

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL – UFRGS

FACULDADE DE ARQUITETURA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO URBANO E REGIONAL – PROPUR

Efeitos configuracionais do sistema de transporte público:  
a extensão do Trensurb até Novo Hamburgo, RS

Laís Corteletti

Orientadora: Dra. Clarice Maraschin

Porto Alegre, agosto de 2015.

Lais Corteletti

Efeitos configuracionais do sistema de transporte público:  
a extensão do Trensurb até Novo Hamburgo, RS

DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA  
AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
PLANEJAMENTO URBANO DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL, COMO  
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE  
MESTRE EM PLANEJAMENTO URBANO E  
REGIONAL

Orientadora: Dra. Clarice Maraschin

Porto Alegre, agosto de 2015.

CIP - Catalogação na Publicação

Corteletti, Laís

Efeitos configuracionais do sistema de transporte público: a extensão do Trensurb até Novo Hamburgo, RS / Laís Corteletti. -- 2015.

107 f.

Orientadora: Clarice Maraschin.

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, 2015.

1. configuração urbana. 2. sistema de transporte público. 3. efeitos urbanos. 4. indicadores de desempenho. I. Maraschin, Clarice, orient. II. Título.

“A vida de uma pessoa consiste num conjunto de acontecimentos no qual o último poderia mesmo mudar o sentido de todo o conjunto, não porque conte mais do que os precedentes, mas porque, uma vez incluídos na vida, os acontecimentos dispõem-se segundo uma ordem que não é cronológica mas que corresponde a uma arquitetura interna.”

Ítalo Calvino  
ii

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pela oportunidade de estudos e utilização de suas instalações e, acima de tudo, pelas enriquecedoras experiências proporcionadas durante o Curso de Mestrado, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro à execução desta pesquisa.

A minha orientadora, Dra. Clarice Maraschin, por todo o empenho, dedicação e paciência na difícil tarefa de fazer uma desenhista escrever.

Aos colegas do Programa de Pós-graduação em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR) que me acompanharam ao longo dessa jornada. Em especial, à Fernanda Giacomel da Costa e ao Fernando dos Santos Calvetti pelas ajudas no *software* de georrefereciamento e palavras de incentivo. Ao Me. Leonardo da Silva e Lima que, mesmo distante, fez-se presente, e à Me. Bárbara Maria Giacom Ribeiro, que foi muito mais do que uma colega, tornou-se uma amiga, para mim, quase irmã. Exemplo de pessoa iluminada que dá, sem nada receber em troca.

Ao Tiago Domingos Corteletti, pelo incentivo que me fez inscrever-me no mestrado e por acreditar no meu potencial mais do que eu mesma.

A minha querida tia e madrinha, Dra. Marlene Branca Sóló, pela revisão do trabalho.

Aos meus pais, Maria e Lino, por me ensinaram que a maior herança que se pode deixar para um filho é o conhecimento.

A todos aqueles que, de uma forma ou de outra, contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho.

## RESUMO

A crescente demanda por movimentação de pessoas e mercadorias nas cidades contemporâneas vem exigindo das administrações públicas investimentos em sistemas de circulação coletiva de alta capacidade (trens, metrô, etc.). Do ponto de vista espacial, a implantação desses sistemas no interior das cidades pode causar efeitos, como, por exemplo, mudanças na acessibilidade, no uso do solo e nos fluxos entre as regiões. Pode haver valorização ou desvalorização de determinadas áreas, induzindo à ocupação e ao adensamento de certas zonas, até mesmo, promovendo o surgimento de novas centralidades. Esses efeitos são sistêmicos e de difícil avaliação e antecipação. O objetivo desta pesquisa é analisar e descrever os efeitos causados pela implantação de um sistema coletivo de circulação na configuração das cidades. A abordagem adotada pelo trabalho é a da configuração urbana, ou seja, a cidade é tratada como um sistema de espaços inter-relacionados, por sua vez, articulados a um sistema de movimento, uso do solo e centralidades. Toma-se como estudo empírico a implantação do Trensurb (trem metropolitano) na cidade de Novo Hamburgo, RS, ocorrida em 2014. O trabalho aborda o efeito do Trensurb sobre a acessibilidade, a centralidade e a estrutura de centros locais. Também explora o desempenho espacial da localização das estações do Trensurb em termos de sua eficiência na captura de usuários, avaliando a distribuição da oportunidade espacial de acesso ao trem. Por fim, verifica como se alteram as vantagens locais para oferta de serviços na cidade, após a implantação do trem. A metodologia utiliza técnicas e modelos desenvolvidos no campo dos sistemas configuracionais urbanos, tendo como referência dois cenários de análise: com e sem a presença do Trensurb. Os resultados permitem uma discussão quantitativa e qualitativa das principais alterações detectadas e reafirmam a importância desse tipo de abordagem para contribuir com a compreensão de problemas urbanos complexos.

Palavras-chave: configuração urbana, sistema de transporte público, efeitos urbanos.

## ABSTRACT

### CONFIGURATIONAL EFFECTS OF CIRCULATION SYSTEMS: THE TRENSURB EXPANSION TO THE CITY OF NOVO HAMBURGO, RS, BRAZIL

The increasing demand in contemporary cities for circulation of people and goods has been requiring huge government investments for more efficient high capacity collective circulation systems (e.g., trains and subways). In the spatial point of view, these systems implementation in the cities can cause different impacts such as accessibility, land use and regional flows changes. Real estate appreciation or depreciation of certain areas may occur, leading to the occupation and consolidation of certain zones, and even fostering the emergence of new centralities. All these impacts are systemic and difficult to assess and anticipate. This research aims to analyze and describe the impacts caused by the implementation of a collective circulation system in the configuration of cities. The urban configuration approach is adopted, i.e., the city is addressed as an interrelated spaces system, which hinges a circulation system, land use and centrality. As empirical study, the city of Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, Brazil, has been chosen, where a metropolitan train, Trensurb, has been implemented in 2014. This study discusses the impact caused by Trensurb on urban accessibility and centrality and over the structure of local centers. It also exploits the spatial performance of the location of Trensurb stations in terms of their efficiency in achieving users and evaluates the distribution of the spatial opportunity of train access. Finally, this study verifies how the locational advantages for service offering change within the city, after the implementation of the new train. The methodology is based on models and techniques developed in the field of urban configurational systems, with reference to two scenarios analyses: with and without the presence of Trensurb. The results enable to quantitatively and qualitatively discuss the main changes detected in the system and to reaffirm the relevance of this approach to contribute to the understanding of complex urban problems.

Keywords: urban configuration, circulation systems, urban effects.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1-1 – Mapa e trecho de mapa de 1948, marcando o traçado da ferrovia até o município de Taquara. Em tracejado vermelho, a implantação do trem em 1876. Fonte: Giesbrecht (2013). .....3
- Figura 2-1 – Esquema dos papéis da rua. Adaptado de Marshall (2005). ..... 11
- Figura 2-2 – Esquema da relação entre sistema de transporte público e estrutura urbana. Adaptado de Portugal e Goldener (2003). ..... 13
- Figura 2-3 – Esquema gráfico da Teoria do Lugar Central de Walter Christaller. Núcleos A, maiores distâncias a percorrer, exemplificando compras sazonais; Núcleos B, intermediários e Núcleos C, menores distâncias, para compras diárias. Fonte: Walter Christaller: Teoria do Lugar Central, 2014. .... 18
- Figura 2-4 – Esquema gráfico do Padrão Geral dos Valores da Terra Urbana, baseado no estudo empírico de Chicago, antes da suburbanização. Fonte: Chorley e Hagget (1971, p. 261). ..... 19
- Figura 3-1 – A cidade real e a sua representação por trechos. Adaptado de Krafta (2014). ..... 36
- Figura 4-1 – Ilustração dos limites de abrangência da área de estudo. Em vermelho: limite político do município de Novo Hamburgo; em azul: área conurbada com o município de Estância Velha; em verde: área conurbada com o município de São Leopoldo e em cinza: área conurbada com o município de Campo Bom. Fonte: elaboração própria a partir de imagem *Google-Maps*. Acesso em 13.mai.2014. .... 37
- Figura 4-2 – À esquerda representação por trechos do município de Novo Hamburgo, à direita, esquema ampliado da linha do Trensurb. Fonte: elaboração própria. .... 39
- Figura 4-3 – Representação do estudo de caso. À esquerda *Basemap* "World Street Map" e à direita representação do sistema viário por trechos (em azul) e linha do Trensurb (em vermelho), localizadas em arquivos vetoriais distintos. Fonte: Elaboração própria. .... 40
- Figura 4-4 – Representação dos caminhos mínimos. Em verde, menor caminho a partir do método topológico: com uma mudança de direção e maior distância métrica. Em

laranja, menor caminho a partir do método geométrico: com duas mudanças de direção e menor distância métrica. Fonte: elaboração própria. ....	41
Figura 4-5 – Diagrama de procedimentos do método de georreferenciamento de dados de uso do solo. Fonte: Leite (2013). ....	44
Figura 4-6 – Ofertas para consumo e emprego localizados no município de Novo Hamburgo (pontos vermelhos) apresentados sobre a base de trechos de via. Na esquerda, ampliação de um trecho do mapa. Fonte: elaboração própria.....	45
Figura 4-7 – Diagrama da aplicação dos modelos configuracionais (Etapas 4 a 7). Fonte: Elaboração própria.....	47
Figura 5-1 – A área de estudo abrange a zona urbana de Novo Hamburgo, que se localiza na porção norte da RMPA. Fonte: elaboração própria a partir de Mammarella (2006). ....	48
Figura 5-2 – Mapa do sistema viário principal de Novo Hamburgo. À direita esquema do posicionamento das estações do Trensurb e à esquerda, mapa da zona urbana do município: em linha tracejada verde as rodovias, em linha cinza as ruas que formam o sistema viário principal e em linha tracejada vermelha a linha aérea do Trensurb. Círculo azul claro representa a posição do centro principal da cidade. Fonte: elaboração própria a partir de imagem <i>Google-Maps</i> , acessada em Junho de 2015.	49
Figura 5-3 – Esquema de distribuição das estações em seus respectivos municípios. A linha em laranja marca a extensão do Trensurb, implantada em 2014. Fonte: elaboração própria.....	50
Figura 5-4 – Imagens das instalações do Trensurb no município de Novo Hamburgo: a) ponte rodoviária sobre o Rio dos Sinos; b) melhoramento hidrodinâmico do Arroio Luiz Rau; c) Estação Industrial; d) Estação Novo Hamburgo; e) plataforma de embarque da Estação Industrial; e f) Estação Fenac, junto à Rodoviária do município. Fonte: <a href="http://www.trensurb.gov.br">http://www.trensurb.gov.br</a> . Acesso em 3.mar.2015. ....	51
Figura 5-5 – Mapas de Acessibilidade Global (raio $n$ ) – do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os maiores valores de acessibilidade estão representadas na cor vermelha. Os círculos em cinza são raios em torno das estações do Trensurb. Fonte: Elaboração própria. ....	54

Figura 5-6 – Gráficos de Acessibilidade Global (raio  $n$ ), considerando o sistema completo. O gráfico superior está ordenado de maneira decrescente pela curva do Cenário-1. O gráfico inferior ordena os trechos de ambos os cenários, na ordem decrescente. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os quatro trechos do Trensurb e seus oito vizinhos diretos. Fonte: elaboração própria..... 55

Figura 5-7 – Gráficos de Acessibilidade Global (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios. O gráfico superior ordena os trechos, de ambos os cenários, na ordem decrescente. O gráfico inferior ordena os trechos do Cenário-1 na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os oito vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria. .... 57

Figura 5-8 – Mapas de Centralidade Ponderada (raio  $n$ ): do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os maiores valores de centralidade ponderada estão representadas na cor vermelha. Os círculos em cinza são raios em torno das estações do Trensurb. Fonte: elaboração própria..... 60

Figura 5-9 – Gráficos de Centralidade Ponderada (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios de cada estação. O gráfico superior está ordenado de maneira decrescente pela curva do Cenário-1. O gráfico inferior ordena os trechos de ambos os cenários, na ordem decrescente. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os oito vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria. 61

Figura 5-10 – Gráfico de Centralidade Global (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios de cada estação. O gráfico ordena os trechos do Cenário-1, na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja, o Cenário-2, e em preto, os oito trechos vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria..... 61

Figura 5-11 – Mapas de núcleos Centralidade Ponderada (raio 4): do Cenário-1 e do Cenário-2. Os pontos em cinza são as localizações das estações. Os núcleos 1-Centro, 2-Nações, 9-Santo Afonso e 23-Fenac, no Cenário-2, abarcam os trechos do Trensurb. Fonte: elaboração própria. .... 65

Figura 5-12 – Mapa de Oportunidade de acesso às estações. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria. .... 71

Figura 5-13 – Mapa de Oportunidade de acesso às estações da zona central da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos

representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria. .... 72

Figura 5-14 – Mapa de Oportunidade de acesso às estações da zona leste da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria..... 73

Figura 5-15 – Mapa de Oportunidade Espacial às estações da zona oeste da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria..... 74

Figura 5-16 – Mapa de Oportunidade Espacial às estações da zona sul da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria..... 75

Figura 5-17 – Mapa de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria..... 76

Figura 5-18 – Mapas de Potencial: do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os 25% maiores valores de Potencial estão representadas no gradiente vermelho e com linha mais espessa. Os pontos pretos representam a posição das estações. Fonte: elaboração própria..... 79

Figura 5-19 – Mapas de perdas e ganhos de Potencial. À esquerda, apresentam-se os trechos que mais perderam valor na medida de Potencial, à direita, apresentam-se os trechos que mais ganharam valor na medida de Potencial. Os pontos pretos representam a posição das estações. Fonte: elaboração própria..... 81

Figura 5-20 – Gráfico de Potencial, considerando os trechos dentro dos raios das estações. O gráfico ordena os trechos do Cenário-1, na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja, o Cenário-2 e, em preto, os oito vizinhos diretos do trem. Fonte: elaboração própria..... 82

## LISTA DE QUADROS

Quadro 2-1 – Modelos configuracionais selecionados para a aplicação e os seus principais resultados. Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2014). .....	25
Quadro 3-1 – Quadro síntese das questões de pesquisa. ....	33

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1 – Distribuição dos dados de oferta e demanda nos trechos.....	39
Tabela 4-2 – Médias de passageiros transportados por estação .....	43
Tabela 5-1 – Número de passageiros do Trensurb mensais no período de março a agosto de 2014, considerando o sistema completo, com 23 estações. Fonte: elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo Trensurb.....	52
Tabela 5-2 – Valores médios de Acessibilidade Global por Estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).....	57
Tabela 5-3 – Valores médios de Centralidade Global (raio $n$ ) por estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).....	62
Tabela 5-4 – <i>Ranking</i> de núcleos de Centralidade Ponderada (raio 4), por ordem decrescente. Nas colunas “CENTR%” registra-se a percentagem que o núcleo detém em relação ao sistema completo e nas colunas “CENTR% ACUM” se faz o somatório das percentagens dos núcleos.....	66
Tabela 5-5 – Comparativo entre as estações do Trensurb a partir dos dados de número médio de passageiros transportados por mês e dos resultados da Convergência das estações.....	68
Tabela 5-6 – Valores médios do Potencial por estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).....	83

## SUMÁRIO

RESUMO .....	iv
ABSTRACT .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE QUADROS .....	x
LISTA DE TABELAS .....	xi
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1. TEMÁTICA GERAL .....	1
1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA .....	3
1.3. QUESTÃO DE PESQUISA .....	4
1.4. OBJETIVOS .....	5
1.5. JUSTIFICATIVA .....	5
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>7</b>
2.1. SISTEMA URBANO E SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO .....	7
2.1.1. Efeitos do sistema de transporte público na configuração urbana .....	10
2.2. MODELOS URBANOS .....	14
2.3. MODELOS DE ESTRUTURA ESPACIAL URBANA .....	16
2.4. MODELOS CONFIGURACIONAIS .....	21
2.4.1. Indicadores de desempenho espacial .....	22
2.4.1.1. Acessibilidade espacial .....	23
2.4.1.2. Centralidade espacial .....	24
2.4.1.3. Convergência espacial .....	24
2.4.1.4. Oportunidade espacial .....	24
2.4.1.5. Potencial .....	24
2.4.1.6. Quadro síntese dos modelos configuracionais .....	25
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
3.1. MEDIDAS CONFIGURACIONAIS .....	26
3.1.1. Acessibilidade espacial .....	26

3.1.2. Centralidade espacial.....	27
3.1.3. Convergência espacial.....	29
3.1.4. Oportunidade espacial.....	30
3.1.5. Potencial.....	31
3.2. DEFINIÇÃO DAS ANÁLISES A SEREM REALIZADAS.....	32
3.3. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA URBANO NOS MODELOS CONFIGURACIONAIS ...	33
<b>4. PREPARAÇÃO DO ESTUDO EMPÍRICO E DA MODELAGEM.....</b>	<b>37</b>
4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4.2. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA URBANO DA CIDADE DE NOVO HAMBURGO .....	38
4.3. CONSTRUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO .....	39
4.4. DADOS EMPÍRICOS UTILIZADOS: A OFERTA E A DEMANDA NOS DOIS CENÁRIOS	42
4.5. SÍNTESE DO PROCESSO METODOLÓGICO .....	46
<b>5. EFEITOS DO TRENSURB NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO .....</b>	<b>48</b>
5.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO EMPÍRICO.....	48
5.2. O TRENSURB E A ACESSIBILIDADE EM NOVO HAMBURGO .....	52
5.3. O TRENSURB E AS ALTERAÇÕES NA CENTRALIDADE .....	58
5.4. O TRENSURB E AS ALTERAÇÕES NOS CENTROS LOCAIS DE CONSUMO E EMPREGO .....	63
5.5. O DESEMPENHO ESPACIAL DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DO TRENSURB.....	68
5.5.1. A eficiência da localização das estações do Trensurb.....	68
5.5.2. Oportunidade Espacial de acesso às estações do trem.....	70
5.6. O TRENSURB E OS POTENCIAIS PARA NOVAS ÁREAS DE OFERTAS DE CONSUMO E EMPREGO .....	77
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>85</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>90</b>

# 1. INTRODUÇÃO

Este item apresenta o tema abordado, delimita e constrói o problema de pesquisa deste trabalho.

## 1.1. TEMÁTICA GERAL

O tema dessa pesquisa enfoca os efeitos de um sistema de transporte público na configuração urbana. Para Vasconcellos (2001) o sistema de transporte público se compõe de estruturas de circulação (vias, passeios ou equipamentos de apoio) com os meios de circulação (bicicletas, automóveis ou trens). Por configuração urbana entende-se a “ordenação dos espaços no sistema espacial, revelando uma estrutura que constitui a base a partir da qual a cidade se desenvolve e as pessoas interagem entre si e como o ambiente urbano” (ZECHLINSKI, 2013, p. 1).

A diversificação das atividades humanas vem crescendo substancialmente nas últimas décadas. Novos produtos e serviços surgem a cada ano e, como consequência de todas essas atividades, faz-se necessária uma série de deslocamentos, tanto de pessoas quanto de produtos e insumos. A necessidade de circular está diretamente relacionada com os lugares e os interesses das pessoas. Lugares onde as pessoas moram, estudam ou trabalham, e interesses que elas têm nas mais diversas áreas: sociais, políticas, culturais e econômicas (VANCONCELLOS, 2005). Essas necessidades individuais fazem com que as pessoas percorram curtas ou longas distâncias para realizar seus objetivos. Conforme Vasconcellos (2005), esses deslocamentos podem ocorrer de maneiras diferentes:

- por transporte privado, que são veículos usados somente pelo proprietário ou por quem ele permitir, tais como: bicicleta, motocicleta ou automóvel. Ou,
- por transporte público, que são os veículos que estão à disposição da população, mediante pagamento de tarifa, tais como: ônibus, trens e metrô, etc.

A necessidade de realização das mais diversas atividades permite que se afirme a existência de relação entre transporte e uso do solo: no solo urbano, as pessoas realizam suas atividades e produzem bens e serviços. Para se movimentar, todos, pessoas e bens utilizam sistemas de circulação (VASCONCELLOS, 2001). Também se pode afirmar que o crescimento das cidades, formando imensos conurbados urbanos (e, por consequência, aumento da aglomeração da população), faz com que as distâncias percorridas tendam a aumentar, o que acarreta problemas como longos

períodos de deslocamento, grande consumo de combustíveis fósseis e engarrafamentos.

A implantação de um sistema de transporte público eficiente vem na tentativa de suprir tais questões e torna-se necessária em função dos constantes problemas decorrentes, principalmente, do uso de veículos particulares (VASCONCELLOS, 1996). Porém, a inserção de uma linha de trem e/ou metrô em uma cidade com uma malha viária já consolidada pode ser capaz de alterar aspectos da sua dinâmica. Um novo sistema de transporte público pode alterar a acessibilidade e os fluxos; valorizar ou desvalorizar determinadas áreas, induzindo à ocupação e à densificação de certas áreas; pode deslocar o centro comercial ou, até mesmo, promover o surgimento de novas centralidades.

O sistema ferroviário influenciou a forma e a atual estrutura urbana de algumas regiões metropolitanas brasileiras, podendo ser considerado um importante fator na evolução urbana dessas cidades. Esse sistema, de estrutura linear e paradas determinadas, foi propulsor do desenvolvimento socioeconômico na influência dos seus corredores, nos bairros sede de suas estações e em torno destas (BARAT, 1978). Estudos recentes de intervenções nos sistemas de transportes (e.g., CERVERO, 2005) apontam melhorias na acessibilidade e na mobilidade das pessoas, contribuindo para melhorar a qualidade de vida delas.

A cidade de Novo Hamburgo pode ser considerada um exemplo de efeitos desencadeados após a implantação de um sistema de transporte público ferroviário. O prolongamento da antiga linha férrea Porto Alegre - São Leopoldo até Novo Hamburgo ocorreu em 1876, conforme aponta a figura 1-1. Porém, a estação final não chegou até a urbanização de Hamburg Berg (atual Hamburgo Velho), localizando-se três quilômetros antes, pois seria

o lugar ideal para receber os gêneros e produtos coloniais, ficando mais ou menos equidistante de Bom Jardim, Picada 48, Dois Irmãos, Picada Café e Mundo Novo. Era o local onde essas estradas se encontravam [...]. A estação do trem foi colocada em campo aberto longe da parte urbanizada. (PETRY *apud* GIESBRECHT, 2013, s. p.).

A continuação da ferrovia até Hamburg Berg, que seguia até o município de Taquara, ocorreu no ano de 1882. Em 1964, o trecho Novo Hamburgo – Taquara foi extinto e a estação Novo Hamburgo passou, novamente, a ser a última parada.

Esse fato foi o propulsor do deslocamento da centralidade na região, fazendo com que surgisse uma nova centralidade em torno da estação, que mais tarde foi batizada de Novo Hamburgo. Hamburgo Velho foi perdendo vitalidade, diminuindo suas características de centro e tornou-se o bairro histórico do município.

