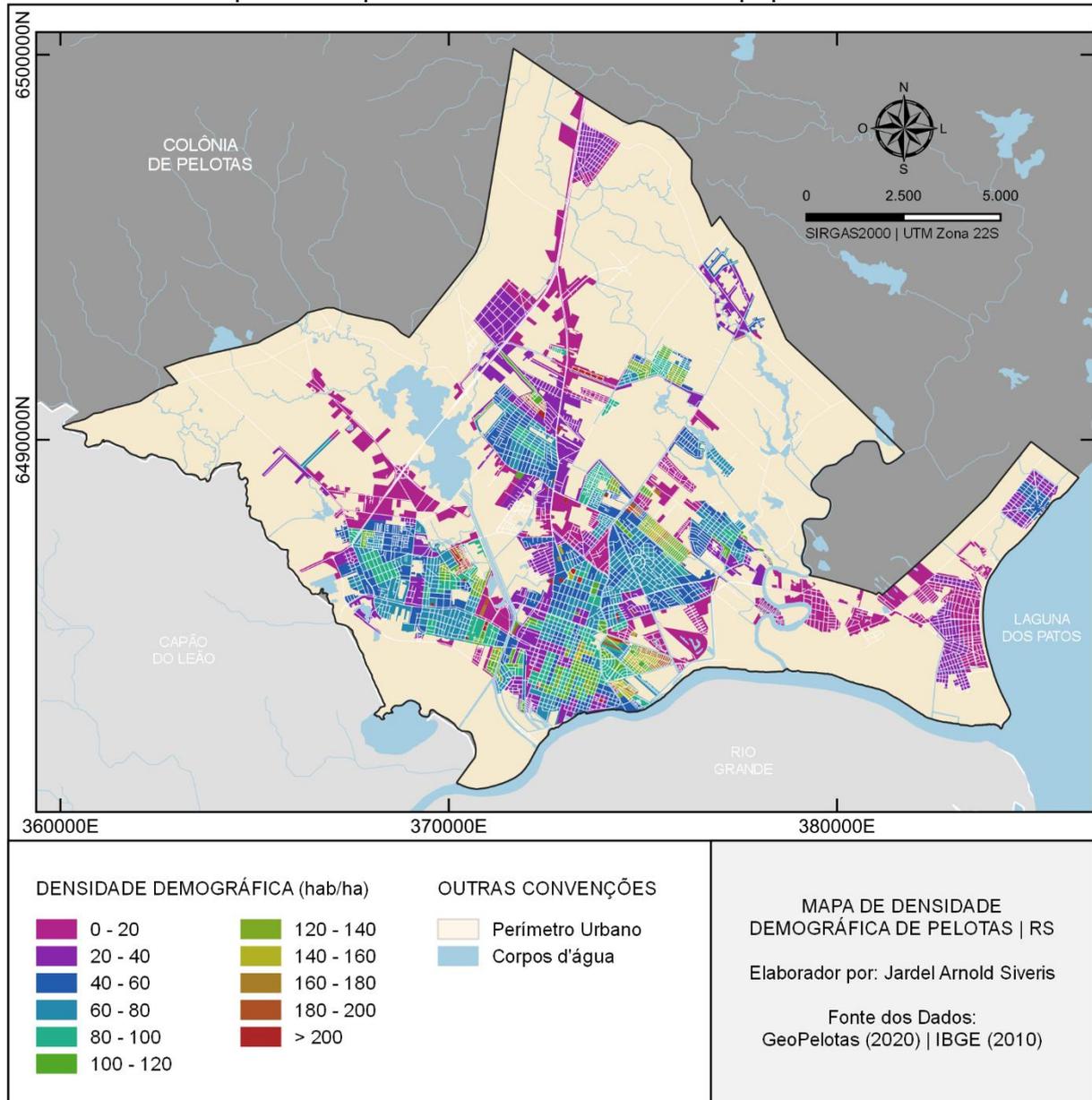


Fonte: Autor.

6.1.2 Aspectos socioeconômicos

No Mapa 5 é demonstrada a distribuição espacial da população através de um mapa dasimétrico⁴⁶ de densidade.

Mapa 5 – Mapa dasimétrico de densidade populacional.



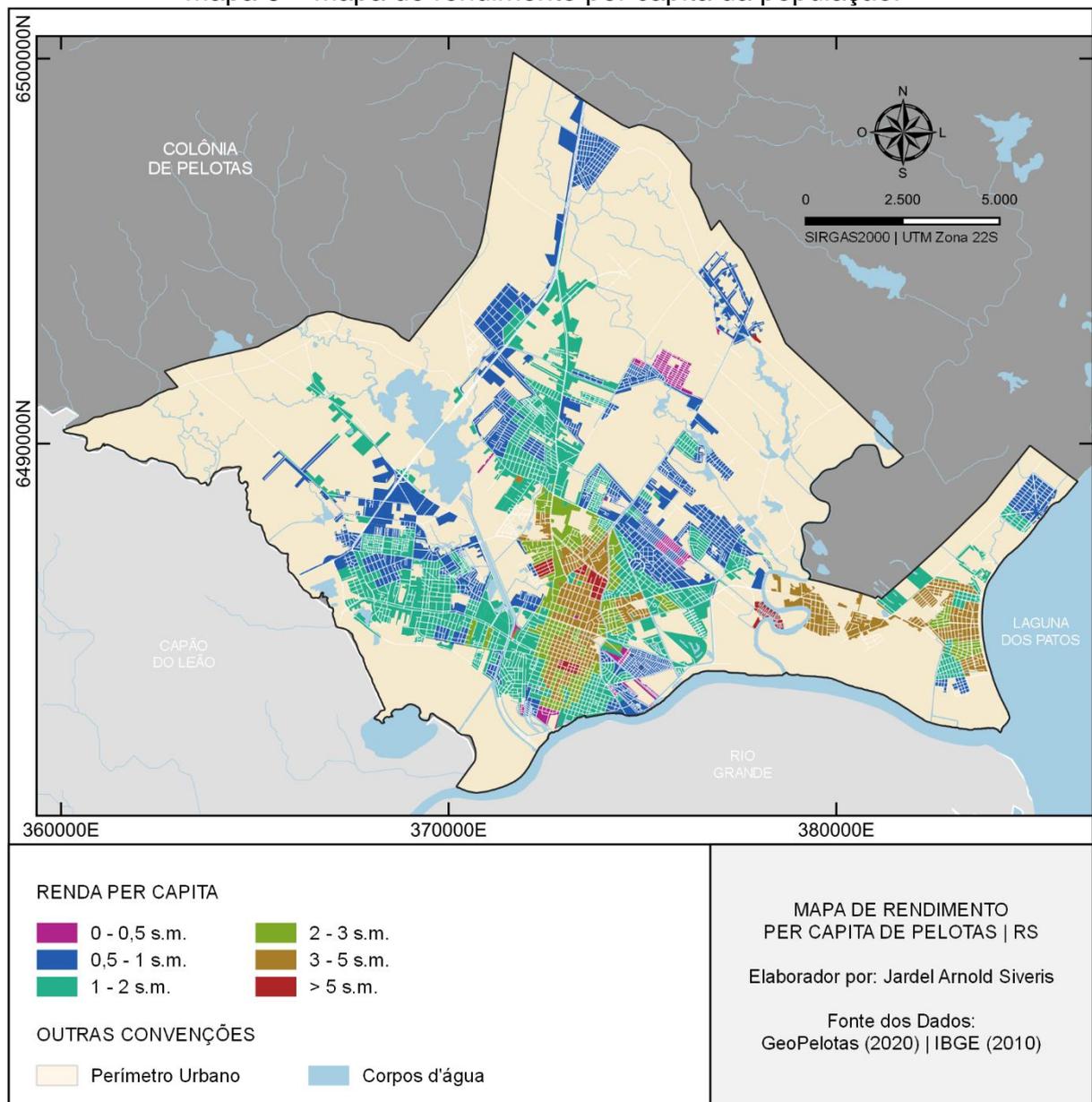
Fonte: Autor.

⁴⁶ Caracteriza-se pela medição da densidade a partir de informação complementar, subdividindo em áreas mais homogêneas. O método dasimétrico foi aplicado a partir da combinação da camada vetorial do ambiente construído em 2015, encontrada na plataforma GeoPelotas, com os dados do Censo Demográfico de 2010 do IBGE.

Considerando os aspectos demográficos do município, a sede possui população de 306.189 habitantes, com densidade de 1.082,21 hab/km². Suas RAs mais densas são, em ordem decrescente: Centro, Fragata, São Gonçalo, Areal, Três Vendas, Laranjal e Barragem.

Para os dados de renda per capita da população, o Mapa 6 demonstra como ocorre a distribuição de renda entre as RAs:

Mapa 6 – Mapa de rendimento per capita da população.⁴⁷



Fonte: Autor.

⁴⁷ A renda per capita calculada é baseada no salário mínimo de 2010. Portanto, realizou-se a divisão entre o rendimento per capita e o salário mínimo do ano do levantamento, que correspondia a R\$510,00. Dessa maneira, consegue-se realizar uma análise mais direta em relação aos rendimentos da população.

A presença de famílias com maiores rendimentos ocorre em áreas de maior centralidade na malha viária e em direção ao Laranjal. De uma maneira geral, existe relação entre rendimentos e a localização espacial em relação ao centro geométrico da cidade, bem como em relação à proximidade dos principais eixos viários. A exceção observada é na RA do Laranjal, que pode ser explicada pela característica do sítio, com proximidade à praia do Laranjal e às tradicionais charqueadas que possuem valor histórico.

Estas relações ainda podem ser compreendidas pelos vazios urbanos próximos ao contorno central, bem como pela especulação imobiliária que encarece o valor da terra nas centralidades urbanas. A implicação é o aumento nas distâncias e maior exclusão social em virtude da concentração de renda e melhores condições de acesso a determinados grupos sociais. Como resultado, ocorrem disparidades entre os mais ricos e os mais pobres, emergindo questões relacionadas à equidade social.

6.1.3 Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Pelotas

O Plano de Mobilidade Urbana Sustentável de Pelotas (PlanMob), instituído pelo decreto municipal nº 6.209, de 19 de setembro de 2019, corresponde a um processo que teve seu desenvolvimento entre o período de março de 2018 a junho de 2019. Metodologicamente, dividiu-se nas etapas de inventário e diagnóstico da mobilidade (PELOTAS, 2018) e redação do PlanMob (PELOTAS, 2019), construído com a participação da sociedade, integrantes de Instituições de Ensino Superior (IES) e técnicos da prefeitura. O desenvolvimento do PlanMob ocorreu com base no estabelecido pela PNMU, discutida na seção 2.2.2. Este instrumento estabelece estratégias e ações para a mobilidade urbana sustentável, bem como busca considerar a relação entre mobilidade, planejamento e políticas de uso do solo, uma vez que os deslocamentos ocorrem sobre o ambiente urbano e natural da cidade.

Foram desenvolvidas propostas de ações para os temas de “Sistema Integrado de Mobilidade Urbana, Transporte a Pé, Transporte por Bicicleta, Transporte Público, Transporte Motorizado Individual, Transporte de Cargas, e Mobilidade Regional” (PELOTAS, 2019, p. 3). Como objetivos estratégicos, destacam-se os relacionados à temática deste estudo (*op. cit.*, p. 9):

- a. Buscar a acessibilidade universal e tornar a mobilidade urbana um fator de inclusão social.
[...]
- c. Tomar o transporte público mais atraente frente ao transporte individual motorizado;
[...]
- g. Integrar as políticas de uso do solo e mobilidade.

Como destacado na seção sobre a acessibilidade (2.3), o termo acessibilidade no PlanMob também se refere à universal, necessária para a inclusão de pessoas com deficiência (PCDs), sem abordar as questões espaciais envolvidas ou da própria configuração espacial da cidade. No entanto, nas diretrizes propostas (PELOTAS, 2019, p. 11) é destacado a previsão do princípio de equidade:

“Ter como princípio de planejamento viário priorizar o transporte coletivo e os modos ativos.
Tratar com equidade os modais e as áreas urbanas em termos de atenção e investimento em mobilidade.”

Em relação ao transporte público urbano, realizado por ônibus na cidade, houve a realização de um processo licitatório no ano de 2016. A concessão atual do serviço é mantida pelo Consórcio do Transporte Coletivo de Pelotas (CTCP), vencedor da licitação para operar na cidade, com início em 31 de julho de 2016. O consórcio firmado compreende as antigas empresas prestadoras do serviço na área urbana do município: Conquistadora, Laranjal, Santa Maria, Santa Rosa, Santa Silvana e São Jorge. Desse modo, o serviço de transporte público de passageiros passou a ser realizado pelas empresas⁴⁸ que o realizavam anteriormente, porém necessitando cumprir com as novas regras previstas no edital da licitação.

A efetivação desta licitação trouxe melhorias para o serviço, como a renovação da frota⁴⁹, a integração tarifária, GPS, câmeras de segurança e aplicativo disponível para os usuários. No caso do aplicativo, CittaMobi, a presença de GPS na frota permite o monitoramento da localização dos ônibus pelos usuários, mostrando uma estimativa de tempo para a chegada dos coletivos às paradas de ônibus. O novo sistema ainda possibilita o compartilhamento de dados do serviço com a prefeitura, permitindo o acompanhamento pelo poder público.

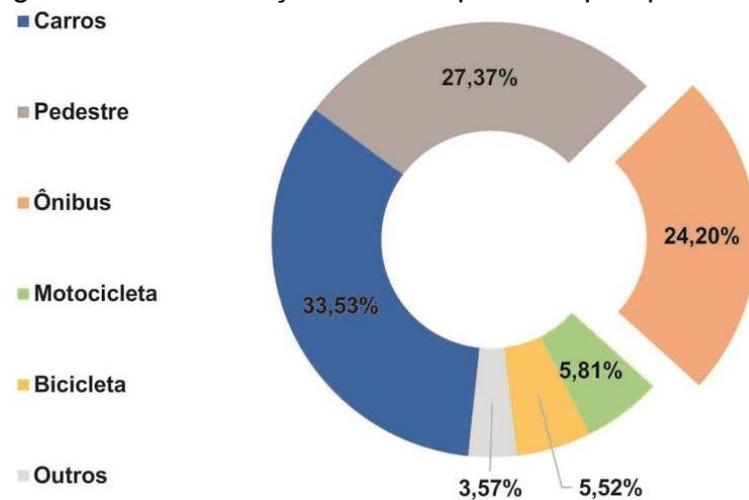
⁴⁸ A empresa TURF, que mantinha os itinerários no bairro Fragata, não participou do consórcio por não apresentar a documentação necessária. As empresas seguiam operando conforme os seus bairros de atuação: Conquistadora cobria a macrorregião das Três Vendas, Laranjal a macrorregião de mesmo nome, Santa Maria realizava o serviço no Areal, Santa Rosa no Centro/São Gonçalo, Santa Silvana nas proximidades do bairro Simões Lopes, e São Jorge realizava a linha interbairros.

⁴⁹ A idade média prevista em edital para os veículos é de até 4 anos após 10 anos de vigência do contrato. Em 2018 a média estava em 4 anos.

Nesse sentido, a administração municipal, representada pela Secretaria de Transporte e Trânsito (STT), é a responsável pela gestão do sistema de transporte. Como atribuições, estão a fiscalização dos serviços prestados, definição e controle das tarifas, bem como o planejamento da operação, em conjunto com o CTCP.

Assim como nos cenários nacional e estadual, o município de Pelotas apresenta queda no número de passageiros no decorrer dos anos. De acordo com o PlanMob (PELOTAS, 2019), houve redução de 3.455.000 em 2002 para 3.121.000 em 2017, acumulando perdas de 9,66% no período. Atualmente, segundo a pesquisa Origem-Destino (O-D) realizada na cidade em outubro de 2018, 24,2% das viagens são realizadas por transporte coletivo (Figura 14).

Figura 14 – Distribuição modal a partir da pesquisa O-D.



Fonte: PlanMob (2019)

Com base na distribuição modal da ANTP (2020), a partir de dados do ano de 2018, Pelotas registra 1,80% a menos na participação deste modal ou 5,2% se considerados os demais modos coletivos. A distribuição dos usuários do transporte coletivo na cidade de Pelotas tem o seguinte cenário:

Tabela 9 - Dados operacionais do transporte coletivo de 2018.

	INTEGRAL	ESTUDANTE	TOTAL	%
AREAL	284.260	27.730	311.990	14,94
FRAGATA	448.269	42.721	490.990	23,51
INTERBAIRROS	196.511	18.376	214.887	10,30
LARANJAL	141.065	11.184	152.249	7,30
SÃO GONÇALO - CENTRO	179.887	24.945	204.832	9,80
TRÊS VENDAS	646.091	67.170	713.261	34,15
TOTAL				100,00

Fonte: CTCP/STT (2018) *apud* PlanMob (2019).

A maior proporção de usuários do transporte coletivo ocorre na macrorregião Três Vendas, com 1/3 do montante do sistema. Esta região apresenta a maior distância em relação ao centro, bem como existe uma considerável presença de moradores com rendas menores. A distância, assim como a renda média, pode indicar o maior número de viagens para estes moradores, uma vez que os custos com combustível aumentam à medida que as famílias moram mais distantes do centro e arredores, que concentra boa parte dos empregos e serviços especializados. Caso contrário ocorre no Laranjal, com predominância de classes mais altas, e menor número de usuários no sistema. Estes padrões contribuem com o exposto por Vasconcellos (2013, 2018) ao associar a renda com o modo de transporte preferencial.

6.1.4 Plano Diretor Municipal

O III Plano Diretor Municipal (PELOTAS, 2008), Lei nº 5.502, de 11 de setembro de 2008, instrumento que estabelece as diretrizes e proposições para o ordenamento e desenvolvimento territorial no município, prevê ações relacionadas à mobilidade urbana em seu Capítulo II do Título II. Este capítulo coloca como uma de suas definições a de “proporcionar o amplo acesso ao espaço urbano, garantindo acessibilidade universal, equidade, segurança e a circulação de pessoas e de veículos de forma ordenada territorialmente” (PELOTAS, 2008, p. 45), bem como valorizar os

deslocamentos de pedestres e ciclistas e a diminuição da ocupação das vias centrais pelos automóveis estacionados. Entre suas diretrizes a respeito do tema em estudo, o plano busca (*op. cit*, p. 46–48):

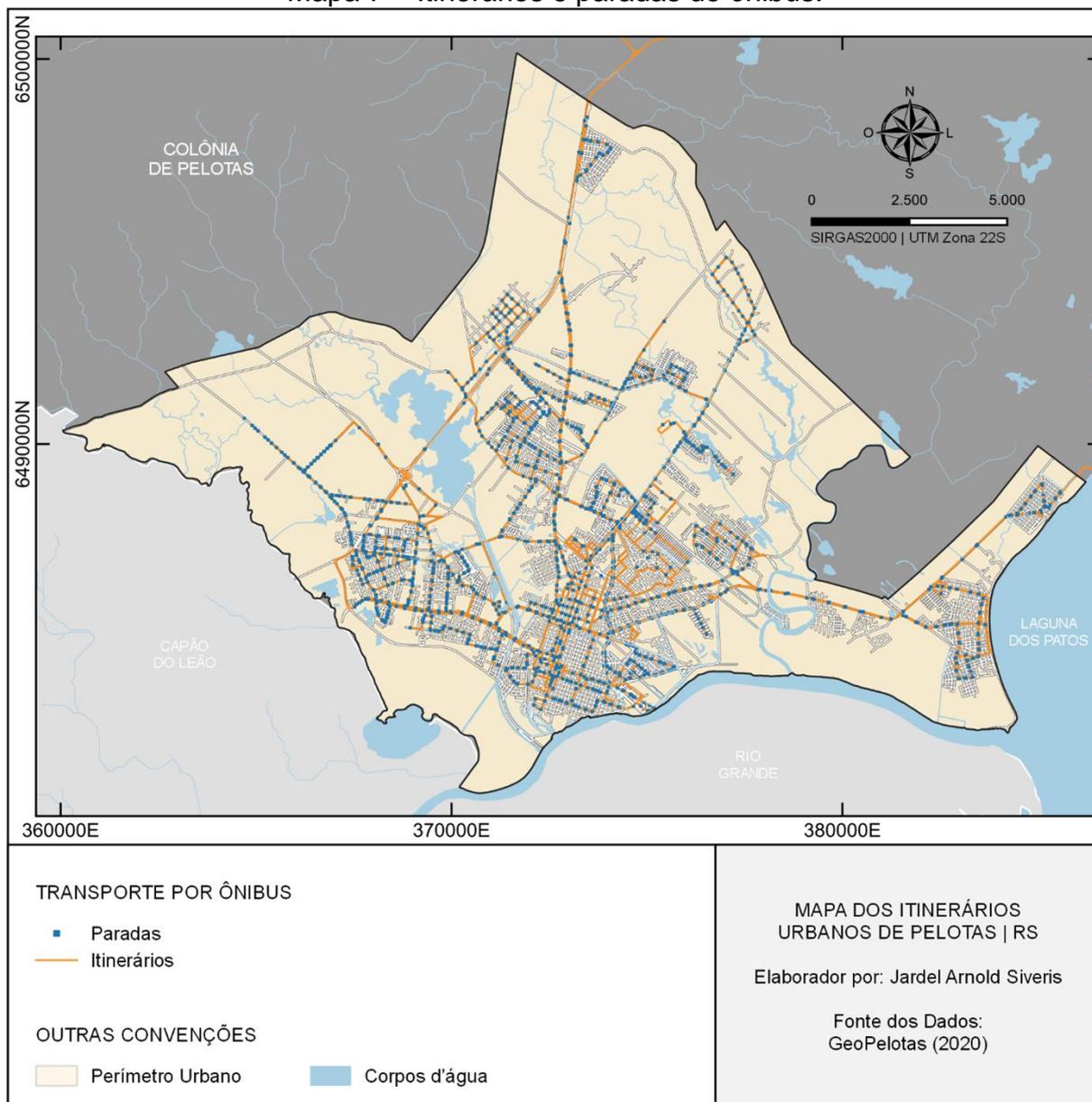
- iii. Melhorar a estruturação espacial que consolide a cidade policêntrica;
- iv. Implementar novos itinerários para o transporte coletivo urbano que propiciem a integração entre os bairros, mediante a utilização de rotas alternativas que não circulem pela área central;
[...]
- v. Melhorar a acessibilidade da população aos locais de emprego, de serviços e de equipamentos de lazer;
- vi. Tratar de forma integrada as questões de transporte, trânsito e uso do solo;
- vii. Priorizar a circulação dos pedestres, ciclistas, veículos coletivos em relação aos veículos motorizados particulares;
[...]
- x. Implementar novos itinerários para micro-ônibus e vans na área central, na forma de transporte executivo, buscando incentivar a utilização do transporte coletivo em detrimento do individual;
[...]
- xii. Regulamentar os serviços de transporte coletivo do município garantindo manutenção preventiva para o conforto dos usuários e controle de poluentes;
[...]
- xiii. Possibilitar o acesso do transporte coletivo e de veículos de serviço às áreas ocupadas por população de baixa renda.

Apesar do III Plano Diretor Municipal de Pelotas (2008) ser estabelecido em data anterior à PNMU (BRASIL, 2012) e ao PlanMob (PELOTAS, 2019), houve a menção de alíneas que foram contempladas posteriormente nestas políticas. No entanto, algumas questões previstas pelo Plano Diretor não foram reafirmadas pelo PlanMob ou direcionadas ao transporte coletivo, como a que prevê melhorar a acessibilidade aos locais de emprego, serviços e equipamentos de lazer e a criação de itinerários entre bairros.

6.1.5 Itinerários

O sistema de transporte público por ônibus conta com 1617 paradas de ônibus, que compreendem a abrangência de 123 linhas realizadas por 222 veículos (210 ônibus e 12 micro-ônibus), de acordo com o diagnóstico realizado (PELOTAS, 2018). No Mapa 7 está ilustrada a distribuição espacial das paradas de ônibus, bem como os respectivos itinerários que passam por elas.

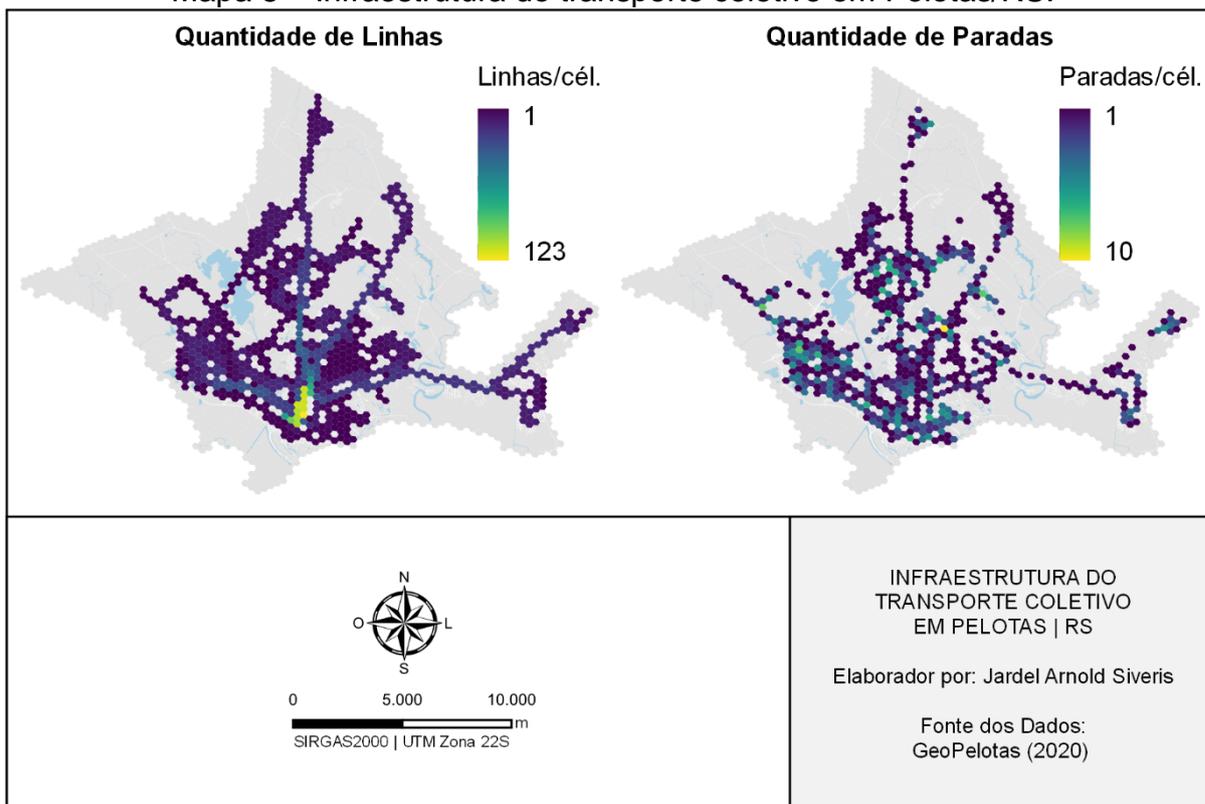
Mapa 7 – Itinerários e paradas de ônibus.



Fonte: Autor.

Graficamente, o mapa a seguir permite observar a concentração dos itinerários, bem como das paradas de ônibus. A distribuição das linhas ocorre principalmente em eixos radiais direcionados ao centro da cidade, os quais canalizam os fluxos de usuários em cada RA. Poucas são as opções alternativas de deslocamento pela cidade, a exemplo da linha Interbairros, dificultando a articulação entre as RAs e condicionam a passagem pelo centro na maioria das vezes. No caso das paradas de ônibus, estas apresentam distribuições variadas dentro do perímetro urbano, com a presença de bolsões de atendimento em algumas localidades.

Mapa 8 – Infraestrutura do transporte coletivo em Pelotas/RS.



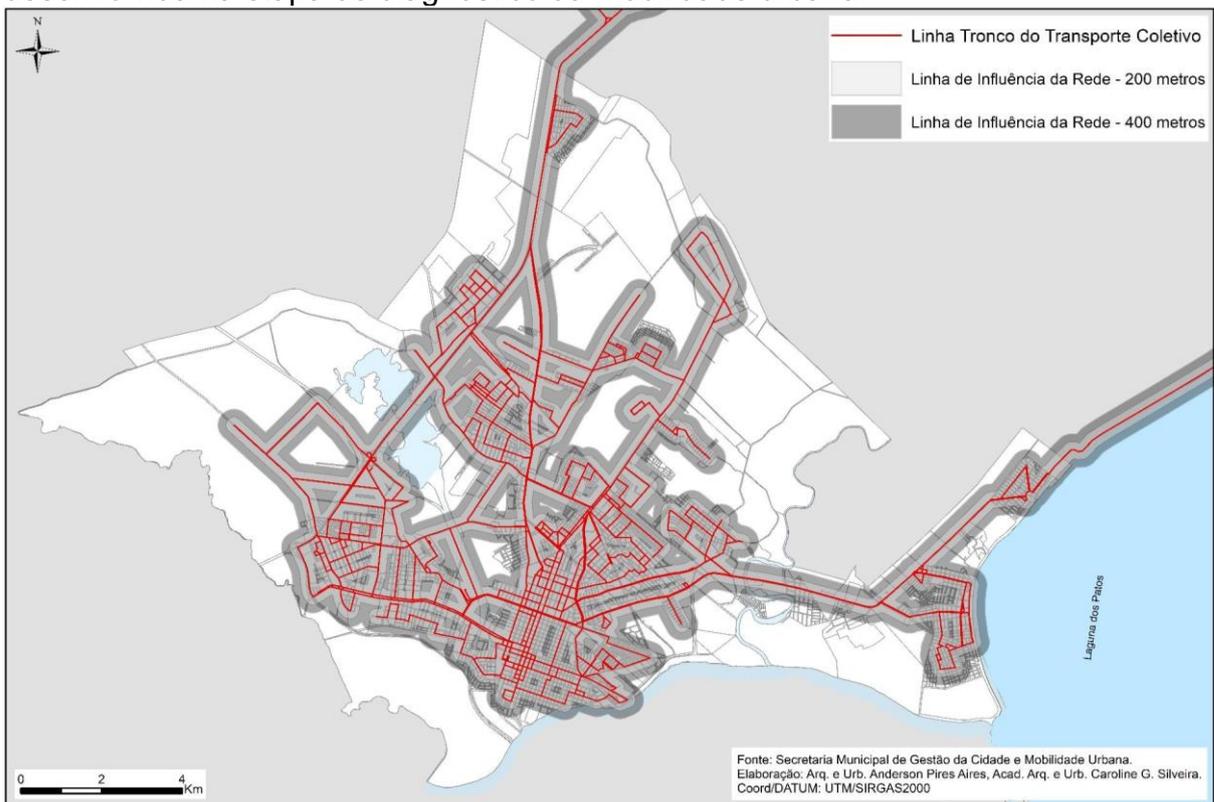
Fonte: Autor.