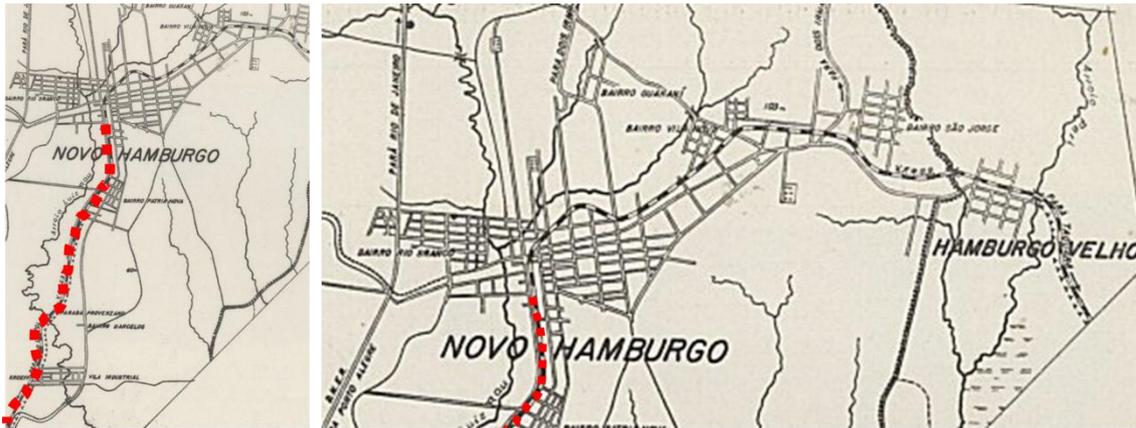


Figura 1-1 – Mapa e trecho de mapa de 1948, marcando o traçado da ferrovia até o município de Taquara. Em tracejado vermelho, a implantação do trem em 1876. Fonte: Giesbrecht (2013).

O projeto de extensão da linha 1 do trem de superfície metropolitano ao município de Novo Hamburgo é datado de 1976. Porém a chegada desse equipamento à cidade ocorreu somente no ano de 2013 e fez com que essa temática retornasse à história do município. A cidade entra novamente em uma fase de adaptação da sua estrutura urbana consolidada a um novo sistema de transporte público: o Trensurb.

## 1.2. O PROBLEMA DE PESQUISA

As cidades são consideradas um sistema complexo de elementos inter-relacionados, em que relações mantidas pelos homens entre si e mediadas pelo desenvolvimento de atividades compõem um todo dinâmico, em que o espaço urbano é o meio e o resultado das relações sociais (SOJA, 1985). Nesse sentido, o sistema de transporte público, juntamente com a forma e extensão da cidade, estão relacionados na medida em que o desenvolvimento do sistema de transporte público modifica a estrutura urbana, permitindo um novo tipo de crescimento e de expansão (SERRANO, 2002).

Portugal e Goldner (2003, p. 25) afirmam que "as alterações no sistema viário têm influência não só sobre o uso do solo, mas, também, sobre os imóveis". Então, é preciso tratar o sistema de transporte público e a forma da cidade de maneira integrada. As transformações no sistema de transporte público são capazes de contribuir para um novo tipo de crescimento e expansão das cidades. Sendo assim, ambas as temáticas precisam ser tratadas em conjunto permanentemente e a cada novo ciclo da estrutura urbana.

A partir da mecanização dos deslocamentos, emergem novas centralidades, distantes do centro. A cidade monocêntrica de origem compacta, onde todas as necessidades estão no centro e podem ser supridas percorrendo pequenas distâncias, vem sendo substituída por uma cidade com o território expandido com diversas centralidades. Quando são instalados novos sistemas de circulação, tais como linhas de trens urbanos, a cidade tende a modificar sua acessibilidade, sua centralidade e sua estrutura dos centros locais. Ocorrem processos de valorização e desvalorização simultâneos, algumas áreas se tornam próprias para moradia e se densificam, havendo também alterações locais dos pontos mais adequados para atividades de comércio e serviços da cidade.

A complexidade dos sistemas urbanos e a natureza de seus processos de transformação têm desafiado a pesquisa urbana a buscar novas abordagens que possam tratar esses fenômenos de forma adequada. Na área da modelagem urbana, diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas, abordando a cidade como um sistema complexo, formado por muitos elementos e relações, num estado fora de equilíbrio (BATTY, 2004). Segundo essa concepção, o sistema urbano é formado por uma grande quantidade de agentes tomando decisões simultâneas de localização, gerando uma dinâmica não linear. Krafft (2008) ressalta que é importante entender o aspecto configuracional da cidade e a inter-relação dos espaços, onde cada nova alteração gera mudanças sistêmicas em toda cidade.

### 1.3. QUESTÃO DE PESQUISA

Este trabalho enfoca a relação entre as transformações no sistema de transporte público e suas repercussões no meio urbano. A abordagem praticada aqui é a da configuração urbana, ou seja, a cidade é tratada como um sistema de espaços inter-relacionados, por sua vez articulado a um sistema de movimento, uso do solo e centralidades.

Pretende-se responder a seguinte questão: como a inserção de um novo sistema de transporte público pode alterar as características configuracionais das cidades?

Este trabalho busca, a partir do ponto de vista configuracional, analisar os efeitos em termos de acessibilidade, centralidade, convergência, oportunidade e potencial, a serem melhor desenvolvidos nos capítulos dois e três.

O estudo empírico desse trabalho é a implantação da extensão do trem metropolitano, o Trensurb, na cidade de Novo Hamburgo, inaugurado em 2014. Seu

traçado segue através de trilhos elevados até o centro principal e no seu percurso apresenta quatro estações. A chegada do Trensurb é um acontecimento recente na escala temporal da cidade, levando a um processo de adaptação e assimilação das possíveis alterações que esse novo sistema pode trazer para a dinâmica da cidade.

#### 1.4. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal analisar efeitos de um sistema de transporte público sobre a configuração urbana.

Os objetivos específicos para o caso de Novo Hamburgo são:

- Analisar os efeitos configuracionais do Trensurb sobre a acessibilidade, a centralidade e a estrutura de centros locais, discutindo implicações para a configuração urbana;

- Explorar o desempenho espacial da localização das estações do Trensurb em termos de sua eficiência na captura de usuários e avaliando a oportunidade espacial de acesso ao Trensurb, considerando os diferentes padrões socioeconômicos da população;

- Verificar tendências de alteração nas vantagens locacionais para oferta de serviços após a implantação do Trensurb.

#### 1.5. JUSTIFICATIVA

As temáticas da mobilidade e transporte de massa estão cada dia mais presentes no cotidiano das pessoas, tendo em vista a alta concentração da população e as grandes distâncias por percorrer para suprir as necessidades. Nas grandes cidades, diariamente, enfrentam-se engarrafamentos no trânsito, ocasionando horas improdutivas dentro dos carros na simples tentativa de se deslocar. A alternativa de transporte para um grande número de pessoas se torna indispensável, na tentativa de resolver tais problemas.

A implantação de uma estrutura de circulação como a linha de trem/metrô, porém, traz significativas mudanças para a região em que ela é implantada. Não somente uma mudança na paisagem, mas, principalmente, uma mudança nos usos do solo do entorno desse equipamento. Isso faz com que algumas regiões se potencializem, ganhando importância, enquanto outras, enfraqueçam,

desvalorizando-se. Embora haja consciência de que alterações no sistema de transporte público estejam relacionadas a muitas outras transformações urbanas, uma análise ampla desses efeitos é tarefa extremamente complexa. A cidade é um sistema relativamente grande, que considera muitas variáveis e para analisá-la adequadamente é necessário considerar a maior parte dos seus elementos e inter-relações e para isso se faz uso dos modelos urbanos.

Este trabalho visa à compreensão mais aprofundada dos efeitos que ocorrem na estrutura das cidades com a implantação desse sistema de transporte público. Pretende-se contribuir com o planejamento urbano e o planejamento de transportes no reconhecimento de efeitos de novos sistemas de circulação e suas possibilidades de gestão. O trabalho pretende trazer contribuições nos seguintes aspectos:

- Teórico-metodológico: testa e explora os indicadores de desempenho e as possíveis aplicações no planejamento das cidades;

- Teórico: estuda e demonstra as implicações possíveis da utilização de indicadores de desempenho para um planejamento urbano dinâmico, apontando possibilidades e demonstrando possíveis transformações urbanas resultantes da inserção de novos sistemas de transporte público;

- Empírico: descreve e avalia o desempenho do sistema urbano na cidade de Novo Hamburgo após a modificação do novo sistema de transporte público urbano (Trensurb).

Essa dissertação está organizada em cinco capítulos além desta introdução. No capítulo 2, apresenta-se o referencial teórico, onde são abordadas as temáticas que permeiam este trabalho; no capítulo seguinte, descreve-se a metodologia adotada para o estudo empírico. No capítulo 4, é feita a apresentação dos resultados obtidos e, no último capítulo, são expostas as considerações finais.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

O objetivo deste capítulo é estabelecer uma referência para o estudo da relação entre um sistema de transporte público e o sistema urbano. Após a apresentação desses dois conceitos, será apresentado os modelos configuracionais urbanos e suas possibilidades de análise.

### 2.1. SISTEMA URBANO E SISTEMA DE TRANSPORTE PÚBLICO

Diversas metodologias vêm sendo desenvolvidas para estudar o fenômeno urbano. Elas abordam a cidade como um sistema complexo, formado por muitos elementos e relações, num estado fora de equilíbrio (BATTY, 2005; PORTUGALI, 2000; ALLEN, 1997). Conforme citado anteriormente, o sistema urbano é formado por uma grande quantidade de agentes tomando decisões simultâneas de localização, gerando uma dinâmica não linear, abrindo caminho para muitos futuros possíveis para a forma da cidade.

Conforme já mencionado na introdução, Vasconcellos (2001) em seu livro *Transporte urbano, espaço e equidade*, sugere que o sistema de transporte público pode ser analisado em dois componentes: estruturas de circulação e meios de circulação. As infraestruturas ou **estruturas de circulação** são as vias (férreas ou carroçáveis), calçadas e terminais de embarque e desembarque. Normalmente, suas construções e operações ficam sob a responsabilidade do poder público. Os **meios de circulação** são os veículos utilizados para o deslocamento. Eles podem ser ofertados pelo poder público, pela iniciativa privada ou pelo próprio indivíduo, seja andando a pé ou em veículos particulares.

O mesmo autor aponta que a regulamentação do sistema de transporte público compreende quatro áreas: a construção das estruturas que devem atender as normas vigentes; a fabricação de veículos que também deve atender regras "relativas aos componentes físicos, suas dimensões e seus equipamentos"; a capacitação dos motoristas para operar esses veículos e, por último, o respeito às leis de trânsito, que englobam pedestres, motoristas e os veículos por eles operados (VASCONCELLOS, 2001, p. 53).

Conforme aponta Vasconcellos (1996), as mudanças de uma cidade ocorrem de fatores nas mais diversas esferas: econômicas, sociais, políticas e culturais. Essas mudanças ocorrem por ações do poder público, do setor privado, da sociedade e

por ações individuais. Cada município é um sistema único, com especificidades características e pode ser analisado ou descrito a partir de três formas de intervenção diretamente relacionadas ao transporte: o **planejamento urbano**, que define como o espaço deve ser ocupado e usado; o **planejamento de transportes**, que define a infraestrutura de circulação que vai permitir o deslocamento de pessoas e bens e o **planejamento de circulação**, que determina como a estrutura viária será utilizada pelos pedestres e veículos. Os três planejamentos citados criam uma interdependência entre si e se relacionam de maneira que um interfere diretamente no outro. Para conseguir uma boa implementação, eles devem ser considerados em conjunto e não separadamente.

“A adaptação das cidades a novas funções econômicas, por meio do rearranjo da oferta de transporte é um fenômeno muito comum, embora pouco reconhecido” (VASCONCELLOS, 1996, p. 42). Nos países em desenvolvimento, pode-se classificar as cidades, basicamente, em dois grandes grupos: as cidades menos desenvolvidas, que ainda não passaram por grandes transformações e dependem, na maioria dos casos, de meios de circulação não motorizados ou de ônibus; e as cidades com maior avanço industrial, onde se percebe uma gama maior de meios de circulação, incluindo os motorizados. Normalmente, elas já passaram por algum tipo de transformação para se adaptar ao transporte mecanizado.

“A relação entre estrutura urbana e transporte deu-se primeiramente em torno das companhias estrangeiras de transporte ferroviário e por bonde” (VASCONCELLOS, 1996, p. 43), que conseguiram a permissão para fornecer serviços de transporte público. Após o fim da segunda guerra mundial, com o aparecimento de outros meios de circulação (ônibus e caminhões) essas companhias foram gradativamente extintas e substituídas por operadoras privadas e públicas. Progressivamente, a maioria das cidades latino-americanas, migrou para sistemas de transporte público por ônibus (de operadoras privadas) e deixou as infraestruturas férreas se degradarem.

Nos anos 1960, a reestruturação urbana no Brasil se deu em função da modernização econômica. Porém, as crises econômicas, juntamente com os regimes políticos severos, colocaram o transporte público em declínio. Por conta disso, os automóveis particulares foram ganhando espaço, criando um abismo nas condições de transporte e acessibilidade entre os que tinham e os que não tinham veículos próprios (VASCONCELLOS, 1996). Nos anos 80 do mesmo século, ocorreu um novo processo de reestruturação urbana, dessa vez, causado pela globalização da economia. Esse processo mudou “as condições de vida nas cidades, reduzindo as rendas médias e aumentando o desemprego e o subemprego” (VASCONCELLOS, 1996, p. 44). O alto controle tarifário no transporte público na tentativa de conter a

inflação baixou o nível dos serviços prestados e os grandes projetos de infraestrutura se tornaram cada vez mais inviáveis.

Atualmente, as cidades estão sofrendo outro tipo de reestruturação urbana, em que a distância, por conta da tecnologia, passa a ser relativa. Os meios de comunicação de que as pessoas dispõem hoje, possibilitam resolver assuntos, (por e-mail, telefone, videoconferência etc.), muitas vezes, do conforto de suas casas. Isso faz com que muitos deslocamentos passem a ser desnecessários, porém as pessoas sempre terão vontades e necessidades que as impulsionam a se deslocarem, seja com para galgar um melhor emprego, ir a um médico especialista ou viajar nas férias.

Independentemente da época, as transformações urbanas e de circulação são baseadas em ou induzem a mudanças no planejamento urbano e de transportes, administradas pelo poder público e executadas por diversos agentes (planejadores, engenheiros e setor privado). "A análise sistemática da demanda de transportes nos países em desenvolvimento, para apoiar a definição de sistemas de transporte, tem sido feita nas últimas três décadas utilizando procedimentos originados nos países desenvolvidos" (VASCONCELLOS, 1996, p. 58). Os Estados Unidos da América, ainda na década 1950, foi o primeiro país que começou a desenvolver sistematicamente as etapas de planejamento de circulação e transporte. O objetivo do planejamento de transportes "é definir a infraestrutura viária e de transportes (vias e terminais), bem como os meios (veículos) e os serviços de transporte que poderão ser utilizados" (VASCONCELLOS, 1996 p. 58). Para isso, o processo de desenvolvimento do planejamento foi dividido em quatro etapas distintas: a primeira, denominada **Geração**, analisa a relação entre as viagens e as características de renda e idade dos indivíduos; a segunda, **Distribuição**, analisa a atração que duas zonas têm entre si; a terceira etapa, **Divisão Modal**, investiga a opção do meio transporte feita pelo usuário e as suas características socioeconômicas; a quarta e última etapa analisa os caminhos de deslocamento escolhidos pelas pessoas.

Segundo o autor, antes dos anos 1960, não havia conhecimento dos efeitos que uma proposta de um novo sistema de transporte público poderia ocasionar. Esse reconhecimento começou a surgir gradativamente, prevendo efeitos sociais, do aumento da capacidade de tráfego e custos. Juntamente com isso, começaram a ser levantadas falhas que a metodologia de trabalho apresentava como: uma "visão limitada do processo de desenvolvimento urbano" (VASCONCELLOS, 1996 p. 62); as dificuldades de previsão do desempenho das variáveis e na calibragem dos modelos, falta de dados confiáveis e o fato de a adaptação das teorias de outros campos para o planejamento de transportes não reproduzir as condições dos países em desenvolvimento. "Estes problemas, aliados a altas taxas de mudança demográfica,

econômica e social, levaram a exercícios de previsão de demanda com resultados duvidosos, justificando a provisão de grandes estruturas de transporte frequentemente ociosas ou desnecessárias" (VASCONCELLOS, 1996, p. 82).

O autor também faz críticas relacionadas às estratégias de implementação dos projetos. A falta dessas definições gerou uma quantidade de "projetos inacabados ou que se deterioraram rapidamente em função da falta de recursos e de programas de manutenção" (VASCONCELLOS, 1996 p. 67). Na área da política, a crítica recai principalmente sobre a relação entre políticos e técnicos no processo de decisão projetual onde, em muitos casos, os planos são idealizados por agentes políticos sem o conhecimento necessário e depois validados pelos especialistas. Por último, no lado ideológico, "o processo de planejamento de transportes foi orientado para o automóvel, baseado na ideologia da mobilidade irrestrita, mas normalmente limitando esta mobilidade àqueles que podem pagar os custos do transporte individual" (VASCONCELLOS, 1996, p. 82).

### **2.1.1. Efeitos do sistema de transporte público na configuração urbana**

Para Vasconcellos (1982) a forma mais ampla de se entender "uma cidade é aquela que a analisa como a sede material de um complexo sistema de relações humanas" (VASCONCELLOS, 1982, p. 1). Essas relações são fruto das atividades ocorridas na cidade e estão ligadas às características socioeconômicas da população. As atividades "podem ser entendidas como a produção e troca de bens materiais, intermediadas pelos serviços, além das necessidades de lazer, educação, saúde, etc." (VASCONCELLOS, 1982, p. 1). Os homens usam as edificações como palco dessas relações, gerando movimento de bens e pessoas. Esses movimentos ocorrem em outra estrutura espacial formada pelos sistemas viários de transporte. "As características assumidas por estes movimentos dependem da intensidade das relações que os geram, que, por sua vez, dependem das características socioeconômicas da população (e da sociedade como um todo)" (VASCONCELLOS, 1982, p. 1).

O mesmo autor afirma que, por causa do crescimento da cidade e da ocupação do solo, o padrão de movimentação das pessoas está sempre alterando, e por consequência alterando as necessidades viárias e de transportes. A cidade contemporânea apresenta uma complexa relação entre características da população, do uso do solo e dos sistemas de circulação (VASCONCELLOS, 1982). Essa tríade precisa ser entendida como unidade para que a cidade, com as complexidades inerentes, seja compreendida em toda sua magnitude.

Marshall (2005) afirma que a rua tradicionalmente desempenha três papéis físicos: rota de circulação, espaço público e paisagem construída. Em cada um dos papéis existe um profissional responsável: os engenheiros de tráfego são responsáveis pelo tratamento das estradas como canais de circulação, os urbanistas são responsáveis pelo desenho urbano e tratamento dos espaços públicos e os arquitetos cuidam do projeto das edificações. De acordo com o autor, esse processo de especialização do tratamento da rua, em que cada profissional impõe a sua visão, conduziu a uma separação e conseqüente desconstrução dos elementos da rua.

O período modernista fez com que a busca pela fluidez de tráfego quase reduzisse todo o processo de planejamento da cidade para um cálculo matemático elaborado para otimizar um número muito limitado de variáveis. O projeto da rua era baseado nas considerações científicas do fluxo de tráfego e cinética do movimento veicular, praticado por engenheiros treinados em hidráulica e mecânica, em vez de profissionais formados de um modo espacial e estético, ou planejadores com uma visão mais abrangente de todas as peculiaridades que precisam ser atendidas no meio urbano. "O corpo da rua foi desmembrado, acabando com a sua alma" (MARSHALL, 2005, p. 8). A figura 2-1 representa os profissionais envolvidos, as forças antagônicas, os espaços que compõem a rua e suas inter-relações.



Figura 2-1 – Esquema dos papéis da rua. Adaptado de Marshall (2005).

Portugal e Goldner (2003) afirmam que o sistema de transporte público interfere diretamente na conexão dos núcleos de centralidade, acelerando ou prejudicando seus processos de desenvolvimento, também podendo ser um indutor da expansão urbana. O sistema de transporte público de uma cidade tem grande influência na estruturação urbana. A cada modificação do sistema de transporte público, o uso do solo tende a se adaptar. Os mesmos autores afirmam, porém, que a “demanda de transportes é derivada da organização espacial das atividades socioeconômicas”. (PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 27). Sistema de transporte público e uso do solo se relacionam e afetam um ao outro constantemente, criando uma relação de dependência mútua, um retroalimentando o outro. Os principais efeitos causados pelo sistema de transporte, segundo Menezes (2000, *apud* PORTUGAL; GOLDNER, 2003), podem ser estruturados em oito categorias:

- efeitos urbanísticos: em que são ponderados os potenciais de valorização ou desvalorização do novo sistema sobre o estoque imobiliário na região em torno do novo sistema de transporte, a quantidade de empreendimentos imobiliários, as alterações no valor do solo, a preservação de áreas verdes, coletivas e de natureza histórico-cultural, a estética urbana e a identidade paisagística fruto da intrusão visual;

- efeitos energéticos: são computados o consumo de combustível gasto para atender à demanda com a implantação do novo sistema de transporte;

- efeitos temporais: estão relacionados às variações dos tempos médios de viagens gastos pelos meios de transporte, tendo em vista as mudanças no sistema viário, das velocidades do tráfego veicular e a extensão dos congestionamentos;

- efeitos poluidores: verificam a poluição atmosférica, nível de ruídos e vibrações, as doenças e incômodos causados aos moradores da região. Também fazem parte desse item os gastos com manutenção de imóveis, equipamentos e vegetações, a queda de produtividade e o risco de acidentes ambientais;

- efeitos na segurança: observa-se a variação nos índices de periculosidade e exposição ao risco e severidade sobre os passageiros e pedestres;

- efeitos climáticos: analisados do ponto de vista global e associados aos efeitos estufa, inversões térmicas e ilhas de calor;

- efeitos econômicos: incluem os custos gerados na fase de obras e na operação do sistema de transporte público; pelos efeitos nas moradias e atividades socioeconômicas; pelo efeito no setor produtivo e particularmente no mercado imobiliário, pelas mudanças na acessibilidade, na mobilidade e no poder aquisitivo da população e pelo consumo de combustíveis e seu reflexo nas tarifas dos transportes;

– efeitos sociais: nesse critério são ponderadas variações de mobilidade residencial, equidade, condições de vida, efeitos de desapropriação e segregação espacial.

Segundo Cano (1992 *apud* PORTUGAL; GOLDNER, 2003, p. 23) “o sistema viário de uma cidade tem grande influência na estruturação urbana e existe uma relação entre os sistemas de transportes urbanos e os espaços viários onde esses atuam”. O sistema de transporte afeta a cidade, potencializando ou prejudicando seu processo de desenvolvimento e também pode ser considerado um vetor de expansão urbana.

A determinação do posicionamento das estruturas de circulação cria oportunidade de interação espacial, que pode ser aferida como acessibilidade. A sua implantação na malha viária influencia decisões locacionais e que podem resultar em mudanças de uso do solo, conforme apresenta o esquema da figura 2-2.