Levando em consideração as vias urbanas, o PlanMob prevê a pavimentação asfáltica de vias utilizadas pelo transporte coletivo. Atualmente, 75% da rede de transporte público tem revestimento asfáltico, 7% com pedras e 18% sem pavimentação. A prioridade de pavimentação ocorre a partir de sua importância dentro do sistema viário, a densidade populacional e a faixa de renda da população no entorno. Deste modo, a análise configuracional pela SE poderia antever os trechos com maior potencial de movimento e, como consequência, poder-se-ia racionalizar os investimentos nestas infraestruturas e possibilitar maior atração a esse sistema de transporte ao considerar os impactos promovidos pela lógica social do espaço urbano.

6.1.6 Paradas de ônibus

Em relação às paradas de ônibus, no relatório de inventário da mobilidade urbana (PELOTAS, 2018), existe a identificação de áreas de influência da rede de transporte coletivo com distâncias de 200 e 400 metros (Figura 15). No entanto, as distâncias consideradas são as euclidianas (em linha reta), com base em raios de abrangência sobre as linhas dos itinerários. Não são considerados os percursos necessários para os deslocamentos dos usuários de suas residências às paradas do transporte coletivo e destas até os destinos-chave, como equipamentos urbanos.

Figura 15 – Identificação das linhas de influência da rede do transporte coletivo desenvolvida na etapa de diagnóstico da mobilidade urbana.



Fonte: Pelotas (2018).

Como parte do processo de seleção dos locais de paradas de ônibus nas redes de transporte público, a área de cobertura é componente importante. Para isso, são delimitadas distâncias de cada local até a rede, recomendando-se valores inferiores a 300 metros de caminhada (FERRAZ; TORRES, 2004). No entanto, muitas vezes, esta

área é delimitada com a criação de *buffers*⁵⁰ a partir dos itinerários, como observado na Figura 15. Por outro lado, o ambiente urbano é constituído de barreiras físicas ao movimento, os quais tornam os deslocamentos mais demorados e distantes do que em linha reta, como na distância euclidiana.

Considerando as aplicações de um SIG, como o QGIS, os caminhos acessíveis a partir da rede viária podem ser determinados com o que se denomina de área de serviço ao criar percursos a partir de um ou mais vetores de referência (e.g. escolas, unidades de saúde, áreas verdes *etc.*). Para calcular as distâncias reais de caminhada dos usuários, utilizou-se a ferramenta de análise de redes a fim de criar as áreas de influência das paradas de ônibus⁵¹ e comparar as distâncias encontradas em relação aos equipamentos urbanos por meio da classificação definida por Ferraz e Torres (2004). De acordo com os parâmetros objetivos estabelecidos pelos autores, a distância de caminhada no início e no fim da viagem tem a seguinte classificação: bom (< 300m), regular (300 – 500m) ou ruim (> 500m). Assim, verificou-se em quais categorias se inseriam os equipamentos urbanos (públicos):

Tabela 10 – Distribuição dos equipamentos urbanos por nível de acessibilidade.

	< 300 M	%	300 - 500 M	%	> 500 M	%	TOTAL
EDUCAÇÃO	105	89,7	11	9,4	1	0,9	117
ÁREAS VERDES, PARQUES E PRAÇAS	140	85,4	14	8,5	10	6,1	164
SAÚDE	45	97,8	1	2,2	0	0	46

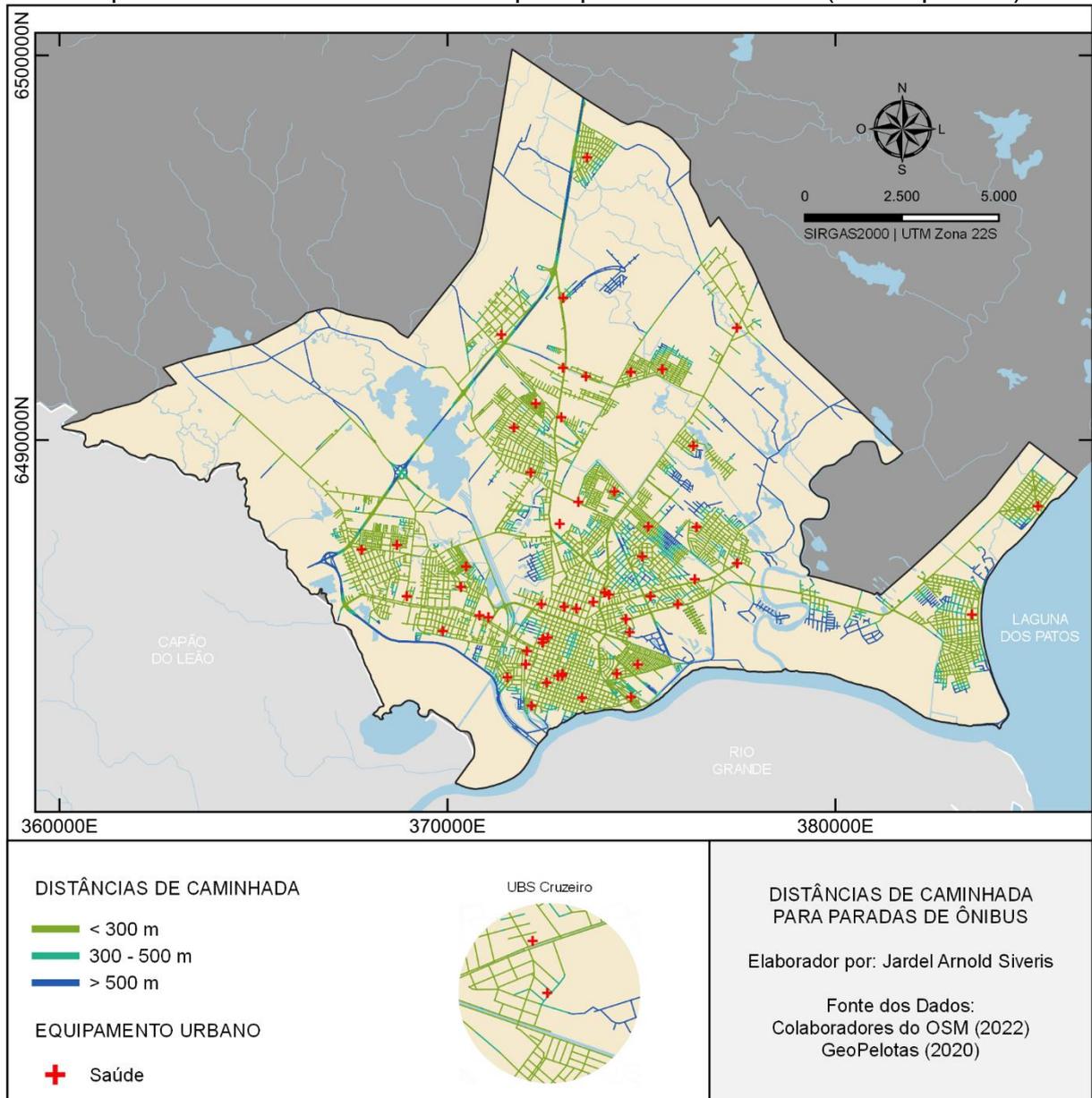
Fonte: Autor.

⁵⁰ Geometrias criadas a partir de pontos, linhas ou polígonos, com base em distâncias euclidianas – em linha reta, com valores fixados (e.g. 100m, 200, 300 *etc.*).

⁵¹ Foram consideradas a rede viária baixada do OMSnx, como abordado em 5.2, equipamentos urbanos e paradas de ônibus (GeoPelotas, 2020).

Pelos resultados encontrados, observa-se que em torno de 98% dos equipamentos de saúde são classificados com boa acessibilidade. A distribuição das paradas de ônibus aparenta respeitar a localização destes equipamentos, uma vez que se concentram na classificação < 300m e se destacam no cenário apresentado. A única exceção é a UBS Cruzeiro que apresenta distância de caminhada de 300 – 500 metros, localizada na RA do Areal.

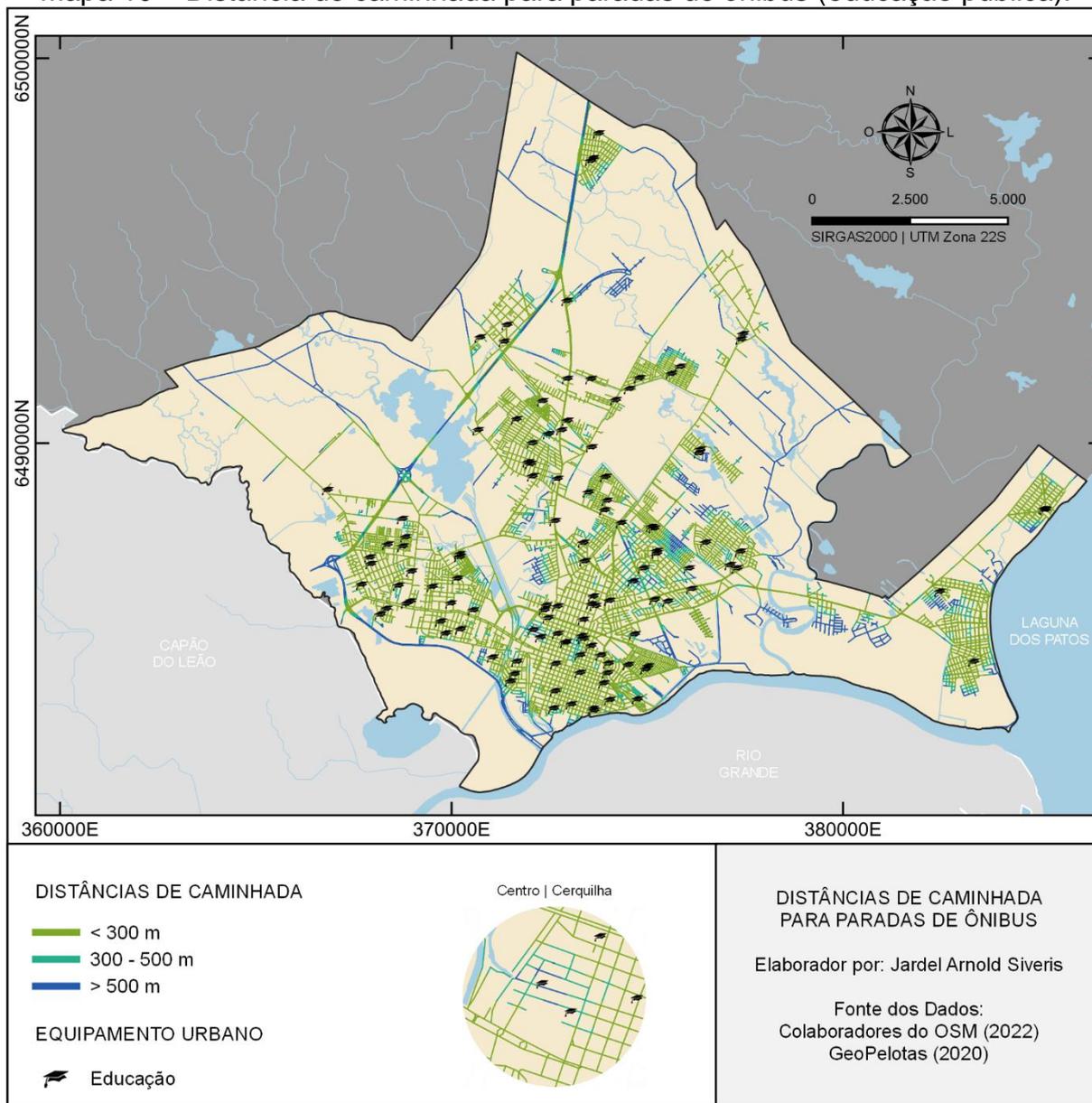
Mapa 9 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (saúde pública).



Fonte: Autor.

Para os equipamentos de educação, 10,3% estão distantes das condições ideais de caminhada para o transporte. No caso dos regulares, esse valor está em 9,4% das ocorrências e, como ruins, em 0,9%. As RAs com maiores ocorrências são, em ordem decrescente: Areal (4), Centro (4), Fragata (2), Barragem (1), São Gonçalo (1) e Três Vendas (1).

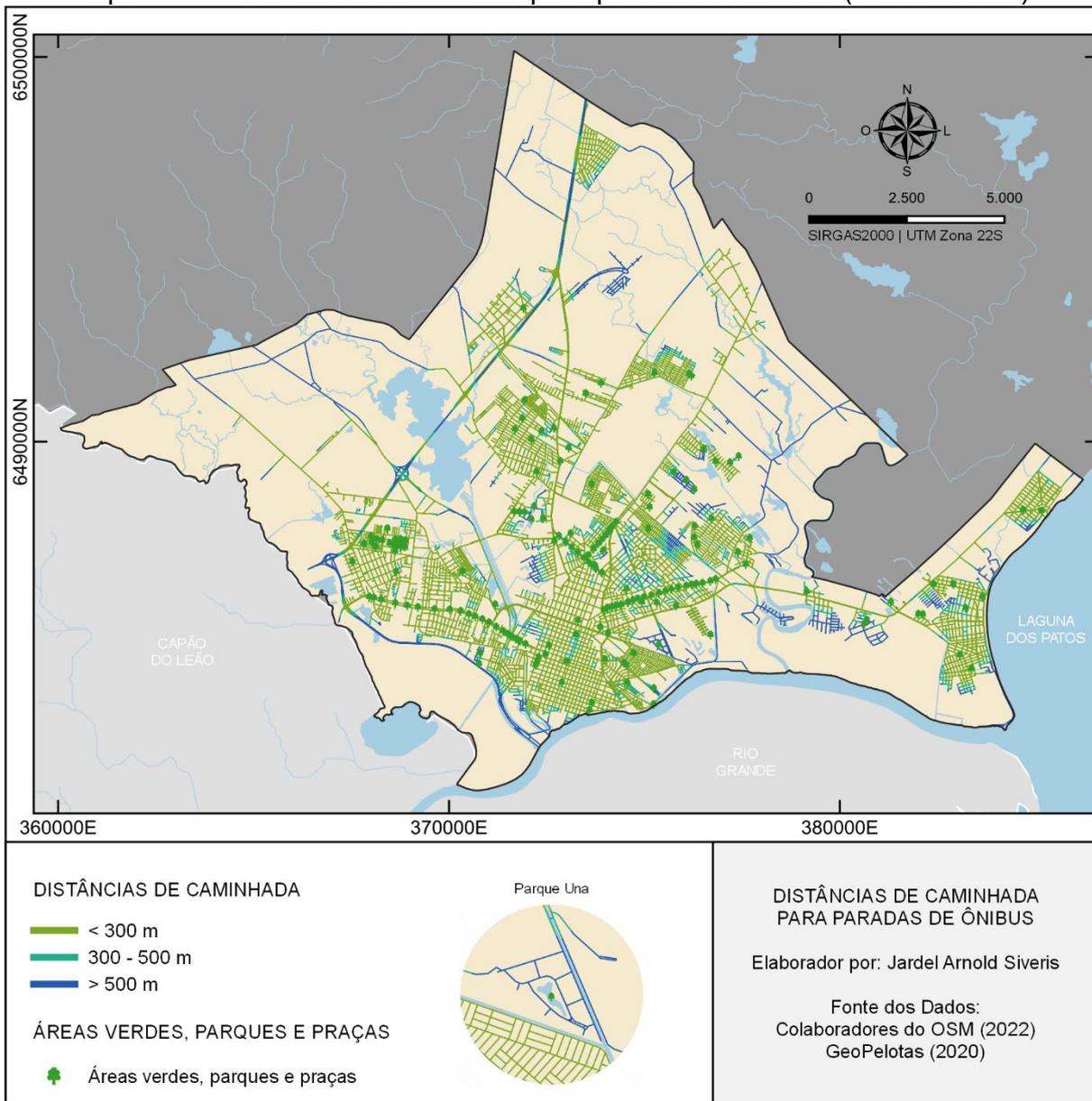
Mapa 10 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (educação pública).



Fonte: Autor.

Por fim, as áreas verdes, parques e praças obtiveram os menores níveis de acessibilidade com 8,5%, em condições regulares, e 6,1%, com acessibilidade ruim. No caso do Parque Una, construído recentemente sob os ideais do Novo Urbanismo, existe em sua área central um parque urbano aberto à população da cidade que vem atraindo público de vários locais, principalmente aos fins de semana. No entanto, não existe nenhuma parada de ônibus próxima ao local, distante a pelo menos 900 metros a pé de alguma parada de ônibus.

Mapa 11 – Distância de caminhada para paradas de ônibus (áreas verdes).



Fonte: Autor.

De maneira geral, a distribuição das paradas de ônibus consegue oferecer distâncias de caminhada adequadas no acesso aos equipamentos de educação e saúde analisados, existindo exceções nas RAs. No entanto, pode-se verificar que as áreas periféricas do município carecem de paradas de ônibus e possuem os maiores valores para caminhada. Além disso, os novos empreendimentos imobiliários não têm aproveitado da proximidade às infraestruturas de paradas de ônibus existentes, como é o caso do Bairro Planejado Germani, na RA Três Vendas, que apresenta distâncias de caminhada maiores do que 1000 metros em parte expressiva de sua extensão.

Considerando a demografia do perímetro urbano, observa-se que os itinerários atendem os setores de maior densidade, conforme a lógica de atendimento da demanda, deixando de cobrir as áreas anteriormente mencionadas, apesar de algumas não possuírem a menor densidade da RA. Embora tenham densidade pouco elevada, o serviço não pode deixar de ser prestado, uma vez que um dos princípios do transporte público é o de incluir as pessoas na vida das cidades, principalmente as de menor renda que são carentes de recursos, bem como é um direito garantido pela Constituição Federal.

A ocorrência de níveis de acessibilidade classificados como ruins em regiões com baixa renda compromete a inclusão social desta parcela na vida urbana e no acesso aos equipamentos urbanos. Essa realidade ocorre em todas as RAs, com destaque para algumas áreas do Areal e São Gonçalo, uma vez que existe concentração de níveis insatisfatórios em áreas com faixas de renda menores e próximas a um salário mínimo. Considerando a distribuição das paradas de ônibus, as duas RAs mencionadas representam 10,95% e 6,0% das 1617 existentes no perímetro urbano, com 4,33 e 7,40 paradas/km², respectivamente.

Tabela 11 – Distribuição das paradas de ônibus por RA⁵².

	A	B	C	F	L	SG	TV	Σ
NÚMERO DE PARADAS	177	105	233	352	131	97	522	1617
%	10,95	6,49	14,41	21,77	8,10	6,00	32,28	100,00
PARADAS/KM ²	4,33	1,81	14,36	10,91	4,09	7,40	5,76	5,71

Fonte: Autor.

⁵² A: Areal; B: Barragem; C: Centro; F: Fragata; L: Laranjal; SG: São Gonçalo; TV: Três Vendas, e; Σ: Pelotas.

Por outro lado, verificam-se ocorrências de níveis baixos de acessibilidade em áreas com predomínio de moradores com rendas maiores, como é o caso dos residentes próximos à Av. Ferreira Viana e Av. Adolfo Fetter, em direção ao Laranjal. De acordo com Vasconcellos (2013), conforme a renda domiciliar aumenta, maiores são as chances de utilizar o automóvel como transporte. Nesse caso, a não cobertura do transporte público nessa região não compromete o acesso ao ambiente urbano por parte desta parcela da população, uma vez que a tendência de utilizar o automóvel é maior. Nesta RA, as paradas de ônibus representam 8,10% da totalidade, com 4,09 paradas/km².

Na área central da cidade, correspondente à maior densidade de oferta de equipamentos urbanos e serviços especializados, observa-se a ocorrência de 14,41% das paradas de ônibus e 14,36 paradas/km², com média de rendas elevadas. Além disso, o Centro apresenta distâncias de caminhadas médias próximas ao nível classificado como bom.

Considerando o comprimento das vias que compõe o sistema viário no perímetro urbano do município, 72,59% possuem boa acessibilidade, 13,59% são classificadas como regulares e 13,82% como ruins (Tabela 12).

Tabela 12 – Cobertura da infraestrutura do transporte público.

	A	B	C	F	L	SG	TV	Σ
< 300 M (%)	64,27	46,81	85,36	78,68	68,27	71,17	75,43	72,59
300 – 500 M (%)	19,29	17,38	11,00	9,63	16,72	8,95	12,71	13,59
> 500 M (%)	16,44	35,81	3,64	11,69	15,01	19,88	11,86	13,82

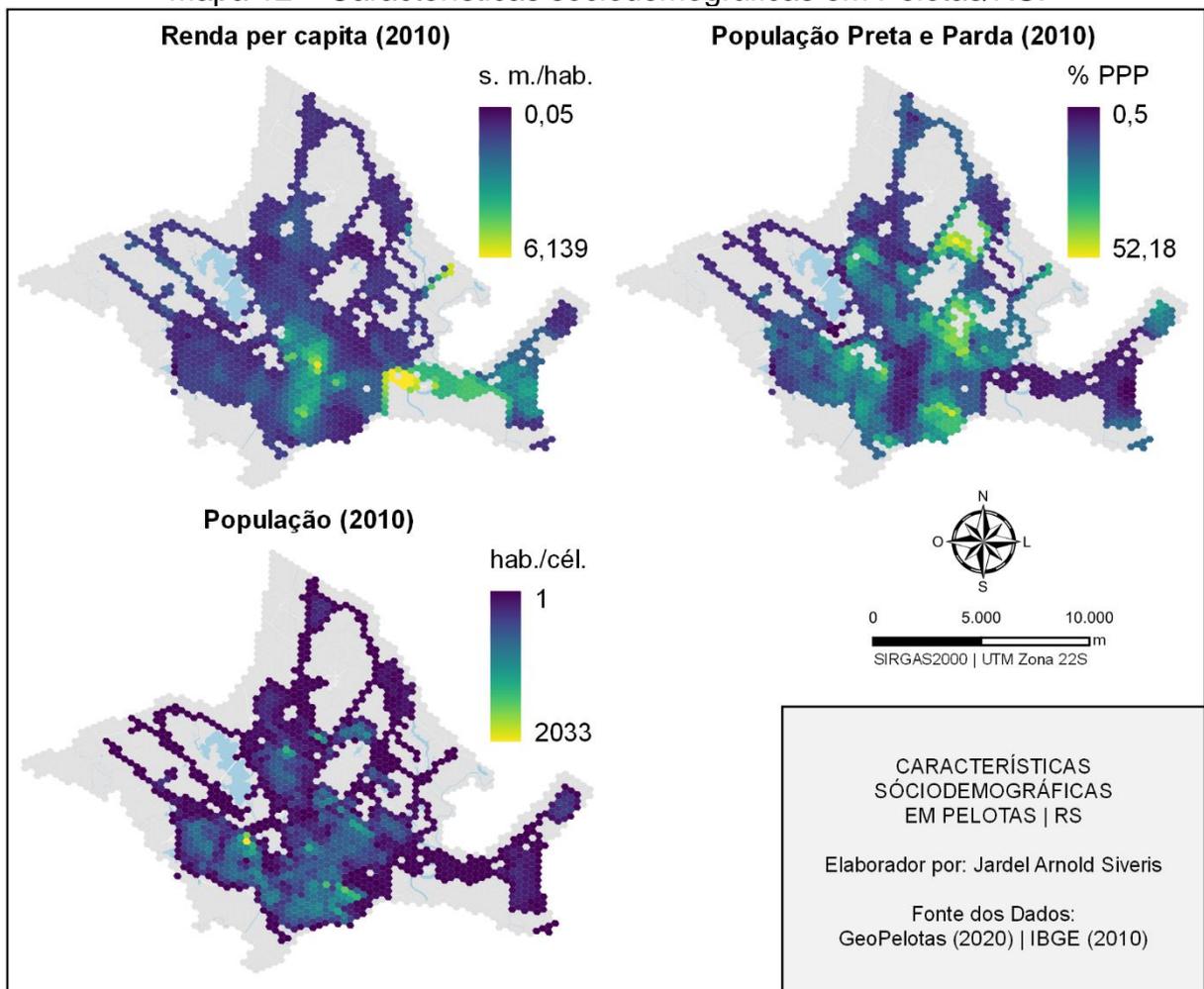
Fonte: Autor.

As áreas centrais ou RAs com ocupação consolidada são as que apresentam as melhores coberturas, com maiores níveis de acessibilidade. Foram identificados problemas de cobertura nas áreas de expansão urbana e de empreendimentos recentes (mesmo próximas ao centro), bem como em áreas carentes, a exemplo da Ambrósio Perret (São Gonçalo), Dunas (Areal) e Pontal da Barra (Laranjal). A criação de novas paradas de ônibus que absorvam a população de baixa renda nessas zonas contribuiria para a universalização do transporte e à distribuição equitativa entre as RAs.

6.2 ANÁLISE SOCIOESPACIAL

A fim de ilustrar as características dos moradores e da mobilidade urbana de Pelotas em sua dimensão social, analisaram-se as representações dos aspectos socioeconômicos e demográficos, com base nos dados do Censo Demográfico de 2010, e a proximidade aos equipamentos urbanos (saúde e educação), áreas verdes, parques e praças, de modo a verificar as condições de equidade no acesso à cidade. Dentre as variáveis consideradas na Etapa 2, as características dos habitantes em cada célula permitem ter uma noção de densidade e de distribuição dos moradores pelo perímetro urbano do município conforme as suas particularidades. O Mapa 12 apresenta esta distribuição, bem como a espacialização de acordo com a média salarial per capita e a população preta e parda (PPP).

Mapa 12 – Características sociodemográficas em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Pode-se visualizar que o centro ainda é um local muito valorizado pelos estratos de alta renda, além das áreas com maior centralidade na rede e disponibilidade de serviços, como é o caso daquelas localizadas próximas à Avenida Dom Joaquim (limite entre Centro e Três Vendas), e em ambientes de relevante valor natural, casos da Praia do Laranjal e áreas próximas ao Arroio Pelotas (limite entre São Gonçalo e Laranjal). Nesse último caso, pode-se verificar o que Alves (2011) descreveu como autossegregação espacial, visto que possuem proximidade à eixos estruturantes e de fácil acesso ao restante da cidade. A predominância de grupos de alta renda ocorre no sentido norte-sul em relação ao Centro e em direção a leste, a caminho do Laranjal.

Além disso, é possível realizar uma correspondência entre renda salarial média x PPP, visto que as células com os maiores valores de renda apresentam maior quantidade de pessoas brancas. Dito isto, é necessário realizar uma análise interseccional das variáveis apresentadas, de modo a verificar as condições de segregação socioespacial e indicar as iniquidades frente à mobilidade urbana. Na Tabela 13 é possível visualizar como ocorre a distribuição destas variáveis por Região Administrativa (RA) do perímetro urbano.

Tabela 13 – Características sociodemográficas por RA.

NÍVEL GEOGRÁFICO		MÉDIA			MEDIANA		
		DS_C_POP	DS_C_REN	DS_C_PPP	DS_C_POP	DS_C_REN	DS_C_PPP
RA	AREAL	268,588	1,404	21,345	151,5	0,984	19,675
	BARRAGEM	53,244	1,018	9,655	10	1,040	7,168
	CENTRO	439,151	2,370	14,49	429	2,353	12,212
	FRAGATA	401,733	1,108	17,907	384	1,076	17,171
	LARANJAL	77,885	2,705	8,189	31	2,760	5,604
	SÃO GONÇALO	316,533	2,255	20,080	80	1,816	17,145
	TRÊS VENDAS	180,834	1,105	16,146	88,5	0,936	13,99
CIDADE		242,572	1,522	15,724	109	1,087	14,271

Fonte: Autor.

Apesar de em termos de número de moradores a RA Centro ser a terceira mais populosa, a média e a mediana demonstraram-se elevadas devido à densidade da área construída e sua área consolidada, seguindo a ordem de densidade (hab./ha) verificada na Tabela 8 da seção anterior. Este cenário é distinto das demais RAs que

ainda apresentam áreas de expansão ou estão em processo de consolidação, como é o caso do Fragata, São Gonçalo e Areal, que foram alvo de novos empreendimentos imobiliários nos últimos anos, possuem vazios urbanos a serem preenchidos e apresentam maior proximidade com a malha viária existente na área central. Por outro lado, a Barragem, que tem a predominância de uso do solo voltado às áreas industriais, ainda não representa um vetor de crescimento urbano.

Em geral, as maiores densidades ocorrem na região central das cidades e as áreas periféricas apresentam as menores. No entanto, este padrão não é visível em Pelotas, uma vez que as células com mais de mil moradores ficam nos bairros⁵³, principalmente em conjuntos habitacionais (COHAB). Os conjuntos Guabiroba (Fragata), Lindóia, Pestano (Três Vendas), vinculados ao Banco Nacional de Habitação (BNH), e CohabPel (Centro), produzido por cooperativa, possuem uma expressiva quantidade de moradores, entre 1271 e 2033 habitantes. Destacam-se ainda os loteamentos Navegantes (São Gonçalo), Fraget (Fragata) e Dunas (Areal) com alta densidade populacional.

Considerando a quantidade de usuários do sistema de transporte coletivo, as linhas que levam os nomes destes bairros apresentam os maiores valores. Entretanto, a densidade populacional é inversamente proporcional às faixas de renda salarial, com exceção da CohabPel no Centro. Os valores de renda nessas áreas são próximos ou abaixo de 1 salário mínimo. Somam-se ainda o Parque Urbano III (São Gonçalo) e Vila Peres (Três Vendas), que possuem concentrações de faixas salariais próximas a meio salário mínimo e se situam em eixos periféricos.

As iniquidades se apresentam de forma espacial no perímetro urbano. Analisando a localização dos estratos de renda mais baixos, percebe-se a sua prevalência em locais distantes da área central, que possuem uma menor oferta de locais de produção econômica, cultural e de serviços. São áreas com baixa qualidade de vida urbanística e em termos de acessibilidade, dado o afastamento físico em relação aos demais. Uma cidade que não favorece o acesso ao serviço de transporte público cria empecilhos aos grupos populacionais mais vulneráveis, como de gênero, idade, raça/cor, situação financeira *etc.*, na realização de atividades cotidianas.

Os resultados apresentam uma característica presente nas cidades brasileiras, conforme visto em estudos recentes de Pereira *et al.* (2020), Vasconcellos (2018) e

⁵³ Para conferir o Mapa Urbano de Territórios do III Plano Diretor de Pelotas com os nomes de referência, acesse: <https://www.pelotas.rs.gov.br/servicos/gestao-da-cidade/plano-diretor-mapas>.

discutidos por Villaça (1998), revelando a relação entre rendimento, PPP e a sua localização no espaço intraurbano. Em Pelotas, os padrões de distribuição dos grupos de maior renda concentram-se no Centro e em áreas de interesse turístico e amenidades naturais das RAs do São Gonçalo e Laranjal. Com exceção da área central, são locais próximos aos principais eixos articuladores da cidade e apresentam uma tipologia construtiva com edificações baixas, que mantém um processo de autossegregação em curso em setores ou *clusters* de alta e média renda. Estas áreas são as que apresentam a maior proporção de brancos e acabam criando desigualdades básicas que estruturam as posições de determinados grupos sociais no espaço urbano, uma vez que possuem o atributo de centralidade e praticidade nos movimentos. Além disso, a proximidade entre os grupos sociais de maior e de menor renda chama a atenção, em que existem gradações de extremos dentro de uma mesma RA e, ao analisar a distribuição e concentração de PPP no perímetro urbano do município, verifica-se a sua predominância em áreas periféricas, distantes dos principais eixos e das centralidades urbanas.

Deste modo, as principais questões encontradas em relação à equidade social incluem as disparidades de renda, a falta de melhores condições de acesso as oportunidades urbanas, as desigualdades encontradas pelas PPPs em relação a outros grupos e a exclusão social associada às condições inerentes as características socioeconômicas dos indivíduos e a sua localização no espaço urbano. Nesse sentido, é fundamental promover a equidade social nas cidades através da distribuição justa dos recursos e dos serviços urbanos, promovendo a inclusão social. Ainda, é necessário considerar as demandas das populações mais vulneráveis, como as comunidades de baixa renda, PPPs *etc.*

Como soluções mitigatórias no campo do transporte coletivo, é necessário que existam políticas públicas e investimentos que visem a garantir o acesso ao transporte pelos moradores da cidade, especialmente para aqueles que vivem em áreas periféricas ou de baixa renda. Para a melhoria da acessibilidade ao serviço, incluem-se a expansão das linhas de ônibus com a construção de novos pontos de embarque e desembarque em áreas com acesso inadequado e a implantação de novos corredores exclusivos para ônibus.

6.2.1 Macroacessibilidade

Conforme a metodologia apresentada, foram calculadas as distâncias dos usuários aos equipamentos urbanos, áreas verdes, parques e praças. As análises se sucederam em escala macro, considerando o deslocamento pelo transporte público (abrangência pelos ônibus), e em escala micro, simulando as distâncias de caminhada dos moradores aos locais de embarque/desembarque do transporte público na cidade.

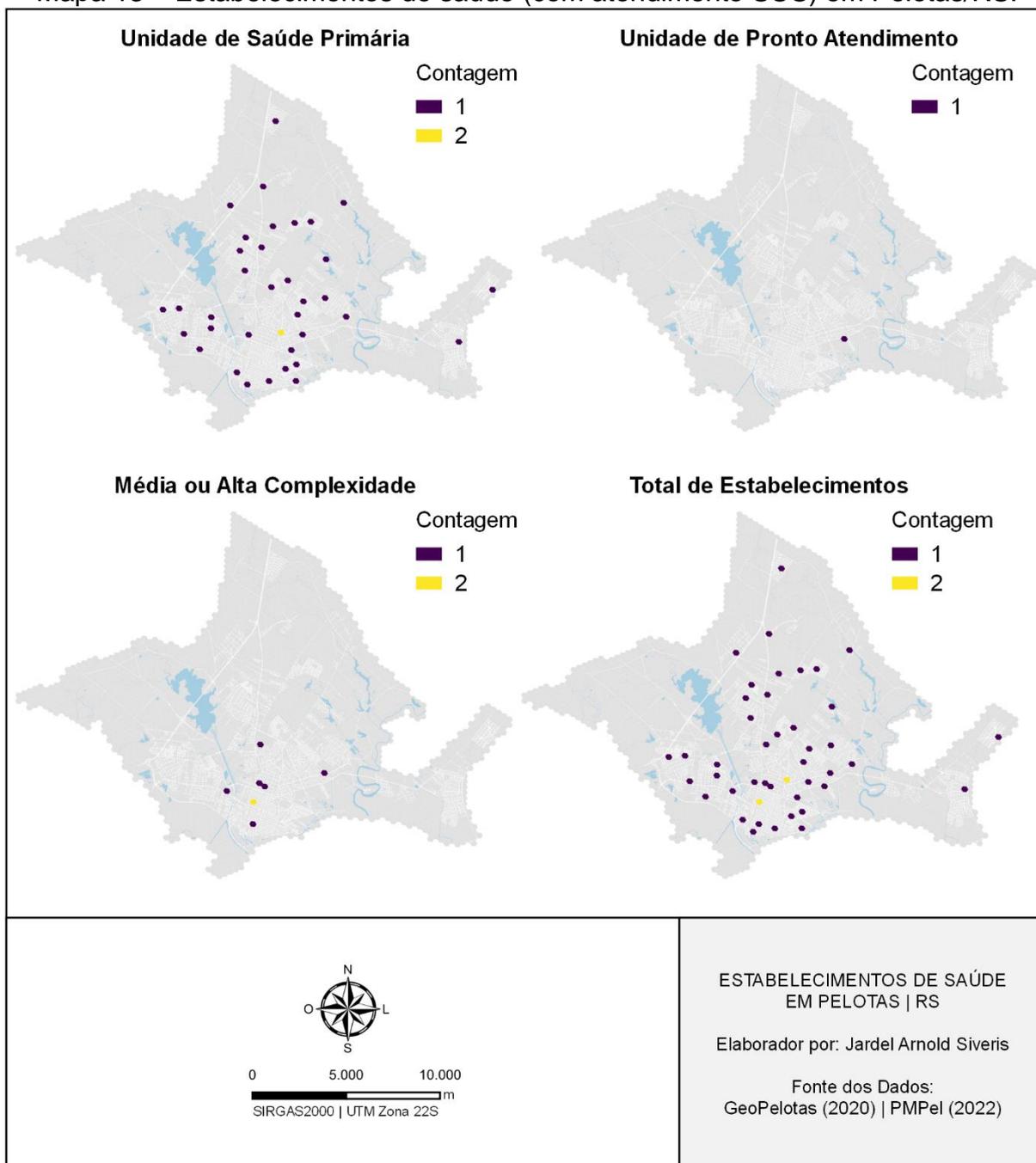
Em relação à análise na escala da macroacessibilidade, existem 117 escolas públicas, 46 unidades de saúde com atendimento pelo Sistema Único de Saúde (SUS) e 379 espaços para lazer, dos quais 164 ou 97,03 hectares são considerados com mobiliários pela prefeitura local⁵⁴. Os resultados são apresentados pela distribuição destes equipamentos na área urbana do município, por grau de complexidade no atendimento, e de acordo com a proximidade ao transporte público, desconsiderando o tempo de espera nas paradas de ônibus. Foram considerados os deslocamentos dos ônibus em até 4950 metros ou em até 15 minutos, de acordo com a velocidade média deste modal e conforme as faixas de distância da Tabela 4 (isodistâncias). Por fim, quantificou-se o percentual de moradores atendidos para cada uma das RAs.

Embora alguns equipamentos tenham uma abrangência em escala de bairro, como as unidades básicas de saúde ou as escolas primárias, buscou-se centrar as análises sobre as condições de acesso dos residentes mais distantes aos serviços de maior especialidade e verificar as características destes moradores.

Em relação aos estabelecimentos de saúde, existem 37 unidades básicas, que correspondem à atenção primária, 01 unidade de pronto atendimento e 08 unidades de média ou alta complexidade. Buscou-se medir a utilização do transporte público no acesso aos serviços de saúde, de modo que os usuários pudessem realizar algum tratamento na unidade mais próxima, de acordo com o grau de especialidade. Prover o acesso à saúde e o atendimento às necessidades mais básicas reduz as iniquidades sociais, promovendo maior qualidade de vida aos mais vulneráveis.

⁵⁴ As áreas verdes, parques e praças classificadas com mobiliários foram consideradas de acordo com a camada disponível na plataforma GeoPelotas (2020), de responsabilidade da prefeitura. Não foram realizadas consultas *in loco* para verificar as condições atuais, apenas conferências via imagem orbital para identificar erros grosseiros ou atualizações necessárias.

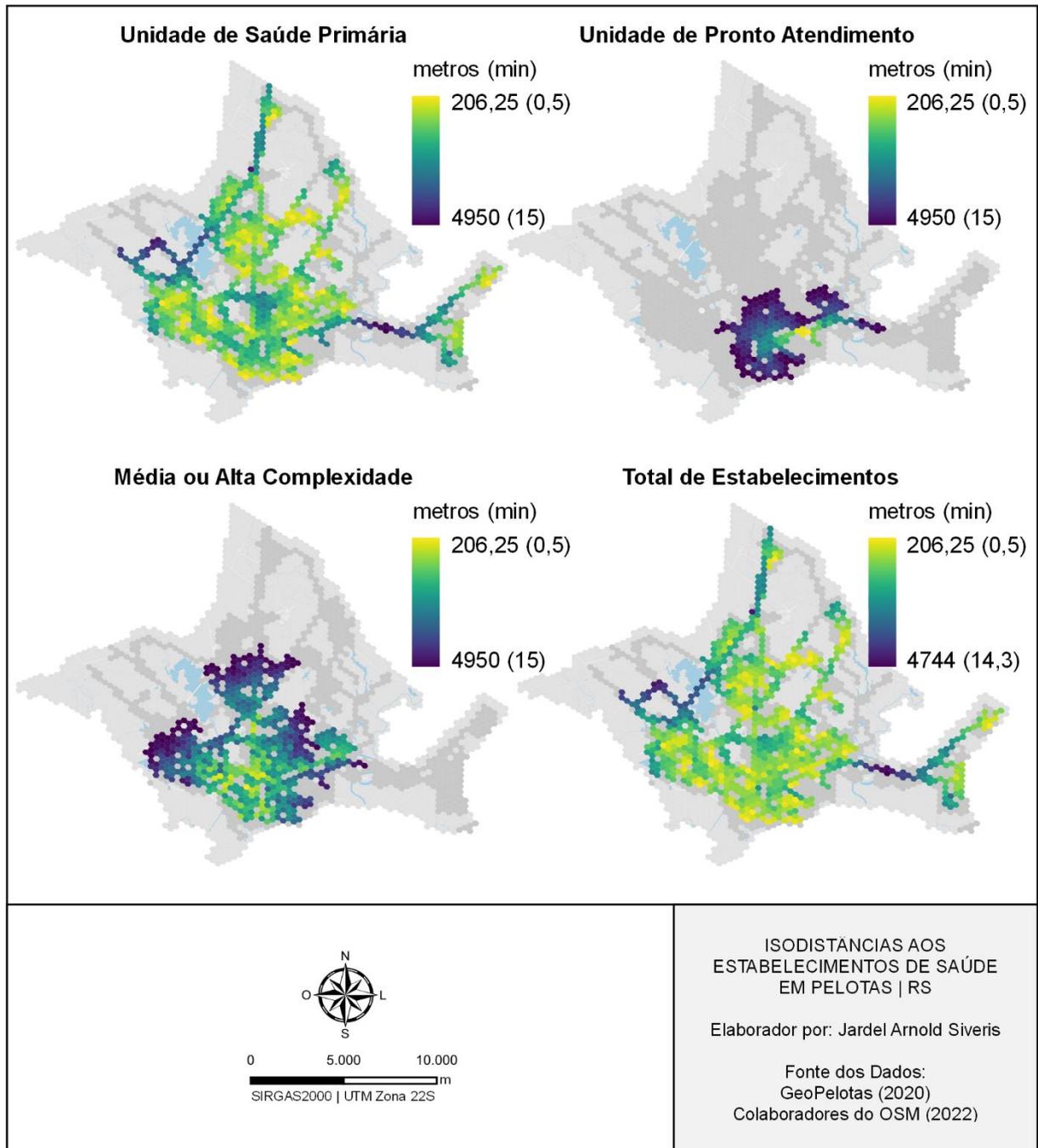
Mapa 13 – Estabelecimentos de saúde (com atendimento SUS) em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Pelas características de atendimento das unidades de saúde, a distribuição espacial se apresenta estruturada por bairros, muito em virtude das UBSs ou postinhos, que demandam abrangências em escalas mais próximas e servem como porta de entrada ao SUS. No entanto, quando observado os maiores graus de complexidade, a situação muda radicalmente. A localização ocorre em áreas centrais ou próximas aos eixos estruturantes da cidade, mas próximas ao Centro, que demandam maiores distâncias para serem acessados.

Mapa 14 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde (com atendimento SUS) em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Ao simular a abrangência do transporte coletivo, as unidades de saúde primárias (UBSs) e o total de estabelecimentos apresentam distâncias de até 1650 metros ou 5 minutos a partir do ônibus em sua maioria. As exceções são as células em cinza (que não possuem itinerários) e em partes da BR-392, da BR-116, trecho da Av. Adolfo Fetter (ligação Centro-Laranjal) e a Vila Governação (Barragem). A capilaridade deste serviço é importante por realizarem uma triagem ao SUS.

Para a Unidade de Pronto Atendimento (UPA), por ser um único estabelecimento de saúde, a abrangência neste nível se demonstrou sensível, atendendo predominantemente as áreas do seu entorno e do Centro, por possuir maior conectividade ao sistema de transporte público (possibilidades de movimento). As unidades de média ou alta complexidade, como os hospitais, apresentaram uma tendência semelhante, porém com capilaridade um pouco maior. O Centro se mostrou novamente como área com melhor acessibilidade, expandindo-se aos bairros limítrofes pelas vias arteriais. Contribuem ainda a dificuldade de movimento em virtude dos vazios criados pelas barreiras topológicas/geométricas da própria malha urbana, como no caso dos eixos estruturantes que moldaram a ocupação, e a inalteração da lógica de cobertura dos itinerários no decorrer dos anos, dificultando o acesso dos moradores aos equipamentos urbanos.

A Tabela 14 apresenta um comparativo entre os níveis de atendimento aos estabelecimentos ao demonstrar as isodistâncias a partir do transporte público. Os resultados refletem em números o que se observou visualmente no mapa anterior.

Tabela 14 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde pelo transporte público (porcentagem de população atendida).

ISODISTÂNCIA		ATENÇÃO PRIMÁRIA (%)	PRONTO ATENDIMENTO (%)	MÉDIA/ALTA COMPLEXIDADE (%)	TOTAL (%)
DISTÂNCIA (TEMPO)	1650 (5)	62,07	0,73	9,81	0,00
	3300 (10)	83,52	5,79	47,24	0,00
	4950 (15)	83,87	33,18	73,99	83,87

Fonte: Autor.

Inaugurada em 2016, a UPA Areal situa-se em uma via arterial com possibilidades de acesso entre RAs. No entanto, a sua localização tem contribuído para um baixo percentual de população atendida (33,18%), muito em virtude da baixa conectividade com a malha urbana que demanda maiores deslocamentos para acessá-la. Apesar de levar Areal no nome, situa-se nos limites com a RA São Gonçalo, proporcionando apenas o terceiro melhor percentual de população atendida ao Areal (53,05%) em até 15 minutos. Comparando os percentuais de atendimento por RA, São Gonçalo (86,94%) destaca-se pela cobertura, seguida do Centro (77,34%), que possuem valores maiores do que a média para a cidade neste grau de especialidade. As demais RAs possuem atendimento muito baixo (Tabela 15).

Tabela 15 – Isodistâncias aos estabelecimentos de saúde em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).

NÍVEL GEOGRÁFICO		ATENÇÃO PRIMÁRIA (%)	PRONTO ATENDIMENTO (%)	MÉDIA/ALTA COMPLEXIDADE (%)	TOTAL (%)
RA	AREAL	85,82	53,05	78,66	85,82
	BARRAGEM	87,24	0,00	54,85	87,24
	CENTRO	85,84	77,34	85,84	85,84
	FRAGATA	84,01	0,87	83,65	84,01
	LARANJAL	62,59	2,49	0,42	62,59
	SÃO GONÇALO	89,12	86,94	89,12	89,12
	TRÊS VENDAS	85,84	4,95	64,19	85,84
CIDADE		83,87	33,18	73,99	83,87

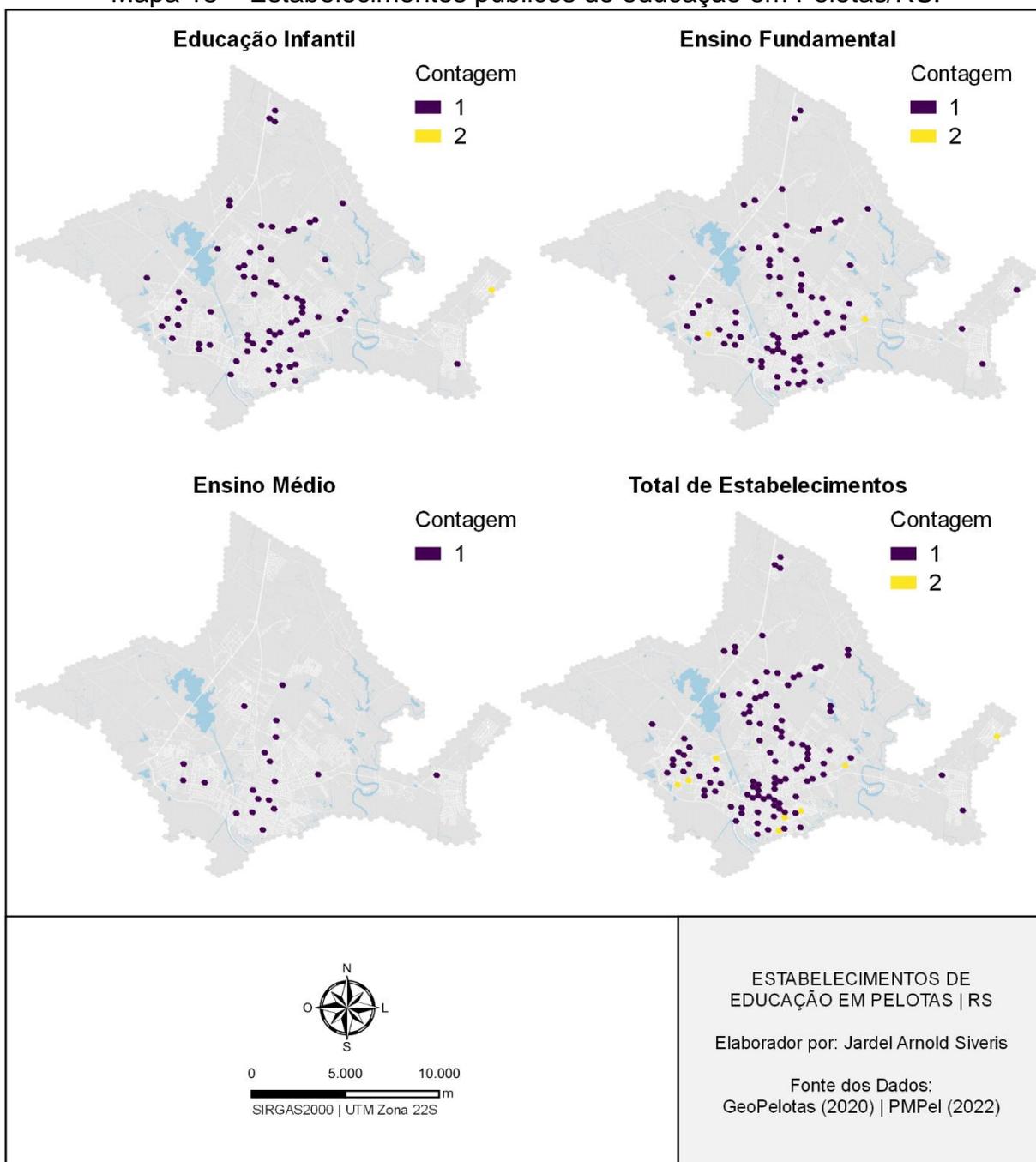
Fonte: Autor.

No caso da atenção primária, a sua distribuição se mostrou favorável, muito em virtude das características que demandam atendimento em escala de bairro, possíveis de serem realizados inclusive a pé. A RA Laranjal se destacou negativamente, uma vez que o percentual de população atendida é de apenas 62,59%. O desenho dos itinerários tem influência nestes resultados, visto que existem muitas células nesta RA sem a passagem de qualquer itinerário, conforme visto no Mapa 14.

Para os estabelecimentos de média ou alta complexidade, como os hospitais, os deslocamentos de pessoas em estado grave se tornam inviáveis e necessitam de outras opções de transporte, como o sanitário ou ambulatorial. No entanto, estas pessoas demandam por acompanhamento de familiares, que precisam se deslocar de suas residências aos locais de internação hospitalar. Considerando a abrangência neste cenário, as RAs com menores percentuais de atendimento são as do Laranjal (0,42%), Barragem (54,85%) e Três Vendas (64,19%), ambas localizadas nos maiores raios de distância em relação ao centro e abaixo da média da cidade (73,99%). Os resultados são preocupantes nas periferias da área urbana, visto que são povoadas por um perfil de moradores de menor renda – com exceção dos habitantes próximos aos principais eixos viários no Laranjal. A oferta insuficiente de equipamentos de saúde e o acesso inadequado ao transporte público criam desigualdades espaciais, demandando melhores condições de acesso aos vulneráveis.

Seguindo a investigação, considerou-se o acesso aos estabelecimentos de ensino. As análises foram realizadas de acordo com os níveis de educação considerados (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio), apenas em escolas da rede pública, nas esferas administrativas municipais e estaduais. Foram identificadas 70 unidades de educação infantil, 81 de ensino fundamental e 19 de ensino médio. Algumas escolas mantinham a oferta de mais de um nível de ensino.

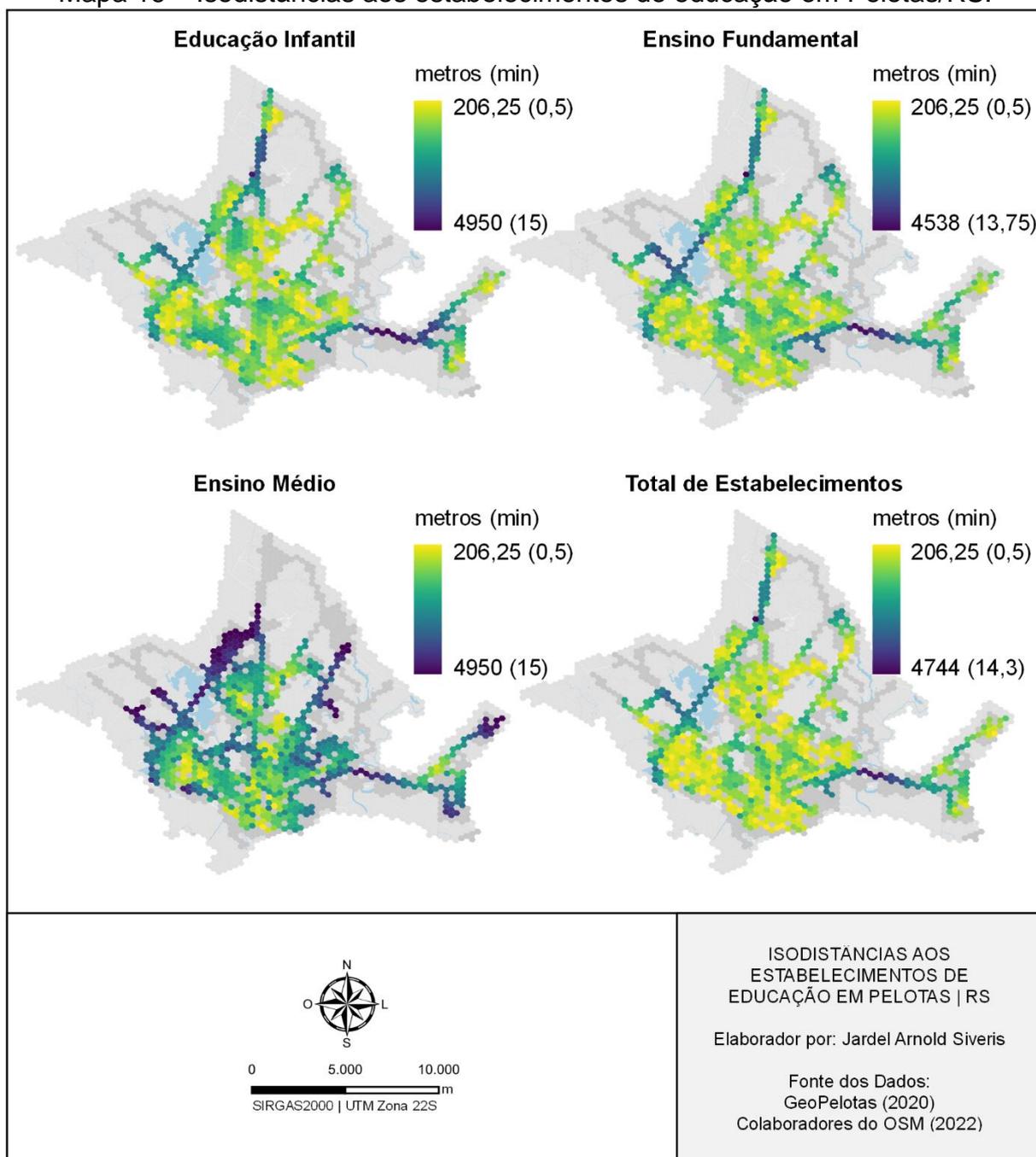
Mapa 15 – Estabelecimentos públicos de educação em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Percebe-se uma distribuição espacial com alta capilaridade no ensino primário (infantil e fundamental), com boa cobertura de escolas neste nível de atendimento. A distribuição do ensino fundamental se mostra um pouco melhor, principalmente em raios baixos (Tabela 16). Destas, 38 unidades atendem concomitantemente os dois níveis. Embora em menor número, a abertura de novas escolas de educação infantil nos últimos anos contribuiu para um cenário mais favorável no acesso ao serviço, principalmente pelas mães ou responsáveis diretos pelas crianças.

Mapa 16 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Tabela 16 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação pelo transporte público (porcentagem de população atendida).

ISODISTÂNCIA		INFANTIL (%)	FUNDAMENTAL (%)	MÉDIO (%)	TOTAL (%)
DISTÂNCIA (TEMPO)	1650 (5)	72,29	78,72	35,24	79,09
	3300 (10)	83,59	83,75	75,13	83,76
	4950 (15)	83,85	83,87	82,30	83,87

Fonte: Autor.

No entanto, quando analisadas as condições de acesso ao ensino médio (antigo 2º grau), a abrangência torna-se dificultosa em distâncias maiores, incompatíveis com a escala de bairro. Ao comparar as RAs, Três Vendas (80,25%) e Laranjal (62,59%) apresentam percentuais de atendimento menores do que para a cidade de maneira geral (82,30%), deixando de atender áreas como Vila Princesa, Sítio Floresta e Sanga Funda, na Zona Norte.

Tabela 17 – Isodistâncias aos estabelecimentos de educação em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).

NÍVEL GEOGRÁFICO		INFANTIL (%)	FUNDAMENTAL (%)	MÉDIO (%)	TOTAL (%)
RA	AREAL	85,82	85,82	85,37	85,82
	BARRAGEM	87,24	87,24	84,87	87,24
	CENTRO	85,84	85,84	85,84	85,84
	FRAGATA	84,01	84,01	84,01	84,01
	LARANJAL	62,21	62,59	62,59	62,59
	SÃO GONÇALO	89,12	89,12	89,12	89,12
	TRÊS VENDAS	85,84	85,84	80,25	85,84
CIDADE		83,85	83,87	82,30	83,87

Fonte: Autor.

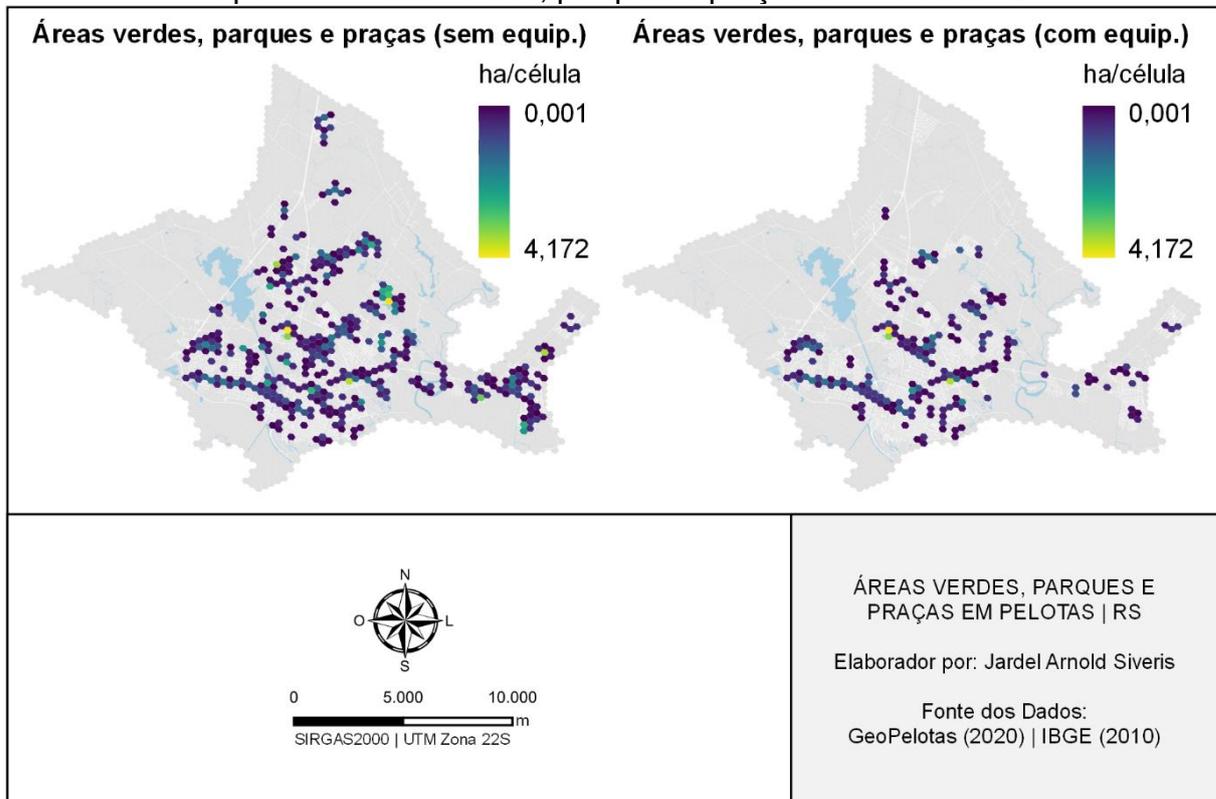
A RA Centro permanece como área com alta acessibilidade e número de estabelecimentos de educação, como visto nos mapas anteriores, refletindo-se pelo processo histórico de concentração de serviços essenciais e de transporte, que tem predominância em eixos radiais direcionados ao centro no caso de Pelotas.

A carência de cobertura pelo transporte público pode desestimular a continuidade nos estudos na última etapa do ciclo da educação básica dos alunos residentes em áreas com maiores tempos de viagem. Tendo em vista a indicação da

criação dos planos de mobilidade urbana em consonância com outras políticas setoriais, como a de educação neste caso, os resultados podem indicar os locais que demandam a criação de novos equipamentos ou a modificação de itinerários existentes para a completa abrangência dos moradores.

Por fim, analisou-se o acesso às áreas verdes, parques e praças, considerados como espaços de encontro e lazer para os moradores. Estes locais foram quantificados de acordo com a área (Mapa 17), em hectares, disponível em cada uma das células. Esta forma de representação se justifica devido à quantificação por contagem ser inviável pela forma livre como ocorre o acesso a esses espaços, em todo o perímetro (em geral), bem como pela existência de parques lineares que são muito fragmentados e que dificultam uma leitura mais apurada da realidade. A disponibilidade de áreas destinadas a esse uso é de 234,51 hectares. No entanto, apenas 97,03 hectares são convertidos em áreas com mobiliários, de acordo com os dados da prefeitura. A maior quantidade destes espaços está localizada próxima às avenidas principais e centralidades urbanas da cidade.