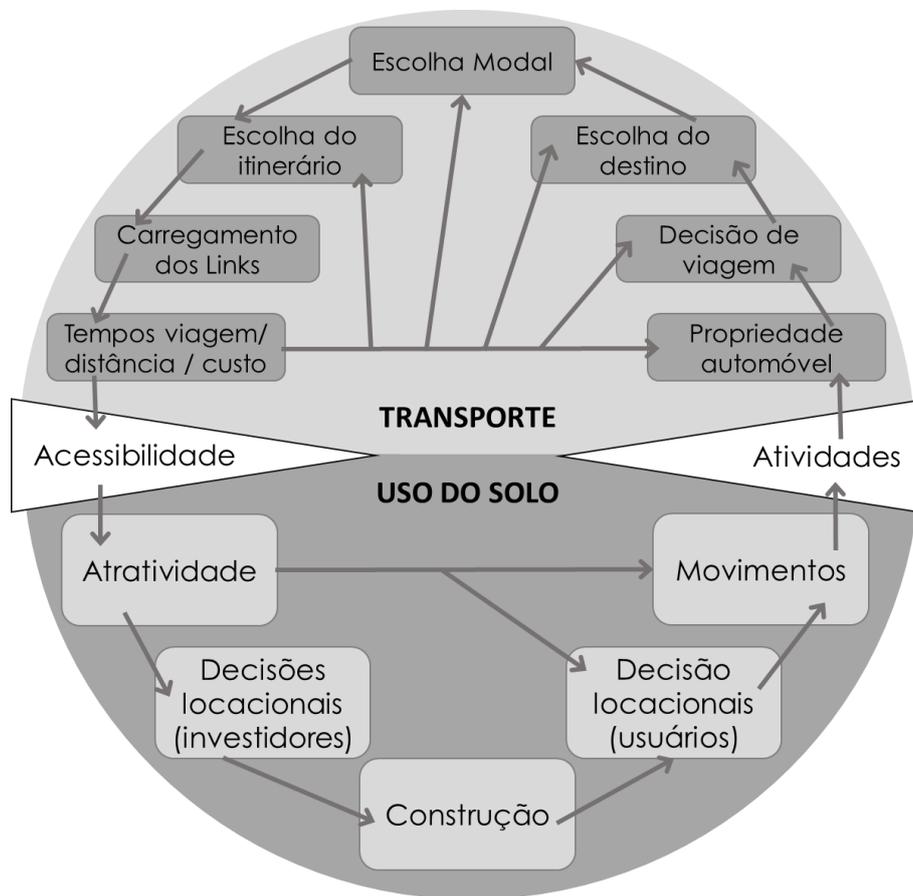


Figura 2-2 – Esquema da relação entre sistema de transporte público e estrutura urbana. Adaptado de Portugal e Goldener (2003).

Wegener (1994) aponta que a relação entre os sistemas urbano e de circulação está em constante mutação. Essas mudanças ocorrem em velocidades diferentes e são classificadas pelo autor da seguinte maneira:

– mudanças de velocidade lenta: **Redes e uso do solo.** Redes de transporte, de comunicação e de serviços públicos são os elementos mais perenes na estrutura física das cidades. Os grandes projetos também entram nessa classificação, visto que têm longas fases de projeto e execução e após sua implantação estão em constante manutenção e raramente são abandonados. Outro item de mudança lenta é o uso do solo – a sua distribuição é estável e só se altera com algum incentivo. Esse é muito mais permanente do que as formas construídas;

– mudanças de velocidade média: **Locais de moradia e emprego.** As edificações têm em média uma vida útil de até 100 anos, durando muitas vezes, mais tempo do que o ciclo de vida de um humano ou de muitas instituições;

– mudanças de velocidade rápida: **Emprego e população.** As empresas estão em constante adequação às mudanças tecnológicas e impostas pelo mercado. Algumas instituições estão consolidadas, outras estão em expansão, outras para permanecer no mercado ajustam o seu foco de atuação e algumas, por uma série de fatores, fecham. Os núcleos familiares, apesar da escala menor, apresentam algumas características do ciclo das empresas: casais sem filhos, casais com filhos, saída dos filhos de casa, separações ou mortes alteram as necessidades de consumo de moradia das pessoas, tornando inadequado o que antes era satisfatório e gerando necessidade de mudança;

– mudanças imediatas: **Transporte de mercadorias e viagens.** A localização de atividades humanas no espaço dá origem uma demanda de trocas e interações sob a forma de transporte e viagens de bens. Essas interações são as mais voláteis da estrutura espacial urbana. Elas se ajustam em minutos ou horas para condições de mudança, como, por exemplo, um congestionamento.

Apresentando os possíveis efeitos que um sistema de transporte público pode causar na configuração urbana, percebe-se que além de poder atingir as mais diversas esferas, desde as urbanísticas até as sociais, eles podem ocorrer em velocidades distintas. Isto demonstra a complexidade do tema e reforça a relevância de estudar esta temática.

## 2.2. MODELOS URBANOS

Para se estudar com maior profundidade as cidades, é necessário representá-las e descrevê-las de maneira simplificada, porém realística. Para isso, faz-se uso dos modelos. Modelos urbanos são representações quantitativas e simplificadas da

realidade (ECHENIQUE, 1975), que permitem a escolha de aspectos particulares da realidade e sua representação quantitativa.

Modelos urbanos devem ser suficientemente simples para facilitar a sua manipulação e compreensão e ao mesmo tempo serem representativos o suficiente para que mantenham as características relevantes da realidade complexa. A função dos modelos é “prover um quadro simplificado e inteligível da realidade com fim de compreendê-la melhor” (ECHENIQUE, 1975, p.19). Para o autor, ao fazer uso dos modelos, pode-se simular o sistema urbano, compreendendo e descrevendo os processos sistêmicos, nos quais um elemento interfere no outro. Echenique (1975) classifica os modelos quanto aos seus objetivos, constituição e como se relacionam com o fator tempo:

Os modelos **descritivos** procuram a compreensão da estrutura do sistema, tentando explicar algum fenômeno e as suas relações entre as variáveis, enquanto os modelos **preditivos** procuram fazer um prognóstico de futuro, podendo especular novas possibilidades (preditivo exploratório) ou respeitando regras de causa e efeito (preditivo condicional). Os modelos **exploratórios** especulam sobre outras realidades e alternativas de configuração, variando parâmetros básicos. Por último, os modelos de **planejamento** tentam simular os efeitos de diferentes decisões políticas sobre o desenvolvimento da cidade, buscando atingir as metas impostas pelo planejamento.

Os modelos ainda podem ser classificados quanto a sua constituição, em outras palavras, conforme o modo escolhido para representar a realidade. O modelo pode ser considerado **físico**, quando as características da realidade abordada são representadas por elas mesmas. Pode ser físico-icônico, quando faz uso de fotos e maquetes, ou **físico-analógicos**, quando a representação se faz por meio de mapas ou gráficos. A outra classificação, quanto à representação dos modelos, é a **conceitual**, quando a realidade é descrita por meio de conceitos, que podem ser verbais ou simbólicos.

Em relação ao tratamento do tempo, os modelos podem ser classificados como **estáticos**, quando representam um dado momento, ou **dinâmicos**, quando representam o desenvolvimento do sistema ao longo do tempo.

Os modelos são uma ferramenta de análise para os planejadores urbanos, porém, para extrair o máximo que o método pode oferecer, Wilson (1974) cita que é importante saber qual o objetivo do modelo, quais serão as variáveis quantificáveis, qual o nível de agregação da representação, quais os dados que serão utilizados e quais as maneiras de calibrá-lo e testá-lo.

### 2.3. MODELOS DE ESTRUTURA ESPACIAL URBANA

Um dos modelos clássicos de estrutura urbana foi formulado no âmbito dos estudos da ecologia humana da Escola de Chicago, em 1925. O modelo teórico dos anéis concêntricos de Park e Burgess (BURGESS, 1925) descreve a cidade com uma área central principal, compacta e concentrada, importante pela aglomeração de comércios, serviços e oportunidades de emprego. Em volta desse centro, formam-se quatro anéis concêntricos com populações de diferentes culturas e rendas distintas. Junto ao centro, localiza-se o anel desvalorizado de transição, após, o anel residencial da baixa renda, seguido do anel residencial da alta renda e, por último, o mais afastado, a zona de subúrbio, considerada mais próspera. Essa distribuição não era considerada completamente estável, pois cada anel desenvolvia uma dinâmica de invasão do anel subsequente e sofria invasão correspondente. À medida que a população crescesse e a renda se modificasse, haveria uma tendência de as populações de maior renda se deslocarem sucessivamente em direção aos anéis mais externos. Apesar de sua aparente simplicidade e do grande nível de generalização, a principal contribuição do modelo é a forma urbana nele implícita, monocêntrica e de anéis concêntricos de diferentes conformações. A dinâmica social implícita pela teoria sugere uma correspondente dinâmica espacial, com transformações mais aceleradas nas bordas dos diversos anéis.

A teoria dos anéis concêntricos foi reformulada por Hoyt, em 1939, e, para Krafft (2014), ela enfatiza uma visão mais espacial do processo de formação das cidades. Ele observou que as cidades não são organismos isolados; elas se comunicam entre si através de vias de ligação. Essas vias seccionam os anéis concêntricos e ligam o centro até outros centros. Essas vias se conectam com o centro, com o subúrbio e com os anéis intermediários, formando uma nova estrutura morfológica, classificada como setor. Hoyt sugere que o desenvolvimento das cidades não se dá homoganeamente distribuído ao redor do centro, mas privilegia linhas de ligação deste com outras cidades, basicamente rodovias e ferrovias. Assim, a matriz monocêntrica e concêntrica incorporaria também setores formados a partir dessas ligações. Esses setores também implicam uma forma urbana diferenciada ao longo dessas vias, sejam zonas fabris e de classes trabalhadoras ao longo das ferrovias, sejam zonas de alta renda ao longo de eixos de prestígio. Para Krafft (2014), Hoyt traz uma contribuição importante na descrição da forma urbana, a hierarquia axial, que se combina com a polar, anteriormente identificada.

A teoria dos setores foi complementada em 1945, por Harris e Ullman, que identificaram, além das estruturas previamente conhecidas, o centro principal e os

setores de conexão, uma terceira estrutura na morfologia urbana: o polo ou nó de especialização. Polo seria todo o tipo de equipamento urbano atrator (hospitais, escolas, estações de embarque e desembarque, etc.), capaz de gerar atratividade e influenciar a dinâmica de seu entorno. Essa teoria contribui com as outras já apresentadas, pois aprofunda a análise sobre o comportamento dos polos especializados. Os autores observam que algumas atividades tendem a se aglomerar, basicamente as complementares como indústrias e comércios, deslocando-se para fora do centro principal, formando outros centros menores (KRAFTA, 2014).

Já no âmbito da geografia urbana, Walter Christaller desenvolveu a Teoria do Lugar Central a partir da observação da orientação dos consumidores em relação à oferta de bens e serviços em um âmbito regional. A teoria tenta explicar como as atividades se distribuem no espaço, por que existem diferentes tamanhos de cidades e por que elas estão distribuídas no espaço de forma tão irregular (CHRISTALLER, 1966). “Ela sugere a existência de um sistema de cidades hierarquizado segundo o grau de complexidade dos serviços ofertados em cada uma das cidades do sistema” (KRAFTA, 2014, p. 29).

De acordo com Christaller (1966), haveria uma grande quantidade de pequenas cidades, pouco complexas e uma quantidade menor de cidades maiores, com serviços mais específicos. O modelo teórico desenvolvido pelo autor considera os seguintes pressupostos: a) terreno plano; b) população distribuída uniformemente; c) centros distribuídos de maneira equidistante, formando uma matriz triangular; d) concorrência perfeita; e) compradores com o mesmo poder de compra; f) empresários empregando esforços para maximizar os lucros e g) consumidores que buscam o centro mais próximo para economizar no transporte.

Cada centro, independentemente do seu porte, tem certa área de influência. Essa área de influência é definida pela demanda mínima necessária para que a oferta de um bem ou serviço seja economicamente viável. Em outras palavras, a área de influência determina o número e a localização dos centros, usando o retorno mínimo necessário para o ofertante se manter. Outro fator importante da teoria é o alcance: a distância máxima que o consumidor irá viajar para adquirir um bem ou serviço. Equivale à distância ao centro mais próximo que ofereça esse bem. Alcance máximo é o ponto onde o preço total de um bem (preço mais custo de transporte) equivale ao valor do bem (CHRISTALLER, 1966).

Combinando a área de influência e o alcance, cria-se uma área de mercado, que, por se tratar de um modelo teórico, apresenta-se sob a forma hexagonal. Agrupando vários hexágonos adjacentes, forma-se uma área de mercado de maior potencial, e assim sucessivamente, aumentando a hierarquia. Bens e serviços de

ordem inferior apresentam áreas de mercado pequenas, ao contrário de bens e serviços de ordem superior, que exibem áreas de mercado maiores, compostas por hexágonos maiores que englobam os menores. A figura 2-3 ilustra o modelo:

O modelo pressupõe que as pessoas tendem a escolher um local de serviços e compras mais frequentes (diárias), que não demande grandes esforços de deslocamento, e percorrendo pequenas distâncias consigam suprir suas necessidades básicas. Porém, quando se trata de um bem ou serviço mais importante ou sazonal, como ir a um médico especialista, as pessoas se submetem a maiores distâncias para sanar necessidades mais específicas. A teoria propõe uma hierarquia de lugares centrais, constituída por agrupamentos de atividades fornecendo uma variedade crescente de bens e serviços e atraindo consumidores a maiores distâncias (CHRISTALLER, 1966).

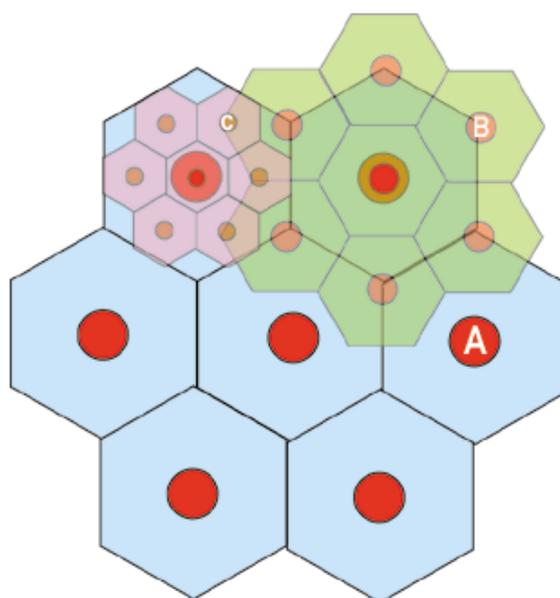


Figura 2-3 – Esquema gráfico da Teoria do Lugar Central de Walter Christaller. Núcleos A, maiores distâncias a percorrer, exemplificando compras sazonais; Núcleos B, intermediários e Núcleos C, menores distâncias, para compras diárias. Fonte: Walter Christaller: Teoria do Lugar Central, 2014.

Em 1971, o geógrafo Brian Berry adapta a Teoria do Lugar Central para a distribuição do setor terciário no espaço intraurbano. Os preceitos básicos de Christaller ancoram a teoria: o consumidor escolhe o centro que lhe proporciona menor esforço para se deslocar – para compras frequentes, as distâncias percorridas são menores; para compras sazonais, as distâncias são maiores; os lugares mais centrais tendem a agrupar atividades, fornecendo maior variedade de bens e serviços, atraindo consumidores de maiores distâncias (BERRY, 1971).

O autor identifica diversos tipos de centralidades no interior da metrópole: centros de diversos níveis hierárquicos (planejados ou não), desenvolvimentos lineares (corredores) e áreas de comércio e serviços especializados. Berry identifica uma relação entre a localização dos componentes da estrutura de centralidades e os correspondentes valores do solo. Para Berry (1971), o valor da terra é tanto maior quanto mais próxima do centro. Berry observa que quando há o cruzamento de uma via radial, que conecta com o centro, com uma via perimetral, que o circunda, ocorre um aumento do valor da terra naquele ponto. Em decorrência disso, tende a ocorrer nessas regiões, a concentração de serviços essenciais que visam a suprir as necessidades das localidades.

Pequenos conglomerados comerciais e de serviços surgem a partir de uma avaliação econômica da área em função da sua população, levando em conta fatores como renda, densidade e facilidade de acesso. A distribuição geográfica do comércio ou serviço se ajusta à distribuição dos consumidores no território. Dado isso, essas ofertas, de modo geral, elegem a sua localização se posicionando em pontos estratégicos, onde a chegada de consumidores é mais acessível.

A figura 2-4 ilustra o estudo desenvolvido para Chicago, antes do processo de suburbanização, que apresenta um centro principal, forte e consagrado como tal. À medida que se afasta desse centro, o valor da terra tende a cair. Os comércios e serviços tendem a disputar essas localizações mais acessíveis para estarem no caminho do maior número de pessoas possível, por isso, eles procuram a área central, as vias radiais e perimetrais e os cruzamentos entre essas vias.

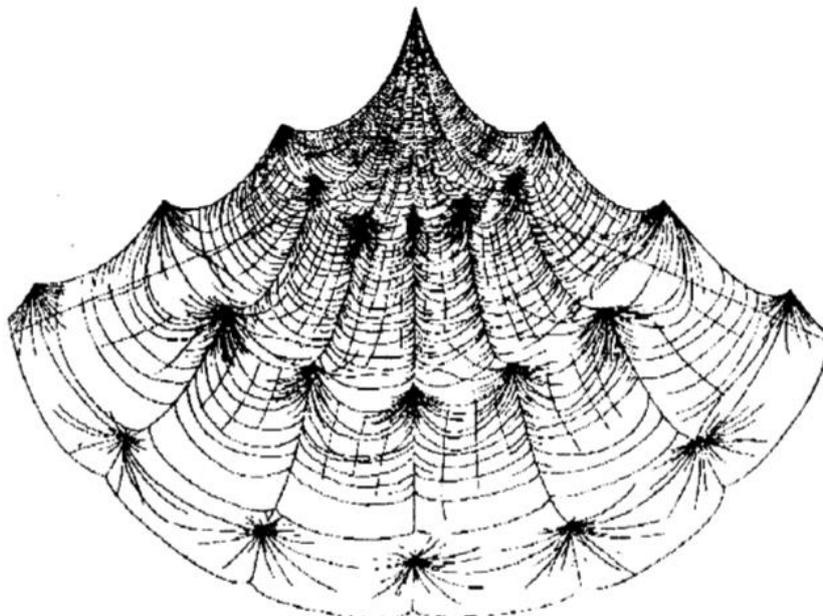


Figura 2-4 – Esquema gráfico do Padrão Geral dos Valores da Terra Urbana, baseado no estudo empírico de Chicago, antes da suburbanização. Fonte: Chorley e Hagget (1971, p. 261).

Com o advento do automóvel, o fator deslocamento é alterado; surge uma nova forma de procurar centralidades, que prioriza o carro e não o pedestre. Essa mudança favorece uma suburbanização e contribui fortemente para formação de subcentros (BERRY, 1971). Essa nova forma urbana mais extensiva aumenta as distâncias, fazendo com que os países em desenvolvimento que apresentam uma baixa taxa de motorização tenham que adequar seus sistemas de transporte à nova realidade. Cria-se a necessidade de desenvolver sistemas de circulação como ônibus, trens ou metrô, para as populações que não têm seu veículo próprio.

Por volta de 1840, a maioria das cidades norte americanas se localizavam próximas a cursos d'água, com o objetivo de utilizá-los para o transporte de mercadorias. No final do século XIX, as ferrovias criaram novas vantagens de acessibilidade, porém, o transporte intraurbano continuava sendo a cavalo e de carroça, meios demorados e pouco confiáveis em condições climáticas desfavoráveis. Esses fatores induziram ao crescimento de um distrito industrial localizado próximo ao porto ou à estação férrea, com a população residindo a sua volta. Antes de 1850, o transporte individual intraurbano era feito a pé ou de carruagem e, por causa das limitações de locomoção, era conveniente morar na área central. As facilidades que a zona central apresentava tornavam o valor da sua terra caro. Quanto mais afastado do centro, mais barato era o valor da terra (ANAS ET AL., 1998).

A implantação dos bondes elétricos, a partir de 1900, fez com que as melhores rendas se afastassem do centro, dando origem aos subúrbios. Em direção à virada do século, os metrô contribuíram para o desenvolvimento desse padrão de cidade com o núcleo compacto circundado por residências que se concentravam em torno dos transportes de massa. No início do século XX, o motor a combustão substituiu gradativamente o uso do cavalo e do vagão pelos pequenos caminhões. Isso possibilitou a apropriação de terras mais distantes do centro e com preço baixo, mas mantendo a ligação com o porto ou com a estação férrea, expandindo, assim, o centro industrial. Em 1908, a linha de montagem da Ford, juntamente com a construção e melhoria das estradas, permitiu que as famílias ricas pudessem se deslocar com maior privacidade e velocidade (ANAS ET AL., 1998).

A possibilidade de compra de terras baratas mais distantes do centro industrial influenciou na transformação deste para um de centro serviços. A expansão dos territórios e o incentivo ao automóvel individual ligaram as cidades por meio de estradas de alta velocidade que, eventualmente, se fundiram, tornando-se uma metrópole (ANAS ET AL., 1998).

Os mesmos autores sugerem que a concentração das atividades de consumo e emprego está relacionada ao conceito de economia de aglomeração, onde atividades afins tendem a se concentrar, criando uma distribuição uniforme de atividades. Já a formação de subcentros é composta pela tensão entre forças de aglomeração e de dispersão. Através de estudos empíricos, os autores fazem uma série de constatações referentes a esse modelo contemporâneo de cidade. Dentre as constatações apontadas por Anas et al. (1998), as mais pertinentes para este estudo são que o processo de policentralidades ocorre em novas e antigas cidades; que a quantidade e o tamanho dos subcentros variam a cada caso; que em alguns casos os subcentros podem se devolver em corredores, sugerindo a ocupação de uma via; que muitos empregos estão fora do centro principal, espalhados por toda a cidade; e que os subcentros não eliminam a importância do centro principal – eles têm a função de complementariedade, mantendo a hierarquia ao centro principal.

Pode-se observar que, nas teorias e modelos sobre a estrutura espacial urbana aqui brevemente revisados, a acessibilidade é outro conceito chave. A acessibilidade pode ser definida como uma característica (ou vantagem) de uma localização em superar algum tipo de fricção espacial (tempo ou distância) (INGRAM, 1971). Quanto maior a acessibilidade de uma área em relação às atividades existentes, maior é o seu potencial de desenvolvimento. Esse termo é usado com frequência na geografia humana em estudos relacionados às transformações do espaço. Na geografia urbana, a acessibilidade é associada ao crescimento das cidades, à localização das facilidades e à distribuição dos usos do solo. Variações do grau de acessibilidade podem estar ligadas a variações de densidade populacional e usos do solo. Para Ingram (1971), a acessibilidade pode ser categorizada em duas: a **acessibilidade relativa**, que é o grau de conexão entre dois únicos lugares e a **acessibilidade integral**, que mede o grau de interconexão de um dado ponto a todos os demais de um mesmo sistema.

#### 2.4. MODELOS CONFIGURACIONAIS

Os modelos configuracionais abordam a cidade como um sistema espacial, ou seja, um conjunto articulado de elementos que interferem e dependem uns dos outros (HILLIER; HANSON, 1984; KRAFTA, 1994). Os modelos configuracionais enfatizam a importância das características da forma construída no sistema urbano, e sua fundamentação conceitual reside no estudo da morfologia urbana. Tais modelos aplicam metodologias de desagregação da cidade em componentes (e.g., unidades

elementares de espaço, atributos espaciais) e suas relações (e.g., descrições topológicas, adjacências, centralidade). Para isto, a teoria dos grafos fornece a base analítica do cálculo de diferentes medidas e propriedades da rede urbana. Os modelos assumem a hipótese do caminho mínimo, ou seja, de que as ligações entre células da rede sempre serão feitas pelos caminhos mais curtos. Dessa forma, toda cidade exibiria uma diferenciação espacial, ou seja, uma hierarquia na qual algumas células (espaços) se destacam pela sua posição relativa e/ou pelo número de conexões com as demais.

Analisar a cidade, do ponto de vista de um sistema espacial, por meio de modelos que simulem suas características de funcionamento, pode ajudar a visualizar zonas latentes ou com problemas. Com a expansão dos recursos computacionais, o uso dos modelos se mostra útil na tentativa de ajudar os planejadores a responder questões urbanas relativas ao: uso do solo, sistema de transporte público, distribuição das atividades no tecido, entre outros aspectos.