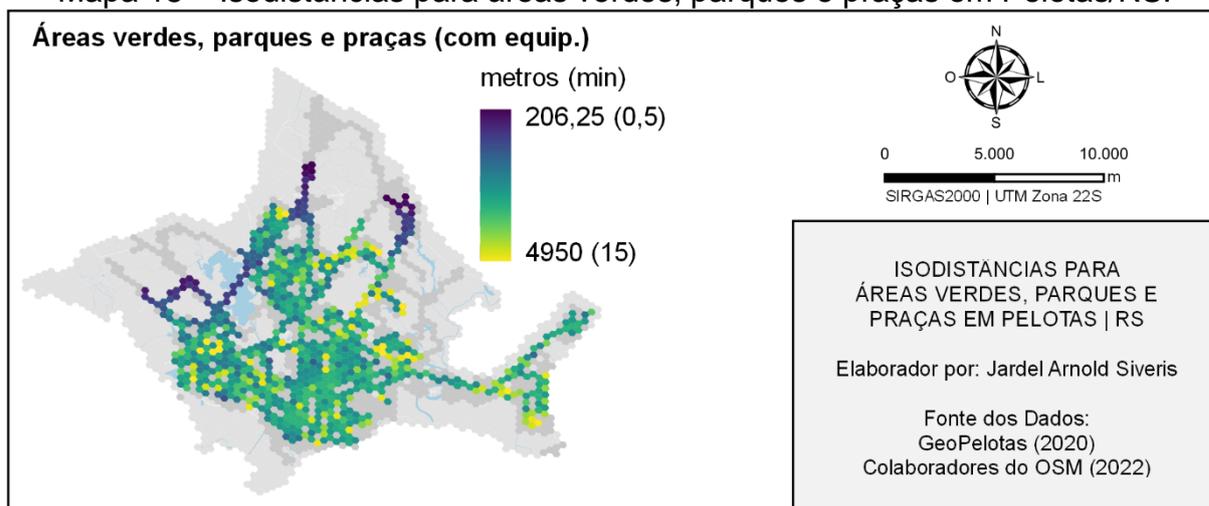
Mapa 17 – Áreas verdes, parques e praças em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Desta forma, as isodistâncias ainda foram calculadas para os espaços estruturados com mobiliários. Em distâncias menores de até 5 minutos (1650 m), a abrangência é baixa, principalmente na Barragem (0,70%), São Gonçalo (10,99%) e Areal (15,53%). No entanto, ao aumentar os tempos de deslocamento até 10 minutos ou 3300 metros, são as áreas próximas às bordas que possuem os menores percentuais: Barragem (65,33%), Laranjal (62,59%) e Três Vendas (78,44%). A RA Laranjal mantém a percentagem em até 15 minutos, muito em decorrência do desenho dos itinerários. Em outro extremo, embora a RA São Gonçalo apresente a menor abrangência em distâncias curtas, é a que apresenta as maiores possibilidades de movimento em níveis intermediário (89,12%) e alto (89,12%).

Mapa 18 – Isodistâncias para áreas verdes, parques e praças em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Tabela 18 – Isodistâncias às áreas verdes, parques e praças em até 15 minutos pelo transporte público por RA (porcentagem de população atendida).

NÍVEL GEOGRÁFICO		1650 M (5 MIN)	3300 M (10 MIN)	4950 M (15 MIN)
RA	AREAL	15,53	85,40	85,82
	BARRAGEM	0,70	65,33	87,24
	CENTRO	14,53	84,79	85,84
	FRAGATA	20,72	83,50	84,01
	LARANJAL	16,32	62,59	62,59
	SÃO GONÇALO	10,99	89,12	89,12
	TRÊS VENDAS	27,61	78,44	82,02
CIDADE		17,01	81,21	82,90

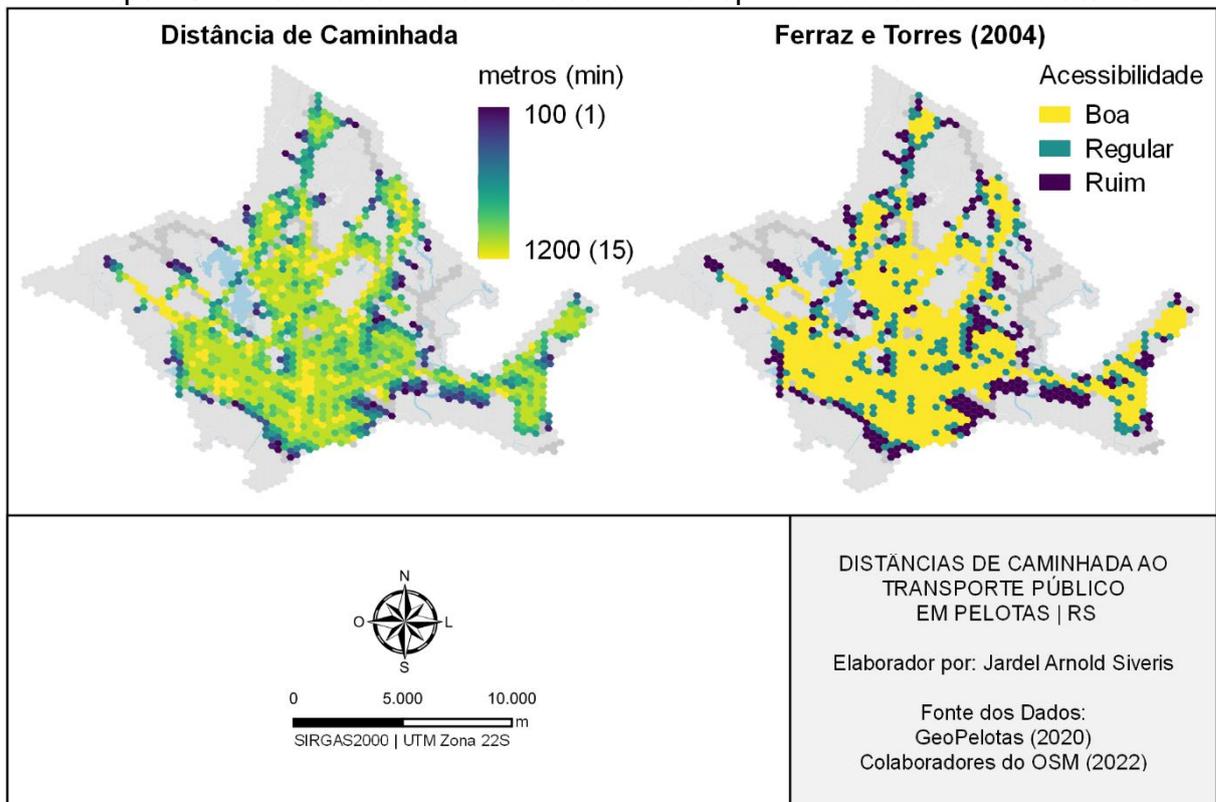
Fonte: Autor.

6.2.2 Microacessibilidade

Através dos dados sobre o sistema viário e a infraestrutura do transporte coletivo, foram verificadas as distâncias de caminhada que os usuários realizam até a parada de ônibus mais próxima. Neste caso, a análise ocorreu a partir da rede espacial de caminhos, compreendendo as possibilidades de movimento através do espaço urbano.

Analisando o Mapa 19, existe um predomínio de áreas com níveis de acessibilidade ruins nas bordas e regulares nos entremeios. Chama-se a atenção para a existência de níveis regulares em locais da área central da cidade que possuem a sua estrutura viária e o comércio bem desenvolvidos, demandando dos usuários do transporte público uma maior caminhada para acessar os serviços ou os destinos desejados.

Mapa 19 – Distâncias de caminhada ao Transporte Público em Pelotas/RS



Fonte: Autor.

Realizando o cruzamento entre as classes de acessibilidade do mapa anterior com o número de moradores em cada célula, 75,26% possuem boa cobertura do serviço, 20,46% estão no intervalo regular e 4,28% residem em locais com condições de acessibilidade ruins. Ou seja, uma em cada quatro pessoas necessita caminhar mais do que o recomendado para acessar o transporte público. Se considerar em termos de área urbanizada, 39,13% da área não tem cobertura classificada como de boa acessibilidade.

Áreas com serviço de transporte público inadequado ou sem cobertura podem ser consideradas como *transit deserts* e ampliam as desigualdades entre os grupos sociais, como destacado por Allen (2018). A Tabela 19 apresenta um recorte individualizado das distâncias de caminhada ao transporte coletivo por RA:

Tabela 19 – Distâncias de caminhada por RA.

NÍVEL GEOGRÁFICO		% POPULAÇÃO (BOA ACESSIBILIDADE)	MÉDIA	MEDIANA	DESVIO PADRÃO ⁵⁵
RA	AREAL	59,21	281,805	200	252,416
	BARRAGEM	75,37	260,531	150	283,206
	CENTRO	82,69	225,069	200	124,823
	FRAGATA	82,96	282,476	200	237,811
	LARANJAL	69,05	354,233	250	265,315
	SÃO GONÇALO	79,34	406,114	250	334,030
	TRÊS VENDAS	77,73	252,353	200	206,266
CIDADE		75,26	286,785	200	248,624

Fonte: Autor.

A Região Administrativa (RA) do São Gonçalo se destaca negativamente em relação à proximidade às paradas de ônibus, apresentando diversidade entre as variáveis consideradas na dimensão social, apesar de possuir a terceira melhor cobertura. Conforme os dados do Censo Demográfico de 2010, a RA São Gonçalo

⁵⁵ Foram consideradas as estatísticas relacionadas à média, mediana e o desvio padrão encontradas nas células de acordo com o método dasimétrico na cidade de pelotas, nas RAs consideradas e sob os eixos e cruzamentos por onde passam os itinerários. A média representa a comparação de cada célula em relação a todas as demais e a mediana indica a célula que separa as metades dos valores maiores ou menores no conjunto. Já a medida de desvio padrão indica as variações de valores em torno da média calculada e, quanto mais próximo de zero for o seu valor, menores são as variações entre o conjunto de células analisadas.

possui população de 28.608 habitantes, densidade de 13,10 hab/ha e 0,34 unidades imobiliárias por habitante. Comparando com os resultados apresentados no Mapa 12, a respeito da renda, percebe-se uma gradação nos valores médios de salários para RA, com os menores rendimentos a oeste, valores intermediários no centro e altos rendimentos a leste, na beira do Arroio Pelotas, que possui valor histórico e cenográfico. Além disso, não por coincidência, a região a oeste possui um dos itinerários com maior número de passageiros no sistema de transporte público, que compreende o itinerário Navegantes/CohabPel, com ligação ao centro da cidade.

A RA São Gonçalo situa-se em uma área de banhados, assim como corpos d'água que vão em direção ao canal que dá nome à macrorregião. Fatores relacionados à fisiografia do sítio influenciaram para que essa área não fosse edificada anteriormente, embora esteja a poucos quilômetros do centro histórico e do núcleo integrador. Entretanto, nos últimos anos, a macrorregião recebeu alguns empreendimentos de destaque, como o Shopping Pelotas, Parque Una (bairro planejado) e o condomínio fechado de alto padrão Lagos de São Gonçalo, que vêm preenchendo os vazios urbanos nesta área. Cabe salientar que os empreendimentos destacados não foram contabilizados durante o último Censo Demográfico, realidade que deve mudar em sua atualização em 2022.

No outro extremo, a RA Centro apresenta estatísticas favoráveis com valores que variam dentro do intervalo analisado (0 a 1200 metros), com média de 225,069, mediana de 200 e desvio padrão de 124,823. Os valores da borda sudoeste, que compreendem o Centro e o Fragata, têm influência da BR-392 entre o entroncamento ao Capão do Leão e limite com Rio Grande/RS, que não possuem atendimento de itinerários e apresentam uso predominante do setor industrial. No entanto, a RA Fragata apresenta níveis elevados de acessibilidade, visto que a cobertura de moradores é a maior entre as RAs e manteve suas estatísticas próxima à RA Três Vendas, que apresenta os valores com menores variações fora do Centro e tem o maior número de usuários do sistema na cidade, de acordo a bilhetagem.

Apesar de possuir um dos mais elevados contingentes de moradores da cidade, a RA Areal apresentou a menor cobertura em níveis satisfatórios de acessibilidade. No entanto, tem média de 281,805, mediana de 200 e desvio padrão de 252,416. A melhor distribuição das linhas e das paradas de ônibus minimizaria esse quadro, principalmente no Dunas e nos bairros próximos que possuem níveis regulares e insatisfatórios.

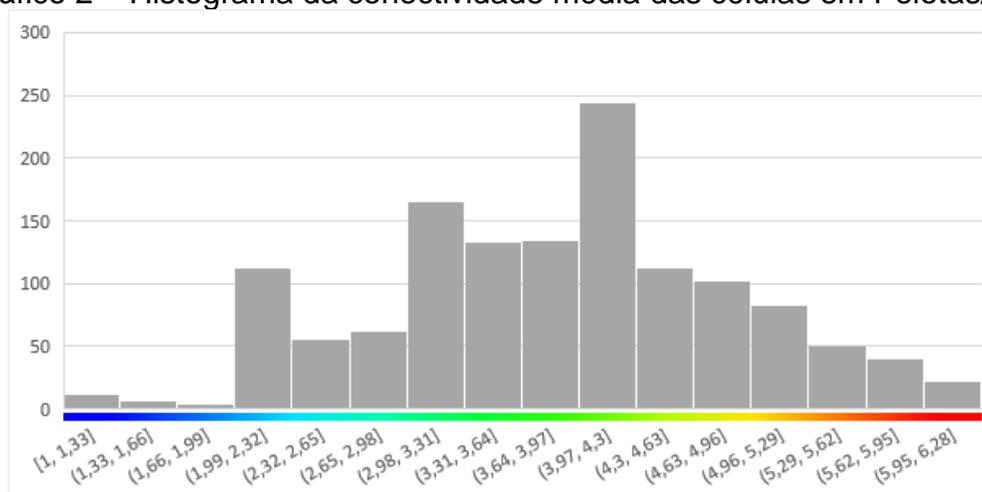
Pela configuração atual dos itinerários na cidade, 73,89% dos moradores ou usuários potenciais residem próximos à uma linha do transporte público. De acordo com Aditjandra *et al.* (2012) e Tapli e Sun (2020), a proximidade às infraestruturas de transporte público incentivam o seu uso. Nesse sentido, a criação de empreendimentos em áreas de expansão urbana sem o acompanhamento da cobertura do serviço do transporte coletivo impacta a sua eficiência, visto que existe uma probabilidade menor de usar o sistema nestes locais. Além disso, a configuração radial das linhas em direção ao centro e a existência de poucas possibilidades de articulação entre os bairros limita os moradores a acessarem os serviços dentro de seus próprios territórios ou os direcionem a realizar o transbordo na área central.

6.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE MOVIMENTO

Considerando a etapa de análise do potencial de movimento na atração dos usuários, buscou-se realizar uma leitura do espaço urbano a partir de sua configuração espacial e pela identificação das áreas mais acessíveis e/ou segregadas do sistema, de acordo com a distribuição da acessibilidade configuracional dada pela malha urbana. Inicialmente, realizou-se uma análise a partir das características da configuração espacial da infraestrutura de transportes no que diz respeito à conectividade e compacidade na área do perímetro urbano.

A conectividade média verificada na malha apresentou valor médio de 3,81 no conjunto de células e 4,30 conexões quando analisado o mapa de segmentos do sistema inteiro, indicando um valor alto se comparado a outras cidades do Brasil. De acordo com Medeiros (2006) esta é uma característica de malhas urbanas com predominância do formato regulado ou ortogonal, como é o caso de Pelotas. Para Geremia (2018), altos valores médios de conectividade indicam sistemas urbanos resilientes.

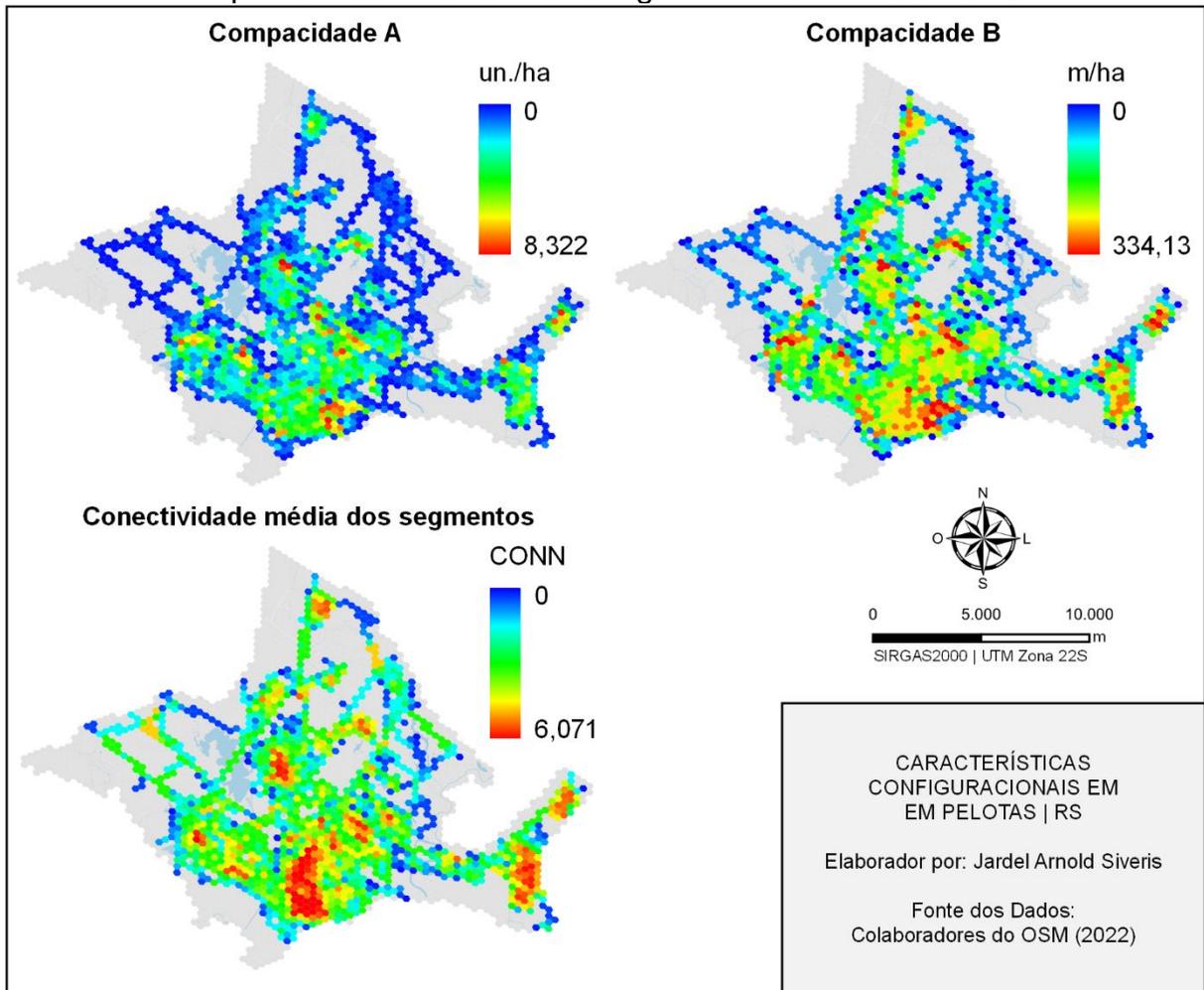
Gráfico 2 – Histograma da conectividade média das células em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Como pode ser observado pelo histograma de frequências, os maiores valores de conectividade ocorrem no intervalo de 2,98 a 4,96, o que indica uma maior quantidade de cruzamentos e possibilidades de mudanças de direções pelo sistema, visto que a conectividade é uma medida local e reflete a quantidade de espaços conectados de forma direta em cada segmento. Valores médios de conectividade em patamares elevados indicam a tendência de regularidade da malha e a existência de caminhos alternativos. No entanto, percebe-se uma variação significativa entre os valores. Muitos segmentos se destacam com valores elevados, enquanto uma parcela considerável não se conecta a tantos outros. As menores frequências ocorrem nos valores maiores que 5,29 e em valores menores que 2. Para este último intervalo, significa que existem poucos segmentos como pontas de sistema na cidade.

Mapa 20 – Características configuracionais em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

A partir do mapa anterior, observa-se que a conectividade média é menor em áreas próximas à borda do perímetro urbano, caracterizada pela transição rural-urbana, por segmentos não-distribuídos e com comprimentos grandes. Estes tipos de segmentos possuem a maior proporção nas RAs Barragem, Areal e Três Vendas, respectivamente. Por outro lado, a predominância de valores elevados da medida de conectividade ocorre no Centro (4,58), que apresenta formato reticulado e relevo plano. Além desta RA, ocorrem valores maiores que a média (3,81) em locais com padrões geométricos e quadras fechadas, em áreas com loteamentos instalados até o fim do século passado, como no Laranjal (4,03) e no Fragata (3,86).

Portanto, verificam-se três padrões de conectividade na malha urbana: i) bem conectado, em seu xadrez central e em núcleos consolidados nas RAs, com boa distribuição de acessos e maior presença de anelaridade; ii) transicional, em áreas próximas às bordas e aos vazios urbanos, apresentando variações entre

características de sistema distribuído e não-distribuído, e; iii) pouco conectado, em áreas de borda que se dirigem à área rural do município, com característica não-distribuída e poucas rotas alternativas.

Tabela 20 – Compacidade e Conectividade por RA (em valores médios).

NÍVEL GEOGRÁFICO		CONECTIVIDADE	COMPACIDADE A	COMPACIDADE B
RA	AREAL	3,65382	1,45370	100,96653
	BARRAGEM	3,29941	0,64028	58,53800
	CENTRO	4,58565	2,18958	142,11020
	FRAGATA	3,86217	1,82776	121,70960
	LARANJAL	4,03465	1,52466	101,40609
	SÃO GONÇALO	3,53028	1,82109	107,57341
	TRÊS VENDAS	3,72081	1,26863	92,94836
CIDADE		3,81220	1,44474	101,20544

Fonte: Autor.

A compacidade do sistema, por sua vez, indica o grau de densidade da malha urbana em situações de maior ou menor adensamento. Busca distribuir a mancha urbana em termos de dispersão ou compactação. Foram calculadas duas compacidades, designadas por A e B, conforme Medeiros (2006). A compacidade A se refere à densidade de acordo com a quantidade de segmentos por unidade de área, enquanto a compacidade B indica a densidade de acordo com o comprimento dos segmentos nesta mesma área. Desse modo, são verificadas quão compactas ou fragmentadas são as RAs e a cidade, de acordo com cada nível geográfico.

A quantidade de eixos é maior em locais com a presença de COBAHs e loteamentos tradicionais, com acentuada densidade populacional (Mapa 12). São os casos do Guabiroba (Fragata), Lindóia, Getúlio Vargas (Três Vendas), Dunas (Areal), Navegantes (São Gonçalo) e Balneário dos Prazeres (Laranjal), comunidades com desenvolvimento consolidado no município.

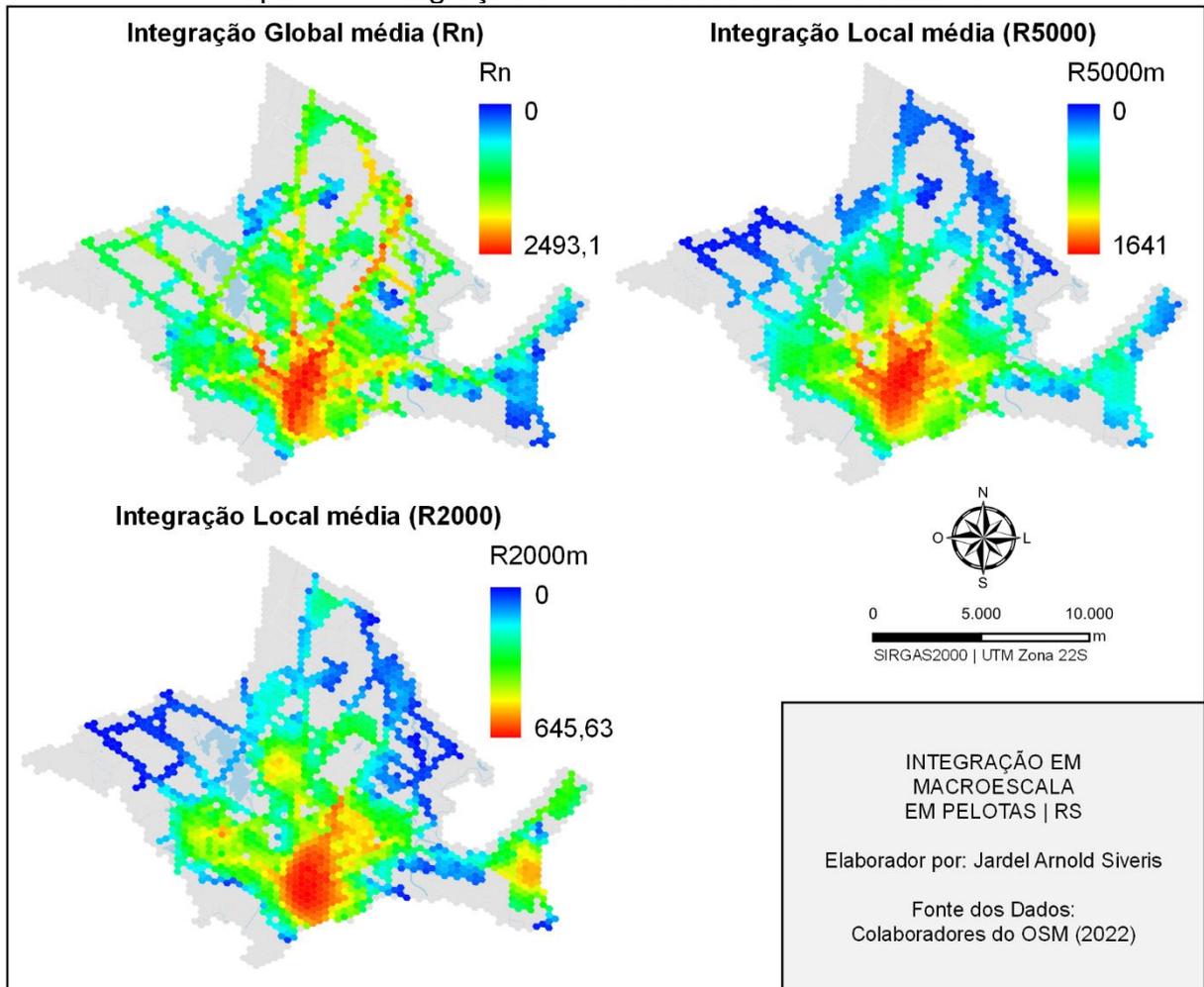
Cidades mais compactas concentram uma maior quantidade de moradores, oportunidades urbanas e empregos, reduzindo a necessidade de longas viagens. Assim, apresentam maior densidade de conexões e aumento no grau de concentração espacial, que vão em direção à sustentabilidade e aos princípios do DOTS, por exemplo.

Quando analisado o comprimento de segmentos por hectare (Compacidade B), observa-se a consolidação de núcleos compactos nas RAs e a existência de áreas menos densas nos entremeios com ocupação extensiva do solo urbano. No último caso, estas áreas são influenciadas por fatores morfológicos, devido às características fisiográficas do sítio, e/ou do próprio planejamento urbano, ao não intervir com medidas mitigatórias da ocupação descontínua. Além disso, vê-se a proeminência das interseções entre eixos viários de hierarquia superiores e as rodovias do contorno de Pelotas. As RAs que apresentam maior continuidade espacial são Centro, São Gonçalo e Areal, as quais compartilham caminhos alternativos e facilitam os deslocamentos entre ambas.

6.3.1 Macroacessibilidade

Considerando as medidas de integração global e local em cada uma das macrorregiões, é possível visualizar os locais potencialmente mais acessíveis ou centrais com base nos espaços do sistema, como verificado durante a seção 4.1 pela exposição da Teoria da Lógica Social do Espaço ou Sintaxe Espacial e pelos estudos que a corroboraram como modelo de análise espacial. De um modo geral, ao analisar as medidas na escala da macroacessibilidade (Mapa 21), esses valores recaem sobre os principais eixos estruturadores da cidade que tiveram influência no processo de expansão urbana da cidade, bem como aquelas vias de ligação entre estes eixos. Caracterizam-se como centralidades do sistema, as quais podem ser acessadas facilmente pelas demais vias da malha viária.

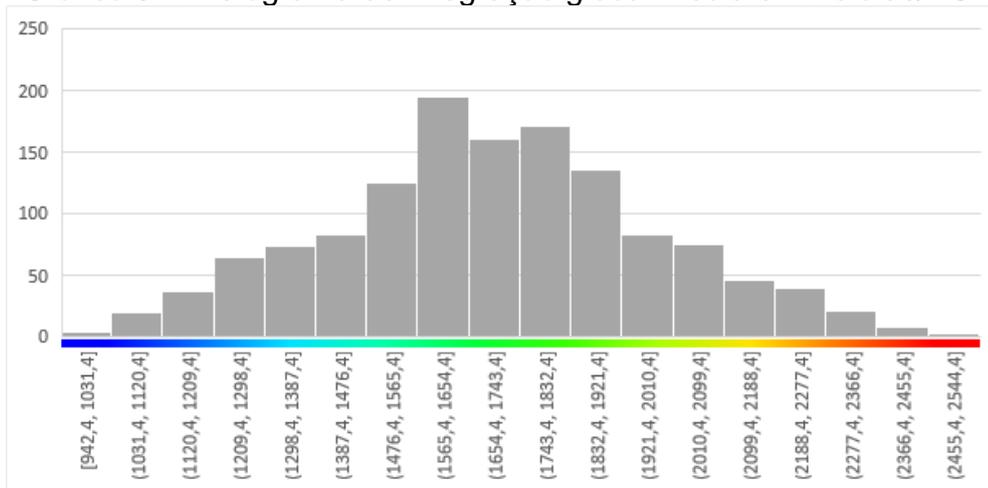
Mapa 21 – Integração em macroescala em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

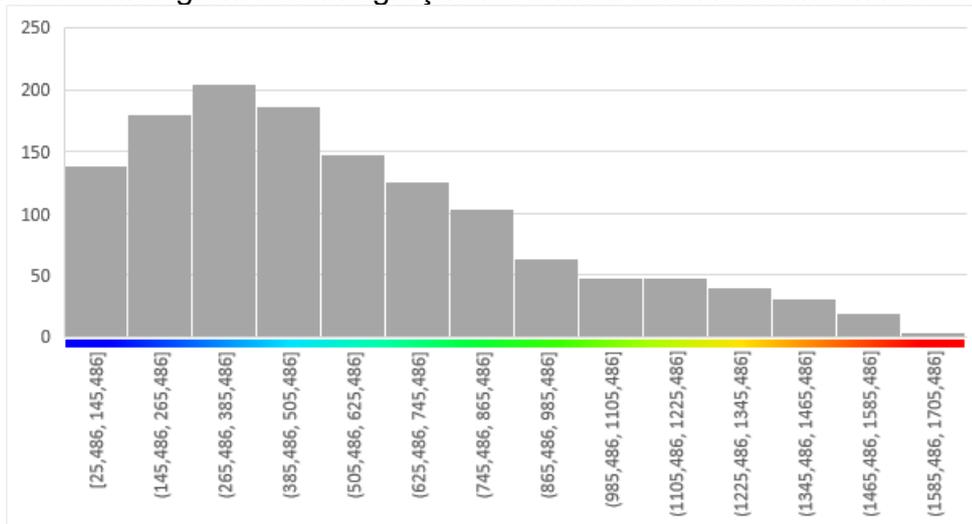
Os valores de integração global média nas células variaram de 942,37 a 2493,1, conforme pode ser visto no mapa. Para o raio local de 5000m, o menor valor é de 25,486 e, em 2000m, é de 7,209. Conforme os raios locais diminuem, percebe-se a formação de algumas centralidades nas microrregiões Valverde, Santo Antônio (Laranjal), COHAB Fragata, Gotuzzo (Fragata), Santa Terezinha e Lindóia (Três Vendas). Estas localidades se caracterizam por possuírem quadras reguladas com menores dimensões, as quais estimulam o potencial de movimento em raios locais, configurando-se como subcentros urbanos.

Gráfico 3 – Histograma de integração global média em Pelotas/RS.



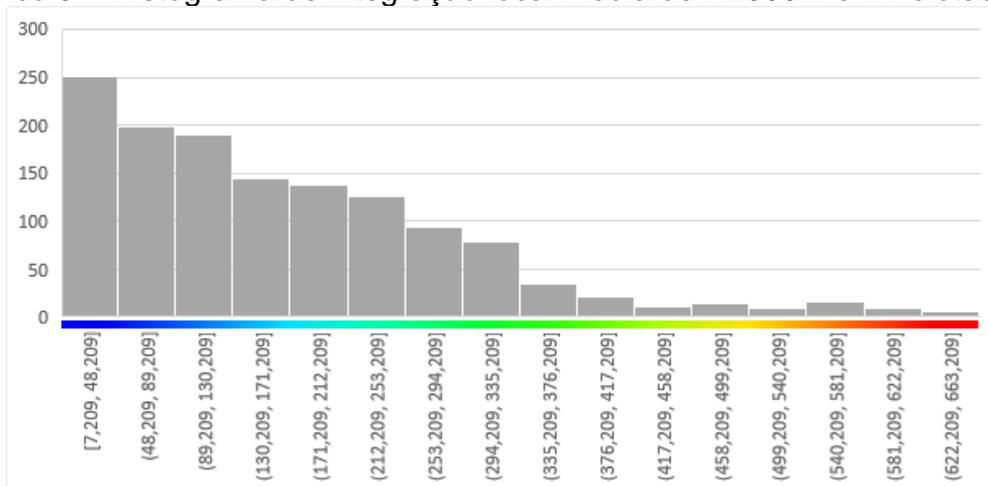
Fonte: Autor.

Gráfico 4 – Histograma de integração local média de R5000m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Gráfico 5 – Histograma de integração local média de R2000m em Pelotas/RS.



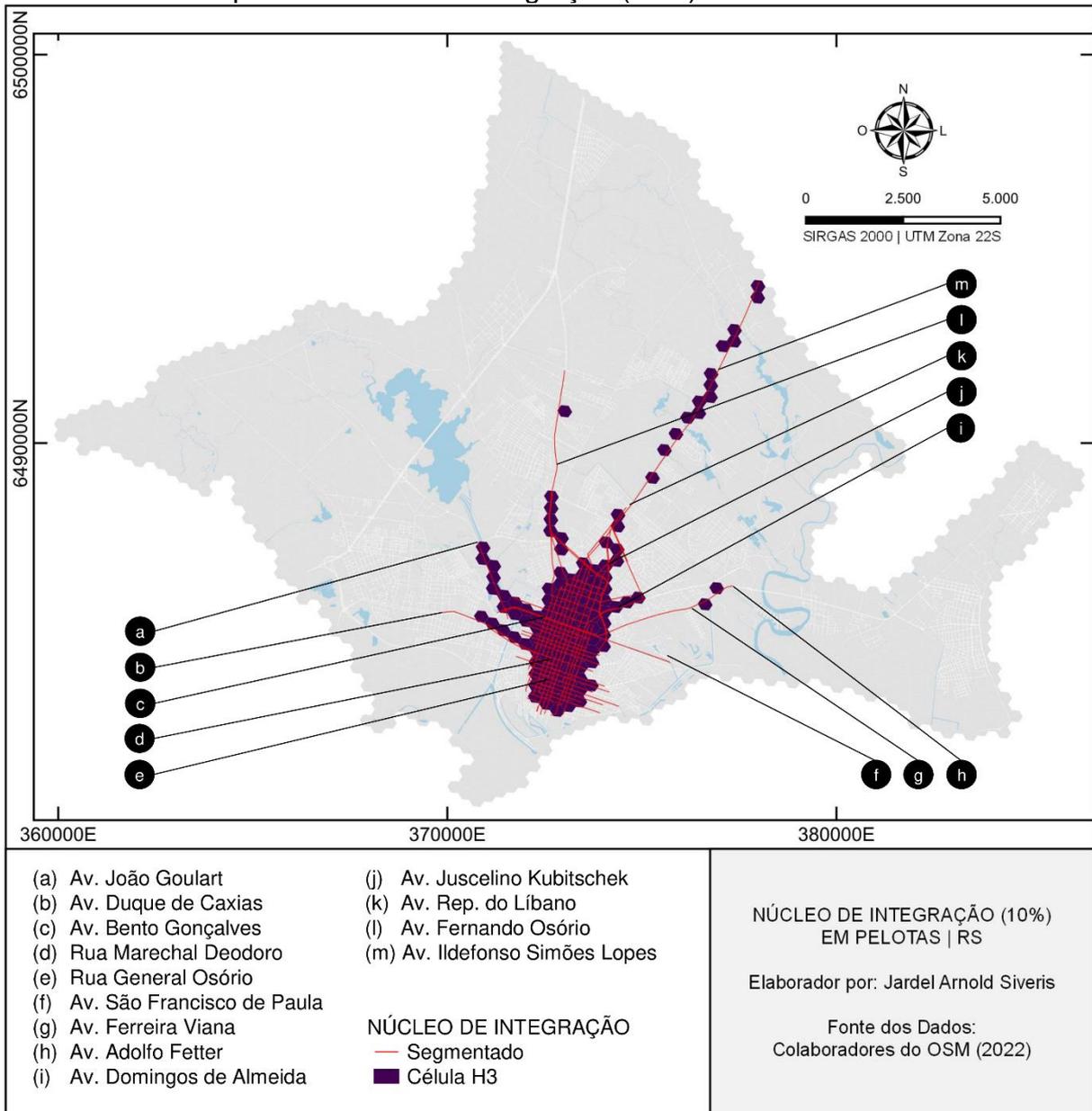
Fonte: Autor.

Observando a integração global, a principal via de acesso para a RA Três Vendas é a Av. Fernando Osório, a qual estruturou o desenvolvimento da Zona Norte da cidade. Poucas são as opções alternativas de chegada à macrorregião e, de acordo com o PlanMob (2019), prevê-se a implantação de um corredor exclusivo para ônibus nesta avenida. No Laranjal, a única possibilidade de acesso é pela Av. Adolfo Fetter e, no caso do Fragata, as principais conexões ocorrem pela Av. Duque de Caxias e Av. Bento Gonçalves, com poucas opções secundárias. A RA da Barragem é a mais segregada do sistema, mesmo em raios menores, com a principal via de acesso ao núcleo de integração (NI) pela Av. Presidente João Goulart e BR-116. Representa uma área de transição rural-urbana com predominância de atividades industriais, visto que a proximidade com as rodovias facilita a logística da cadeia produtiva. Por outro lado, as RAs do Areal e do São Gonçalo são muito influenciadas pela área central da cidade. Devido à proximidade e maior número de conexões diretas com a RA Centro, apresentam valores elevados mesmo nos raios de 2000 a 5000 metros.

O maior valor de integração global no sistema ocorre na Av. Bento Gonçalves, importante via que realiza a integração no sentido Leste-Oeste da cidade e corta o centro do núcleo integrador, que pode ser visualizado no Mapa 22. Além desta, as vias diretamente ligadas a ela, em sentido perpendicular, possuem valores elevados de integração e irradiam na direção norte-sul da RA Centro. Como exemplo, tem-se a Rua General Osório e a Rua Marechal Deodoro, que apresentam a maior presença de linhas de itinerários e corredores exclusivos para ônibus.

Tendo em conta a configuração radiocêntrica da malha viária a partir dos eixos estruturadores que levam ao centro, as áreas centrais encontram-se mais favoráveis à mobilidade e acessibilidade configuracional, enquanto as áreas localizadas na periferia possuem maiores restrições de movimento à cidade como um todo. O NI identificado atinge valores elevados em praticamente toda a extensão da RA Centro e coincide com o Centro Histórico de Pelotas, bem como ao primeiro loteamento da cidade em 1815, que compreendem a centralidade funcional do município. Esta centralidade não se alterou com o passar dos anos, apenas expandiu a sua abrangência em relação ao seu entorno. No entanto, o processo de fragmentação, associado à ausência de políticas de planejamento urbano de integração, que se desenvolveu a partir da segunda metade do século XX, configurou a forma urbana para um padrão de colcha de retalhos, característica das cidades latino-americanas, a exemplo do abordado por Medeiros (2006) e Borsdorf (2003), respectivamente.

Mapa 22 – Núcleo de Integração (10%) em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

De acordo com autores como Penn *et al.* (1998), Alves (2011) e Campos (2013), a acessibilidade é favorável ao desenvolvimento de comércios e serviços em geral, bem como na presença de equipamentos urbanos ou na maior quantidade de empregos, os quais buscam se beneficiar da atração de pessoas em locais centrais da malha urbana. No entanto, percebe-se que muitas vias potencialmente acessíveis apresentam vazios urbanos, não se beneficiando do potencial de movimento fornecido pela configuração da rede urbana. É o caso da Av. São Francisco de Paula, que recentemente tem recebido vários empreendimentos comerciais importantes e está próxima à área central, por exemplo. Embora vizinha à Av. Bento Gonçalves, que

apresenta os maiores valores de integração, ainda não existe conexão entre estas avenidas por conta de um canal de escoamento de águas pluviais.

A presença de corpos d'água ou áreas de banhado próximos ao entorno da área central cria barreiras físicas ao movimento, reduzindo as possibilidades de transposição entre as várias origens e destinos. Exemplificam esta situação as RAs Fragata, Laranjal e Três Vendas, mencionadas anteriormente, que possuem apenas as vias estruturantes como as mais integradas na macroescala e poucas vias alternativas para adentrar estas macrorregiões, reduzindo a permeabilidade.

Tabela 21 – Integração em macroescala por RAs (em valores médios).

NÍVEL GEOGRÁFICO		INTEGRAÇÃO GLOBAL	INTEGRAÇÃO R5000	INTEGRAÇÃO R2000
RA	AREAL	1777,17051	613,16476	169,55169
	BARRAGEM	1612,98575	319,14829	72,76528
	CENTRO	2095,57926	1190,68957	361,37624
	FRAGATA	1676,63493	661,20674	193,82332
	LARANJAL	1346,00444	337,13861	158,13258
	SÃO GONÇALO	1769,55552	759,83779	199,60592
	TRÊS VENDAS	1728,06478	459,57394	126,40878
CIDADE		1698,10268	554,95160	166,04696

Fonte: Autor.

A RA Laranjal é a mais desfavorável no sistema inteiro (integração global). Apresenta elevada distância em relação ao centro da cidade, possuidor de comércios e serviços em geral. No entanto, a redução dos raios de integração até 2000 metros demonstra que sua importância na rede aumenta. A forma regular da configuração espacial contribui nestes valores, visto que tem boa conectividade e compacidade.

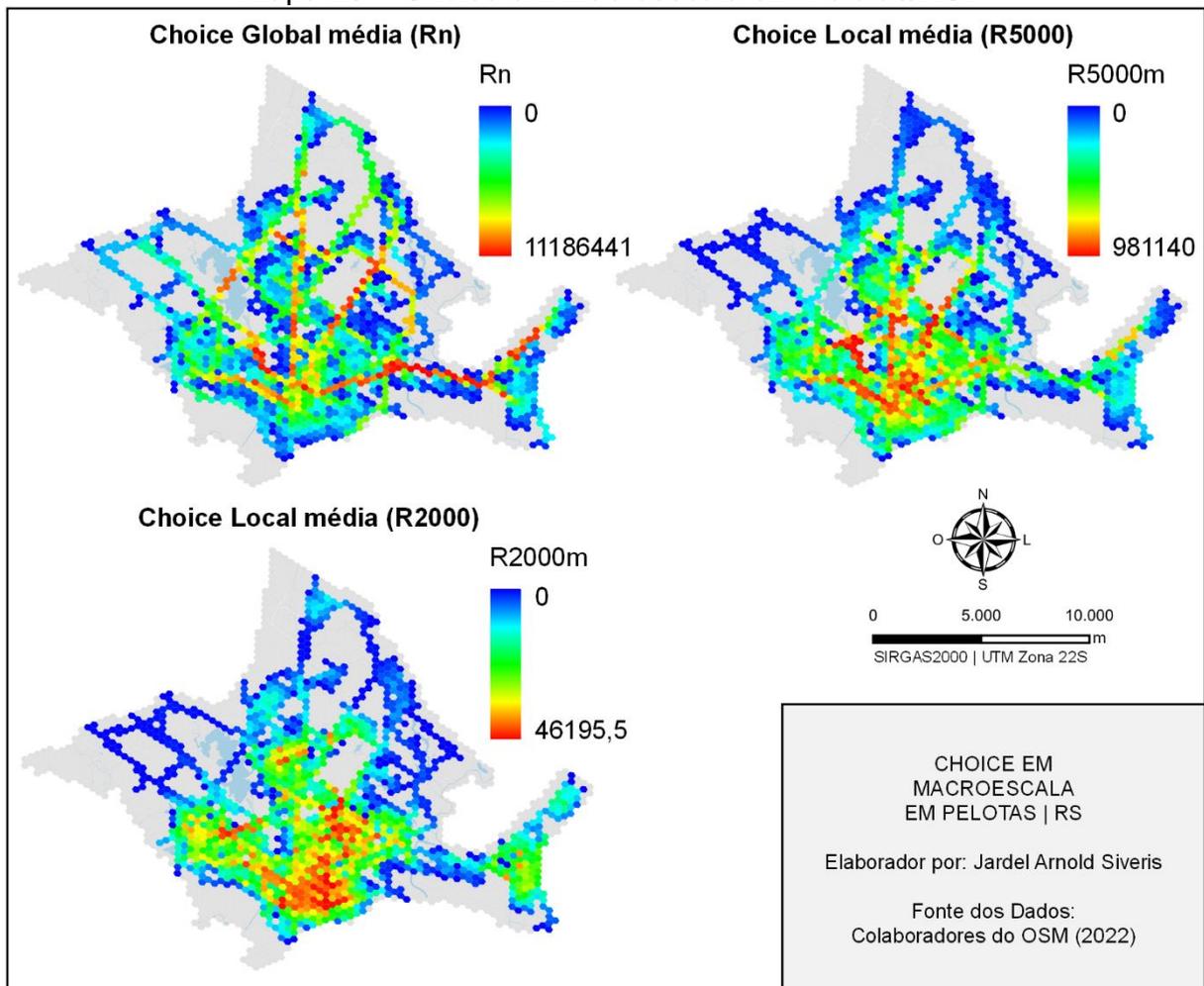
Por outro lado, a Barragem apresenta os menores valores de integração em raios baixos, estando muito abaixo da média urbana conforme os raios decrescem. Tal cenário se desenha através da ocorrência de menores valores de conectividade nas vias, sistema não-distribuído, baixa anelaridade e a existência de segmentos com comprimentos maiores. Esta tendência também é verificada, em menor grau, pelas RAs Areal e Três Vendas, as quais reduzem os valores médios de integração em raios menores em virtude das áreas de transição e da baixa conectividade em direção à área rural próxima as suas bordas.

São Gonçalo e Fragata mantêm a sua influência acima da média nas três análises de integração na macroacessibilidade. Caracterizam-se por possuírem áreas com desenhos urbanos de geometria próxima à regular, boa conectividade e sistema distribuído, além da presença de segmentos próximos ao Centro.

Passando para a medida de *choice*, esta indica as vias mais prováveis de utilização do sistema urbano. No caso do transporte público por ônibus, as vias com os maiores valores podem indicar a probabilidade de existir a maior presença de usuários. Pezeshknejad, Monajem e Mozafari (2020) verificaram essa tendência no estudo de avaliação do BRT em Teerã ao usar esta medida.

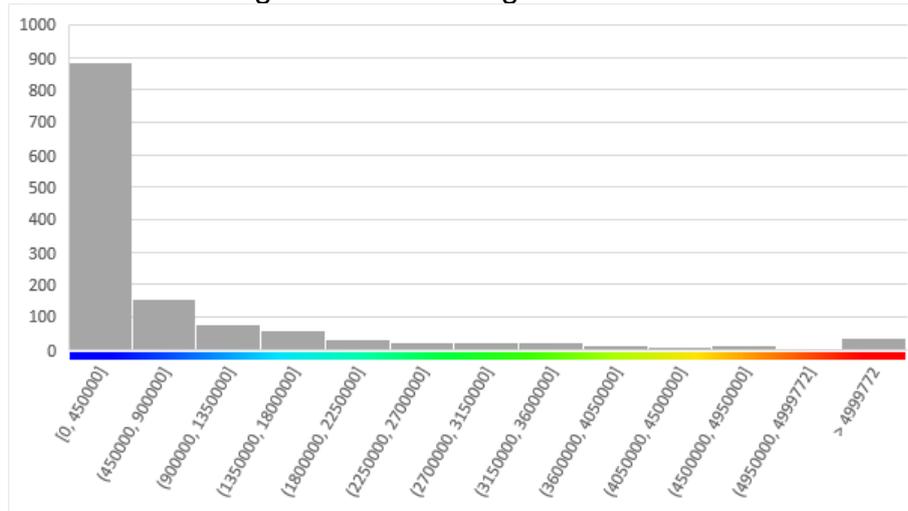
No sistema com raio global, os valores de *choice* variaram de 0 a 11186441. Foram realçadas as vias estruturantes da cidade nas 7 RAs analisadas, como as avenidas em direção ao Laranjal e o contorno rodoviário de Pelotas, que são importantes eixos de ligação entre as RAs.

Mapa 23 – *Choice* em macroescala em Pelotas/RS.



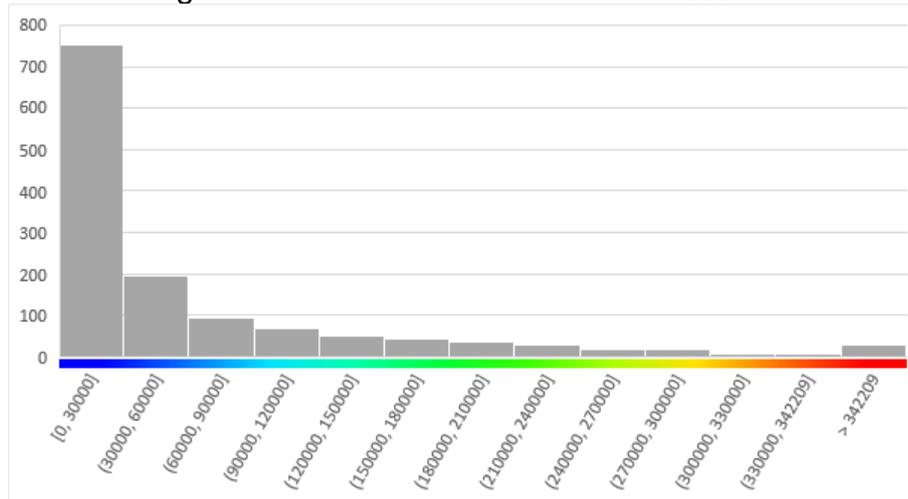
Fonte: Autor.

Gráfico 6 – Histograma de *choice* global média em Pelotas/RS.



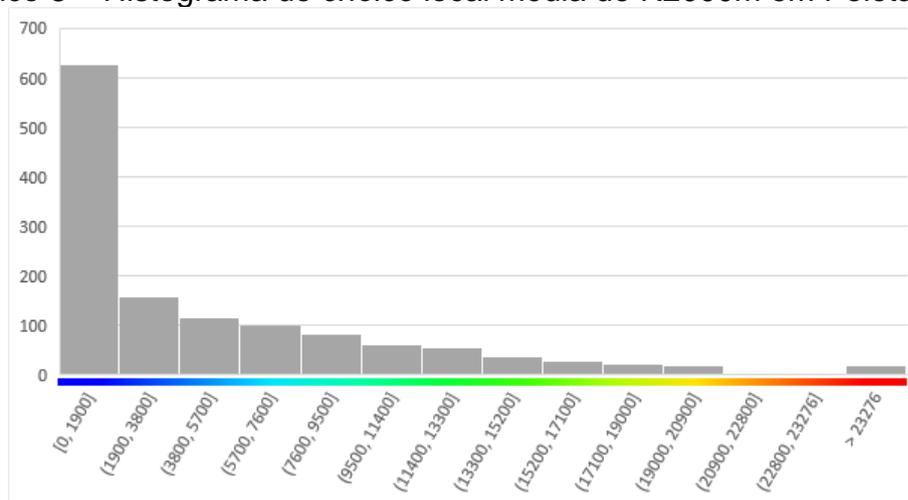
Fonte: Autor.

Gráfico 7 – Histograma de *choice* local média de R5000m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Gráfico 8 – Histograma de *choice* local média de R2000m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Visualmente, o comportamento da *choice* global se assemelha aos espaços mais integrados do sistema, o que pode indicar uma sobreposição na hierarquia destes espaços. A distribuição dos maiores valores se concentra nas vias de articulação entre RAs. No entanto, existem algumas situações delicadas, como a Av. Ferreira Viana em direção ao Laranjal, que está inserida no caminho único de chegada ou saída da RA e apresenta os maiores valores de *choice* do sistema. Portanto, qualquer obstrução no trecho provocaria o bloqueio de acesso a uma parte da cidade.

A correspondência das linhas dos itinerários é indicada para ocorrer nas vias do sistema com valores acentuados de integração e *choice*. Desta maneira, ocorreria a potencialização do seu uso como modo de transporte por parte dos usuários. Além disso, estas medidas servem como referência para a disposição de paradas de ônibus em distâncias próximas aos moradores.

No entanto, observa-se que algumas vias destacadas anteriormente como aquelas que carecem de cobertura estão entre os maiores valores integração global, assim como altos valores de *choice*. Estas vias poderiam se beneficiar dos potenciais de movimento como destino ou passagem, constituindo-se atualmente como vazios urbanos ou áreas de ocupação recente de médio a alto padrão, a exemplo do Parque Una (São Gonçalo), Bairro Quartier e Bairro Germani (Três Vendas).

Tabela 22 – *Choice* em macroescala por RA (em valores médios).

NÍVEL GEOGRÁFICO		CHOICE GLOBAL	CHOICE R5000	CHOICE R2000
RA	AREAL	1059439,26696	74880,65223	5958,07162
	BARRAGEM	466521,19357	36038,03363	1689,58181
	CENTRO	1237031,88187	166450,50198	11515,80859
	FRAGATA	711040,38777	88127,99303	7176,65013
	LARANJAL	1125463,01526	27658,76089	2993,56048
	SÃO GONÇALO	1121488,04735	74658,33969	7647,39378
	TRÊS VENDAS	778013,44984	60966,95964	3474,49909
CIDADE		759368,36889	61091,42474	4905,68550

Fonte: Autor.

As RAs Barragem, Fragata e Três Vendas apresentam os menores valores de *choice* global. As altas distâncias a partir das bordas e baixa permeabilidade, com a circulação da periferia para o centro ocorrendo apenas pelos eixos estruturantes,

concentram esta medida sintática em poucas vias. No entanto, Fragata tem valores médios elevados em relação à cidade para raios menores, em que os maiores valores coincidem com as principais avenidas, as quais realizam a articulação com outras macrorregiões ou possibilitam o deslocamento dentro da própria RA.

Embora Três Vendas tenha um melhor desempenho na análise em R5000m, a forma urbana dispersa de seus núcleos habitacionais e a predominância de circulação pelo sistema em poucos eixos, concentra o deslocamento em seu interior pelas principais avenidas. Deste modo, apresenta menor distribuição em vias secundárias ou terciárias do sistema viário, que diminui consideravelmente a média para R2000m.

A RA Laranjal tem *choice* elevada em raio global e redução acentuada em R5000m e R2000m. Como destacado anteriormente, a Av. Adolfo Fetter é a única ligação com as outras áreas da cidade e se irradia às vias principais da macrorregião. Portanto, favorece o aumento da média quando analisado o sistema inteiro e vai diminuindo a sua importância em raios menores, em virtude da limitação da abrangência dos raios e redução da quantidade de segmentos nos cálculos.

Além do Centro, que novamente apresenta o melhor retrospecto, as RAs Areal e São Gonçalo apresentam valores de destaque em relação à cidade e em raios locais. Favorecem a este quadro, a maior permeabilidade e a possibilidade de percorrer rotas alternativas. Com isso, os valores de *choice* são distribuídos por mais vias do sistema e indicam as rotas prováveis de utilização como movimento de passagem ou atravessamento, não sobrecarregando o tráfego em vias específicas.

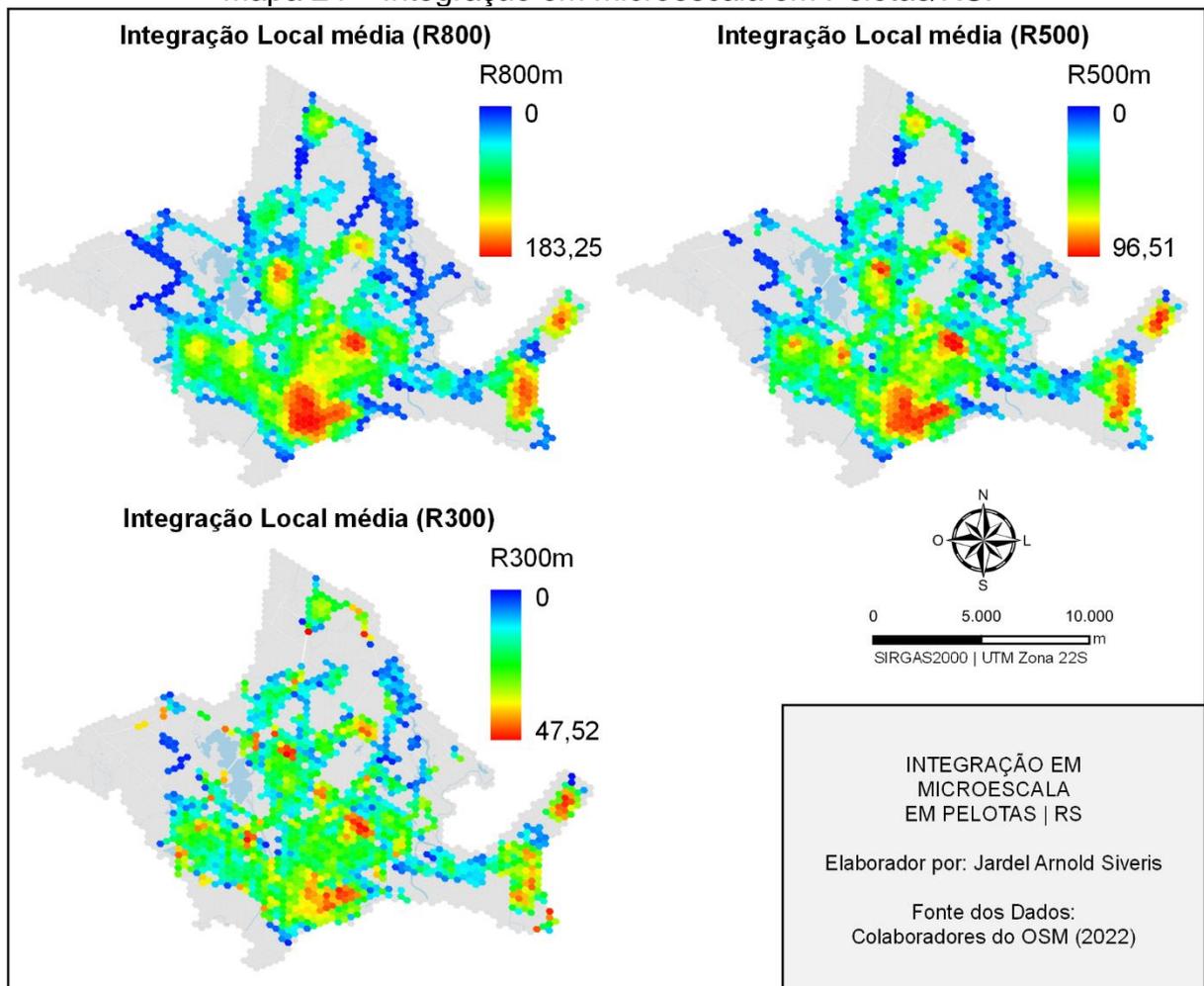
Levando em consideração os itinerários e os eixos viários que os cruzam, estes representam 57,17% das células. Os valores de integração variam de 1086,23 a 2493,11, com média de 1779,53 no conjunto. Para o *choice*, os valores variam de 0 a 11186440,5, com média de 1134665,42. Conforme será visto na próxima seção, existe uma melhor correspondência da medida de integração e *choice* com o número de linhas de ônibus que circulam em cada célula, demonstrando uma compatibilização com a escala da macroacessibilidade. Percebe-se a preferência dos itinerários às vias com maiores valores de *choice*, concentrando-os nos principais eixos de acesso às RAs, como Av. Fernando Osório (Três Vendas), Av. Duque de Caxias, Av. João Goulart (Fragata), Av. Adolfo Fetter (Laranjal), Av. Eng. Ildelfonso Simões Lopes Neto e Av. Domingos de Almeida (Areal). Portanto, seguem os padrões de atendimento nos bairros pelas vias radiais, conforme as empresas componentes do CTCP vinham realizando o serviço desde a implantação original de seus itinerários.

6.3.2 Microacessibilidade

Na escala de análise da microacessibilidade, os raios adotados correspondem às distâncias que os usuários normalmente percorrem a pé em seus bairros. Como descrito anteriormente, os raios de 300 e 500 metros referem-se ao parâmetro de acessibilidade a respeito da avaliação da qualidade do transporte público por ônibus, conforme Ferraz e Torres (2004). No caso da utilização do raio de 800 metros, esta distância compreende a representação dos movimentos dentro das microrregiões e sua vizinhança próxima, aproximando-se a um tempo de caminhada de 10 minutos.