#### 2.4.1. Indicadores de desempenho espacial

Os indicadores de desempenho (BERTUGLIA ET AL., 1994) são medidas complexas, capazes de refletir as interdependências entre os componentes do sistema urbano, sendo, portanto, baseados em modelos urbanos. Seus objetivos são prover uma visão sintética sobre o estado do sistema urbano em um determinado momento, bem como avaliar prováveis efeitos de ações de transformação urbanas consideradas ou propostas. Existem fundamentalmente dois tipos de indicadores de desempenho espacial (BERTUGLIA ET AL., 1994). Os primeiros são **indicadores de equidade** ou eficácia e se reportam à qualidade de vida urbana. São aqueles relacionados aos indivíduos e moradores baseados na localização residencial e como esta é servida pelas organizações. O segundo tipo de indicador se relaciona às organizações prestadoras de serviços (públicos ou privados). São **indicadores de eficiência e sustentabilidade**, e se reportam à economia do sistema como um todo, ou seja, à racionalidade do uso dos recursos e aos custos gerais da vida e da produção econômica.

Os indicadores são “instrumentos que traduzem conceitos abstratos em entidades operacionais e mensuráveis, reduzindo informações a parâmetros” (GHENO, 2009, p. 30). São eficazes no auxílio da interpretação, descrição e avaliação de situações diversas. Pode-se determinar a qualidade do que se está avaliando por meio de uma escala de valores, possibilitando comparar características.

Holden (2006) afirma que os indicadores e as medidas de desempenho urbano são elementos mais adequados a fim de melhorar as condições de vida nas cidades. O autor acredita que esses instrumentos são o caminho mais direto e óbvio em direção a melhorar a ação política urbana.

Os indicadores auxiliam na transição entre descrição das características e diagnóstico, gerando informações que descrevem fenômenos e características urbanas. Porém, é necessário interpretá-los a fim de realizar uma avaliação das cidades, baseada em valores pré-estabelecidos. Esses instrumentos permitem a mensuração e análise das diferenças intra-urbanas, medindo e comprando variáveis, auxiliando na compreensão dos processos urbanos.

No presente trabalho, utilizam-se modelos configuracionais (KRAFTA, 1994; 1996), que se diferenciam dos modelos urbanos convencionais por admitirem ponderações a partir de atributos (áreas, atividades, atratividade, entre outras) que podem ser alocados em cada célula espacial. Dessa forma, tais modelos trabalham com uma descrição sistêmica e ponderada, e que permite vários níveis de desagregação espacial, superando as limitações das descrições agregadas por setores ou zonas. Os modelos são capazes de captar nuances da distribuição espacial das facilidades urbanas num grau de precisão espacial tão minucioso quanto for a descrição espacial adotada no estudo.

Na sequência, serão apresentados os principais modelos configuracionais de interesse ao presente trabalho, suas definições e formulações matemáticas.

#### **2.4.1.1. Acessibilidade espacial**

**Acessibilidade** é um conceito central nos estudos de planejamento territorial, sendo considerada um conceito chave em planejamento urbano e planejamento de transportes, ao expressar o que, possivelmente, seja a maior função das cidades: prover oportunidades para trocas e interações (KOENIG, 1980). Ela está relacionada às facilidades e dificuldades em alcançar um determinado ponto ou lugar no sistema urbano (INGRAM, 1971). Segundo Krafta (2014, p. 186), "a noção de acessibilidade está intuitivamente associada à de proximidade e de facilidade de alcance. A sua forma de determinação segue a intuição e se baseia na determinação da distância entre pares de células espaciais".

#### 2.4.1.2. Centralidade espacial

De acordo com Anas et al. (1998), a estrutura espacial das cidades modernas foi moldada, principalmente, pelos avanços em transportes e comunicações. De acordo com Krafta (2014, p. 179), a “**centralidade** tem sido crescentemente usada em análise espacial como forma de desvendar e investigar a estrutura interna de redes de diferentes tipos”. Autores têm sugerido que a centralidade é capaz de descrever a estrutura espacial urbana (ANAS ET AL., 1998) sendo possível identificar os espaços que possuem o maior valor da terra, que mais concentram fluxos, que tendem a ser mais seguros ou que tendem a desenvolver atividades de ofertas e serviços.

#### 2.4.1.3. Convergência espacial

O indicador de **Convergência Espacial** está diretamente relacionado com critérios econômicos de oferta e demanda. Conforme Krafta (1997), é uma medida que especifica quais os pontos de oferta com localização privilegiada ou mais central em relação à distribuição da população e demais pontos de serviço. Ela indica privilégio locacional de um serviço, frente à distribuição espacial dos seus possíveis usuários e seus concorrentes. Para isso, são considerados a importância do serviço (que depende da quantidade e qualidade do serviço ofertado), a proximidade dele às localizações residências e a concentração de habitantes dessas localizações.

#### 2.4.1.4. Oportunidade espacial

A medida de **Oportunidade Espacial** visa a avaliar o privilégio locacional de residências em relação a um sistema de serviços. Para calcular essa medida, é necessário separar o conteúdo das células em demanda (residências) e oferta (serviços). Após, cruzam-se os pares de células de oferta com as células de demanda (KRAFTA, 2006).

#### 2.4.1.5. Potencial

O **Potencial** é uma medida derivada da medida de Convergência, pois, como ela, aponta as regiões do sistema onde existe uma boa distribuição entre possíveis consumidores e pontos de oferta existentes, determinando alternativas para a localização de novas Centralidades. “Seu propósito é identificar melhores possibilidades de localização de serviços, dadas uma distribuição de consumidores

potenciais e uma rede de pontos de oferta desse serviço já existente" (KRAFTA, 2014, p. 217).

Pode-se afirmar que a Centralidade é uma medida da condição morfológica, enquanto a medida de Potencial é de simulação morfológica (KRAFTA, 1996).

#### 2.4.1.6. Quadro síntese dos modelos configuracionais

O quadro 2-1 apresenta sinteticamente os modelos de interesse a esse estudo.

Quadro 2-1 – Modelos configuracionais selecionados para a aplicação e os seus principais resultados. Fonte: Adaptado de Ribeiro et al. (2014).

MODELOS	MEDIDAS
Acessibilidade	Distância relativa dos espaços no sistema. Facilidade de alcance
Centralidade	Importância relativa dos espaços e na interconexão do sistema. Hierarquia espacial
Convergência	Privilégio locacional de um espaço de oferta frente à distribuição espacial dos seus potenciais usuários (demanda) e concorrentes (i.e., poder de polarização ou gravitação). Relaciona-se à noção de eficiência do serviço (oferta).
Oportunidade Espacial	Privilégio locacional de uma residência em relação a um determinado serviço ou grupo de serviços existentes (oferta) no sistema urbano. Relaciona-se à noção de eficácia ou equidade (demanda).
Potencial	Melhores possibilidades de localização de serviços, dadas uma distribuição de consumidores potenciais e uma rede de pontos de oferta concorrentes. Relaciona-se à noção de localização estratégica para oferta de serviços.

No próximo capítulo pretende-se descrever o processo metodológico para as análises a serem realizadas com base nos modelos apresentados acima.

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo está organizado em quatro partes. Inicialmente, são apresentados os indicadores definidos a serem analisados em que a questão geral de pesquisa, apresentada na introdução, se desdobra em seis questões mais específicas. Na sequência, abordam-se as questões de representação do sistema urbano a partir dos modelos configuracionais. O capítulo finaliza com uma síntese do processo metodológico.

#### 3.1. MEDIDAS CONFIGURACIONAIS

A seguir serão apresentadas as medidas configuracionais que serão utilizadas no estudo empírico.

##### 3.1.1. Acessibilidade espacial

A Acessibilidade é uma medida baseada em distância relativa e está associada à medida de proximidade e à de facilidades e dificuldades de alcançar determinado ponto ou lugar no sistema urbano. A acessibilidade de um espaço a outro, é definida como a menor distância que os separa e sua medida pode ser topológica, geométrica, polar, por custo ou por tempo (KRAFTA, 2014; HANSEN, 1959). Ela tem como finalidade gerar uma diferenciação relacionando a distância de um determinado componente da rede de estar mais próximo de todos os demais elementos, considerando os caminhos mínimos entre eles (INGRAM, 1971).

De acordo com Polidori et al. (2001), Acessibilidade é um modelo de diferenciação espacial baseado em conectividades e distâncias entre espaços urbanos e pode ser definida pela seguinte equação 1:

$$A_{li} = \{[\min]d_{pq}\}^{-1} \quad (1)$$

Onde se lê: acessibilidade da entidade  $i$  na interação  $l$  é igual ao inverso da mínima distância entre as entidades  $p$  e  $q$ . Sendo:

$A_{li}$ : acessibilidade da entidade  $i$  na interação  $l$ ,

$[\min] d_{pq}$ : mínima distância entre as entidades  $p$  e  $q$ .

A Acessibilidade Absoluta pode ser definida pela seguinte equação 2:

$$A_{Ai} = \sum_{i=1}^{ij} A_{Ii} \quad (2)$$

Onde se lê: acessibilidade absoluta da entidade  $i$  é igual ao somatório das Acessibilidades da entidade  $i$  em todas as interações  $l$ , de  $i$  a  $j$ , sendo o primeiro  $i$  igual a 1. Sendo:

$A_{Ai}$  : acessibilidade absoluta da entidade  $i$ ;

$A_{li}$  : acessibilidade da entidade  $i$  na interação  $l$ .

### 3.1.2. Centralidade espacial

A centralidade é a propriedade de uma célula (espaço) estar no caminho que liga outras duas, e sua hierarquia se dá pela quantidade total de vezes que ela aparece nos caminhos que ligam todos os pares de células de um sistema (FREMANN, 1977). Conforme Krafta (2014) esse critério tem sido largamente usado em análise espacial de maneira a estudar a estrutura dos sistemas, "originalmente objeto de interesse de geógrafos, em estudos do mundo físico, redes têm capturado a atenção de muitos outros cientistas já que permitem representar sinteticamente muitos fenômenos do mundo natural e social" (KRAFTA, 2014, p. 179). Consiste em uma medida de hierarquia que afere a importância de um determinado espaço no sistema. É calculada por meio do número de vezes que o mesmo caminho (trecho) participa do caminho mínimo para todos os espaços do sistema (FREEMAN, 1977).

Conforme Crucitti et al. (2006, *apud* KRAFTA 2014), existem diferentes maneiras de se calcular centralidade. A centralidade por **conectividade** é a forma mais simples, pois se baseia apenas na suposição que as entidades mais centrais são aquelas que detêm o maior número de conexões com as outras entidades do sistema. A centralidade por **excentricidade** examina a relação entre a menor distância existente entre um par de entidades do sistema sem qualquer restrição imposta pela configuração. A centralidade por **proximidade** avalia a distância relativa entre as entidades da rede, assumindo que os mais centrais apresentam o menor somatório de distância. A centralidade adotada neste estudo é a por **interposição**, que assume que as entidades mais centrais são as que aparecem mais vezes para conectar outros pares do sistema. A centralidade por **informação** está relacionada à reação da rede à supressão de uma entidade.

O modelo de **Centralidade Planar** considera apenas a diferenciação espacial originada do sistema de espaços e suas conexões, enquanto que o modelo de Centralidade Ponderada (carregamentos) considera a presença e a distribuição

desiguais das formas construídas e também das atividades desenvolvidas nesses espaços (KRAFTA, 1994). A **Centralidade Ponderada** destina-se à aplicação em análises urbanas, com introdução das noções de tensão e distância: a tensão reflete a relação entre duas células expressa pelo produto de seu conteúdo; a distância refere-se à extensão do caminho mínimo entre cada par de pontos, e à medida que essa aumenta, a centralidade de cada célula interposta no caminho diminui (KRAFTA, 1994).

As regiões que apresentam maior centralidade tendem a ser mais pujantes, com o comércio mais desenvolvido. Por consequência, o valor do solo dessas regiões, normalmente, é mais alto do que o de regiões menos centrais do sistema.

Segundo Polidori et al. (2001), Centralidade é um modelo de diferenciação espacial baseado em conectividades, distâncias e interações entre espaços urbanos, considerando a distribuição desigual de estoques edificados e pode ser definida pelos enunciados das equações 3, 4 e 5 apresentadas a seguir:

$$t_{ij} = a_i a_j \quad (3)$$

$$t_{ij}(k) = \left( \frac{a_i a_j}{p} \right) \quad (4)$$

$$C(k) = \sum_{i < j}^n t_{ij}(k) \quad (5)$$

Onde se lê: centralidade de  $k$  é igual ao somatório das tensões entre todos os pares possíveis do sistema (KRAFTA, 2014, p.212). Sendo:

$t_{ij}$ : tensão entre duas unidade  $i$  e  $j$  de espaços públicos;

$a_i$  e  $a_j$ : quantidades de formas construídas respectivamente em  $i$  e  $j$ ;

$t_{ij}(k)$ : parcela de tensão entre  $i$  e  $j$  atribuída a  $k$ ;

$k$ : unidade de espaço público pertencente ao/aos caminhos mínimos entre  $i$  e  $j$ ;

$p$ : número de unidades de espaço público pertencentes a esse(s) caminho(s) mínimo(s);

$C(k)$ : centralidade de  $k$  dada após o cômputo de todos os pares possíveis do sistema.

A Centralidade Absoluta pode ser definida pela equação 6:

$$C_{Ai} = \sum_{i=1}^{ij} C_{Ii} \quad (6)$$

Onde se lê: centralidade absoluta da entidade  $i$  é igual ao somatório das centralidades da entidade  $i$  em todas as interações  $l$ , de  $i$  a  $j$ , sendo o primeiro  $i$  igual a 1. Sendo:

$C_{Ai}$ : centralidade absoluta da entidade  $i$ ;

$C_{li}$ : centralidade da entidade  $i$  na interação.

### 3.1.3. Convergência espacial

O modelo condiciona o cálculo a um grafo direcionado, sendo válidos somente os pares que têm na origem do vértice uma atividade de oferta e no outro extremo uma atividade residencial. A tensão de cada par é dada pelo produto da importância do serviço / oferta (vértice inicial) pela população adotada / demanda (vértice final). O modelo distribui os potenciais consumidores de um serviço entre as diversas localizações de oferta desse serviço, considerando a distância relativa, distribuição da demanda adotada, a importância dos serviços em cada ponto de oferta e, ainda, a posição relativa entre eles (KRAFTA, 2014).

Segundo Polidori et al. (2001), o modelo de Convergência Espacial especifica quais espaços de oferta têm localização privilegiada, plotando os grupos e/ou lugares que imantam vantagens ou desvantagem para a realização de suas atividades; esse indicador pode auxiliar tanto o poder público na atividade de planejamento urbano, como o empreendedor na busca de otimização de investimentos e pode ser definido pela equação 7.

$$Conv_i = (P_D \cdot Q_O) \{ [min] d_{pq} \}^{-1} \subset D \quad (7)$$

Onde se lê: convergência da entidade  $i$  na interação  $l$  é igual ao produto do carregamento das demandas da entidade  $p$  pelo carregamento das ofertas da entidade  $q$  multiplicado pelo inverso da distância entre as entidades  $p$  e  $q$ , para toda entidade  $i$  que contém ofertas. Sendo:

$Conv_{li}$ : convergência da entidade  $i$  na interação  $l$ ;

$P_D$ : carregamento das demandas da entidade  $p$ ;

$Q_O$ : carregamento das ofertas da entidade  $q$ ;

$[mín] d_{tpq}$ : mínima distância topológica entre as entidades  $p$  e  $q$ ;

$i$ : para toda entidade  $i$ ;

$D$ : que contém oferta.

A Convergência Absoluta pode ser definida pela equação 8.

$$Conv_{Ai} = \sum_{i=1}^{ij} Conv_{Ii} \quad (8)$$

Onde se lê: convergência absoluta da entidade  $i$  é igual ao somatório das convergências da entidade  $i$  em todas as interações  $l$ , de  $i$  a  $j$ , sendo o primeiro  $i$  igual a 1. Sendo:

$Conv_{Ai}$ : convergência absoluta da entidade  $i$ ;

$Conv_{Ii}$ : convergência da entidade  $i$  na interação  $l$ .

### 3.1.4. Oportunidade espacial

A oportunidade espacial classifica a localização dos diferentes espaços de residência, oferecendo um gradiente dos serviços e equipamentos que estão sendo avaliados, que pode operar como um indicador de inclusão ou de exclusão social, ou como um indexador de qualidade de vida.

Segundo Polidori et al. (2001), o modelo de Oportunidade Espacial qualifica a localização dos diferentes espaços de demanda, oferecendo um gradiente de fruição dos serviços e equipamentos em avaliação, o qual pode operar como um indicador de inclusão/exclusão social ou como um indexador de qualidade de vida e pode ser definido pela equação 9.

$$Opt_{Ii} = Q_o \cdot \{[min] d_{pq}\}^{-1} \forall i \in D \quad (9)$$

Onde se lê: Oportunidade da entidade  $i$  na interação  $l$  é igual ao carregamento das ofertas da entidade  $q$  multiplicado pelo inverso da distância entre as entidades  $p$  e  $q$ , para toda entidade  $i$  que contém demandas. Sendo:

$Opt_{Ii}$ : oportunidade da entidade  $i$  na interação  $l$ ;

$Q_o$ : carregamento das ofertas da entidade  $q$ ;

$[mín] d_{pq}$ : mínima distância entre as entidades  $p$  e  $q$ ;

$i$ : para toda entidade  $i$ ;

$D$ : que contém demandas.

A Oportunidade Absoluta pode ser definida pela equação 10.

$$Opt_{Ai} = \sum_{i=1}^{ij} Opt_{Ii} \quad (10)$$

Onde se lê: oportunidade absoluta da entidade  $i$  é igual ao somatório das oportunidades da entidade  $i$  em todas as interações  $l$ , de  $i$  a  $j$ , sendo o primeiro  $i$  igual a 1. Sendo:

$Opt_{Ai}$ : oportunidade absoluta da entidade  $i$ ;

$Opt_{li}$ : oportunidade da entidade  $i$  na interação  $l$ .

### 3.1.5. Potencial

Segundo Polidori et al. (2001), o modelo de Potencial informa sobre lugares onde a relação entre oferta e demanda é configuracionalmente adequada, sugerindo alternativas para novas atividades; esse indicador pode oferecer orientação para novos investimentos, norteados para a qualidade de vida e para a melhor distribuição de facilidades urbanas e pode ser definido pela equação 11.

$$Pot_{li} = (P_D \cdot Q_O) \{ [min] d_{pq} \}^{-1} \forall i \notin O = O_i \quad (11)$$

Onde se lê: potencial da entidade  $i$  na interação  $l$  é igual ao produto do carregamento das demandas da entidade  $p$  pelo carregamento das ofertas da entidade  $q$  multiplicado pelo inverso da distância entre as entidades  $p$  e  $q$ , para toda entidade  $i$  que não contém oferta igual a alguma oferta da entidade  $i$ . Sendo:

$Pot_{li}$ : potencial da entidade  $i$  na interação  $l$ ;

$P_D$ : carregamento das demandas da entidade  $p$ ;

$Q_O$ : carregamento das ofertas da entidade  $q$ ;

$[min] d_{pq}$ : mínima distância topológica entre as entidades  $p$  e  $q$ ;

$i$ : para toda entidade  $i$ ;

$O$ : que não contém oferta;

$O_i$ : oferta da entidade  $i$ .

O Potencial Absoluto pode ser definido pela equação 12

$$Pot_{Ai} = \sum_{i=1}^j Pot_{li} \quad (12)$$

Onde se lê: potencial absoluto da entidade  $i$  é igual ao somatório das potencialidades da entidade  $i$  em todas as interações  $l$ , de  $i$  a  $j$ , sendo o primeiro  $i$  igual a 1. Sendo:

Pot<sub>Ai</sub> : potencial absoluta da entidade *i*;

Pot<sub>li</sub> : potencial da entidade *i* na interação *l*.

### 3.2. DEFINIÇÃO DAS ANÁLISES A SEREM REALIZADAS

As discussões anteriores, no capítulo 2, propõem que a inserção de um sistema de transporte público da magnitude de uma linha de trem é capaz de causar mudanças significativas nas dinâmicas da cidade nela inserido. Os trens apresentam trechos viários de maior extensão em consideração ao restante da média dos trechos da cidade. Eles podem ser vistos como um facilitador de deslocamento, pois vencem grandes distâncias de maneira relativamente rápida em uma estrutura viária exclusiva. Por ser um equipamento bastante efetivo, as pessoas são atraídas a usá-lo, e esse novo movimento de pedestres acaba por gerar uma nova série de demandas antes inexistentes.

Essa metodologia propõe a análise comparativa de dois cenários: o primeiro, considerando-se a configuração espacial da cidade num momento imediatamente anterior à implantação do Trensurb; o segundo, adicionando a linha do trem ao sistema espacial urbano.

Pensando na série de alterações e novas possibilidades que a chegada de um sistema de transporte como o Trensurb pode causar na configuração de uma cidade, tanto na pequena, quanto na grande escala, as perguntas que surgem estão relacionadas aos três objetivos: os efeitos configuracionais, o desempenho espacial das estações e as tendências de transformação, conforme aponta o quadro 3-1.

Considerando os efeitos configuracionais, serão analisadas questões relativas às influências de acessibilidade, à da estrutura espacial urbana e à de centros de consumo e emprego. Relacionados com o desempenho espacial das estações, serão avaliadas as localizações das estações e as áreas residenciais mais beneficiadas em termos de acesso ao trem. A última pergunta a ser respondida está relacionada ao potencial de desenvolvimento de áreas para atividades de consumo e emprego.

Quadro 3-1 – Quadro síntese das questões de pesquisa.

OBJETIVOS	QUESTÃO	INDICADOR	MEDIDA CONFIGURACIONAL	DADOS EMPÍRICOS
Efeitos configuracionais do Trensurb	Como o Trensurb pode alterar a Acessibilidade na cidade de NH?	Acessibilidade	Acessibilidade Topológica de raio $n$ nos dois cenários	– trechos de vias
	Como o Trensurb pode alterar a aspectos da estrutura espacial urbana de NH?	Estrutura espacial urbana	Centralidade Ponderada Topológica de raio $n$ nos dois cenários	– trechos de vias – dados CNEFE – dados censitários – dados passageiros
	Como o Trensurb altera os centros locais de consumo e emprego do município?	Polarização ou Importância Local dos centros locais	Centralidade Ponderada Topológica de raio 4 nos dois cenários	– trechos de vias – dados CNEFE – dados censitários – dados passageiros
Desempenho espacial da localização das estações	Qual a estação, cuja localização é mais eficiente para atrair passageiros?	Eficiência de localização das estações	Convergência	– trechos de vias – dados censitários
	Quais as áreas da cidade mais beneficiadas em termos de acesso ao Trensurb?	Facilidade de acesso (proximidade) às estações	Oportunidade Espacial	– trechos de vias – dados censitários
Tendências de alterações configuracionais	Como a implantação do Trensurb afeta o potencial de desenvolvimento das atividades de consumo e emprego?	Áreas com vocação para o surgimento de novas atividades de consumo e emprego	Potencial	– trechos de vias – dados CNEFE – dados censitários – dados passageiros

Deve-se destacar que os questionamentos levantados nesse trabalho abordam o ponto de vista do pedestre, já que os trechos adicionados ao sistema viário existente são os trilhos do trem, logo, só é possível acessá-los como usuário do Trensurb, a pé.

### 3.3. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA URBANO NOS MODELOS CONFIGURACIONAIS

A fim de aplicar os modelos configuracionais, é necessário representar o sistema espacial do estudo de caso de forma simplificada para ser processado nos modelos. Para descrever estruturas complexas como as cidades de maneira que se possa estudá-las, lança-se mão de representações nas quais a "intuição foi mais uma vez usada para representar o espaço, células e estruturas espaciais através de esquemas gráficos compostos de pontos e linhas" (KRAFTA, 2014, p. 95).