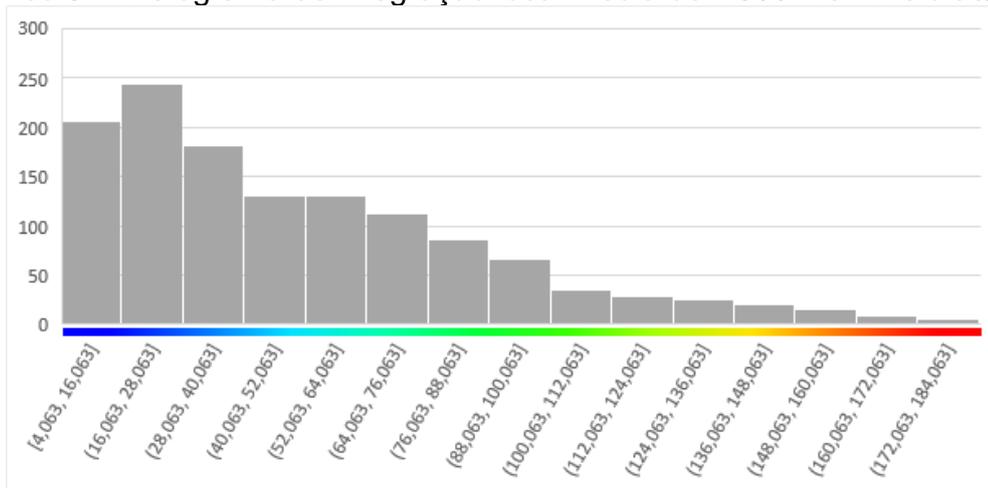
Deste modo, os raios de integração identificam as centralidades locais, em que os núcleos de integração local representam os espaços que permitem maior facilidade de acesso às demais vias nestes raios.

Mapa 24 – Integração em microescala em Pelotas/RS.



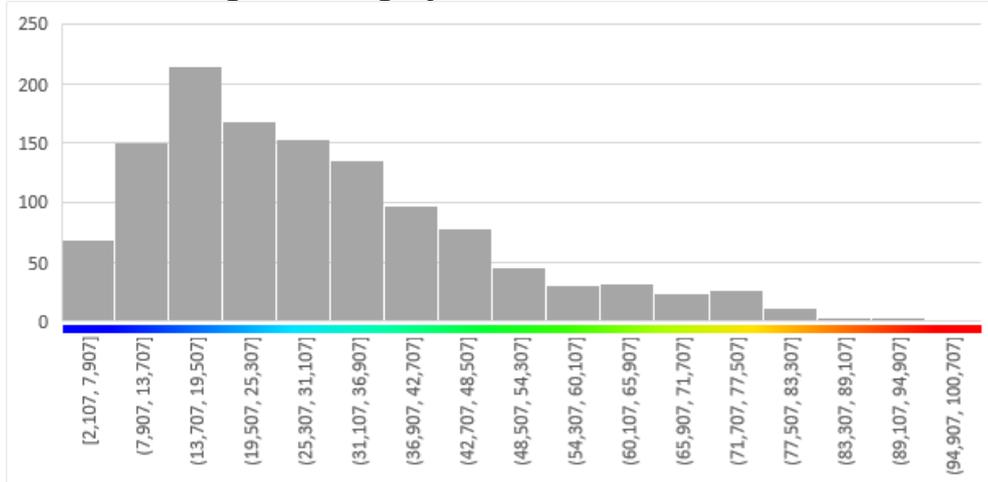
Fonte: Autor.

Gráfico 9 – Histograma de integração local média de R800m em Pelotas/RS.



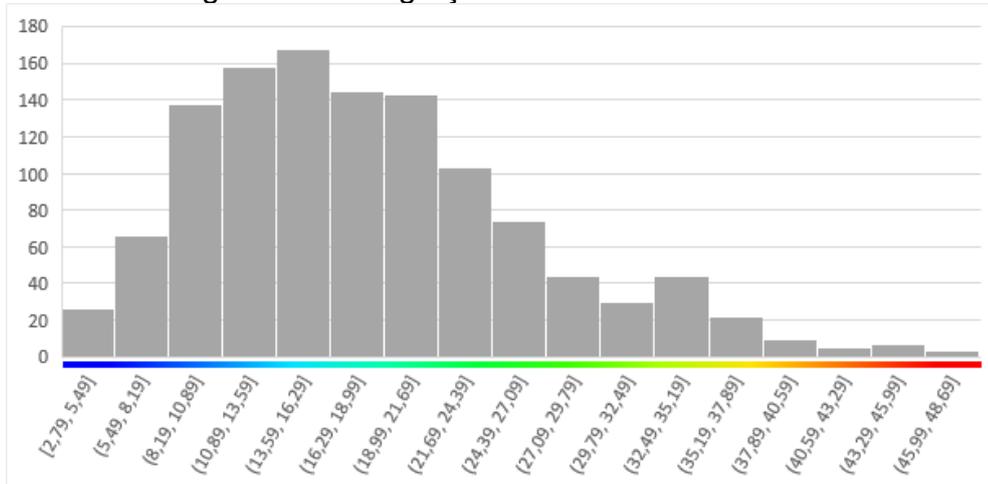
Fonte: Autor.

Gráfico 10 – Histograma integração local média de R500m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Gráfico 11 – Histograma de integração local média de R300m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Ao aplicar os raios mencionados, observou-se que R800m tem uma melhor correspondência com os itinerários e as paradas de ônibus e, em boa parte das vezes, corresponde a vias de maior hierarquia no sistema viário de acordo com o PlanMob (PELOTAS, 2019). As vias locais possuem um grau de articulação a nível de microrregião, enquanto as coletoras realizam as interligações destas com as regiões vizinhas, indicando centralidades que convergem movimentos de pedestres e veículos tanto internamente como para o exterior.

Enquanto as medidas em raios maiores identificaram os principais eixos de ligação entre as RAs, o R800m deu destaque às vias que funcionam como centralidade locais ou servem como ligações internas. Esses núcleos de integração podem revelar os caminhos potenciais a serem explorados em relação aos usuários do transporte público. Na Tabela 23, são expostos os valores médios por RAs.

Tabela 23 – Integração em microescala por RA (em valores médios).

NÍVEL GEOGRÁFICO		INTEGRAÇÃO R800	INTEGRAÇÃO R500	INTEGRAÇÃO R300
RA	AREAL	49,94815	28,74565	17,46809
	BARRAGEM	23,30375	16,88816	15,14242
	CENTRO	89,51110	43,72360	21,56596
	FRAGATA	53,47246	30,41539	18,73543
	LARANJAL	60,14505	33,96656	19,54104
	SÃO GONÇALO	55,39718	32,19552	19,41073
	TRÊS VENDAS	41,28147	25,77831	16,84433
CIDADE		51,20337	29,82598	18,18360

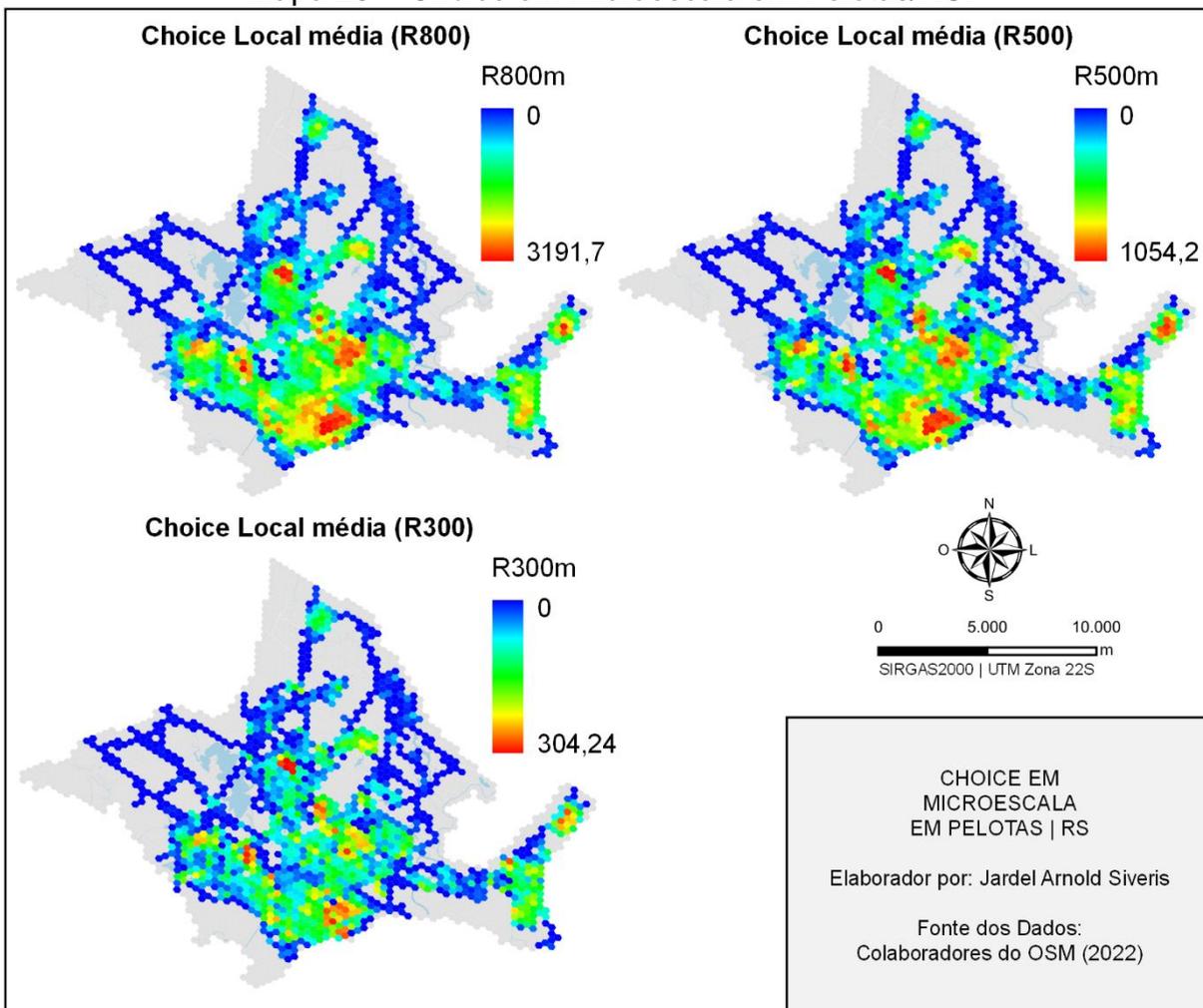
Fonte: Autor.

O Centro despontou como a RA com a maior centralidade em R800, seguida de Laranjal, São Gonçalo e Fragata, com valores superiores à média da cidade. O comportamento se mantém nos demais raios locais, sem alterações na ordem. No outro extremo, os menores valores são da Barragem, Três Vendas e Areal, em ordem.

A medida de integração realçou os núcleos populacionais densos em cada uma das RAs, bem como os locais com alta demanda pelo transporte coletivo, a exemplo da COHAB Lindóia, Santa Terezinha, Getúlio Vargas, Tablada (Três Vendas), COHAB Fragata, COHAB Guabiroba (Fragata), Loteamento Dunas (Areal), Navegantes (São Gonçalo) e Balneário dos Prazeres (Laranjal).

Choice também possibilitou uma aproximação à realidade atual dos itinerários e paradas de ônibus, indicando as vias internas preferenciais ou de atravessamento entre os espaços do sistema com base nos raios considerados.

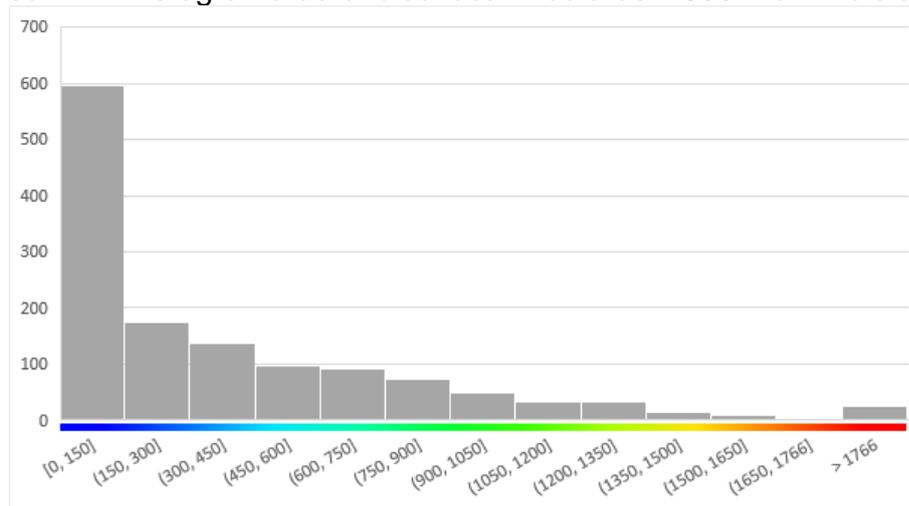
Mapa 25 – *Choice* em microescala em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

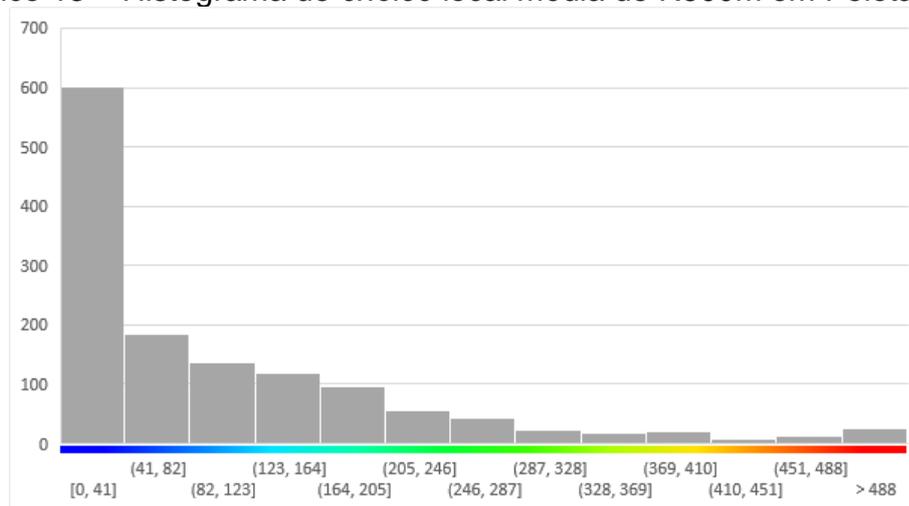
Ao comparar os valores de *choice*, as RAs com valores maiores que a média da cidade em R800 são, em ordem: Centro, São Gonçalo, Fragata, Areal e Laranjal. No entanto, existe uma variação conforme os raios diminuem, com destaque para São Gonçalo, ao apresentarem o maior valor em R300. Novamente, as RAs Barragem e Três Vendas apresentam os menores retrospectos.

Gráfico 12 – Histograma de *choice* local média de R800m em Pelotas/RS.



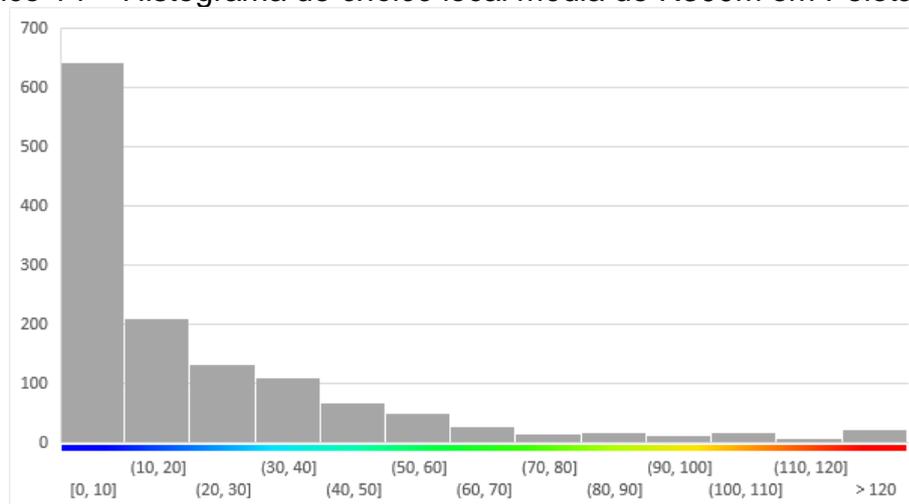
Fonte: Autor.

Gráfico 13 – Histograma de *choice* local média de R500m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Gráfico 14 – Histograma de *choice* local média de R300m em Pelotas/RS.



Fonte: Autor.

Tabela 24 – *Choice* em microescala por RA (em valores médios).

NÍVEL GEOGRÁFICO		CHOICE R800	CHOICE R500	CHOICE R300
RA	AREAL	408,42161	101,66485	21,81123
	BARRAGEM	85,25265	20,13799	4,41614
	CENTRO	722,78603	169,13961	34,07405
	FRAGATA	499,54805	125,27029	28,85452
	LARANJAL	379,87626	112,96068	26,63476
	SÃO GONÇALO	581,73308	153,40816	37,46781
	TRÊS VENDAS	278,77807	79,55423	18,97476
CIDADE		379,02039	99,73523	22,41167

Fonte: Autor.

Considerando as células que recebem o transporte público no perímetro urbano, os valores de integração em R800 variaram de 4,92 a 183,24, com média de 62,95. Para *choice*, os valores variam de 0 a 3191,71, com média de 539,09. Em relação às estatísticas do sistema, ambas as medidas sintáticas apresentaram melhor retrospecto.

Como previsto, a medida de *choice* destacou as vias que realizam a articulação entre as microrregiões, bem como aquelas principais que direcionam os fluxos de deslocamento para dentro de cada uma delas, com maior potencial de serem áreas de captação de usuários e ao trânsito dos ônibus. Ao identificar os caminhos de atravessamento do sistema, busca-se observar a compatibilização com as vias que os itinerários atuais utilizam. No caso de Pelotas, houve boa correspondência nos raios locais de R800 e R500, em que a preferência dos itinerários ocorreu em vias com maiores valores de *choice* e se mostrou mais sensível em escalas locais de análise, se aproximando à localização das paradas de ônibus. Além disso, ao observar a localização dos equipamentos urbanos, exposta na seção anterior, percebe-se a prevalência destes em locais com maiores valores de medidas sintáticas, principalmente pela integração, em centralidades locais.

Os resultados contribuem para identificar os beneficiários, bem como as áreas carentes de melhorias. O entendimento da configuração espacial contribui para uma melhor preleção de decisões projetuais a serem implementadas ou na modificação da operação do transporte público por ônibus, trazendo aspectos da mobilidade urbana sustentável que deveriam ser levados em consideração no planejamento de

transportes. A forma urbana pode ter impactos significativos na equidade social, tanto positiva quanto negativamente, visto que pode promover a mobilidade urbana sustentável ou criar barreiras ao movimento.

Ao aderir a medida de integração com a localização das paradas do transporte público e os moradores, a probabilidade de uso do ônibus como modo de transporte é maior, conforme verificado na literatura. A consideração da SE, por exemplo, contribui na análise da acessibilidade configuracional como meio de identificar os gargalos existentes e aumentar a atratividade do serviço prestado à população.

Por exemplo, através da análise configuracional da rede, verificou-se que o Loteamento Dunas (Areal), apresenta altos níveis de acessibilidade medidos pela integração nos raios locais de R300 a R800 em relação ao sistema, porém os níveis de cobertura do transporte coletivo são ruins (como visto na Etapa 1). Além disso, a microrregião possui um considerável contingente de moradores e baixas faixas salariais, que justificariam a implementação de paradas de ônibus e ampliação de itinerários para abranger esta área e garantir que as pessoas possam se deslocar.

Um aspecto negativo a ser pontuado são os resultados do processamento da integração em R300, os quais são muito sensíveis ao comprimento dos segmentos, à conectividade com o entorno próximo e ao número de nós, que entram no cálculo desta medida. Existem segmentos com valores elevados e irrealistas, quando comparado com outros segmentos similares. Estes espaços “contaminam” a análise neste raio, principalmente no contorno rodoviário de Pelotas, ao apresentarem trechos com elevado comprimento e pouca conexão com seu entorno imediato. Em áreas adensadas e urbanizadas, não houve este problema.

Alguns estudos apontam que a aplicação de medidas em raios baixos em direção às bordas do sistema ou locais com urbanização incompleta, levam à criação de pequenos *clusters*, muitas vezes lineares, os quais possuem relativamente pouca profundidade angular, como abordado por Hillier *et al.* (2012). No entanto, as sugestões para contornar o problema não se adequam a esta pesquisa, visto que não existe a possibilidade de eliminar os segmentos que apresentam estes problemas por estarem dentro de ao menos um itinerário. Como solução mitigatória, foram realizados ajustes finos em uma dezena de segmentos críticos, os quais reduziram a margem de erro consideravelmente. Na medida de *choice*, por outro lado, não foram verificados estes problemas.

6.4 ANÁLISE COMPARATIVA

Posteriormente à análise individual nas etapas anteriores, realizou-se a associação entre as variáveis morfológicas e sociais/infraestrutura, em cada um dos raios considerados no estudo. As análises buscam investigar a acessibilidade aos usuários, a atratividade conferida pela rede urbana e as características populacionais através de uma correlação estatística linear. O coeficiente de correlação de Pearson (r), utilizado neste estudo, foi calculado entre as variáveis a fim de compreender a acessibilidade de acordo com as dimensões sociais e físicas da mobilidade.

Para a medida de integração, foram verificadas correlações positivas na maior parte das associações, a depender dos raios. A integração global apresentou correlação pequena ($r = 0,25$) em relação ao quantitativo populacional nas células. No entanto, conforme os raios locais diminuem, existe um aumento para níveis de grande correlação linear, principalmente na escala da microacessibilidade, com valores que atingem $r = 0,65$ em R800 e $r = 0,63$ em R500.

Estas correspondências podem indicar a existência de maior densidade de moradores em centralidades na escala de bairro, revelando que os espaços mais integrados apresentam um maior número de pessoas, sendo benéfico do ponto de vista da qualidade ambiental urbana. Na cidade de Pelotas, houve a consolidação de bairros e loteamentos com boa conectividade até o fim do século passado, os quais se destacam como centralidades em raios locais menores.

Tabela 25 – Correlações entre medida sintática de integração e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.

	POPULAÇÃO	RENDA	PPP	ITINERÁRIOS	PARADAS
INTEGRAÇÃO GLOBAL	0,25	0,12	0,05	0,40	-0,04
INTEGRAÇÃO R5000	0,48	0,30	0,13	0,41	0,06
INTEGRAÇÃO R2000	0,60	0,26	0,09	0,42	0,17
INTEGRAÇÃO R800	0,65	0,16	0,14	0,24	0,26
INTEGRAÇÃO R500	0,63	0,07	0,20	0,14	0,29
INTEGRAÇÃO R300	0,48	-0,03	0,22	-0,01	0,27

Fonte: Autor.

Quando analisadas a quantidade de itinerários e a contagem de paradas em cada célula com a variável sintática de integração, percebem-se dois cenários distintos. Na escala da macroacessibilidade, existe uma moderada correlação com a presença de itinerários, o que indica a tendência de as linhas de ônibus circularem nas vias de maior integração nesta escala. Por outro lado, na microescala a correlação é classificada como inexistente nesta escala. De certa forma, o comportamento verificado era o esperado, uma vez que a movimentação na macroacessibilidade ocorre para fora dos locais de residência dos moradores, no deslocamento para lugares mais distantes, como no acesso aos equipamentos urbanos, serviços ou comércio especializado, presentes nas centralidades do sistema em raios maiores. Estes deslocamentos intraurbanos tendem a se concentrar em vias com maiores hierarquias no sistema viário, as quais possuem a sua posição relativa favorável como destino ou passagem.

Ao observar a microacessibilidade, o cenário é distinto. A escala dos usuários tem melhor correspondência com a quantidade de paradas de ônibus, em oposição à quantidade de itinerários. Embora a correlação se classifique como pequena, as características locais podem influenciar na distribuição das paradas pelos territórios, próximas à escala do usuário/pedestre.

Ao avaliar a variável de renda, com exceção da integração global, percebe-se um aumento da correlação com o crescimento dos raios locais. Considerando os estudos configuracionais sobre acessibilidade, que apontam uma maior presença de comércio e serviços nas centralidades urbanas, estas correspondências podem indicar um processo de exclusão social ou de diferenciação espacial, visto que os estratos sociais de maior renda se localizam em áreas da cidade com maiores valores de integração. A segregação socioespacial pode ser entendida com uma carência de interação com o espaço, o que pode reforçar ainda mais a escassez por melhores condições de qualidade de vida e dos serviços urbanos.

A variável PPP obteve correlações inexistentes ou próximas desta classificação na macroacessibilidade, e correlação pequena para a microacessibilidade. Apesar da pequena correlação ($r = 0,20$) em R500, por exemplo, percebe-se a probabilidade de PPPs se localizarem em centralidades de menor escala é maior do que em áreas de maior acessibilidade em macroescala, como em R2000 ($r = 0,13$). Se associadas as variáveis renda e PPP, existe uma correlação moderada ($r = -0,48$) entre estes dados

censitários no município. Quer dizer, com o aumento da renda dos moradores, existe um decréscimo na percentagem de PPPs em cada célula.

Para a medida de *choice*⁵⁶, verifica-se um comportamento semelhante em relação às variáveis socioeconômicas. Ocorre atenuação da correlação com renda, incremento com população, em raios maiores, e PPP, na microacessibilidade.

Tabela 26 – Correlações entre medida sintática de *choice* e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.

	POPULAÇÃO	RENDA	PPP	ITINERÁRIOS	PARADAS
CHOICE GLOBAL	-0,09	0,23	-0,10	0,30	-0,09
CHOICE R5000	0,19	0,16	0,05	0,34	0,06
CHOICE R2000	0,56	0,14	0,14	0,23	0,21
CHOICE R800	0,70	0,04	0,25	0,07	0,29
CHOICE R500	0,68	0,00	0,26	0,02	0,29
CHOICE R300	0,59	-0,03	0,26	-0,02	0,24

Fonte: Autor.

No caso da renda, a correlação aumenta de maneira gradual com a elevação dos raios, atingindo um valor de $r = 0,23$ para integração global. Indica uma possível preferência de localização dos estratos de maior renda próximos aos principais eixos estruturadores, os quais possibilitam facilidade de locomoção entre as RAs e na cidade de um modo geral. No entanto, a escala dos dados censitários e agregação dos valores dos segmentos nas células H3 somente permitem deduzir a possibilidade de estarem próximos, mas não exatamente sobre estes eixos, visto que existem estudos que sugerem a tendência dos moradores de alta renda evitarem estes locais devido ao movimento de passagem, comércio e ruídos.

Comparativamente às áreas com comércio consolidado e hierarquias viárias, a configuração espacial se mostrou como componente importante a ser analisada na compreensão destas localizações. Significa que a própria configuração espacial da malha, a partir do movimento natural, funciona como potencializadora dos fluxos, conforme abordado por Hillier *et al.* (1993). Do mesmo modo, o sistema de transporte público correspondeu, em certo grau, aos valores das medidas sintáticas, tanto em

⁵⁶ Embora não se recomende a utilização em resultados com distribuição não normal, a correlação de Pearson foi utilizada para fins exploratórios.

integração como em *choice*. Para esta última, as correlações foram um pouco melhores na microacessibilidade, na escala do usuário/pedestre, coincidindo muitas vezes com as hierarquias viárias presentes nos territórios.

As demais medidas configuracionais apresentaram grandes correlações com a quantidade de moradores, com maior destaque à compacidade. Verificou-se também correspondências fracas a moderadas com a quantidade de paradas de ônibus por célula. Altos valores indicam a tendência da malha se aproximar à forma regular ou ortogonal com a presença de alta densidade de cruzamentos, favorecendo a existência de caminhos alternativos e à formação de centralidades locais.

Tabela 27 – Correlações entre medidas configuracionais de conectividade e compacidade e variáveis sociais e de infraestrutura do transporte coletivo.

	POPULAÇÃO	RENDA	PPP	ITINERÁRIOS	PARADAS
CONNECTIVIDADE	0,50	0,15	0,02	0,24	0,24
COMPACIDADE A	0,68	0,03	0,23	0,06	0,33
COMPACIDADE B	0,69	0,04	0,17	0,09	0,36

Fonte: Autor.

As medidas de integração e *choice* foram ainda avaliadas de acordo com o número de células dentro do decil com os maiores valores (10% do conjunto) para verificar as características da população que residem nessas áreas, tidas como centralidades urbanas destas medidas sintáticas. Analisando as faixas salariais dos moradores percebe-se que, ao aumentar a renda, ocorre um incremento no quantitativo de moradores localizados no núcleo de integração. No entanto, ao analisar as centralidades de maior atravessamento do sistema (núcleo de *choice*) não está claro um padrão de comportamento, sendo a ocorrência do maior percentual de células na faixa de 1 – 2 s.m.

Tabela 28 – Quantidade de células dentro dos 10% por faixa salarial.

	FAIXAS SALARIAIS (%)				
	< 1 S.M.	1 – 2 S.M.	2 – 3 S.M.	3 – 5 S.M.	> 5 S.M.
INTEGRAÇÃO	18,80%	18,80%	30,83%	30,08%	1,50%
CHOICE	22,56%	38,35%	12,03%	20,30%	2,26%

Fonte: Autor.

No entanto, quando analisada a proporção de PPPs nestas centralidades, percebe-se uma clara distinção entre as características dos moradores. Quanto maior a proporção de brancos, maior é a presença deste grupo em áreas centrais da cidade. Como resultado, as PPPs encontram-se vivendo em áreas segregadas espacialmente, enquanto o centro é predominantemente homogêneo, com maior quantidade de brancos.

Tabela 29 – Quantidade de células dentro dos 10% por PPPs.

	PROPORÇÃO DE PPPs				
	< 10%	10% – 20%	20% – 30%	30% – 40%	> 40%
INTEGRAÇÃO	45,86%	33,08%	16,54%	3,76%	0,75%
CHOICE	42,11%	30,08%	18,80%	4,51%	0,00%

Fonte: Autor.

Os resultados se aproximam ao que Legeby (2013) e Rokem e Vaughan (2017, 2018) encontraram em seus estudos de caso. Os autores observaram o privilégio locacional de determinados grupos frente às minorias raciais ou étnicas, privando-os de melhores condições de acesso.

Por fim, realizou-se o cruzamento com a infraestrutura do transporte coletivo. Observando a quantidade de células com presença de itinerários, estas concentram-se predominantemente em locais com valores elevados de integração e *choice*, que correspondem aos principais eixos viários do centro e de articulação com as RAs. Visto que os itinerários têm uma característica de atendimento em macroacessibilidade, os resultados são aderentes às medidas sintáticas em raio global (cidade).

Tabela 30 – Quantidade de células dentro dos 10% por paradas ou itinerários.

	PARADAS	ITINERÁRIOS
INTEGRAÇÃO	76,12	90,30
CHOICE	64,93	90,30

Fonte: Autor.