A partir de um mapa ou planta baixa da cidade, gera-se uma base espacial, que nada mais é do que um conjunto de entidades espaciais derivadas da segmentação do espaço urbano público. Essa base espacial é uma representação simplificada do espaço urbano no qual cada célula é definida como um pedaço do espaço público enquanto as informações de permeabilidade ou conectividade entre eles são representadas por linhas formando-se assim uma rede.

As redes são adotadas pelos mais diversos campos do conhecimento. Rede é um modelo formado por um conjunto de entidades juntamente com as suas inter-relações e pode ser representado por um grafo. Grafos são conjuntos de elementos representados por vértices que se relacionam entre si e cujas relações são representadas através de suas arestas (HARARY, 1969). Essa construção teórica produz resultados capazes de descrever as propriedades de cada entidade em relação à sua posição na rede.

Segundo Nystuen (1968), o espaço possui três propriedades fundamentais: orientação, distância e conectividade, a partir delas, se conformam as redes urbanas. Das três, a conectividade define as relações de ligações entre as entidades, que podem ser de adjacência e de justaposição. Assim, se duas unidades espaciais possuem relações diretas de adjacência entre si, elas estão conectadas. De forma contrária, se as entidades não são diretamente conectadas, elas estão simplesmente justapostas (KRAFTA, 1994).

De acordo com Krafta (2014), existem algumas maneiras de representar o sistema espacial urbano, são elas: por denominação, por axialidade, por visibilidade, por modalidade, por homogeneidade, por predominância e por conectividade.

A representação por denominação é amplamente conhecida, pois espaços públicos recebem nomes ou números, que lhes são atribuídos segundo diferentes critérios, que podem ser políticos, lógicos ou geométricos. Porém, a descrição espacial se utiliza da expressão mais genérica, "rua", como unidade espacial. Essa descrição, segundo o autor, é mais imediata e econômica, pois gera uma quantidade pequena de unidades. Em contrapartida, uma "rua" pode ser bastante extensa, podendo ir de um lado a outro da cidade, o que pode gerar problemas para definir relações de distância entre unidades espaciais (KRAFTA, 2014).

A representação por axialidade tem como unidade resultante de sua descrição a "linha axial". Uma linha axial compreende o maior comprimento retilíneo do eixo de um espaço público. Krafta (2014) afirma que a descrição por axialidade tem maior grau de precisão em relação ao método anterior, porém os problemas relacionados à

grande extensão que cada unidade espacial pode ter, persistem neste método de representação (KRAFTA, 2014).

A descrição espacial utilizando o critério de visibilidade “requer que todos os pontos do perímetro de uma unidade de espaço público sejam visíveis desde qualquer ponto localizado no seu interior” (KRAFTA, 2014, p.142). A unidade resultante é nomeada “espaço convexo”. Essa descrição é mais minuciosa que as anteriores, pois considera o alinhamento das edificações gerando muitas frações de espaços públicos. Por apresentar esse alto grau de precisão, esse método se mostra inviável para representar grandes sistemas.

A representação por nodalidade consiste em considerar as interseções e extremidades viárias como entidades. Nessas junções ou extremidades, ficam localizados os nós, unidades resultantes da representação. Esse método de representação é capaz “de descrever a rede em termos de percursos e fluxos, minimizando as discrepâncias entre escala e dimensão dos componentes. De todas, essa é a descrição mais abstrata de um sistema urbano, pois perde-se a referência da rua. Os trechos entre uma esquina e outra, ou seja, entre um nó e outro, passam a ser uma mera conexão entre eles (KRAFTA, 2014).

A descrição espacial por homogeneidade exige “que o conjunto de componentes e regras morfológicas de uma unidade espacial forme um padrão” (KRAFTA, 2014, p. 148), conformando alguma regularidade de desenho. Esse critério, assim como o de visibilidade, é melhor empregado para setores menores devido à diversidade morfológica das nossas cidades.

A representação por predominância é possível graças ao avanço da tecnologia do sensoriamento remoto. A partir do uso de imagens orbitais, é possível descrever o espaço urbano de uma nova maneira. As imagens orbitais são compostas de *pixels*, que são a menor unidade de uma imagem digital. Cada um desses *pixels* contém uma quantidade de informação, que pode, por exemplo, ser uma pavimentação, um telhado ou uma vegetação. Prevalece no *pixel* a informação que estiver em maior quantidade. Por essa razão, o método por predominância pode apresentar deformações que estão diretamente relacionadas com a resolução da imagem capturada (KRAFTA, 2014).

A descrição por conectividade considera uma unidade espacial a “extensão de via limitada por duas interseções consecutivas, ou uma interseção e uma extremidade” (KRAFTA, 2014, p.145). Cada unidade espacial resultante dessa representação chama-se trecho. Conforme esse autor, a principal vantagem desse critério de representação é o pequeno tamanho de cada entidade. Normalmente, os

trechos são de esquina a esquina, o que diminui possíveis erros relativos à extensão das entidades espaciais, pois possibilita maior nível de desagregação espacial, obtendo, assim, resultados bem calibrados e sensíveis. Outra vantagem do critério adotado é a possibilidade de associar a cada trecho informações quantitativas de oferta e demanda, porém, em contrapartida, o método de representação por trechos, por apresentar grande número de entidades, acaba criando um problema quanto ao tempo de processamento das medidas espaciais.

Na figura 3-1, o primeiro quadro apresenta o desenho de uma cidade real, com a conformação dos quarteirões em cinza (espaço privado) e as ruas e praças em branco (espaço público). No segundo quadro, são representados os trechos de vias. Cada trecho corresponde a um segmento de esquina a esquina ou de uma esquina até uma extremidade. No terceiro e último, quadro são representados os trechos das vias, com marcações nas extremidades e no centroide de cada trecho. Cada trecho, então, apresenta três marcações, que futuramente serão necessárias para os carregamentos.

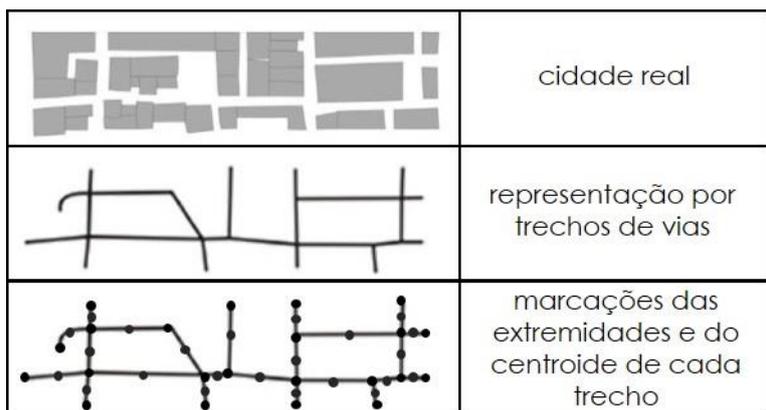


Figura 3-1 – A cidade real e a sua representação por trechos. Adaptado de Krafft (2014).

Pelas vantagens apontadas anteriormente e por ser consideradas umas das representações mais fidedignas à realidade, esse estudo adotará a representação por conectividade.

## 4. PREPARAÇÃO DO ESTUDO EMPÍRICO E DA MODELAGEM

### 4.1. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Para determinar a abrangência da área a ser estudada, inicialmente pensou-se em usar a mancha de conurbação da cidade de Novo Hamburgo. Conforme a figura 4-1, isso ocorre em três regiões distintas e com três cidades diferentes: ao sul (em verde no mapa), Novo Hamburgo se conurba com São Leopoldo; a leste (em cinza no mapa) a conurbação é com Campo Bom; e a oeste (em azul no mapa) com Estância Velha.

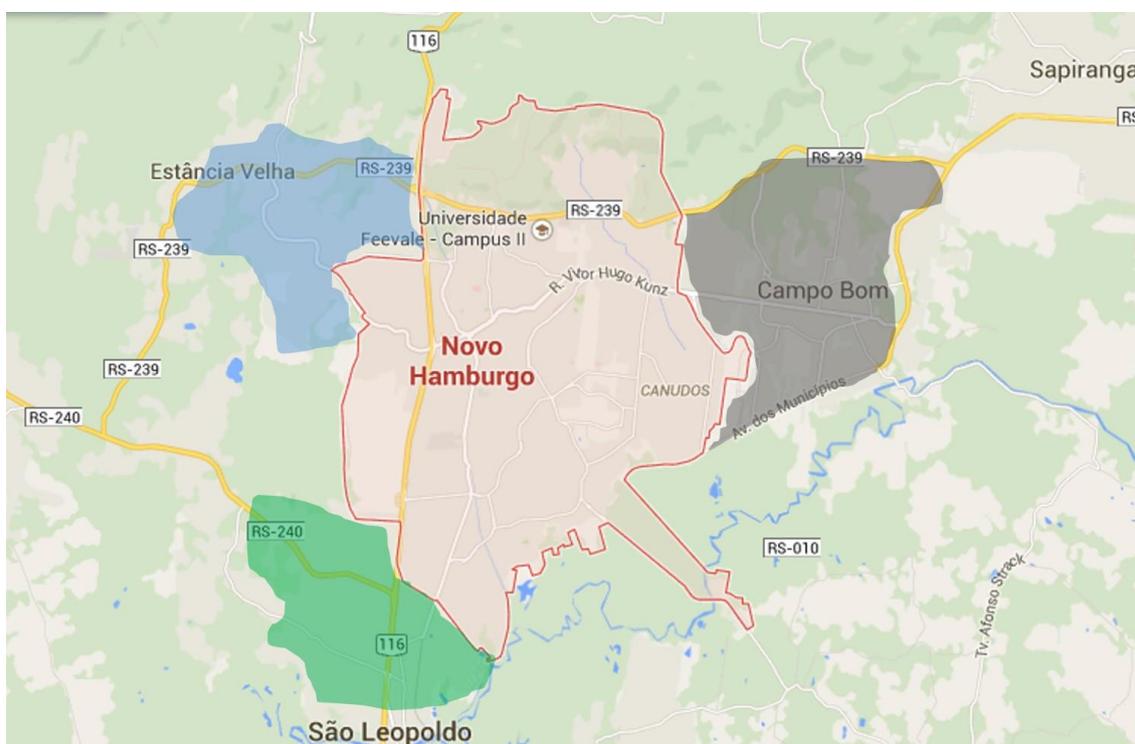


Figura 4-1 – Ilustração dos limites de abrangência da área de estudo. Em vermelho: limite político do município de Novo Hamburgo; em azul: área conurbada com o município de Estância Velha; em verde: área conurbada com o município de São Leopoldo e em cinza: área conurbada com o município de Campo Bom. Fonte: elaboração própria a partir de imagem *Google-Maps*. Acesso em 13.maio.2014.

Esse recorte, adotando a mancha conurbada, mostrou-se inviável. Primeiramente, porque se tornou difícil determinar até onde deveria ser feito o recorte, cogitando a possibilidade de agregar os três municípios, Estância Velha, São Leopoldo e Campo Bom, por completo. Porém, essa decisão poderia acarretar problemas futuros de processamento no *software* disponível para análise, dado o tamanho grande do sistema. A opção por utilizar somente parte de cada cidade, e não os municípios inteiros, geraria uma dificuldade na etapa de carregamento, pois os setores

censitários e os dados do Cadastro Nacional para Fins Estatísticos (CNEFE), não coincidiriam com o recorte adotado.

Embora se reconheça a conurbação existente entre esses três municípios, deve se ter em vista que a extensão do Trensurb aqui analisada concentra-se totalmente no interior da malha urbana do município. Esse fato permite que se faça essa primeira abordagem considerando apenas a área urbana de Novo Hamburgo. No caso de futuras análises da expansão do Trensurb até Campo Bom, a área física deverá necessariamente envolver a totalidade da conurbação.

Sintetizando, o recorte adotado corresponde ao limite político da área urbana do município de Novo Hamburgo, marcado em vermelho na figura 4-1. Optou-se por eliminar a zona rural do município, pois ela é, em extensão de terra, uma área maior do que a zona urbana e que não apresenta as características urbanas de interesse para esse estudo. Outro motivo que contribui por trabalhar somente com a zona urbana do município é que as zonas urbana e rural são desvinculadas, tendo apenas uma frágil ligação viária por uma única avenida (Av. Integração).

#### 4.2. REPRESENTAÇÃO DO SISTEMA URBANO DA CIDADE DE NOVO HAMBURGO

Além desses dois arquivos vetoriais criados para a representação da malha viária da cidade, com 6.790 trechos, citados no item 3.3, foi criado um terceiro *shapefile* que contém a representação da linha do Trensurb, com quatro trechos. Para fazer essa representação, instituiu-se que cada percurso entre estações seria um trecho, pois como a estrutura do Trensurb é aérea, os únicos pontos de conexão com o sistema viário são as estações de embarque e desembarque. No total, somando os três arquivos vetoriais, chegou-se ao número de 6.794 trechos. Concluída essa etapa, esses arquivos foram exportados em ".dxf" separadamente.

As bases vetoriais foram importadas pelo *software* Medidas Urbanas, de modo que o projeto passou a contar com três camadas. Calculou-se a conectividade dos trechos a fim de encontrar vértices que estivessem desconectados da rede. Depois de calculada a conectividade, as três camadas foram conectadas nos pontos de real intersecção entre os trechos. Dessa forma, as duas camadas que continham os trechos de vias foram conectadas entre si, em seus devidos pontos, com a camada relativa à linha do Trensurb, conforme representado na figura 4-2. Nesse caso, as conexões entre a estrutura do Trensurb com a malha viária de Novo Hamburgo se deram nos pontos onde se localizam as estações, visto que os trilhos do trem são aéreos.

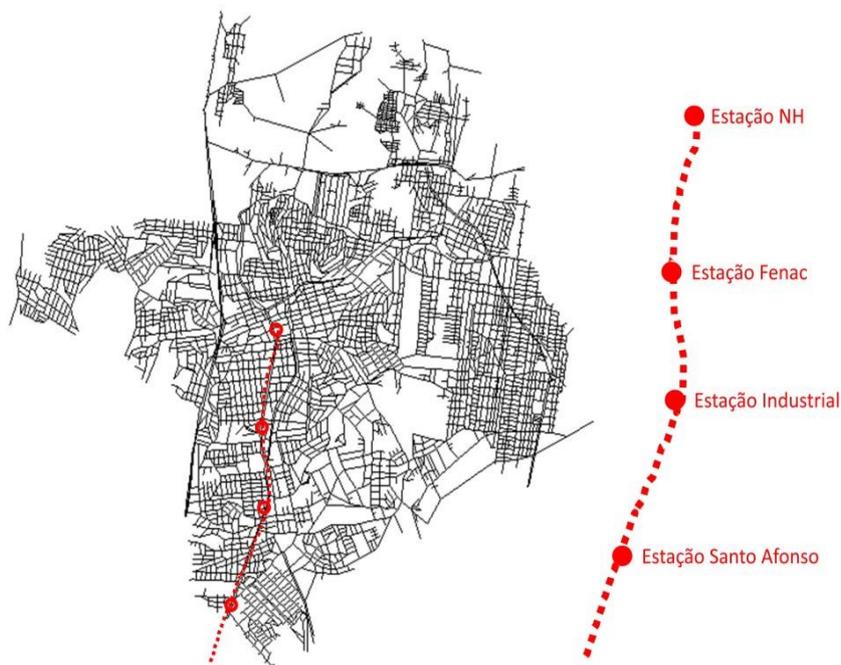


Figura 4-2 – À esquerda representação por trechos do município de Novo Hamburgo, à direita, esquema ampliado da linha do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

A tabela 4-1 resume os dados do sistema espacial de Novo Hamburgo nos dois cenários. Esse trabalho assume que a demanda e a oferta permanecem praticamente constantes nos dois cenários, apenas são acrescentados os carregamentos relativos ao número de passageiros transportados pelo Trensurb, e o número de estabelecimentos comerciais dentro de cada estação.

Tabela 4-1 – Distribuição dos dados de oferta e demanda nos trechos.

QUANTITATIVOS DOS DADOS UTILIZADOS	CENÁRIO-1	CENÁRIO-2
Quantidade de trechos	6.790	6.794
Demanda (total de pessoas em idade ativa - PIA)	156.426	163.903
Oferta (total de estabelecimentos de consumo e emprego)	12.206	12.253

#### 4.3. CONSTRUÇÃO DA REPRESENTAÇÃO

Para dar início às experimentações, foi criada uma base espacial onde foi desenhada a rede viária da cidade de Novo Hamburgo, utilizando o *software* ArcGis. Conforme mencionado, o método de representação foi o de trechos, em que cada trecho de via (entre duas esquinas) é considerado uma célula espacial. Para a construção dessa base espacial, foi utilizado um mapa-base (*basemap*) disponível no do programa. Optou-se por usar o “*World Street Map*” pela facilidade de visualização

das ruas e avenidas. A representação espacial e do município de Novo Hamburgo foi elaborada desta base em escala 1:5.000, por meio de vetorização manual, no período de março e abril do ano de 2014.

Para a representação do sistema viário da cidade, foi necessário construir dois arquivos vetoriais, em formato *shapefile*. Usando a representação por trechos em alguns casos, principalmente em regiões de traçado orgânico, as linhas se cruzam ou se sobrepõem, mas na realidade essa interposição não existe no sistema viário. Para que o *software* Medidas Urbanas (POLIDORI ET AL., 2001), não considere esse falso cruzamento nos cálculos, usa-se o artifício de criar arquivos vetoriais diferenciados, assim o programa entende que esse cruzamento não existe, é apenas decorrência da representação (figura 4-3).

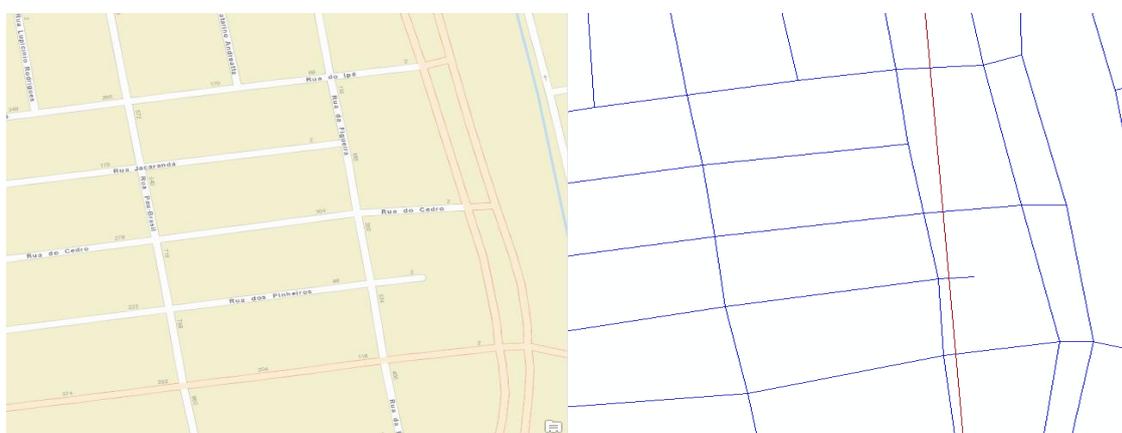


Figura 4-3 – Representação do estudo de caso. À esquerda *Basemap* "World Street Map" e à direita representação do sistema viário por trechos (em azul) e linha do Trensurb (em vermelho), localizadas em arquivos vetoriais distintos. Fonte: Elaboração própria.

O cálculo dessas medidas é realizado com auxílio do *software* Medidas Urbanas, que opera a partir de uma base espacial representada por um mapa de eixos ou pontos conectados entre si. Medidas Urbanas é um programa computacional de análise espacial baseado em modelos configuracionais urbanos de base morfológica, desenvolvido em parceria da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Pelotas (FAUrb/UFPel) com o Programa de Pós-Graduação em Planejamento Urbano da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (PROPUR/UFRGS) e com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS). Ele pode auxiliar na compreensão do fenômeno urbano através de medidas de Acessibilidade, Centralidade, Convergência, Oportunidades, Potencialidades e Polaridade espaciais, descrevendo características e revelando relações explicativas de sua estrutura.

Esse *software* Medidas Urbanas foi utilizado para calcular as medidas descritas

no item 2.4.1. Ele admite a vinculação dos bancos de dados a uma base espacial, permitindo atribuir carregamentos a cada unidade espacial, possibilitando a diferenciação dos espaços. Esse sistema possibilita a parametrização dos atributos mediante a declaração de atividades associadas às formas construídas, às quais é possível dar pesos diferenciados (KRAFTA, 1994). Ou seja, é possível associar a cada entidade da representação espacial (nesse caso os trechos de ruas), atributos de demanda e oferta, além de pesos para os cálculos. O modelo considera, ainda, que a tensão gerada em cada par de células (produto dos carregamentos) sofrerá uma dissipação, ou seja, será distribuída entre todas as células que fazem parte dos caminhos mínimos, considerando dessa forma a influência da distância.

O *software* Medidas Urbanas, para fazer os processamentos das medidas de centralidade, utiliza, basicamente, o "caminho mínimo". O **caminho mínimo** é o menor percurso entre duas unidades espaciais de uma rede. A distância na rede pode ser considerada de duas formas: geométrica ou topológica. A **distância geométrica**, como o próprio nome já diz, leva em consideração o menor percurso métrico, ou seja, a distância entre dois pontos quaisquer do sistema é igual à soma das extensões das arestas que formam o percurso que os conecta. A **distância topológica** não considera a distância métrica das entidades espaciais envolvidas no percurso. Ela considera a quantidade de vezes em que há mudanças de direção durante o percurso, ou seja, a distância entre pontos do sistema não é dada pelo somatório de extensão das arestas, mas pela quantidade de entidades entre cada par de pontos quaisquer. A figura 4-4 ilustra a diferença entre as duas distâncias. Nesse trabalho, será adotado o processamento por distância topológica.

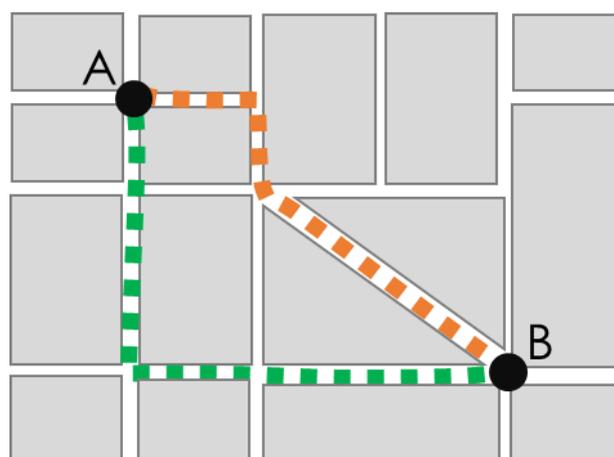


Figura 4-4 – Representação dos caminhos mínimos. Em verde, menor caminho a partir do método topológico: com uma mudança de direção e maior distância métrica. Em laranja, menor caminho a partir do método geométrico: com duas mudanças de direção e menor distância métrica. Fonte: elaboração própria.

#### 4.4. DADOS EMPÍRICOS UTILIZADOS: A OFERTA E A DEMANDA NOS DOIS CENÁRIOS

Os dados utilizados nesta análise compreendem: a) População em Idade Ativa (PIA) (IBGE, 2011b) e número de passageiros do Trensurb; b) estabelecimentos de ofertas para consumo e emprego localizados no município de Novo Hamburgo (IBGE, 2011a); além da c) representação vetorial das vias da área de estudo sob forma de trechos de vias.

a) Demanda: **População em Idade Ativa**. A faixa etária do grupo populacional caracterizado como dado de demanda corresponde à PIA, ou seja, à População em Idade Ativa, que compreende a população apta a exercer uma atividade econômica. No Brasil, a PIA inicia-se compreende dos 15 até os 65 anos e das populações economicamente ativas e não economicamente ativas. Optou-se pelo uso dessa categoria censitária, pois a PIA apresenta uma correlação grande com o perfil dos usuários do Trensurb. O relatório estatístico de 2013 do Trensurb, indica que a faixa etária dos usuários é de apenas 2,0% com menos de 15 anos, 94,5% tem entre 16 e 64 anos e 3,5% dos usuários tem mais de 65 anos. De acordo com o relatório, estes valores são a média extraída entre os anos de 2010 e 2013.

No Cenário de análise que já considera a implantação da linha do trem (Cenário-2), além da PIA, utilizaram-se dados relativos aos **usuários diários de cada estação**, para representar uma demanda aumentada. Nos quantitativos de passageiros fornecidos pelo Trensurb, constam os números de passageiros que passam pelo controle de acesso (i.e., catraca), tanto de entrada quanto de saída, em cada uma das estações, mensalmente. Para esse trabalho, foram utilizados os dados dos meses de março a agosto de 2014. Foram descartados os três meses iniciais da amostra (dezembro de 2013 e janeiro e fevereiro de 2014), pois considerou-se esses meses atípicos. Nesse período, o trem ainda estava em fase de implantação, além de coincidir com o período de férias escolares. Os valores utilizados correspondem à metade das médias diárias desse período, supondo que a mesma viagem é composta por trechos de ida e volta. Esses dados serão carregados nos quatro trechos do trem, que são os locais onde existem as conexões entre esse sistema de transporte público e a malha urbana. Essa informação, depois de calibrada, ajudará na visualização de onde as pessoas atualmente estão circulando e na verificação do surgimento de novos polos de Centralidade.

Tabela 4-2 – Médias de passageiros transportados por estação

ESTAÇÕES	TOTAL 6 MESES	MÉDIA POR MÊS	MÉDIA POR DIA	MÉDIA POR DIA POR PASSAGEIRO
Novo Hamburgo	1.503.038	250.506	8.350	4.175
Fenac	353.619	58.937	1.965	982
Industrial	336.497	56.083	1.869	935
Santo Afonso	498.708	83.118	2.771	1.385

Cabe destacar que, embora se reconheça que alguns passageiros possam também ser moradores do município, criando assim uma duplicidade no cômputo da demanda, o carregamento dessa população se fez necessário para dar importância ao novo sistema de transporte. Como este trabalho não tem a pretensão de quantificar o fluxo de passageiros do trem e sim que analisar as alterações configuracionais ocorridas na malha urbana da cidade de Novo Hamburgo, usou-se desse artifício para peso ao Trensurb.

b) Oferta: Estabelecimentos de consumo e emprego. O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulgou, a partir dos dados levantados no Censo Demográfico de 2010, uma base de dados que possibilita estudos relacionados ao uso do solo: o Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos (CNEFE). Os endereços registrados referem-se a edificações, desconsiderando os lotes vazios e edificações em ruínas ou desocupadas. Os endereços são categorizados pela sua espécie: 1) Domicílio Particular, 2) Domicílio Coletivo (hotéis, alojamentos, asilos, etc.), 3) Estabelecimento Agropecuário, 4) Estabelecimento de Ensino, 5) Estabelecimento de Saúde, 6) Estabelecimento de Outras Finalidades e 7) Edificação em Construção, sendo essas consideradas a partir da existência de obras na fundação e na ausência de moradores (IBGE, 2010). Conforme Leite (2013, p.1), “os endereços são disponibilizados em nível de desagregação total, e oferecem, ainda, a possibilidade de diferentes tipos de combinação, como em quadras, CEP ou setor censitário”. Consideraram-se os dados sobre as atividades não residenciais, incluindo aí comércio, serviços, indústria, ensino, saúde e institucionais (categorias de dois a seis). Essas atividades vão representar nesse trabalho as **ofertas de consumo e emprego** nos diferentes espaços de Novo Hamburgo. Identificar concentrações dessas atividades não residenciais pode indicar Centralidades de atração de viagens com diferentes propósitos.

No Cenário de análise que já considera a implantação da linha do trem (Cenário-2), além das ofertas para consumo e emprego extraídas do CNEFE, agregou-se às representações espaciais dos trechos do Trensurb o número de estabelecimentos comerciais existentes dentro de cada estação.

Utilizando o método de espacialização de dados do uso do solo desenvolvido por Leite (2013), é possível, a partir dos dados de endereço, georreferenciar cada estabelecimento levantado no Censo, associando-o espacialmente ao seu trecho específico. O método de tratamento dos dados do CNEFE possibilita que o banco de dados, que se encontra em formato de texto, torne-se um arquivo de formato “.kml”, linguagem adotada pelo *Google Earth* e que permite o georrefenciamento de entidades geográficas. Esse *software* faz a geocodificação dos dados, associando os endereços a pontos georreferenciados, podendo assim alimentar um Sistema de Informações Geográficas. A figura 4-5 ilustra o processo de georreferenciamento dos dados.

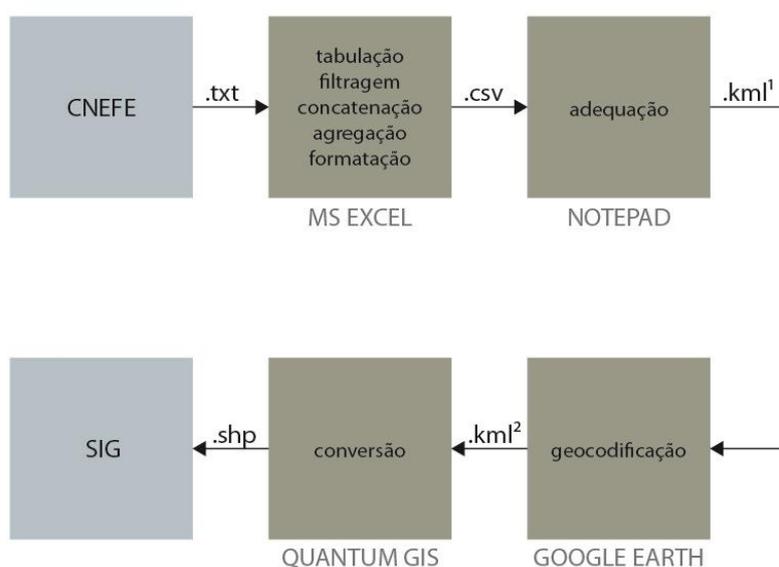


Figura 4-5 – Diagrama de procedimentos do método de georreferenciamento de dados de uso do solo.  
Fonte: Leite (2013).

Para caracterizar a demanda, foram utilizados os dados do Censo Demográfico 2010, considerando a variável da população em idade ativa. Esse dado, não tem o mesmo nível de desagregação apresentado pelo CNEFE, sendo agregado por setor censitário. “O setor censitário é a unidade territorial de controle cadastral da coleta, constituída por áreas contíguas, respeitando-se os limites da divisão político-administrativa” (IBGE, 2010). Nesse caso, dividiu-se a população em idade ativa em cada setor pelo número de trechos existentes dentro de cada setor. Em alguns casos, um mesmo trecho pertence a mais de um setor censitário. Para que não haja sobreposição de dados, utilizou-se o critério do centroide do trecho: Localiza-se o centro geométrico do trecho da via, assim, a informação que antes estava contida na linha se materializa em um ponto (figura 4-6) - este ponto, por sua vez, cai em um

único setor censitário. Essa estratégia permite definir qual informação da PIA irá ser agregada naquele trecho.

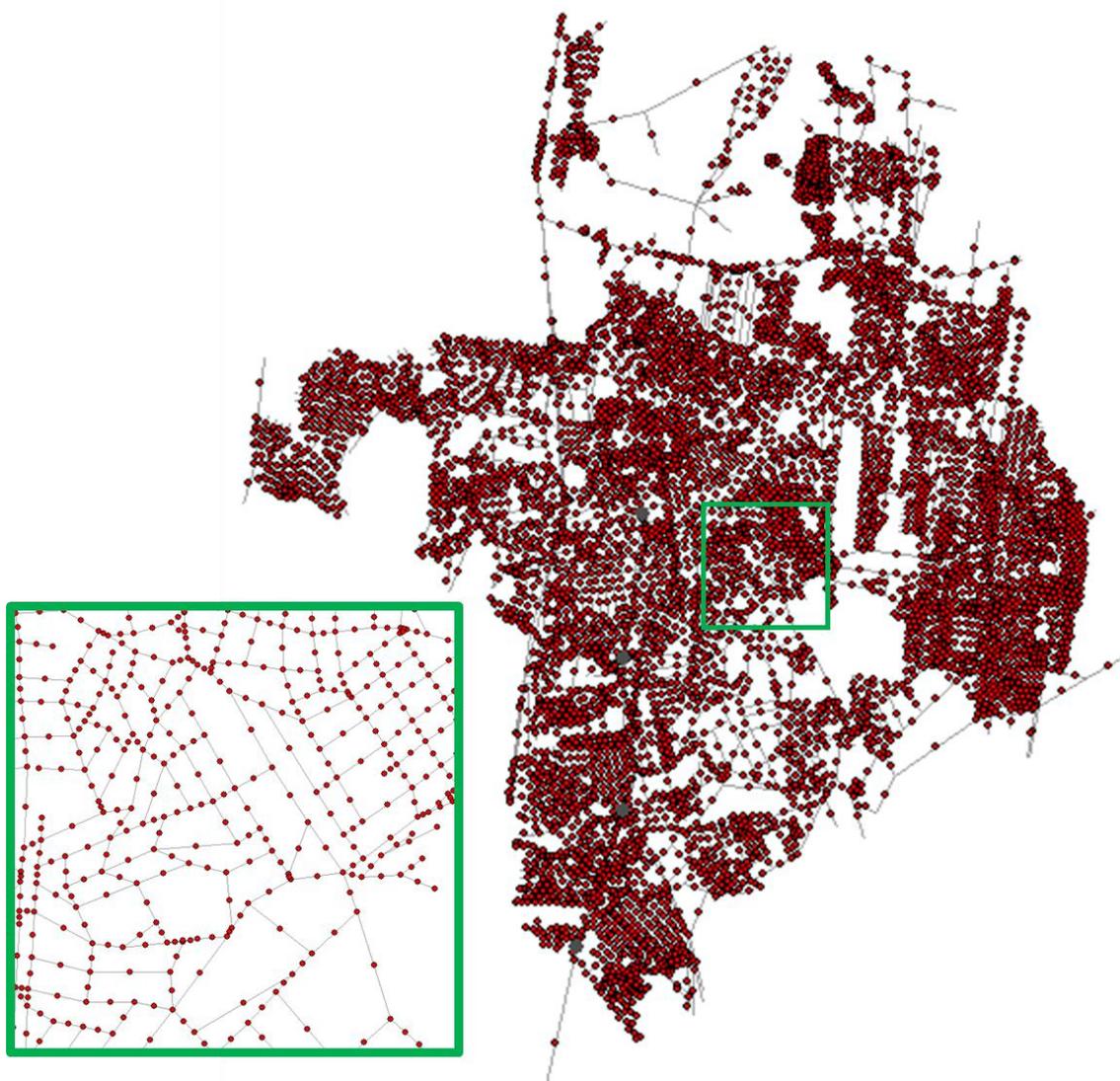


Figura 4-6 – Ofertas para consumo e emprego localizados no município de Novo Hamburgo (pontos vermelhos) apresentados sobre a base de trechos de via. Na esquerda, ampliação de um trecho do mapa.

Fonte: elaboração própria.

Os dados utilizados nesse estudo são de ordem quantitativa, tanto os dados de população, fornecidos pelo IBGE (2011b), quanto os dos dados de ofertas para consumo e emprego extraídos do CNEFE (IBGE, 2011a). A base utilizada não apresentava dados mais detalhados sobre o tipo ou porte dos estabelecimentos, os quais permitissem alguma ponderação diferenciada nos modelos, portanto cada estabelecimento de consumo e emprego conta como uma unidade (pontos vermelhos na figura 4-6).

#### 4.5. SÍNTESE DO PROCESSO METODOLÓGICO

Com o intuito de esclarecer o processo metodológico desse trabalho, lança-se mão de uma breve síntese explicando cada etapa, juntamente com diagrama das etapas dos testes (figura 4-7).

Etapa 1 – definição das perguntas a serem respondidas, determinação da medida configuracional e dos dados necessários para responder tal questionamento;

Etapa 2 – justificativa da escolha da representação espacial por trechos de via;

Etapa 3 – delimitação do recorte espacial;

Etapa 4 – representação por trechos de vias, por meio de um *software* de Sistemas de Informações Geográficas (SIG);

Etapa 5 – carregamento das informações de demandas (população em idade ativa e número de passageiros transportados pelo Trensurb), e dados de oferta (coordenadas de localização dos endereços do CNEFE), obtidas com o mesmo *software*.

Etapa 6 – a representação carregada com os atributos de oferta e demanda é exportada para o *software* Medidas Urbanas. Serão feitos testes sem a estrutura do Trensurb (Cenário-1), e com a estrutura do Trensurb (Cenário-2). Nesse *software* de análise espacial urbana serão processadas as medidas para área estudada. Após, os resultados de cada medida serão exportados para o *software* Microsoft Excel.

Etapa 7 – análise dos dados, averiguando as ocorrências de efeitos e as tendências de alterações no sistema, conforme figura 4-7.

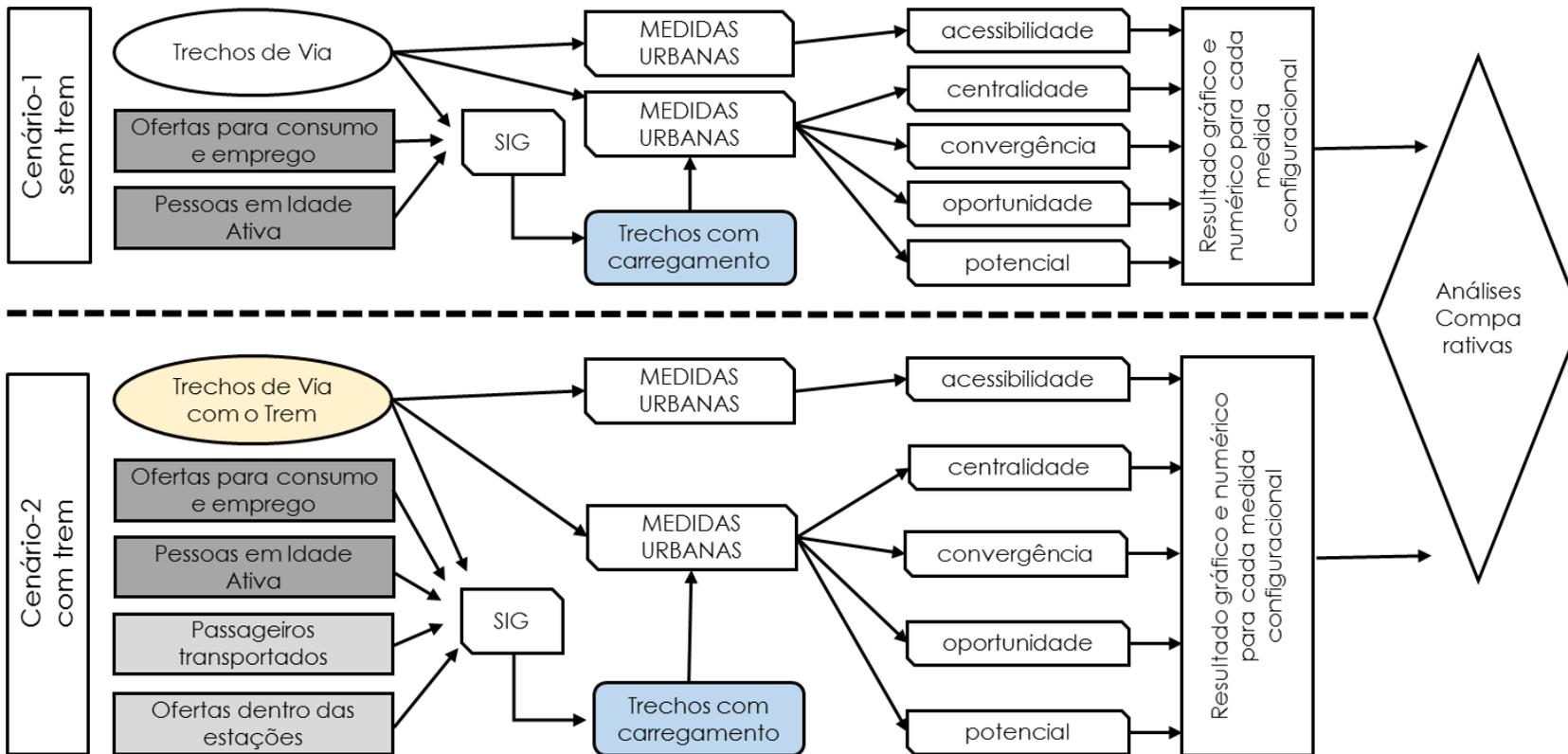


Figura 4-7 – Diagrama da aplicação dos modelos configuracionais (Etapas 4 a 7). Fonte: Elaboração própria.

## 5. EFEITOS DO TRENSURB NO MUNICÍPIO DE NOVO HAMBURGO

Este capítulo apresenta os resultados das análises sobre os efeitos da implantação do Trensurb na configuração urbana de Novo Hamburgo. Inicialmente se apresenta o caso empírico através de uma breve contextualização da cidade e a implantação do Trensurb. Na sequência se apresentam os resultados para as questões levantadas no item 3.2.

### 5.1. APRESENTAÇÃO DO ESTUDO EMPÍRICO

O município escolhido para estudo de caso é a cidade de Novo Hamburgo. Localiza-se na Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA), no estado Rio Grande do Sul, a 40 km da capital, Porto Alegre. O município abrange uma área de 223,60 km<sup>2</sup>, da qual quase 70% é rural (156,31 km<sup>2</sup>) (FEE, 2014). A figura 5-1 apresenta a localização da área de estudo na região metropolitana de Porto Alegre.

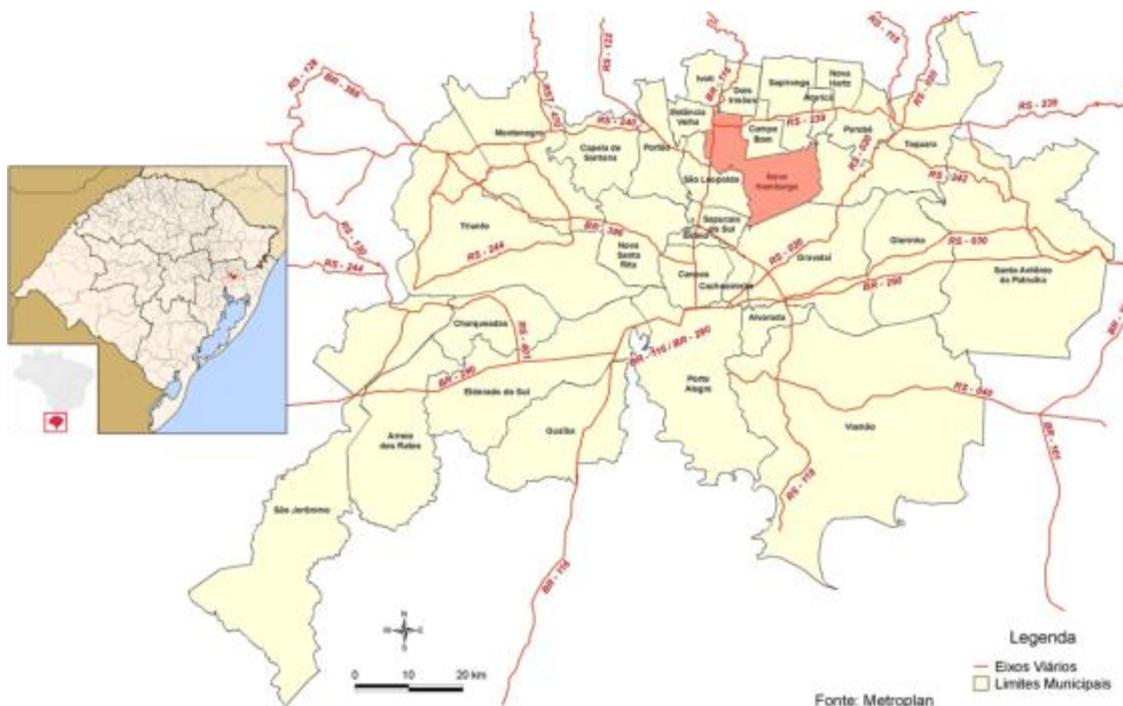


Figura 5-1 – A área de estudo abrange a zona urbana de Novo Hamburgo, que se localiza na porção norte da RMPA. Fonte: elaboração própria a partir de Mammarella (2006).

Sendo o oitavo município mais populoso do estado, é considerado um polo do setor norte da região metropolitana de Porto Alegre, com 248.251 habitantes (IBGE, 2014), Novo Hamburgo possui altos indicadores de qualidade de vida: o Índice de



As 23 estações, implantadas em intervalos médios de 2,1 km, comportam, atualmente, 21.600 passageiros/hora/sentido. Porto Alegre conta com seis estações, além da estação Salgado Filho, que permite aos usuários se deslocarem até o Aeroporto pela estrutura do aeromóvel. O município de Canoas conta com seis estações, seguido de Esteio com apenas uma estação e de Sapucaia do Sul com duas. Em São Leopoldo, havia duas estações até o ano 2014; após a ampliação do Trensurb, passaram a ser três. Na sequência, a cidade de Novo Hamburgo, apresenta quatro estações. A figura 5-3 mostra o esquema da distribuição das estações no território.



Figura 5-3 – Esquema de distribuição das estações em seus respectivos municípios. A linha em laranja marca a extensão do Trensurb, implantada em 2014. Fonte: elaboração própria.

A extensão do Trensurb até o município de Novo Hamburgo é bastante recente, tendo sido inaugurado no ano de 2014. O investimento do Governo Federal foi estimado em 953 milhões de reais e conta com 9,3 quilômetros de trilhos elevados e cinco novas estações: a Rio dos Sinos, que pertence a São Leopoldo, e as estações Santo Afonso, Industrial, Fenac e Novo Hamburgo, pertencentes ao município de Novo Hamburgo.

Os principais benefícios apontados pela administração do Trensurb, com a extensão dos trilhos até o município de Novo Hamburgo são: a diminuição do tráfego de automóveis na BR-116, e por consequência diminuição de acidentes e poluição; a formação de um Terminal Integrado Regional junto à Estação Fenac, que cria a possibilidade de deslocamento intermodal em decorrência da proximidade entre a rodoviária intermunicipal e essa estação; melhoria da infraestrutura de transporte público para a Copa do Mundo de Futebol 2014; reurbanização dos entornos das estações; construção de uma ponte rodoviária sobre o Rio dos Sinos, criando mais uma conexão entre os municípios de Novo Hamburgo e São Leopoldo e a execução de serviços para melhoramento hidrodinâmico do Arroio Luiz Rau. A seguir, são apresentadas na figura 5-4 imagens das instalações do Trensurb.