As paradas de ônibus, que têm características de estarem localizadas em subcentralidades, por sua vez, não apresentaram correspondência acentuada. Como comentado na etapa de caracterização da área de estudo, o Centro possui paradas com distâncias de caminhada regulares, mesmo em áreas com predomínio de comércio intenso, impactando numa menor proporção de células dentro do núcleo de integração ou de *choice*.

Tabela 31 – Quantidade de células dentro dos 10% por distância de caminhada.

	DISTÂNCIAS DE CAMINHADA		
	< 300M	300 – 500M	> 500M
INTEGRAÇÃO	85,82	13,43	0,75
CHOICE	77,61	13,43	8,96

Fonte: Autor.

6.5 CONCLUSÕES DO CAPÍTULO 6

A situação mais comum nas cidades brasileiras é a ocupação das periferias por moradores de baixa renda em espaços com infraestruturas urbanas precárias e que demandam muito tempo de deslocamento no acesso às oportunidades urbanas. A dificuldade dos gestores públicos em encontrar soluções na gestão do transporte público, pela justificativa de atingir determinadas densidades para suprir a demanda, acaba por afastar essas pessoas do direito ao transporte e, conseqüentemente, do acesso à cidade.

O retrato da acessibilidade é derivado do modelo espacial das cidades e elas tornaram-se criadoras de pobreza por si mesmas pela polarização socioespacial, assim como descrito por Santos (2005). Partindo-se do pressuposto de que renda média (VASCONCELLOS 1999, 2001, 2018) e cor/raça (PEREIRA *et al.*, 2020) estão relacionados com a proximidade dos equipamentos urbanos ou na distribuição destes pela cidade, percebe-se a tendência de um maior percentual dos grupos sociais de baixa renda e PPP em áreas com menor atendimento no perímetro urbano de Pelotas. As exceções ocorrem em áreas com autosegregação espacial próximas às

amenidades naturais que possuem um percentual elevado de brancos e maiores rendas.

Esses reflexos vão ao encontro de Villaça (1998), Alves (2011) e Sheller (2018), ao observar que os pobres se distanciam das possibilidades de deslocamentos por não poderem pagar por melhores localizações com o atributo centralidade. Como consequência, estes moradores demandam o provimento de transporte público nas periferias e são dependentes das condições de transporte ofertadas, como nas RAs mais afastadas do centro de Pelotas. Além disso, os estratos de maior renda, a exemplo dos moradores próximos aos principais eixos viários em direção ao Laranjal e às amenidades naturais, por possuírem condições financeiras favoráveis e possibilidades de escolha por outro modal, tem a liberdade de escolherem os seus locais de moradia, assim como citado por Vasconcellos (2013). A dificuldade de acesso a terminados grupos sociais às infraestruturas e aos serviços urbanos contraria os princípios de equidade social, como defendido por Verlinghieri e Schwanen (2020), os quais levam a uma tendência de exposição de parcela da população à exclusão social. E, com a existência de limitações no acesso, ocorre a desqualificação do espaço público.

Ao analisar a facilidade relativa no acesso às paradas de ônibus (escala micro) e durante o percurso dos itinerários (escala macro), verificou-se o percentual de população atendida pelo transporte público e a abrangência em relação aos equipamentos urbanos e aos espaços públicos. De acordo com Castello (2008), a área de atendimento para parques e escolas de ensino médio, por exemplo, é indicada em 10 minutos de caminhada ou 800 metros do local de moradia. Embora aproximadamente 80% dos moradores em área urbana consigam acessar ao menos um estabelecimento em até 10 minutos no transporte público – com exceção das escolas de ensino médio e dos estabelecimentos de saúde que demandam maiores deslocamentos para atendimentos especializados, o somatório dos tempos de caminhada às paradas de ônibus e o tempo de espera tendem a precarizar o acesso de boa parte da população. Deste modo, são criados chamados *transit desserts*, os quais privam os moradores de melhor qualidade de vida e são reflexo da concentração histórica de atividades em áreas centrais, como também destacado por Allen (2018) e Pereira *et al.* (2020).

Quando incorporada a abordagem dada pela Sintaxe Espacial, conseguiu-se relacionar as medidas de integração, *choice* e conectividade com o sistema urbano

de Pelotas a fim de identificar as centralidades, os principais eixos estruturadores e verificar as vias potenciais para o transporte público urbano percorrer. Nesta direção, buscou-se verificar a distribuição atual dos itinerários do transporte público. A identificação de centralidades em bairros auxilia na constituição de linhas de integração entre as RAs, contribuindo para um ambiente favorável à macroacessibilidade, como defendido por alguns autores.

Por isso, o planejamento de transportes não deveria desconsiderar as influências ocasionadas pela configuração espacial, o que conduz à necessidade do uso de medidas configuracionais para melhorar a mobilidade e acessibilidade no sistema urbano. Sistemas urbanos compactos, por exemplo, tendem a potencializar os movimentos na rede, principalmente quando considerados raios menores, na escala dos usuários, os quais obtiveram melhores correspondências nos cruzamentos com a variável densidade demográfica.

No caso da configuração espacial, a cidade de Pelotas apresenta núcleos urbanos consolidados, com boa distribuição dos eixos, anelaridade e padrão bem conectado, favorável à mobilidade pedonal e veicular, e padrões transicionais e menos conectados, próximo às bordas e vazios urbanos. No entanto, apesar de possuir valores consideráveis relativos à conectividade e compacidade, a articulação entre RAs apresenta algumas limitações de movimento na malha. Ocorrem principalmente pelo processo de formação urbana da cidade, moldada pelas características fisiográficas do sítio, como pelos canais de drenagem do Arroio Santa Bárbara, Arroio Pelotas e as áreas de várzea (banhados), que permeiam o centro urbano, mas também por limitações urbanísticas por não intervir na ocupação descontínua. No Fragata, por exemplo, existem poucos pontos de travessia à RA devido à drenagem, enquanto na Três Vendas, a Av. Fernando Osório acumulou os fluxos de passagem por não haver medidas urbanísticas prévias, acarretando poucas opções alternativas de deslocamentos a partir de outras áreas da cidade.

Do ponto de vista da articulação entre as áreas urbanas, existe a carência de outros eixos que funcionem como articuladores, os quais poderiam tornar a cidade mais compacta e amenizariam os efeitos da fragmentação. A configuração radioconcêntrica limita a acessibilidade das RAs, que possuem os principais eixos de saída direcionados ao Centro. Demonstra como a cidade seguiu uma estrutura de “roda deformada” no seu desenvolvimento, a qual cria uma interface natural entre moradores e estranhos, assim como elucidado por Hillier (1988).

Um dos papéis do transporte público está em conectar as pessoas de bairros periféricos ou segregados aos locais centrais da rede que possuem a maior oferta de comércio e serviços. Por isso, aos moradores de baixa renda que residem em áreas distantes ou profundas no sistema, a falta de mobilidade é crítica no acesso às oportunidades urbanas e os baixos valores em medidas configuracionais nestas áreas reforçam a segregação por parte desta população. Ao vincular as paradas de ônibus e as rotas dos itinerários com os espaços de maior acessibilidade, admite-se a ocorrência de incremento na atração do sistema e redução no deslocamento pedonal dos usuários, considerando as componentes espaciais que compõe a rede urbana.

Embora a Sintaxe Espacial tenha sido concebida como modelo de análise da acessibilidade de acordo com a relação do comportamento humano com os espaços públicos de circulação, verifica-se também a coesão social através de suas medidas, que podem identificar meios de diminuir a segregação socioespacial. Os resultados demonstraram, a partir das medidas sintáticas, que as condições de acesso privam as áreas de periferia e de transição, bem como existem localidades em centralidades urbanas que demandam melhor cobertura do transporte público.

Na última etapa, foram exploradas as relações das características morfológicas da malha com as dos moradores, a fim de verificar os perfis sociodemográficos que mais se beneficiam da acessibilidade proporcionada pela rede no perímetro urbano. As análises estatísticas entre as variáveis das dimensões sociais e físicas da circulação urbana confirmaram o que estava apresentado nos mapas das etapas anteriores, em que determinadas áreas de Pelotas têm limitações de movimentação e no acesso à cidade. Em especial, as análises sobre segregação socioespacial e acesso ao transporte público necessitam ser consideradas como um problema multidimensional, com a consideração de variáveis que representem as condições socioeconômicas dos moradores, as implicações da configuração espacial derivadas da forma urbana e a distribuição da infraestrutura de transportes. Por isso, durante a pesquisa, foram consideradas as medidas relativas ao sistema viário em conjunto com dados sociodemográficos do censo.

As análises realizadas pela Sintaxe Espacial realçaram as questões de segregação espacial de acordo com a natureza morfológica da malha urbana. Com a introdução das variáveis sociais de rendimento e de raça/cor, por exemplo, observou-se uma separação espacial de determinados grupos sociais, principalmente quando comparado com a medida de integração. A análise comparativa entre variáveis

mostrou que existem limitações de acessibilidade aos moradores das bordas do sistema ou em áreas de transição próximas aos vazios urbanos, que em sua maioria possuem baixos rendimentos ou possuem percentuais elevados de PPP. A ausência de melhores condições de acesso acentua a segregação socioespacial e, muitas vezes, reforça a mobilidade daquelas pessoas mais móveis.

Integração e *choice* mostraram informações sobre os atributos de acessibilidade aos usuários nas escalas macro e micro. Embora tenham correlações moderadas ou grandes, essas medidas sozinhas não são suficientes para avaliar a acessibilidade ao transporte público. Elas são necessárias, porém não exclusivas à análise deste modal ou únicas na avaliação do seu potencial. Do mesmo modo, apesar da conectividade ter sua importância dentro dos modelos configuracionais, esta medida necessita ser associada a outras variáveis para existir uma visão mais clara sobre a acessibilidade.

Em relação à infraestrutura do transporte público, as paradas de ônibus com reduzido valor de integração são menos propensas à atração de usuários, quando analisada na escala local. Comparando a espacialização do transporte público, muitas áreas distantes possuem uma esparsa provisão deste modal, em que os usuários dependem da confiabilidade deste serviço. Falhas na cobertura do transporte público limitam o acesso às oportunidades urbanas que são disponíveis em maior número no centro da cidade, acarretando menor qualidade de vida aos moradores mais distantes e/ou segregados espacialmente. Para aquelas pessoas que vivem próximas às centralidades urbanas ou que possuem automóveis, a descontinuidade da malha urbana não é um obstáculo. Nesse sentido, a provisão de transporte público molda as possibilidades de acesso à cidade aos grupos vulneráveis ou pode agravar os processos de segregação. Deste modo, resulta em uma direção oposta à de equidade social.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta as considerações finais a respeito das análises. A temática abordada neste estudo trouxe algumas reflexões acerca dos deslocamentos dos moradores em uma cidade média, os quais tornam-se dificultosos pelo próprio processo de desenvolvimento urbano, pela disposição da infraestrutura de transportes e outros fatores associados. Portanto, expôs-se a cidade como uma trama com implicações sociais, na medida em que as relações sociais, ambientais e econômicas ocorrem sobre a sua estrutura urbana, impactando nas condições de acesso e equidade aos espaços da cidade. Isso acaba por diluir o viés atual dos modelos de transporte que privilegiam aquelas pessoas mais móveis e não consideram a demanda reprimida daquelas pouco móveis ou até mesmo imóveis.

A partir deste contexto, buscou-se atingir o objetivo geral de *“analisar a acessibilidade ao transporte público urbano por ônibus considerando a configuração espacial da cidade e o acesso aos usuários, com base nas dimensões físicas e sociais da circulação”* através de uma análise multidimensional que considerou a estrutura espacial da cidade e a espacialização das características dos moradores.

Dentro do previsto como *hipótese* para o estudo e através dos resultados, vê-se que a cobertura atual do serviço não atende as áreas urbanas de Pelotas/RS de modo equitativo, as quais criam áreas de segregação socioespacial. Esse contraste não é exclusivo às perspectivas da análise socioespacial, como também ao potencial de movimento. No caso das paradas de ônibus, observou-se que nem todas as paradas de ônibus concentram-se em áreas da rede que contêm maiores valores de acessibilidade sob a perspectiva configuracional, não aproveitando o potencial de atração fornecido pelo espaço público de circulação. Verificou-se a existência de casos de territórios com altos valores nas medidas configuracionais sem atendimento em níveis satisfatórios.

Por outro lado, ao analisar os equipamentos urbanos individualmente, boa parte destes estão dentro de distâncias de caminhada adequadas à infraestrutura do transporte coletivo, com exceção dos níveis de atendimento mais especializados de saúde e educação e as áreas verdes, parques e praças, que beneficiam o acesso àqueles com melhores condições locais. Neste sentido, a criação de novas paradas de ônibus que absorvam a população de baixa renda contribuiria para a

universalização do transporte e à distribuição equitativa deste serviço entre as RAs, uma vez que 24,74% dos moradores do perímetro urbano residem em locais com cobertura da infraestrutura do transporte público em níveis de acesso regulares ou ruins.

Sugere-se que a cobertura do serviço do transporte coletivo de Pelotas/RS poderia ser melhorada considerando-se as medidas sintáticas e as componentes sociais, de modo a melhorar o acesso dos moradores e as possibilidades de interação com a cidade. Por exemplo, a integração permite auxiliar na localização de paradas do transporte público a partir de sua medida de acessibilidade, correlacionando-se com a densidade demográfica daquele local ou da quantificação de algum grupo social vulnerável que demande por transporte para se deslocar pela cidade em médias ou longas distâncias.

As áreas desassistidas pelas operadoras são desconectadas dos serviços urbanos e, quando se combinam as estatísticas das variáveis de ambas as dimensões de circulação urbana consideradas no estudo, revela-se uma fragilização no acesso aos serviços necessários à manutenção da vida a determinados grupos sociais, simplesmente como reflexo de um modelo espacial excludente. No entanto, isso não diz respeito somente às condições econômicas dos moradores ou de cor/raça, a qual tem beneficiado as maiores rendas e pessoas brancas, como verificado em estudos na maioria das cidades brasileiras e é preocupante sob a perspectiva da equidade social. Quando considerada a rota de um itinerário, por exemplo, esta pode influenciar na escolha de um usuário preocupado com o acesso das suas crianças à escola ou no caso de algum idoso com passe livre, que poderia optar pelo ônibus se o serviço for oferecido próximo de sua moradia.

Se fossem consideradas as diretrizes da PNMU, que preveem o desenvolvimento sustentável e a eficiência dos deslocamentos nas cidades pelos modos de transporte sustentáveis (a pé, bicicleta ou coletivos), bem como os artigos previstos na NAU ou nos ODSs, haveria uma maior facilidade no acesso ao transporte público, visto que estudos sugerem que a proximidade com as paradas de ônibus aumenta a probabilidade de utilização do serviço. Por isso, o método proposto centrou-se principalmente nas paradas de ônibus a serem alcançadas pelos moradores, a partir de qualquer local da malha urbana.

7.1 SOBRE O MÉTODO

De modo geral, a metodologia se mostrou adequada para a análise da acessibilidade ao transporte público por ônibus, indicando os locais carentes de melhorias. Os resultados demonstram que este método é útil para uma análise prévia ou complementar acerca do transporte público, visto que demanda um menor número de variáveis como entrada e introduz aspectos relativos às pessoas. É uma forma de considerar algumas das premissas previstas pelo DOTS, voltadas à escala humana e no uso eficiente da infraestrutura urbana, que condicionam a morfologia da cidade. Assim, podem auxiliar os tomadores de decisão a descobrirem os gargalos que não são identificados por outros meios de análise, visto que vão além das variáveis tradicionalmente utilizadas e realçam as condições urbanas referentes à configuração espacial e de equidade social.

Ao introduzir a representação da rede viária como mapa de segmentos derivado de RCLs – semelhante aos modelos de transporte tradicionais, como insumo na análise configuracional pela Sintaxe Espacial, houve a possibilidade de restringir os raios durante os processamentos, simulando a abrangência dentro de cada uma das escalas relacionadas ao usuário no estudo: i) microacessibilidade ou escala do pedestre, quando no acesso ao serviço a partir da sua residência ou de algum ponto de interesse, e; ii) macroacessibilidade ou como parte do sistema de transporte público, ao considerar as possibilidades de movimento em uma escala intraurbana. Desse modo, pode-se levantar a questão de saber se a mobilidade ao transporte público pode auxiliar na superação da segregação socioespacial devido às desconexões espaciais verificadas em decorrência da configuração espacial nas escalas relativas à cidade e aos bairros, buscando entender como a mobilidade urbana é impactada pela configuração espacial em macroacessibilidade e microacessibilidade, respectivamente.

Como contribuições importantes estão a compatibilização de escalas entre as dimensões físicas e sociais da circulação no espaço urbano, bem como a consideração de distâncias não-euclidianas na análise da acessibilidade. A introdução do hexágono como unidade de análise incorporou as variáveis de maneira que pudessem ser comparadas e analisadas espacialmente e estatisticamente, favorecendo a visualização dos fenômenos sociais e urbanos de interesse do estudo.

Além disso, as ferramentas metodológicas da Sintaxe Espacial se mostraram satisfatórias e, combinadas com as dimensões sociais da circulação urbana, trouxeram condições para responder aos questionamentos levantados no decorrer deste estudo.

Com base nos resultados da metodologia empregada, indica-se que as ações de planejamento urbano e/ou de gestão do transporte público deveriam adequar as rotas de ônibus para alcançar uma boa acessibilidade a pé aos usuários, de modo que os moradores pudessem se acostumar com a conveniência de utilizar este modal. Assim, espera-se que este método possa contribuir como utilidade prática para a gestão municipal na disposição dos itinerários e locais de parada do transporte público urbano a fim de proporcionar maior atratividade deste sistema aos usuários e facilidade no acesso à cidade. A utilização do método proposto pode ser inserida como avaliação preliminar em estudos do transporte público com interesse em implementar políticas públicas de acesso aos usuários, bem como adaptar-se à realidade da cidade que for adotada como recorte espacial.

Considera-se que a metodologia alcançou os objetivos propostos neste estudo a partir das respostas às questões de pesquisa levantadas. No entanto, no decorrer do desenvolvimento desta pesquisa, foram encontradas algumas limitações e dificuldades, as quais serão descritas no tópico a seguir.

7.2 LIMITAÇÕES DA PESQUISA

- Embora a pesquisa tenha usado dados abertos de diversas fontes, houve a dificuldade em encontrar **dados completos a respeito do transporte público por ônibus**, individualizados por itinerários ou detalhes específicos das paradas de ônibus, que impediram realizar análises mais precisas sobre as paradas, como relacionadas à quantificação do número de usuários que utilizam o sistema ou a frequência existente em cada itinerário. No entanto, diferentemente de outros estudos dentro da temática desta pesquisa, que se concentraram nos transportes de massa, como corredores de BRT ou modais metroferroviários, houve a consideração de um número expressivo de paradas de ônibus nesta pesquisa.

- As análises foram sensivelmente afetadas pela **desatualização do Censo Demográfico**, com última coleta realizada em 2010. Assim, algumas áreas de expansão urbana ocorridas na última década não retratam a realidade de modo mais preciso em virtude da divergência temporal destes dados com aqueles da infraestrutura urbana.
- Foram encontradas limitações no processamento de algumas **ferramentas ou complementos disponíveis para o SIG** utilizado, motivo pelo qual adotaram-se métodos alternativos, como para o cálculo das isodistâncias dos itinerários aos equipamentos urbanos e na ponderação da quantidade de moradores em cada uma das células, conforme explicitado nos procedimentos metodológicos.
- Durante o cálculo das isodistâncias dos itinerários aos equipamentos urbanos e dos usuários às paradas de ônibus, verificou-se a **demora na capacidade de processamento** com o aumento das distâncias ou tempos de viagem considerados, motivo pelo qual limitou-se os deslocamentos em 15 minutos (1200 metros ou 4,8 km/h, quando na condição de usuário/pedestre, e 4950 metros ou 19,8 km/h, quando se deslocando pelo transporte público). Estas considerações, baseadas nas velocidades médias dos modais não prejudicaram as análises do estudo de caso, porém podem ser limitantes em cidades com malhas urbanas maiores.
- A respeito do **tamanho da célula** H3 de resolução 9, apesar de contribuir para a análise da acessibilidade na área urbana de Pelotas, uma redução do seu tamanho para um nível hierárquico acima poderia trazer resultados mais refinados. Por exemplo, houve degradação nos resultados processados pelas medidas configuracionais quando ocorreu o encapsulamento nas células. No entanto, viu-se dentro de um limite em relação à compatibilização entre a malha urbana e dados do censo demográfico na análise das condições socioeconômicas dos moradores. Devido à falta de um padrão espacial bem definido dos setores censitários, a disponibilização de grades estatísticas com escalas maiores contribuiria para minimizar estas incompatibilidades, o que pode acontecer na divulgação dos dados da coleta do Censo Demográfico 2022 em outras variáveis sociais consideradas neste estudo.
- Finalmente, apesar de suas potencialidades, foram verificadas limitações metodológicas na **aplicação da SE em raios baixos**, como R300m, que devem ser consideradas em estudos futuros. A característica da urbanização

nas cidades brasileiras é divergente dos *cases* tradicionais de aplicação da SE, que apresentam malhas compactas, conectadas e urbanizadas. O surgimento de pequenos *clusters* com valores irrealistas, quando comparados a outros espaços similares, é provável de ocorrer em eixos de rodovias e em direção às bordas do sistema em locais com baixa urbanização, a exemplo das estradas vicinais que se direcionam às áreas rurais.

7.3 INDICAÇÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

- Aplicar a metodologia de análise em outras cidades de médio porte, comparar os resultados e, eventualmente, aprimorar o método utilizado nesta pesquisa, visto que cada cidade tem suas próprias particularidades.
- Adotar uma unidade de análise menor, se compatível aos dados de entrada, ou considerar outro formato, a exemplo da desenvolvida por Fleischmann *et al.* (2020).
- Utilizar um modelo matemático funcional não-linear ou paramétrico para realizar as correlações estatísticas entre as variáveis das dimensões físicas e sociais da circulação urbana, bem como analisar a significância estatística destas correlações.
- Incluir outros marcadores ou construções sociais na análise da acessibilidade ao transporte público, como idade, sexo, escolaridade *etc.* de modo a compreender aspectos específicos dos moradores no acesso à cidade.
- Considerar outros estabelecimentos necessários à manutenção da vida, como os culturais, ou locais com demandas por empregos.
- Quantificar o número ou percentual de oportunidades possíveis de serem acessadas a partir de um determinado local do perímetro urbano, semelhante ao realizado por Pereira *et al.* (2020).

8 REFERÊNCIAS

ABRAMO, Pedro. A cidade COM-FUSA: a mão inoxidável do mercado e a produção da estrutura urbana nas grandes metrópoles latino-americanas. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, [s. l.], v. 9, n. 2, p. 25, 2007.

ADITJANDRA, Paulus Teguh; CAO, Xinyu (Jason); MULLEY, Corinne. Understanding neighbourhood design impact on travel behaviour: An application of structural equations model to a British metropolitan data. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 46, n. 1, p. 22–32, 2012.

ALLEN, Diane Jones. **Lost in the transit desert: race, transit access, and suburban form**. First Editioned. London : New York: Routledge, Taylor & Francis Group, 2018. (Routledge research in planning and urban design).

ALVES, Glória da Anunciação. A mobilidade/imobilidade na produção do espaço metropolitano. *In*: CARLOS, Ana Fani Alessandri; SOUZA, Marcelo Lopes de; SPOSITO, Maria Encarnação Beltrão (org.). **A produção do espaço urbano: agentes e processos, escalas e desafios**. São Paulo: Contexto, 2011. p. 109–122.

AMAN, Javad Jomehpour Chahar; SMITH-COLIN, Janille. Transit Deserts: Equity analysis of public transit accessibility. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 89, p. 102869, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 9.050**. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DAS EMPRESAS DE TRANSPORTES URBANOS, NTU. **Anuário NTU: 2019 - 2020**. Brasília: NTU, 2020. Disponível em: <https://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub637375719747836003.pdf>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana da Associação Nacional de Transportes Público - SIMOB/ANTP: Relatório Geral 2018**. São Paulo: ANTP, 2020. Disponível em: <http://www.antp.org.br/relatorios-a-partir-de-2014-nova-metodologia.html>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTES PÚBLICOS, ANTP. **Sistema de Informações da Mobilidade Urbana: Relatório Geral 2008**. São Paulo: ANTP, 2009. Disponível em: <http://www.antp.org.br/relatorios-antepiores-a-2014.html>.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES, ANFAVEA. **Estatísticas**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://anfavea.com.br/estatisticas>.

BALBIM, Renato Nunes. **Práticas espaciais e informatização do espaço da circulação: mobilidade cotidiana em São Paulo**. 2003. 614 f. Tese (Doutorado em Ciências: Geografia Humana) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

BALESTRO, Fernanda; LÚCIO LOPES ZAMPIERI, Fábio. Avaliação da modificação na configuração espacial de Canoas/RS com o projeto de implantação de linhas de aeromóvel. **Revista Projetar - Projeto e Percepção do Ambiente**, [s. l.], v. 5, n. 2, p. 53–66, 2020.

BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. **Estudo exploratório da Sintaxe Espacial como ferramenta de alocação de tráfego**. 2006. 171 f. Tese (Mestrado em Transportes) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental. Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://repositorio.unb.br/handle/10482/2905>.

BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves *et al.* Impacto do desenho da malha viária na mobilidade urbana. **Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, [s. l.], n. 9, 2013. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/10626>.

BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves; SILVA, Paulo Cesar Marques da; HOLANDA, Frederico Rosa Borges de. Exploratory study of Space Syntax as a traffic assignment tool. *In*: 6RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPACE SYNTAX, 2007, Istanbul. **Proceedings of the 6rd International Symposium on Space Syntax**. Istanbul: [s. n.], 2007. p. 079-1-079–14.

BERHIE, Girmay Kifle; HAQ, Saif. Land Use and Transport Mode choices: Space Syntax Analysis of American Cities. **Enquiry The ARCC Journal for Architectural Research**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1–22, 2017.

BIRCH, Colin P.D.; OOM, Sander P.; BEECHAM, Jonathan A. Rectangular and hexagonal grids used for observation, experiment and simulation in ecology. **Ecological Modelling**, [s. l.], v. 206, n. 3–4, p. 347–359, 2007.

BOLTON, Tom. The spatial character of London's railway terminus neighbourhoods. *In*: , 2015, London. **Proceedings - 10th International Space Syntax Symposium, SSS 2015**. London: [s. n.], 2015. p. 044.1-044.26.

BORSDORF, Axel. Cómo modelar el desarrollo y la dinámica de la ciudad latinoamericana. **EURE (Santiago)**, [s. l.], v. 29, n. 86, 2003.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 9.503, de 23 de setembro de 1997**. Brasília, 1997. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9503compilado.htm.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001**. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, 2001. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm.

BRASIL. Presidência da República. **Lei nº 12.587, de 3 de janeiro de 2012**. Institui as diretrizes da Política Nacional de Mobilidade Urbana. Brasília, 2012. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12587.htm.

BRASIL. **PlanMob: caderno de referência para elaboração de plano de mobilidade urbana**. Brasília: Ministério das Cidades, 2015.

BRASIL. CONTRAN. **Resolução CONTRAN nº 166, de 15 de setembro de 2004.** Aprova as diretrizes da Política Nacional de Trânsito. Brasília, 2004.

CALDEIRA, Teresa Pires do Rio. **Cidade de muros: crime, segregação e cidadania em São Paulo.** 1. ed. São Paulo: Ed. 34, 2000.

CALVET, J V. **Transportes urbanos.** Madrid: Dossat, 1970.

CAMPOS, Vânia Barcellos Gouvêa. **Planejamento de transportes : conceitos e modelos.** 1. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2013.

CARDOSO, Carlos Eduardo de Paiva. Gerando modelos de transporte coletivo e individual. *In:* ENGENHARIA. São Paulo: Engenho, 2014. (Transporte). p. 102–105.

CASTELLO, Iára Regina. **Bairros, loteamentos e condomínios: elementos para o projeto de novos territórios habitacionais.** 1a. ed. Porto Alegre, RS: Observatório das Metrópoles : UFRGS Editora, 2008. (Pesquisa em sala de aula).

CHEN, P.N.; KARIMI, K. Spatial impact of new public transport system on station neighbourhoods: The cases of jubilee line extension in London. *In:* , 2019. **12th International Space Syntax Symposium, SSS 2019.** [S. l.: s. n.], 2019.

CHIARADIA, Alain; MOREAU, Edouard; RAFORD, Noah. Configurational Exploration of Public Transport Movement Networks: A Case Study, The London Underground. *In:* , 2005, Delft. **Proceedings - 5th International Space Syntax Symposium, SSS 2005.** Delft: [s. n.], 2005. p. 541–552.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE, CNT. **Pesquisa da Seção de Passageiros CNT - 2002 Relatório Analítico.** Brasília: CNT, 2002. Disponível em: <http://vias-seguras.com/content/download/1530/8452/file/CNT%20Pesquisa%20se%C3%A7%C3%A3o%20passageiros2002.pdf>.

CÔRREA, Roberto Lobato. Diferenciação sócio-espacial, escala e práticas espaciais. **Cidades**, [s. l.], v. 4, n. 6, p. 62–72, 2007.

COSTA, Emmanuel dos Santos; PERES, Lino Fernando Bragança. Cidade do Automóvel e Imobilidade Urbana: notas sobre a reprodução do planejamento urbano modernista em Florianópolis. **Projectare**, Pelotas, n. 9, p. 104–121, 2017.

CRUZ, Diego Teles da; SANTOS, Afonso de Paula dos. Controle de qualidade posicional do sistema rodoviário do OpenStreetMap na região central de Viçosa-MG. *In:* , 2016, Recife, PE. **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.** Recife, PE: [s. n.], 2016.

D'AGOSTO, Márcio de Almeida. **Transporte, uso de energia e impactos ambientais: uma abordagem introdutória.** Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

DAVIDSON, K B. Accessibility in Transport/Land-Use Modelling and Assessment. **Environment and Planning A: Economy and Space**, [s. l.], v. 9, n. 12, p. 1401–1416, 1977.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTÚNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design Science Research : Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUARTE, Fábio; LIBARDI, Rafaela; SÁNCHEZ, Karina. **Introdução à mobilidade urbana**. 1. ed. Curitiba: Juruá, 2007.

FERRAZ, Antonio Clóvis Coca Pinto; TORRES, Isaac Guillermo Espinosa. **Transporte público urbano**. 2. ed. São Carlos: RiMa, 2004.

FERRETTO, Diego. **Segregação socioespacial em cidades médias gaúchas: Caxias do Sul, Passo Fundo, Pelotas e Santa Maria**. 2019. Doutorado em Planejamento Urbano e Regional - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16139/tde-19122018-172558/>.

FLEISCHMANN, Martin *et al.* Morphological tessellation as a way of partitioning space: Improving consistency in urban morphology at the plot scale. **Computers, Environment and Urban Systems**, [s. l.], v. 80, p. 101441, 2020.