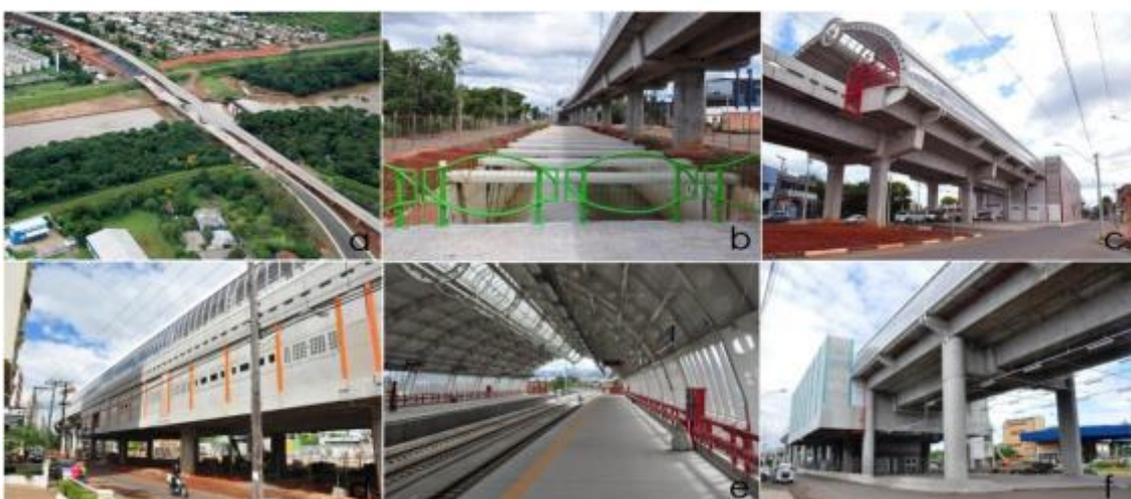


Figura 5-4 – Imagens das instalações do Trensurb no município de Novo Hamburgo: a) ponte rodoviária sobre o Rio dos Sinos; b) melhoria hidrodinâmica do Arroio Luiz Rau; c) Estação Industrial; d) Estação Novo Hamburgo; e) plataforma de embarque da Estação Industrial; e f) Estação Fenac, junto à Rodoviária do município. Fonte: <http://www.trensurb.gov.br>. Acesso em 3.mar.2015.

Com os dados fornecidos pelo Trensurb, elaborou-se uma tabela com o número mensal de usuários que passam pela catraca. O período selecionado é de março a agosto de 2014, pois a partir dessa data o sistema estava operando em sua totalidade. Percebe-se que essa nova opção de deslocamento, o Trensurb, teve boa aceitação pelo público hamburguense, pois em um curto espaço de tempo a Estação Final Novo Hamburgo está entre as dez mais utilizadas de todo o sistema, conforme aponta a tabela 5-1 a seguir.

Tabela 5-1 – Número de passageiros do Trensurb mensais no período de março a agosto de 2014, considerando o sistema completo, com 23 estações. Fonte: elaboração própria a partir de dados fornecidos pelo Trensurb.

<i>RANKING</i>	ESTAÇÕES	CIDADE	MÉDIA MENSAL DE PASSAGEIROS
1º	Mercado	Porto Alegre	796.901,00
2º	Canoas	Canoas	493.663,33
3º	Mathias Velho	Canoas	391.633,67
4º	Sapucaia	Sapucaia do Sul	378.722,67
5º	Rodoviária	Porto Alegre	367.588,50
6º	Esteio	Esteio	309.458,17
7º	São Leopoldo	São Leopoldo	292.136,50
8º	Niterói	Canoas	259.965,50
9º	Farrapos	Porto Alegre	255.711,67
<b>10º</b>	<b>Novo Hamburgo</b>	<b>Novo Hamburgo</b>	<b>250.506,33</b>
11º	Unisinos	São Leopoldo	165.641,33
12º	São Luís	Canoas	153.126,50
13º	Fátima	Canoas	145.193,17
14º	Aeroporto	Porto Alegre	116.155,00
15º	Luis Pasteur	Sapucaia do Sul	101.900,17
16º	Anchieta	Porto Alegre	95.507,67
<b>17º</b>	<b>Santo Afonso</b>	<b>Novo Hamburgo</b>	<b>83.118,00</b>
18º	São Pedro	Porto Alegre	83.037,83
19º	Rio dos Sinos	São Leopoldo	66.407,17
<b>20º</b>	<b>Fenac</b>	<b>Novo Hamburgo</b>	<b>58.936,50</b>
<b>21º</b>	<b>Industrial</b>	<b>Novo Hamburgo</b>	<b>56.082,83</b>
22º	Petrobrás	Canoas	50.626,50
23º	Salgado Filho	Porto Alegre	34.406,67

A seguir são expostos os resultados das análises realizadas. Os resultados das análises comparativas, do ponto de vista do pedestre, consideram, no Cenário-1 – sem a linha do Trensurb, 6.790 trechos e nas análises do Cenário-2, foram considerados 6.794 trechos. As estruturas do Trensurb (estações e via elevada) são consideradas parte integrante da rede viária de Novo Hamburgo, capazes de modificar o mapa das vantagens locais e interferindo nas propriedades configuracionais intraurbanas.

## 5.2. O TRENURB E A ACESSIBILIDADE EM NOVO HAMBURGO

Esse item visa avaliar as possíveis transformações na acessibilidade, provocadas pelo Trensurb na rede viária da cidade de Novo Hamburgo. Foi aplicada a medida configuracional de Acessibilidade Topológica nos dois cenários definidos para análise.

Inicialmente, são apresentados os resultados de Acessibilidade Global (raio  $n$ ), que como o nome da medida sugere, analisa o sistema como um todo, considerando quantas mudanças de direção sejam necessárias para ir de um ponto qualquer outro ponto qualquer do sistema. Essa análise conta com o sistema completo, que tem 6.794 trechos. Em seguida, também usando a medida de Acessibilidade Global, é feito um recorte onde serão analisados somente os trechos que estão dentro dos raios de 500 metros em torno de cada estação do Trensurb (541 trechos). Essa análise é feita visando às alterações causadas nas imediações de cada estação do trem, individualmente.

Os resultados obtidos no modelo de Acessibilidade Global apontam para o aumento dos valores dessa medida nas regiões em torno das estações de trem. No Cenário-1, os maiores valores de acessibilidade concentram-se no núcleo do sistema (figura 5-5); no Cenário-2, os trechos mais acessíveis aparecem mais distribuídos ao longo da linha do trem. Tendo em vista que a acessibilidade aqui é tomada como uma medida de distância relativa, verificou-se um efeito de diminuição das distâncias dos trechos do trem e seu entorno ao restante do sistema. Essa diminuição de distâncias pode contribuir para a valorização dos terrenos ou até induzir uma mudança de uso do solo. Também se pode notar uma perda nos valores de acessibilidade junto à BR-116 e nos trechos mais a leste, próximos do centro geométrico do sistema.

Pode-se afirmar que os trechos do trem são mais longos, apresentam em média de 2.030 metros (trechos de estação a estação), enquanto o restante do sistema apresenta uma média de 126 metros, por conta disso, a linha do trem pode ser considerada "encurtadora de caminho", fazendo com que as entidades antes localizadas na periferia sul do sistema, com a chegada do trem, passem a estar a poucos passos topológicos do centro da cidade e mudando, assim, suas posições no *ranking* de Acessibilidade.

Conforme a figura 5-6, o gráfico superior aponta em azul o *ranking* decrescente de Acessibilidade Global de raio  $n$  no Cenário-1 e em laranja aparecem os mesmos trechos no Cenário-2. Os pontos em preto representam os trechos do Trensurb e seus vizinhos diretos (vias de passagem obrigatória para acessar as estações do Trensurb) também do Cenário-2. Percebe-se que os trechos que no Cenário-1 apresentavam baixos valores de acessibilidade (grandes distâncias relativas), tiveram as maiores alterações nessa medida, o que sugere que o trem favoreceu regiões que eram pouco acessíveis.

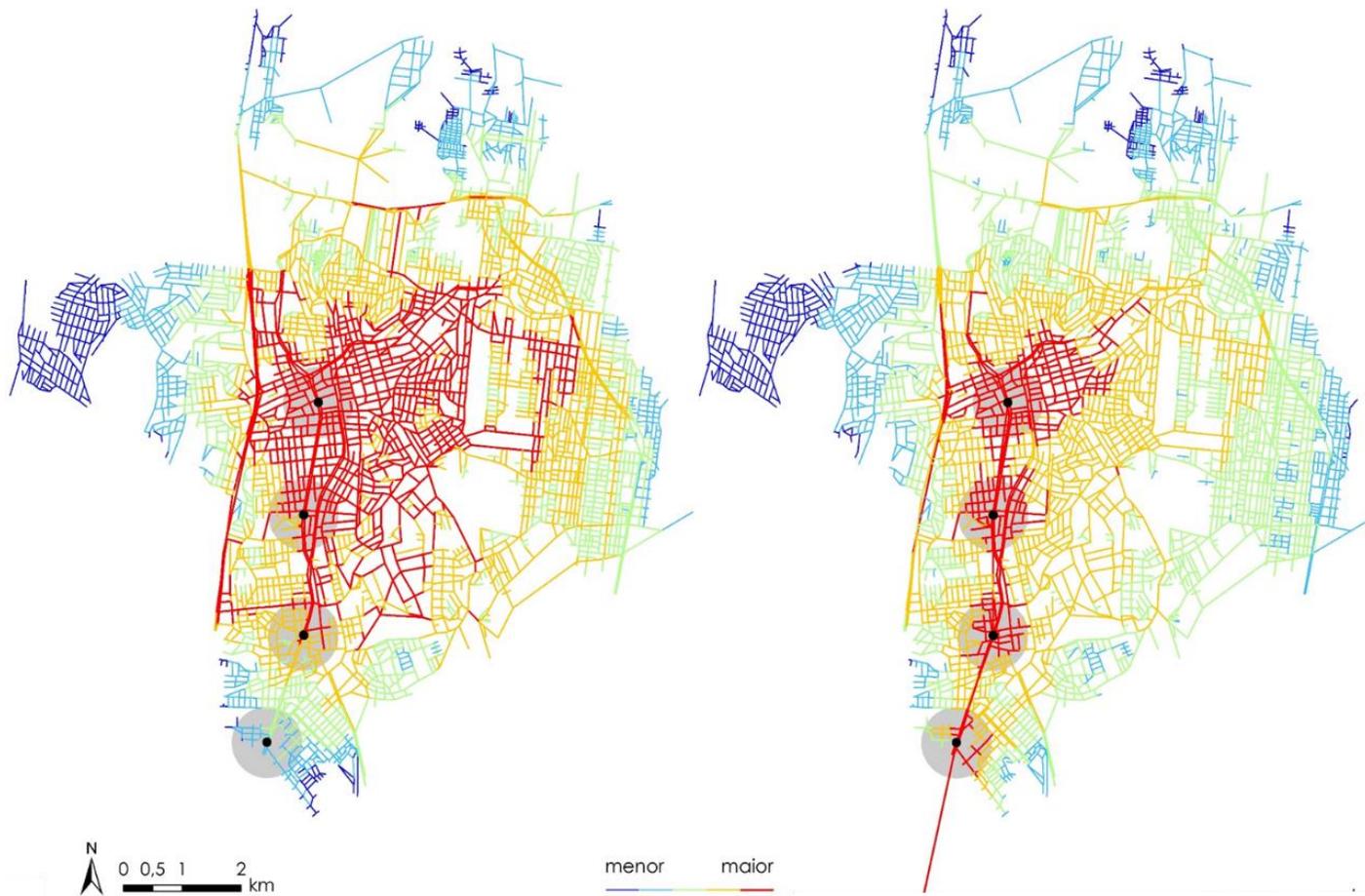


Figura 5-5 – Mapas de Acessibilidade Global (raio  $n$ ) – do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os maiores valores de acessibilidade estão representadas na cor vermelha. Os círculos em cinza são raios em torno das estações do Trensurb. Fonte: Elaboração própria.

Os trechos que mais apresentaram variação no comparativo dos cenários, em sua maioria, estão localizados na periferia sul do sistema. Com a inserção do trem, esta região se conectou mais fortemente com o centro consolidado do município. Outra observação a ser destacada na análise dessa medida é referente aos trechos com boa acessibilidade. Esses trechos, que já apresentavam altos valores no Cenário-1, continuaram acessíveis, porém, com um incremento de valores no segundo cenário.

Quando se observa o segundo gráfico da figura 5-6 – que considera todos trechos do sistema com os valores de Acessibilidade Global (raio  $n$ ) de ambos os cenários ordenados de maneira decrescente –, percebe-se que as curvas se sobrepõem em grande parte, porém o aumento de quatro trechos no Cenário-2 gera um aumento significativo nos valores dessa medida. Vê-se que os trechos do Trensurb e seus vizinhos diretos estão no topo do *ranking*.

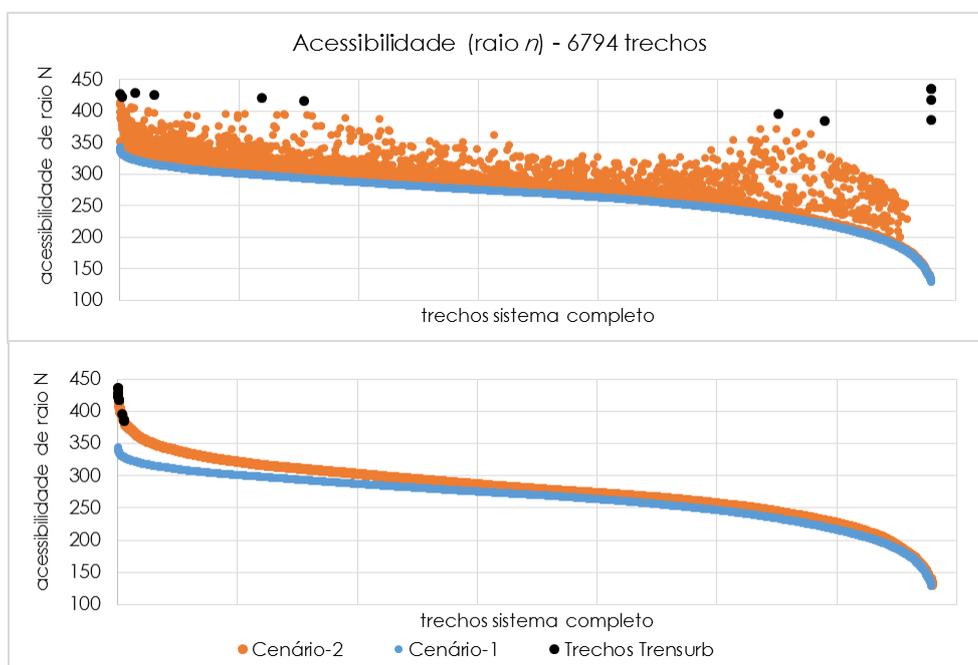


Figura 5-6 – Gráficos de Acessibilidade Global (raio  $n$ ), considerando o sistema completo. O gráfico superior está ordenado de maneira decrescente pela curva do Cenário-1. O gráfico inferior ordena os trechos de ambos os cenários, na ordem decrescente. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os quatro trechos do Trensurb e seus oito vizinhos diretos. Fonte: elaboração própria.

Outra forma possível de comparar os resultados dos diferentes cenários é por meio do Coeficiente de Correlação de Pearson ( $\rho$ ). Essa é uma medida estatística que calcula o grau da correlação linear entre duas variáveis. É um índice adimensional com valores entre "-1" e "1" que representam a intensidade de uma relação linear entre dois conjuntos de dados, onde o valor "1" significa uma correlação perfeita; e "-1" significa uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis. O resultado "0" significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra (PEARSON,

1900). Na literatura, encontra-se referência à seguinte escala de "qualidade" do coeficiente de correlação de Pearson: de 0,70 a 1 (positivo ou negativo) indica uma forte correlação; de 0,30 a 0,70 (positivo ou negativo) indica correlação moderada; e de 0 a 0,30 (positivo ou negativo), indica correlação fraca.

Analisando o índice de correlação entre o Cenário-1 e o Cenário-2, percebe-se que o sistema inteiro de 6.790 trechos, com o acréscimo dos quatro trechos relacionados à linha do Trensurb, apresenta o índice de correlação de 0,90715, o que indica que está fortemente correlacionado. O acréscimo de apenas quatro trechos altera pouco o sistema como um todo, porém esses quatro trechos são capazes de elevar a Acessibilidade Global em 5,44%.

Feita a apresentação das análises que consideram o sistema completo, passa-se a expor os resultados da análise de Acessibilidade Topológica do entorno das estações. As análises de Acessibilidade Global (raio  $n$ ) no entorno das estações do Trensurb, foram feitas considerando apenas os trechos dentro do entorno de 500 metros de cada estação (em cinza na figura 5-5), que somam 541 trechos, e correspondem a aproximadamente 8% dos trechos de todo o sistema.

Quando se analisa o gráfico superior da figura 5-6, com os valores de Acessibilidade Global (raio  $n$ ) ordenados de maneira decrescente, percebe-se que as curvas permanecem semelhantes, porém há um incremento de 19,85% na média dos valores em relação ao Cenário-1 para o Cenário-2.

Ao analisar o gráfico inferior da figura 5-7, que agrega os trechos analisados por estações do Trensurb, percebe-se que a região da estação Santo Afonso é a que mais apresenta alteração nos seus valores, crescendo 40,14%. Em segundo lugar, aparece a região da estação Industrial, com um crescimento de 20,65%, seguida da região da estação Fenac, com 16,52% de crescimento e por último, com a menor alteração no índice, 13,75% a região da estação Novo Hamburgo. Essa ordem é a mesma em que as estações estão dispostas no território, a mais distante do centro é a estação Santo Afonso e a posicionada mais ao centro é a Estação Novo Hamburgo.

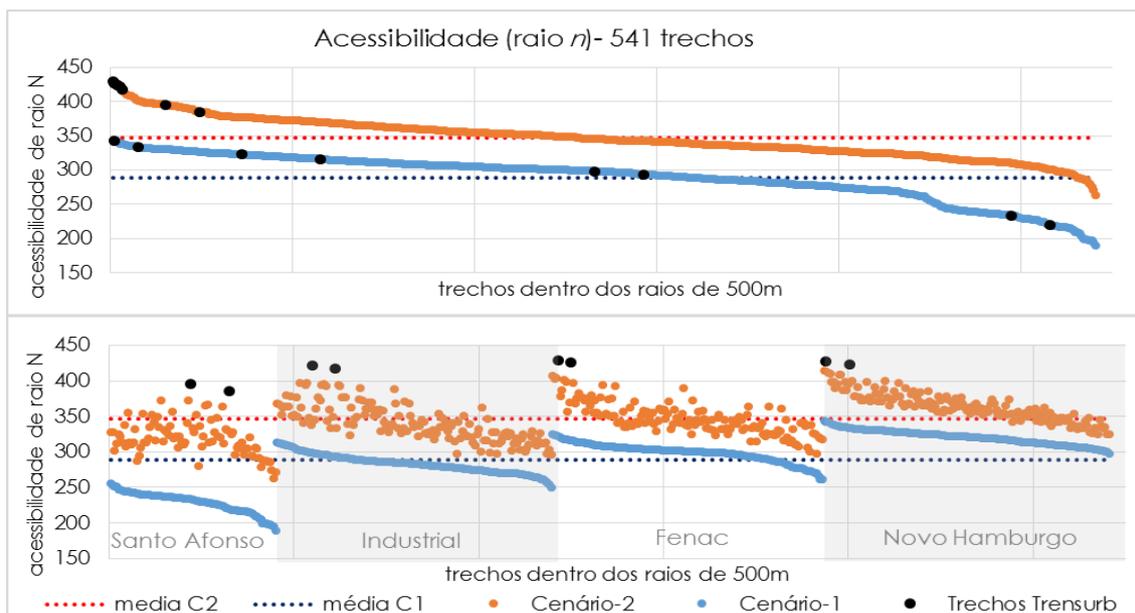


Figura 5-7 – Gráficos de Acessibilidade Global (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios. O gráfico superior ordena os trechos, de ambos os cenários, na ordem decrescente. O gráfico inferior ordena os trechos do Cenário-1 na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os oito vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

Na tabela 5-2, a mesma informação mostrada no gráfico inferior da figura 5-7 é apresentada por meio de seus valores quantitativos e seus percentuais de crescimento. Vê-se que a região da Estação Santo Afonso, apesar de ter o maior crescimento na variação percentual é a estação com o menor desempenho em valores quantitativos, o que sugere que esta região tem uma acessibilidade baixa e o trem realmente contribuiu para a melhora nessa medida. Já, a região da Estação Novo Hamburgo, ao contrário, teve a menor variação percentual, mas em valores quantitativos, apresenta o mais alto valor de acessibilidade.

Tabela 5-2 – Valores médios de Acessibilidade Global por Estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).

RAIO	CENÁRIO-1	CENÁRIO-2	VARIAÇÃO
Novo Hamburgo	320,5955	364,5821	+ 13,75%
Fenac	298,7015	348,0603	+ 16,52%
Industrial	283,2866	341,7755	+ 20,65%
Santo Afonso	228,6115	320,3868	+ 40,14%
Média do raio $n$ raios 500m	289,0687	346,4592	+ 19,85%
Média raio $n$ sistema completo	264,4729	278,8472	+ 5,44%

Quando se trabalha com o universo de 541 trechos, que correspondem aos que se localizam dentro dos raios de 500 metros nos entornos das estações do Trensurb, o coeficiente de Pearson cai para 0,70559. Essa variação sugere que o Trensurb é capaz de alterar a acessibilidade de forma mais expressiva nos trechos mais próximos a ele. A variação percentual do sistema completo induz à conclusão de que os valores médios de acessibilidade variam pouco expressivamente; o que ocorre é um deslocamento dos valores mais bem posicionados no *ranking* para os trechos junto às estações.

Ao final da exposição dos resultados das medidas de acessibilidade anteriormente apresentadas, é possível fazer algumas constatações relativas ao encurtamento de distâncias e facilidades de acesso que a implantação do Trensurb causou na malha urbana consolidada na cidade de Novo Hamburgo.

Pode-se afirmar, com os dados apresentados que:

a) o sistema como um todo aumentou a Acessibilidade Topológica a partir da implantação do Trensurb em 5,44%. O aumento de acessibilidade foi substancialmente maior nos entornos das estações, (crescimento de quase 20%). Percebe-se um forte deslocamento dos trechos mais acessíveis para os entornos das estações do Trensurb.

b) as áreas de entorno das estações que mais aumentaram a acessibilidade foram das estações Industrial e Santo Afonso, que são as distantes do centro principal. As regiões das estações (Fenac e Novo Hamburgo) que já eram áreas da cidade com maior acessibilidade, aumentaram proporcionalmente menos os seus valores.

c) os trechos mais distantes do centro principal foram fortemente privilegiados com a inserção do trem, pois os quatro trechos da linha do Trensurb diminuem as distâncias, fazendo com que principalmente a periferia sul se torne mais acessível em relação a todos os outros trechos do sistema. Esse reforço de acessibilidade ao sul tende a fortalecer a ligação com o município vizinho, São Leopoldo. Por apresentar essa característica de encurtar distâncias, o Trensurb tende a ser utilizado para deslocamentos dentro da cidade, ligando o sul com o centro principal.

### 5.3. O TRENSURB E AS ALTERAÇÕES NA CENTRALIDADE

Este item procura analisar alterações ocorridas no nível da estrutura espacial urbana de Novo Hamburgo, considerando a implantação do Trensurb. Enfoca-se a Centralidade configuracional a partir dos resultados do modelo de Centralidade Ponderada Global (raio  $n$ ), comparativamente entre os Cenários 1 e 2. Conforme já

definido na metodologia, esse modelo considera não apenas a malha da cidade, mas também a localização e importância dos usos do solo. Atributos de espaço como população residente e presença de usos atratores são classificados entre oferta e demanda. Utilizando-se de um SIG, é possível distribuir nos trechos do sistema os valores relativos à demanda: pessoas em idade ativa (PIA), dado extraído do Censo Demográfico 2010 e número de passageiros mensais por estação, dado fornecido pelo Trensurb; e relativos à oferta: estabelecimentos de uso não residencial, dado extraído do Cadastro Nacional para Fins Estatísticos 2010 (CNEFE). Foi feita uma análise comparativa entre os dois cenários, com e sem a inserção do Trensurb.