GALLINA, Bruno. **Legislação urbanística e materialidade : estudo da relação entre densidade e mobilidade em Passo Fundo/RS**. 2019. 240 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/202127>.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. Tradução: Anita Di Marco. 3. ed. São Paulo: Perspectiva, 2015.

GEREMIA, Alessandro. **Efeitos na malha urbana ocasionados pela duplicação de rodovias: análise da resiliência urbana sob a perspectiva da Sintaxe Espacial**. 2018. 165 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188471>.

GIL, Jorge. Analyzing the Configuration of Multimodal Urban Networks: Analyzing the Configuration of Multimodal Urban Networks. **Geographical Analysis**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 368–391, 2014.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GIL, Jorge. INTEGRATING PUBLIC TRANSPORT NETWORKS IN THE AXIAL MODEL. *In:* , 2012, Santiago de Chile. **Proceedings - 8th International Space Syntax Symposium, SSS 2012**. Santiago de Chile: [s. n.], 2012. p. 8103.1-8103–8121.

GIL, Jorge *et al.* The space syntax toolkit: Integrating depthmapX and exploratory spatial analysis workflows in QGIS. *In:* , 2015, London. **10th International Space Syntax Symposium, SSS 2015**. London: [s. n.], 2015.

GOMIDE, Alexandre de Ávila. Transporte urbano e inclusão social : elementos para políticas públicas. **Texto para Discussão IPEA**, [s. l.], v. 960, 2003. Disponível em: repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/2893?

HANSEN, Walter G. How Accessibility Shapes Land Use. **Journal of the American Institute of Planners**, [s. l.], v. 25, n. 2, p. 73–76, 1959.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. **Metodologia de pesquisa**. 5.ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

HILLIER, Bill. Against Enclosure. *In*: REHUMANIZING HOUSING. London: Butterworth & Co., 1988. p. 63–88.

HILLIER, B *et al.* Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 29–66, 1993.

HILLIER, Bill. **Space is the machine: a configurational theory of architecture**. Cambridge ; New York, NY, USA: Cambridge University Press, 1996.

HILLIER, B *et al.* Space syntax. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 3, n. 2, p. 147–185, 1976.

HILLIER, Bill; HANSON, Julienne. **The social logic of space**. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, Bill; IIDA, Shinichi. Network and Psychological Effects in Urban Movement. *In*: COHN, Anthony G.; MARK, David M. (org.). **Spatial Information Theory**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2005. (Lecture Notes in Computer Science). v. 3693, p. 475–490. *E-book*. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/11556114_30.

HILLIER, B.; VAUGHAN, Laura. The City as One Thing. **Hillier, B. and Vaughan, L. (2007) The city as one thing. Progress in Planning, 67 (3). pp. 205-230. ISSN 03059006**, [s. l.], v. 67, 2007.

HILLIER, B.; YANG, Tao; TURNER, A. Normalising least angle choice in Depthmap and how it opens new perspectives on the global and local analysis of city space. [s. l.], v. 3, p. 155–193, 2012.

HOLANDA, Frederico Rosa Borges de. Typology of urban layouts - the case of Brasilia. *In*: 1ST INTERNATIONAL SPACE SYNTAX SYMPOSIUM, 1997, London. **Anais [...]**. London: [s. n.], 1997.

HOPKINS, Will. A New View of Statistics. *In*: 2001. Disponível em: <http://sportsci.org/resource/>.

INSTITUTO BRASILEIROS DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE. **Pesquisa de Informações Básicas Municipais: Perfil dos Municípios Brasileiros**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=284062>.

JACOBS, Jane. **Morte e vida de grandes cidades**. Tradução: Carlos S. Mendes Rosa. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2011.

JIRÓN, Paola; IMILÁN, Walter. Moviendo los estudios urbanos. La movilidad como objeto de estudio o como enfoque para comprender la ciudad contemporánea. **QUID 16 - Revista del Área de Estudios Urbanos**, Chile, v. 10, n. Dic. 2018-Mayo 2019, p. 17–36, 2018.

JONES, Peter. The evolution of urban mobility: The interplay of academic and policy perspectives. **IATSS Research**, [s. l.], v. 38, n. 1, p. 7–13, 2014.

JUN, Chulmin *et al.* An Alternative Measure of Public Transport Accessibility Based on Space Syntax. *In*: SZCZUKA, Marcin S. *et al.* (org.). **Advances in Hybrid Information Technology**. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. (Lecture Notes in Computer Science). v. 4413, p. 281–291. *E-book*. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-540-77368-9_28. Acesso em: 24 fev. 2021.

JUN, C. *et al.* An alternative measure of public transport accessibility based on space syntax. **Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)**, [s. l.], v. 4413 LNAI, p. 281–291, 2007.

KNEIB, Erika Cristine; PORTUGAL, Licinio da Silva. Caracterização da acessibilidade e suas relações com a mobilidade e o desenvolvimento urbano. *In*: TRANSPORTE, MOBILIDADE E DESENVOLVIMENTO URBANO. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 65–88.

LAW, Stephen; CHIARADIA, Alain; SCHWANDER, Christian. Towards a Multimodal Space Syntax Analysis a Case Study of the London Street and Underground Network. *In*: , 2012, Santiago de Chile. **Proceedings - 8th International Space Syntax Symposium, SSS 2012**. Santiago de Chile: [s. n.], 2012. p. 8021.1-8021–20.

LEGEBY, Ann. From housing segregation to integration in public space. *In*: , 2009, Stockholm. **7th International Space Syntax Symposium, SSS 2009**. Stockholm: [s. n.], 2009.

LEVINSON, David. Network Structure and City Size. **PLoS ONE**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. e29721, 2012.

LI, Tiebei. GIS applications in practice: exploring spatial dynamic of transport activities. *In*: NIELSON, Dayna (org.). **Geographic information systems (GIS): techniques, applications and technologies**. Hauppauge, New York: Nova Science Publishers, Inc, 2014. (Engineering tools, techniques and tables).

LI, L. *et al.* Two dimensional accessibility analysis of metro stations in Xi'an, China. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, [s. l.], v. 106, p. 414–426, 2017.

LITMAN, Todd. **Evaluating Accessibility for Transport Planning: Measuring People's Ability to Reach Desired Services and Activities**. Victoria: Victoria Transport Policy Institute, 2021. Disponível em: <https://www.vtpi.org/access.pdf>.

LIU, Suxia; ZHU, Xuan. Accessibility Analyst: An Integrated GIS Tool for Accessibility Analysis in Urban Transportation Planning. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 31, n. 1, p. 105–124, 2004.

LONGLEY, Paul A. *et al.* **Sistemas e ciência da informação geográfica**. Tradução: André Schneider *et al.* 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

LYNCH, Kevin. **A Imagem da Cidade**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 3. ed. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2018.

MACHADO, Adriana Alexandria; CAMBOIM, Silvana Philippi. Mapeamento colaborativo como fonte de dados para o planejamento urbano: desafios e potencialidades. **urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana**, [s. l.], v. 11, p. e20180142, 2019.

MANHÃES, Viviane Rangel Ribeiro. “**Cidades dentro da cidade**”? **A expansão dos condomínios horizontais fechados em Campos dos Goytacazes**. 2017. 130 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Planejamento Regional e Gestão de Cidades) - Universidade Candido Mendes - Campos, Campos dos Goytacazes, RJ, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/202127>.

MARCHETTI, C. Anthropological invariants in travel behavior. **Technological Forecasting and Social Change**, [s. l.], v. 47, n. 1, p. 75–88, 1994.

MARICATO, Ermínia. O automóvel e a cidade. **Ciência&Ambiente**, Santa Maria, RS, v. 37, p. 1–10, 2008.

MARICATO, Ermínia. **Para entender a crise urbana**. 1. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2015.

MARSHALL, Stephen *et al.* Street Network Studies: from Networks to Models and their Representations. **Networks and Spatial Economics**, [s. l.], v. 18, n. 3, p. 735–749, 2018.

MARSHALL, Stephen. **Streets & patterns**. 1st. ed. London ; New York: Spon, 2005.

MARTINS, Gilberto de Andrade; THEÓPHILO, Carlos Renato. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas, 2007.

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infra-estrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro, 2005.

MCNALLY, Michael G. The Four Step Model. *In*: HENSHER, David A.; BUTTON, Kenneth (ed.). **Transport Geography and Spatial Systems**. 2. ed. Kidlington, UK: Pergamon/Elsevier Science, 2007. (Handbook in Transport).

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de. **Urbis Brasiliae ou sobre cidades no Brasil: inserindo assentamentos urbanos do país em investigações configuracionais comparativas**. 2006. 519 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188471>.

MEDEIROS, Valério Augusto Soares de; BARROS, Ana Paula Borba Gonçalves. Centralidades e sintaxe espacial: variáveis para compreender a acessibilidade urbana. *In*: KNEIB, Erika Cristine (org.). **Projeto e cidade: centralidades e mobilidade urbana**. Goiânia: Gráfica UFG, 2014.

MORALES, Jose *et al.* Mapping Urban Accessibility in Data Scarce Contexts Using Space Syntax and Location-Based Methods. **Applied Spatial Analysis and Policy**, [s. l.], v. 12, n. 2, p. 205–228, 2019.

MORANDI, Maria Isabel Wolf; CAMARGO. Revisão Sistemática de Literatura. *In*: DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTÚNES JÚNIOR, José Antonio Valle (org.). **Design science research : método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

MOURA, Ana Clara Mourão. **Geoprocessamento na gestão e planejamento urbano**. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2014.

NACTO, National Association of City Transportation Officials. **Guia global de desenho de ruas**. 1. ed. São Paulo: Senac São Paulo, 2018.

O'KELLY, M.E. Spatial Interaction Models. *In*: INTERNATIONAL ENCYCLOPEDIA OF HUMAN GEOGRAPHY. [S. l.]: Elsevier, 2009. p. 365–368. *E-book*. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080449104005290>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, ONU. **A/RES/71/256 - Nova Agenda Urbana – Português – 2019**. [S. l.]: ONU, 2019. Disponível em: <http://habitat3.org/wp-content/uploads/NUA-Portuguese-Brazil.pdf>.

PELOTAS. **Decreto nº 6.209, de 19 de setembro de 2019**. Institui o Plano de Mobilidade Urbana Sustentável do Município de Pelotas. Pelotas, RS, 2019.

PELOTAS. **Lei nº 5.502, de 11 de setembro de 2008**. Institui o Plano Diretor Municipal e estabelece as diretrizes e proposições de ordenamento e desenvolvimento territorial no Município de Pelotas, e dá outras providências. Pelotas, RS, 2008.

PELOTAS. **Relatório do Inventário da Mobilidade Urbana de Pelotas**. Pelotas, RS: [s. n.], 2018. Disponível em: [http://www.pelotas.com.br/storage/plano-mobilidade/2020/Relat%C3%B3rio%20do%20Invent%C3%A1rio%20da%20Mobilidade%20Urbana%20\(novembro%20de%202018\).pdf](http://www.pelotas.com.br/storage/plano-mobilidade/2020/Relat%C3%B3rio%20do%20Invent%C3%A1rio%20da%20Mobilidade%20Urbana%20(novembro%20de%202018).pdf).

PENN, A *et al.* Configurational modelling of urban movement networks. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 25, n. 1, p. 59–84, 1998.

PEREIRA, Rafael *et al.* **A mobilidade urbana no Brasil. Comunicados do Ipea Nº 94**. [S. l.: s. n.], 2011.

PEREIRA, Rafael H. M. *et al.* **Desigualdades socioespaciais de acesso a oportunidades nas cidades brasileiras - 2019**. [S. l.]: IPEA, 2020.

PEREIRA, Rafael H. M. *et al.* O Uso da Sintaxe Espacial na Análise do Desempenho do Transporte Urbano: Limites e Potencialidades. **Texto para Discussão IPEA**, [s. l.], v. 1630, 2011. Disponível em: https://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/TDs/td_1630.pdf.

PEREIRA, Rafael H. M.; SCHWANEN, Tim; BANISTER, David. Distributive justice and equity in transportation. **Transport Reviews**, [s. l.], v. 37, n. 2, p. 170–191, 2017.

PEZESHKNEJAD, P.; MONAJEM, S.; MOZAFARI, H. Evaluating sustainability and land use integration of BRT stations via extended node place model, an application on BRT stations of Tehran. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 82, 2020.

PIANUCCI, Marcela Navarro; SEGANTINE, Paulo César Lima; HIROSUE, Fernando Hideki. Transporte público urbano e qualidade de vida: análise da acessibilidade através da distância real de caminhada do usuário de ônibus. **Revista dos Transportes Públicos**, [s. l.], v. 41, n. 1, p. 37–49, 2019.

PORTUGAL, Licínio da Silva; MELLO, Andréa Justino Ribeiro. Um panorama inicial sobre transporte, mobilidade, acessibilidade e desenvolvimento urbano. *In*: TRANSPORTE, MOBILIDADE E DESENVOLVIMENTO URBANO. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2017. p. 1–18.

RODRIGUE, Jean-Paul. **The Geography of Transport Systems**. 5. ed. Fifth edition. | Abingdon, Oxon; New York, NY: Routledge, 2020.: Routledge, 2020. *E-book*. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/9781000061468>.

ROKEM, Jonathan; VAUGHAN, Laura. Geographies of ethnic segregation in Stockholm: The role of mobility and co-presence in shaping the ‘diverse’ city. **Urban Studies**, [s. l.], v. 56, n. 12, p. 2426–2446, 2019.

ROKEM, Jonathan; VAUGHAN, Laura. Segregation, mobility and encounters in Jerusalem: The role of public transport infrastructure in connecting the ‘divided city’. **Urban Studies**, [s. l.], v. 55, n. 15, p. 3454–3473, 2018.

SANTOS, Carlos Nelson F. dos. **A cidade como um jogo de cartas**. São Paulo: Projeto Editores, 1988.

SANTOS, Milton. **A urbanização brasileira**. 5. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. (Coleção Milton Santos, v. 6).

SANTOS, Douglas Parreira; FERREIRA, Idelvone Mendes. A Segregação Espacial e Residencial na Cidade Contemporânea. *In*: NEVES, Adriana Freitas *et al.* **Estudos Interdisciplinares em Ciências Ambientais, Território e Movimentos Sociais**. 1. ed. [S. l.]: Editora Blucher, 2016. p. 175–189. *E-book*. Disponível em: <http://openaccess.blucher.com.br/article-details/a-segregacao-espacial-e-residencial-na-cidade-contemporanea-19953>.

SCHWANDER, Christian. NETWORK ANALYSIS APPLIED: the railway network in South East England. *In*: , 2007, Istanbul. **Proceedings - 6th International Space Syntax Symposium, SSS 2007**. Istanbul: [s. n.], 2007. p. 076.1-076–18.

SHELLER, Mimi. Theorising mobility justice. **Tempo Social**, [s. l.], v. 30, n. 2, p. 17–34, 2018.

SHELLER, Mimi; URRY, John. The New Mobilities Paradigm. **Environment and Planning A: Economy and Space**, [s. l.], v. 38, n. 2, p. 207–226, 2006.

SILVA, Antônio Néelson Rodrigues da; RAMOS, Rui António Rodrigues; RODRIGUES, Daniel Souto (org.). **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes**. São Carlos: Edufscar, 2008.

SILVEIRA, Márcio Rogério; COCCO, Rodrigo Giraldo. Transporte público, mobilidade e planejamento urbano: contradições essenciais. **Estudos Avançados**, [s. l.], v. 27, n. 79, p. 41–53, 2013.

SPECK, Jeff. **Cidade caminhável**. Tradução: Anita Di Marco; Anita Natividade. 1. ed. São Paulo: Perspectiva, 2016.

SUMMERS, Lucia; JOHNSON, Shane D. Does the Configuration of the Street Network Influence Where Outdoor Serious Violence Takes Place? Using Space Syntax to Test Crime Pattern Theory. **Journal of Quantitative Criminology**, [s. l.], v. 33, n. 2, p. 397–420, 2017.

TALAVERA-GARCÍA, Rubén; VALENZUELA-MONTES, Luis M. La accesibilidad peatonal en la integración espacial de las paradas de transporte público. **Revista Bitácora Urbano Territorial**, [s. l.], v. 21, p. 97–109, 2012.

TAPLIN, John HE; SUN, Yuchao. Optimizing bus stop locations for walking access: Stops-first design of a feeder route to enhance a residential plan. **Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science**, [s. l.], v. 47, n. 7, p. 1237–1259, 2020.

TORRENS, Paul M. **How land-use transportation models work. Paper 20**. London: CASA - Centre for Advanced Spatial Analysis, 2000. Disponível em: <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/1365/>.

TRIBUNAL DE CONTAS DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, TCE. **Diagnóstico do transporte coletivo urbano por ônibus no estado do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: TCE, 2019. Disponível em: http://portal.tce.rs.gov.br/portal/page/portal/noticias_internet/textos_diversos_pente_fino/Diagn%F3stico%20Transporte%20Coletivo%202019_FINAL_revisado.pdf.

TURNER, Alasdair. Angular Analysis. *In*: 3RD INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON SPACE SYNTAX, 2001, Georgia Institute of Technology: GA. **Proceedings of the 3rd International Symposium on Space Syntax**. Georgia Institute of Technology: GA.: [s. n.], 2001. p. 1–11.

TURNER, Alasdair. From Axial to Road-Centre Lines: A New Representation for Space Syntax and a New Model of Route Choice for Transport Network Analysis. **Environment and Planning B: Planning and Design**, [s. l.], v. 34, n. 3, p. 539–555, 2007.

UBER. **H3**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://h3geo.org>.

VAEZ, S.; BURKE, M.; ALIZADEH, T. Relationship between spatial configuration and ferry, bus and railway patronage in Brisbane CBD. *In:* , 2017. **ATRF 2017 - Australasian Transport Research Forum 2017, Proceedings**. [S. l.: s. n.], 2017.

VARGAS, Francisco León Rodríguez. **Uma abordagem conjunta da configuração espacial, transporte e uso do solo : estudo de caso : plano diretor da área central de Manáguas**. 2001. 169 f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/89795>.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Circular é preciso, viver não é preciso: a história do trânsito na cidade de São Paulo**. 1a. ed. São Paulo, SP, Brasil: Annablume : FAPESP, 1999.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Políticas de transporte no Brasil: a construção da mobilidade excludente**. 1. ed. Barueri, SP: Manole, 2013.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcantara de. **Transporte e meio ambiente: conceitos e informações para análise de impactos**. 1. ed. São Paulo: Annablume, 2006.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcântara de. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: FAPESP, 2001.

VASCONCELLOS, Eduardo Alcantara. Urban transport policies in Brazil: The creation of a discriminatory mobility system. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 67, p. 85–91, 2018.

VASCONCELOS, Eduardo Alcântara de. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. 3. ed., atualizadaed. São Paulo: Annablume, 2000.

VERLINGHIERI, Ersilia; SCHWANEN, Tim. Transport and mobility justice: Evolving discussions. **Journal of Transport Geography**, [s. l.], v. 87, p. 102798, 2020.

VILLAÇA, Flávio. **Espaço intra-urbano no Brasil**. São Paulo, SP: Studio Nobel, 1998.

WALL, Ed; WATERMAN, Tim. **Desenho Urbano**. Tradução: Alexandre Salvaterra. Porto Alegre: Bookman, 2012.

WEGENER, Michael. Overview of Land-use Transport Models. *In:* HENSHER, David A.; BUTTON, Kenneth (ed.). **Transport Geography and Spatial Systems**. Kidlington, UK: Pergamon/Elsevier Science, 2004. (Handbook in Transport, v. Handbook 5). p. 127–146.

ZAMPIERI, Fábio Lúcio. Desenho Urbano e Movimento. *In:* VIEIRA, Marcos Sardá; MENEZES, Fernanda (org.). **O futuro da cidade: Florianópolis**. Palhoça, SC: Editora Unisul, 2013. p. 33–49.

ZAMPIERI, Fábio Lúcio Lopes. **Modelo estimativo de movimento de pedestres baseado em Sintaxe Espacial, medidas de desempenho e redes neurais artificiais**. 2006. 274 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/8717>.

ZAMPIERI, Fábio Lúcio Lopes. **O fenômeno social do movimento de pedestres em centros urbanos**. 2012. 918 f. Tese (Doutorado em Planejamento Urbano e Regional) - Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/188471>.

ZHAN, Q.; ZHOU, J.; XIAO, Y. Applying space syntax in large polycentric city: - Case study in Wuhan, China. *In:* , 2009. **2009 17th International Conference on Geoinformatics, Geoinformatics 2009**. [S. l.: s. n.], 2009.

ZHANG, H.-Y.; HU, B.-S. Space syntax and time distance based analysis on the influences of the subways to the public traffic accessibility in Nanchang city. *In:* , 2018. **ICNC-FSKD 2017 - 13th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery**. [S. l.: s. n.], 2018. p. 2504–2511.

APÊNDICE A – REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Para auxiliar na construção do referencial teórico, montou-se um protocolo para revisão sistemática de literatura (RSL) conforme sugestão de Morandi e Camargo (2015, p. 155) (Quadro A.1), de modo a realizar consultas em bases de dados. Por meio deste protocolo, que considera as etapas mais comuns de uma RSL, procederam-se as buscas ao estado da arte relacionado à pesquisa.

Quadro A.1 – Protocolo para a revisão sistemática de literatura.

PARÂMETRO	DESCRIÇÃO
FRAMEWORK CONCEITUAL	Contextualizar e compreender a problemática do acesso ao transporte público urbano sob a perspectiva dos deslocamentos dos usuários e da configuração espacial da cidade.
CONTEXTO	Análise da acessibilidade aos usuários através de parâmetros objetivos relacionados à distribuição espacial das paradas do transporte coletivo na cidade de Pelotas/RS.
HORIZONTE	Estudos publicados a partir dos anos 2000.
CORRENTES TEÓRICAS	Análises espaciais baseadas na abordagem da Sintaxe Espacial.
IDIOMAS	Português; Inglês; Espanhol.
QUESTÕES DE REVISÃO	Questões de pesquisa.
ESTRATÉGIA DE REVISÃO	Agregativa. ⁵⁷
CRITÉRIOS DE BUSCA	Critérios de inclusão: parâmetros objetivos; transporte público urbano.
	Critérios de exclusão: parâmetros subjetivos.
TERMOS DE BUSCA	(Acessibilidade OR Accessibility) AND (“Transporte Público” OR “Public Transport” OR “Ônibus” OR “Bus”) AND (“Sintaxe Espacial” OR “Space Syntax”)

Fonte: Baseado em Morandi e Camargo (2015).

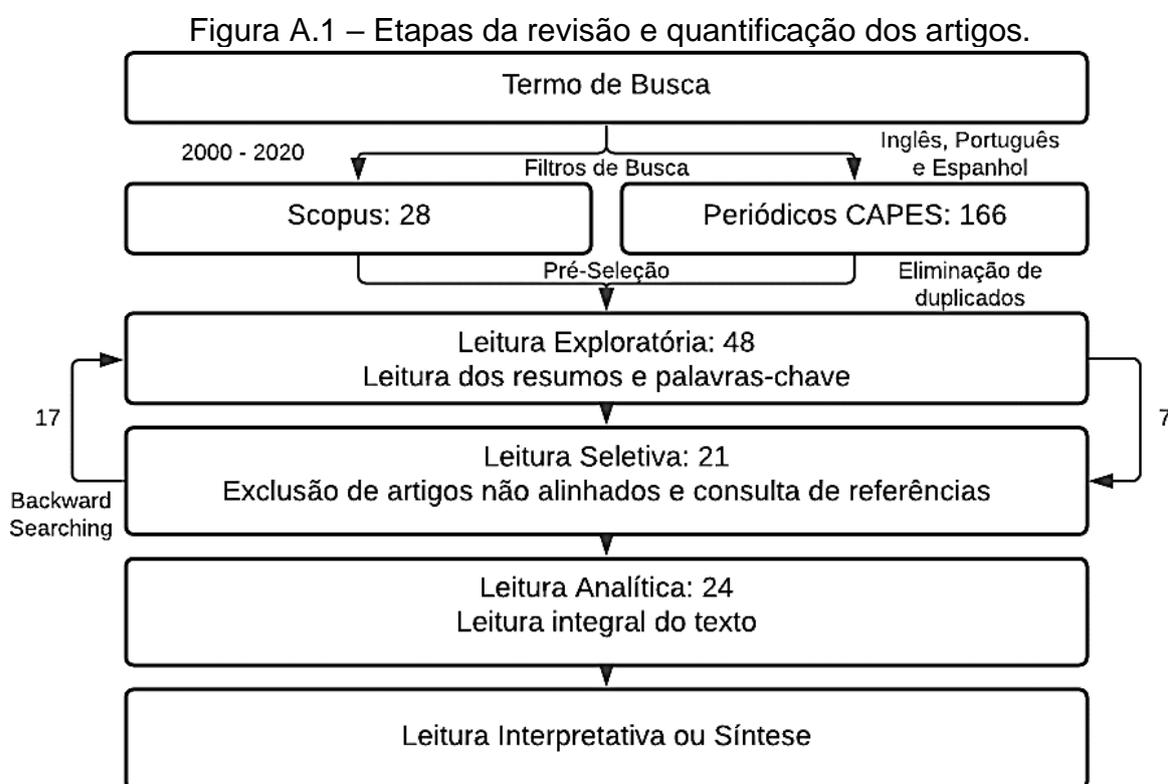
Gil (2018) atribui a esse processo a denominação de pesquisa bibliográfica. O autor indica a existência de uma série de etapas a serem desenvolvidas ao longo da construção dos projetos de pesquisa e discorre sobre as etapas necessárias, as quais são: i) escolha do tema; ii) levantamento bibliográfico preliminar; iii) formulação do

⁵⁷ Caracteriza-se por possuir questões fechadas que focam em tópicos específicos e codificação categórica, conduzindo a revisões com menor amplitude.

problema; iv) elaboração do plano provisório de assunto; v) busca de fontes; vi) leitura do material; vii) fichamento; viii) organização lógica do assunto, e; ix) redação do texto.

A importância da RSL se deve por criar uma visão ampla a partir dos estudos realizados na área de interesse, servindo de base para as interpretações dos resultados da pesquisa. Por isso, para haver consistência no processo de revisão, são necessárias estratégias para busca de fontes, as quais envolvem elevada quantidade de informações a serem gerenciadas. Na criação de uma estratégia de busca são consideradas extensões que envolvem os termos, fontes e critérios de inclusão e exclusão, além da aplicação de estratégias que minimizam a possibilidade de ocorrência de viés (MORANDI; CAMARGO, 2015).

Em relação às bases de dados, foram escolhidas a Periódicos da Capes e a Scopus da Elsevier, com representação nacional e internacional, respectivamente. Desse modo, as consultas ocorreram a partir dos termos de busca (palavra exata, palavra truncada ou expressão exata) e de alguns dos operadores booleanos (AND, OR ou NOT).



Posteriormente às buscas, foram definidos quais materiais integrariam a pesquisa. Esse processo ocorre através da avaliação dos materiais encontrados, de modo a identificar os estudos relevantes à pesquisa e encontrar as respostas para as questões de revisão, através da elegibilidade e codificação (MORANDI; CAMARGO, 2015). Para a leitura dos materiais é estabelecida a classificação de acordo com os tipos de leitura: exploratória, seletiva, analítica e interpretativa (GIL, 2018).

A leitura exploratória é uma etapa preliminar de leitura, a qual permite ao pesquisador separar os estudos que poderão ser aproveitados no seu trabalho e em que medida cada obra consultada interessa à pesquisa. Geralmente, a leitura do resumo é suficiente. Na sequência, prossegue-se para a seleção dos materiais que são de interesse e serão alvo de reconhecimento como solução para o problema de pesquisa, compreendendo a leitura seletiva. Nesta etapa, são examinados alguns elementos do corpo do texto, a exemplo de tabelas, gráficos e ilustrações, bem como as seções do texto, leitura de alguns parágrafos e inspeção rápida das conclusões. A leitura analítica segue o fluxo de revisão bibliográfica ao realizar a consulta integral do texto, a identificação das ideias-chave, a hierarquização das ideias e a sintetização. Por fim, a partir da síntese das ideias e da incorporação do que é primário ao estudo, a leitura interpretativa busca relacionar o que o autor afirma com o problema para o qual se propõe uma solução, mediante sua conexão com outros conhecimentos.

Com o avançar de cada um destes tipos de leitura, os materiais são codificados como incluídos ou excluídos, verificando-se aqueles que serão mais úteis à revisão bibliográfica. No caso dos excluídos, estes são arquivados e podem passar a ser úteis com o desenvolver da pesquisa em decorrência de alterações. Desta maneira, é importante que se descrevam os procedimentos de inclusão ou exclusão adotados na revisão sistemática para diminuir o viés da pesquisa e torná-la mais fidedigna.

Para existir um maior número de leituras na RSL, foram incluídos artigos de *Backward Searching*, conforme visto na Figura A.1. Desse modo, foram adicionadas algumas das referências identificadas nas citações dos artigos previamente selecionados. Por fim, chegou-se à construção do Quadro A.2 com os estudos incluídos na leitura de síntese e destaque àqueles considerados como primários à pesquisa.

Quadro A.2 – Artigos inseridos na leitura de síntese com destaque aos estudos considerados como primários ^(PRI).

ANO	TÍTULO	AUTORES	PERIÓDICO/ ANAIS	CITAÇÕES
2005	Configurational Exploration of Public Transport Movement Networks: A Case Study, The London Underground	Chiaradia <i>et al.</i>	Space Syntax Symposium	16
2007	An alternative measure of public transport accessibility based on space syntax	Jun <i>et al.</i>	Advances in Hybrid Information Technology	4
2007	Network Analysis Applied: the railway network in South East England	Schwander	Space Syntax Symposium	3
2012	Pedestrian accessibility in the spatial integration of public transport stops ^(PRI)	Talavera-García e Valenzuela-Montes	Bitacora Urbano Territorial	6
2012	Towards a Multimodal Space Syntax Analysis a Case Study of the London Street and Underground Network ^(PRI)	Law <i>et al.</i>	Space Syntax Symposium	27
2014	Analysing the Configuration of Multimodal Urban Networks ^(PRI)	Gil	Geographical Analysis	25
2015	The spatial character of London's railway terminus neighbourhoods	Bolton	Space Syntax Symposium	1
2017	Land Use and Transport Mode choices: Space Syntax Analysis of American Cities	Berhie e Haq	Enquiry The ARCC Journal for Architectural Research	1
2017	Segregation, mobility and encounters in Jerusalem: The role of public transport infrastructure in connecting the 'divided city' ^(PRI)	Rokem e Vaughan	Urban Studies	14
2018	Geographies of ethnic segregation in Stockholm: The role of mobility and co-presence in shaping the 'diverse' city ^(PRI)	Rokem e Vaughan	Urban Studies	3
2020	Avaliação da modificação na configuração espacial de Canoas/RS com o projeto de implantação de linhas de aeromóvel	Balestro e Zampieri	Projetar	-
2020	Evaluating sustainability and land use integration of BRT stations via extended node place model, an application on BRT stations of Tehran ^(PRI)	Pezeshknejad <i>et al.</i>	Journal of Transport Geography	3

Fonte: Autor. Citações coletadas em maio de 2021.