Ao analisar a Centralidade Ponderada Global (raio  $n$ ) a partir da comparação entre os mapas dos Cenários 1 e 2 (figura 5-8), percebe-se principalmente que as rodovias BR-116, sentido norte-sul e a RS-239, sentido leste-oeste, apresentam perdas nos valores de Centralidade Ponderada. Analisando somente os trechos das rodovias, a perda do valor médio de Centralidade Ponderada é de 18,82%. Esse valor, que no Cenário-1 estava nas bordas do sistema, com a inserção do Trensurb foi realocado para o miolo da cidade junto às estações.

Quando se analisa a Centralidade Ponderada de raio  $n$  considerando os 6.794 trechos, verifica-se que a média se manteve praticamente igual. No Cenário-1, o valor médio é de 61.710.967,72 e, no Cenário-2, o valor médio é de 62.805.841,51, o que sugere um crescimento de 1,77%. Pode-se considerar, com isso, que os valores de Centralidade Ponderada se mantêm para ambos os cenários, porém a implantação do Trensurb implica numa redistribuição da centralidade para perto da sua infraestrutura, fazendo com que o restante do sistema perca valores de Centralidade Ponderada. Outro dado que reforça essa afirmação é a variação dos oito trechos vizinhos diretos do Trensurb, que apresentaram um crescimento de mais 450% após a inserção dos quatro trechos do trem.

Analisando somente os 541 trechos que estão dentro dos raios de 500 metros em torno das estações, percebe-se que no gráfico superior da figura 5-9, onde o Cenário-1 está ordenado de maneira decrescente, os oito trechos vizinhos diretos as estações do Trensurb são os que mais apresentam variação. Quando se ordena o gráfico inferior da figura 5-9 com as curvas de ambos os cenários de maneira decrescente, é notório que os trechos vizinhos se posicionam, em sua maioria, no topo do *ranking*. Observa-se, também um crescimento nos valores de Centralidade Ponderada de raio  $n$ , nos cinquenta primeiros trechos mais centrais do *ranking*.



Figura 5-8 – Mapas de Centralidade Ponderada (raio  $n$ ): do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os maiores valores de centralidade ponderada estão representadas na cor vermelha. Os círculos em cinza são raios em torno das estações do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

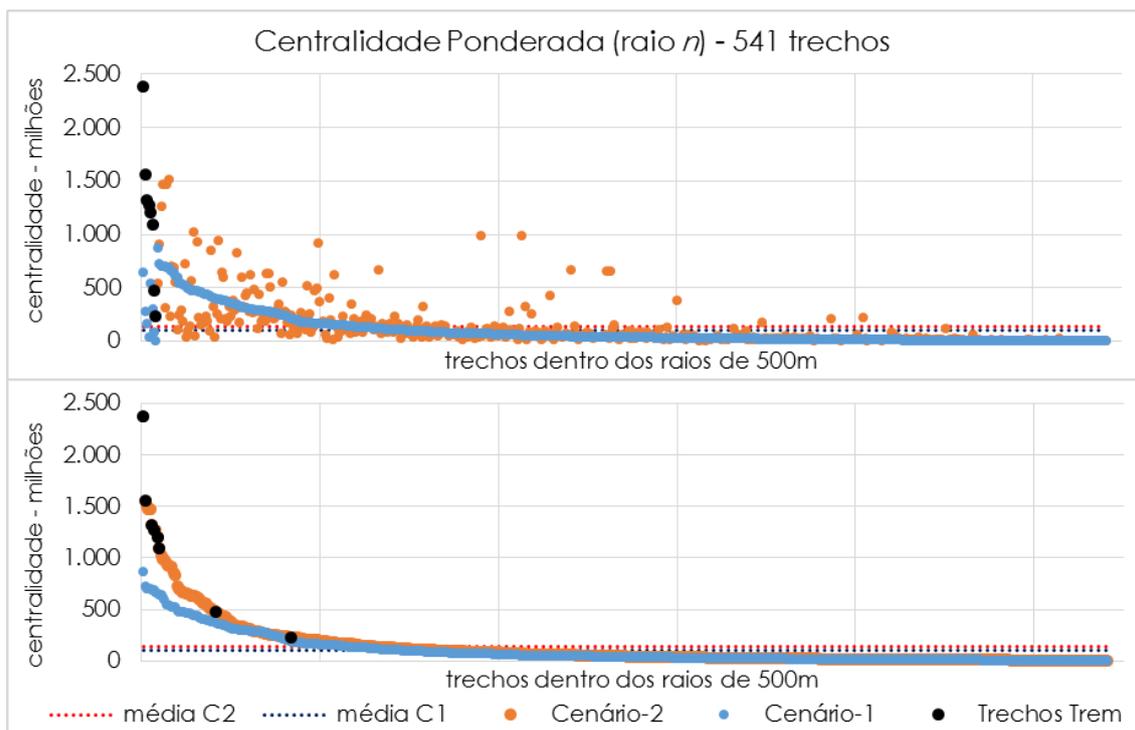


Figura 5-9 – Gráficos de Centralidade Ponderada (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios de cada estação. O gráfico superior está ordenado de maneira decrescente pela curva do Cenário-1. O gráfico inferior ordena os trechos de ambos os cenários, na ordem decrescente. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja o Cenário-2 e em preto os oito vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

Quando se analisa o entorno das estações isoladamente, é possível estudar o desempenho que cada área em torno da estação teve separadamente. Analisando a figura 5-10, nota-se que os oito trechos vizinhos ao trem, em preto, tiveram grande alteração nos valores de Centralidade Ponderada. No Cenário-1, esses oito trechos apresentaram um valor de 2.079.561.992,50, enquanto que no Cenário-2, o valor foi de 9.538.373.632,00, um crescimento de 458,67%.

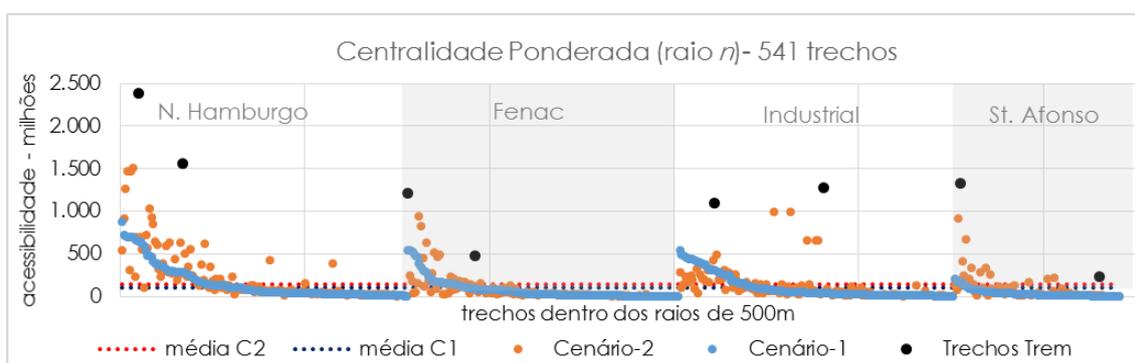


Figura 5-10 – Gráfico de Centralidade Global (raio  $n$ ), considerando os trechos dentro dos raios de cada estação. O gráfico ordena os trechos do Cenário-1, na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja, o Cenário-2, e em preto, os oito trechos vizinhos diretos do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

Quando comparados com os valores médios de Centralidade Ponderada, o crescimento é ainda mais substancial; no Cenário-1, os oito trechos que se tornaram vizinhos do trem já eram 20 vezes maiores do que a média e, no Cenário-2, os valores aumentaram 69 vezes a mais do que a média.

Na tabela 5-3, apresentam-se os valores quantitativos da figura 5-10, mostrada anteriormente. Nessa tabela, é possível verificar que as áreas em torno das estações Novo Hamburgo e Industrial já apresentavam maior centralidade no Cenário-1 e mantêm suas posições no Cenário-2. A implantação do Trensurb reforça essa condição de melhor centralidade presente nessas áreas, aumentando significativamente os seus valores (Novo Hamburgo, com crescimento de 42,40% e Industrial, com crescimento de 19,04%). Os resultados do modelo indicam que a área em torno da estação Santo Afonso, assume a terceira colocação em centralidade após a implantação do trem (cresce 156,94%). A área em torno da Estação Fenac fica na última colocação, apresentando o menor crescimento (12,13%).

Tabela 5-3 – Valores médios de Centralidade Global (raio  $n$ ) por estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).

RAIO	CENÁRIO-1	CENÁRIO-2	VARIAÇÃO
Novo Hamburgo	157.547.555,00	224.035.687,16	+ 42,40 %
Industrial	104.612.752,65	124.533.998,16	+ 19,04 %
Santo Afonso	37.271.682,79	95.767.530,22	+ 156,94 %
Fenac	76.754.862,67	86.064.266,92	+ 12,13 %
Média do raio $n$ raios 500m	101.006.631,11	137.803.368,19	+ 36,43 %
Média do raio $n$ sistema completo	61.710.967,72	62.805.841,51	+ 1,77 %

Ao lembrar as limitações que este trabalho apresenta, que se tem dois cenários com o mesmo carregamento de atributos de população e de estabelecimentos de consumo e emprego, acrescentando somente os quantitativos relativos ao trem no Cenário-2, pode-se afirmar que com o acréscimo:

a) os trechos relativos ao Trensurb têm potencial para tornar-se caminho mínimo de grande parte do sistema. O trem canaliza para dentro do sistema uma centralidade que antes estava às margens da BR-116;

b) os valores de Centralidade Ponderada se alteram mais intensamente nos trechos mais próximos às estações, crescendo em média 36,43% a partir da implantação do Trensurb. Esse fato faz com que as áreas do entorno das estações

ganhem centralidade, tendendo a atrair usos do solo que se beneficiam dessa qualidade configuracional, como comércio e alguns serviços;

c) o modelo apontou um crescimento de 42,40% da Centralidade na área do centro principal (em torno da Estação Novo Hamburgo) sugerindo um reforço dessa qualidade configuracional no centro principal após a implantação do Trensurb. Isso reforça o papel do centro principal como polo dominante de consumo e emprego;

d) a região da Estação Santo Afonso teve maior crescimento na variação dos seus valores e é a estação que apresenta a segunda maior média mensal de passageiros (ver tabela 5-3), perdendo apenas para a região da estação localizada no centro principal do município, Estação Novo Hamburgo. Esses resultados apontam para um forte potencial de crescimento das atividades de consumo e emprego em torno da estação Santo Afonso, que fica na periferia sul da cidade, junto à divisa com São Leopoldo. Deve-se destacar que este local já possui um núcleo de serviços e indústrias de pequeno porte, que tendem a ser favorecidos pelo aumento de Centralidade. No próximo item apresenta-se uma análise mais detalhada das centralidades locais.

#### 5.4. O TRENURB E AS ALTERAÇÕES NOS CENTROS LOCAIS DE CONSUMO E EMPREGO

Outro questionamento que este trabalho se propõe a responder é como a implantação do Trensurb tende a alterar as centralidades de consumo e emprego presentes na cidade. A identificação dos centros locais baseou-se num método proposto por Krafta e Aguiar (1996), a partir da medida de Centralidade Ponderada Local de raio 4. Nesse método, são identificados inicialmente os pontos geradores de centros locais, depois é feita a delimitação de suas respectivas áreas de abrangência e o cômputo dos valores de centralidade agregada para cada centro. A identificação dos pontos geradores é feita a partir do *ranking* dos valores medidos de centralidade, a partir do maior valor. Assim, o espaço constante no topo da lista é o mais central individualmente e é também o ponto gerador do primeiro centro. O segundo espaço é considerado em relação ao primeiro – ou como pertencente à sua órbita, caso lhe seja adjacente ou próximo, ou como um novo ponto gerador, caso não esteja na órbita do primeiro. De forma semelhante, todos os demais são classificados pelo mesmo critério. A delimitação da área de abrangência de cada centro ocorre segundo o critério de mútua interferência. Cada novo espaço é alocado como parte de um centro existente ou como gerador de um novo até que a sua alocação se torne ambígua, em virtude da possibilidade de inclusão em mais de um centro pré-existente.

A partir desses critérios metodológicos, foram identificados os 28 principais centros locais de Novo Hamburgo, que compreendem 50% do valor de Centralidade agregada do sistema (1.166 trechos no Cenário-1 e 1.098 trechos no Cenário-2). Com auxílio de um SIG, esses trechos foram selecionados no mapa e agrupados por proximidade, formando núcleos bem definidos ou estruturas mais lineares, sugerindo o desenvolvimento de uma via específica (corredor). Após a demarcação desses núcleos, fez-se um somatório dos valores de Centralidade Ponderada de cada núcleo, somando os valores de Centralidade de todas as entidades pertencentes ao mesmo centro (soma simples de valores proporcionais). Feito isso, criou-se um *ranking* de núcleos com base no valor de Centralidade agregada. A figura 5-11 apresenta os dois cenários comparativos e a tabela 5-4 apresenta o *ranking* e a descrição dos centros locais.

Uma primeira observação é que os resultados obtidos confirmam a importância do centro principal de Novo Hamburgo (número 1) no *ranking* dos centros locais, detendo 8% da Centralidade do sistema no Cenário-1 e passando para 9,28% no Cenário-2. Caso se considere uma área de centro expandido, agregando, além do centro principal, o centro José do Patrocínio (número 4), o centro Bento Gonçalves (número 3) e o centro Frederico Linck (número 7), essa nova Centralidade abarcaria 16,71% da centralidade agregada, ainda no Cenário-1. No Cenário-2 estes quatro centros locais somariam mais de 17,34% da Centralidade. Esses quatro centros locais são bastante próximos e apresentam várias alternativas de ligação viária o que sugere uma tendência de forte unificação futura com o desenvolvimento da cidade. Esse centro expandido concentra essa importante parcela das instituições e estabelecimentos de comércio e serviço, além de ter uma alta densidade residencial.

O segundo centro local (Nações/Industrial) é uma área populosa com indústrias e serviços, que cresceu em valor agregado quando se considera a presença do Trensurb. O terceiro centro local identificado pelo modelo, Canudos, se caracteriza pela forte presença de comércio, serviços, agências bancárias e instituições. Sendo considerado um subcentro do município, abarcando 3,72% no Cenário-1 e 3,30% no Cenário-2.

O centro local Prefeitura aparece na sétima colocação nos dois cenários, com 2,63% da Centralidade no Cenário-1 e 2,49% no Cenário-2, mostrando o relativo êxito da iniciativa municipal em criar um centro administrativo descentralizado e assim incentivar novo local de emprego e consumo.

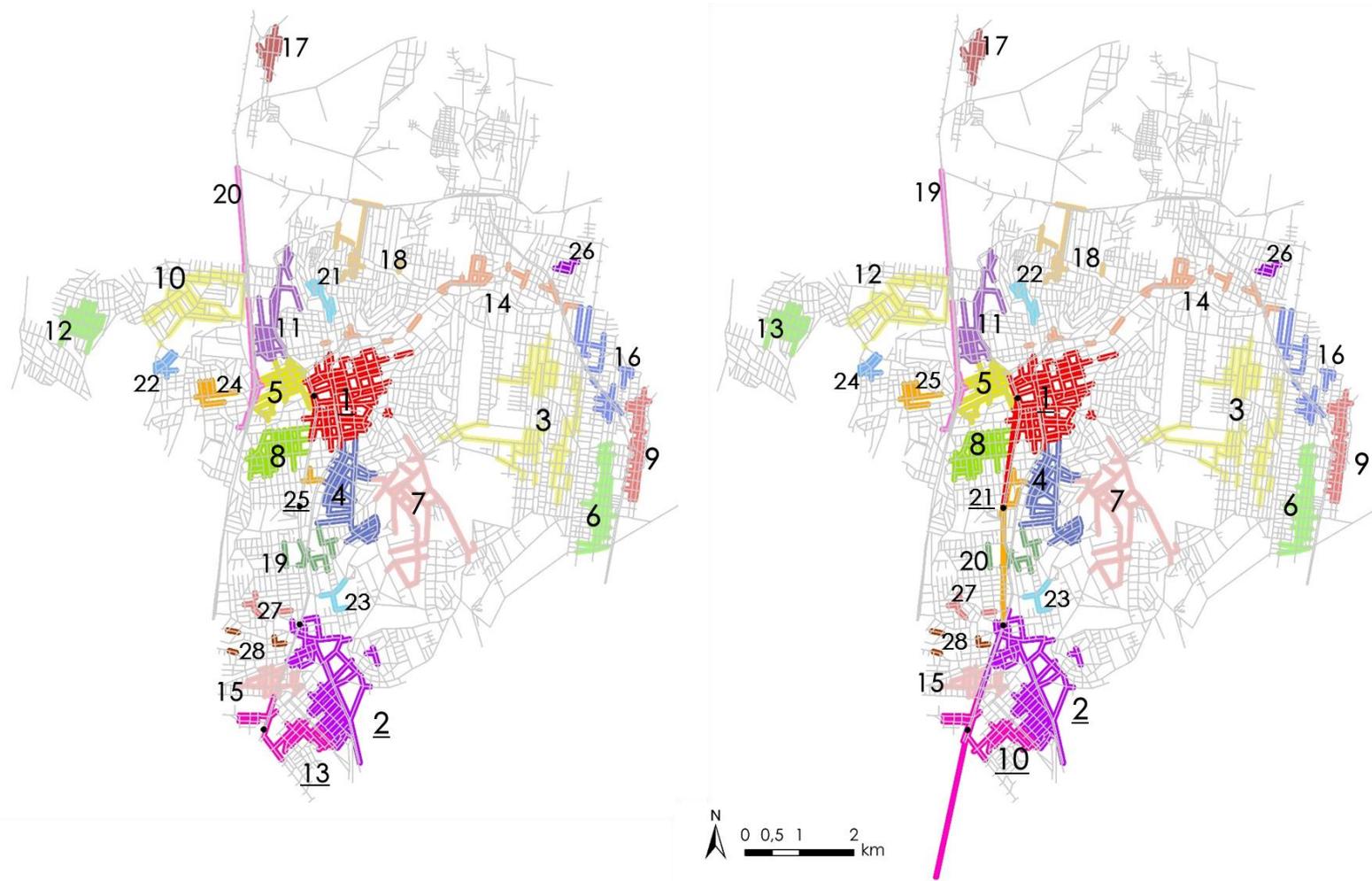


Figura 5-11 – Mapas de núcleos Centralidade Ponderada (raio 4): do Cenário-1 e do Cenário-2. Os pontos em cinza são as localizações das estações. Os núcleos 1-Centro, 2-Nações, 9-Santo Afonso e 23-Fenac, no Cenário-2, abarcam os trechos do Trensurb. Fonte: elaboração própria.

Tabela 5-4 – *Ranking* de núcleos de Centralidade Ponderada (raio 4), por ordem decrescente. Nas colunas "CENTR%" registra-se a percentagem que o núcleo detém em relação ao sistema completo e nas colunas "CENTR% ACUM" se faz o somatório das percentagens dos núcleos.

	CENÁRIO-1	CENTR %	CENT% ACUM	CENÁRIO-2	CENTR %	CENTR% ACUM
1º	<b>Centro (N. Hamburgo)</b>	<b>8,00%</b>	<b>8,00%</b>	<b>mantém</b>	<b>9,28%</b>	<b>9,28%</b>
2º	<b>Nações (Industrial)</b>	<b>5,04%</b>	<b>13,04%</b>	<b>mantém</b>	<b>6,33%</b>	<b>15,61%</b>
3º	Canudos	3,72%	16,76%	mantém	3,30%	18,90%
4º	Bento Gonçalves	3,38%	20,15%	mantém	3,09%	21,99%
5º	José do Patrocínio	2,85%	23,00%	mantém	2,67%	24,67%
6º	Odon Cavalcante	2,84%	25,84%	mantém	2,57%	27,24%
7º	Prefeitura	2,63%	28,47%	mantém	2,49%	29,73%
8º	Frederico Linck	2,48%	30,94%	mantém	2,30%	32,03%
9º	Bruno Storck	2,15%	33,10%	mantém	2,01%	34,04%
10º	Rincão	2,14%	35,24%	<b>Santo Afonso</b>	<b>1,99%</b>	<b>36,03%</b>
11º	24 de Maio	1,87%	37,11%	mantém	1,79%	37,82%
12º	Primavera	1,49%	38,61%	Rincão	1,66%	39,48%
13º	<b>Santo Afonso</b>	<b>1,49%</b>	<b>40,10%</b>	Primavera	1,40%	40,88%
14º	Vitor Hugo Kunz	1,49%	41,58%	mantém	1,32%	42,20%
15º	São Leopoldo	1,46%	43,04%	mantém	1,25%	43,45%
16º	Alcântara	1,27%	44,31%	mantém	1,09%	44,54%
17º	Churrascaria Sapatão	0,87%	45,18%	mantém	0,83%	45,37%
18º	Demétrio Ribeiro	0,84%	46,01%	mantém	0,75%	46,12%
19º	Atacadão	0,76%	46,77%	BR-116	0,70%	46,82%
20º	BR-116	0,75%	47,53%	Atacadão	0,68%	47,50%
21º	Hospital	0,61%	48,14%	<b>Fenac</b>	<b>0,65%</b>	<b>48,15%</b>
22º	Presidente Lucena	0,39%	48,53%	Hospital	0,59%	48,74%
23º	Floresta Imperial	0,39%	48,92%	mantém	0,37%	49,11%
24º	Barão de Ubá	0,33%	49,25%	Presidente Lucena	0,30%	49,41%
25º	<b>Fenac</b>	<b>0,30%</b>	<b>49,55%</b>	Barão de Ubá	0,29%	49,70%
26º	Irmã Lina	0,20%	49,74%	mantém	0,11%	49,82%
27º	7 de setembro	0,14%	49,89%	mantém	0,11%	49,93%
28º	Miranda	0,11%	50,00%	mantém	0,08%	50,01%

Um efeito importante causado pela presença do Trensurb aparece nos dois centros locais que contêm suas estações. O centro Santo Afonso sobe três posições no *ranking* e o Fenac sobe quatro posições. Deve-se salientar que o centro local Fenac se estrutura basicamente pela presença do parque de exposições, alguns hotéis e também da estação rodoviária. A presença da estação do Trensurb nesse polo fez o mesmo dobrar seu valor de centralidade local (de 0,3 para 0,65%), apontando para um possível crescimento das atividades de consumo e emprego nesse local.

Os quatro centros locais, destacados em negrito na tabela 5-4, são as centralidades locais que receberam os trechos com os carregamentos do Trensurb. Esses quatro centros foram os únicos que apresentaram um crescimento positivo em

relação ao Cenário-1. O núcleo do Centro (número 1 na figura 5-11), que abriga a Estação Novo Hamburgo cresceu 15,92%. O centro da Fenac (número 23 na figura 5-11), que abriga a estação como o mesmo nome, cresceu 119,58% com a chegada do trem. Por estar muito próximo ao centro expandido, o centro local Fenac apresenta um potencial de crescimento na oferta de serviços e empregos na direção do centro principal. O centro local intitulado Nações/Industrial (número 2 na figura 5-11), que abarca a Estação Industrial, cresceu 25,64% e o centro local (número 9 na figura 5-11) da Estação Santo Afonso cresceu 33,70%. Todos os outros centros tiveram um crescimento negativo, o que indica que a implantação do Trensurb tem o efeito de provocar uma redistribuição dos valores de centralidade local, modificando a parcialmente a hierarquia dos centros, potencializando quem está próximo a ele e enfraquecendo os mais distantes.

A metodologia permite identificar quais os centros locais que mais perderam centralidade agregada após a implantação do trem. As cinco maiores perdas foram nos seguintes centros locais: no centro 7 de Setembro, a perda de centralidade chega a 21,01%; nos centros Rincão e Presidente Lucena, as perdas são semelhantes – de 22,60% e de 22,87%, respectivamente. O centro Miranda apresenta uma perda de 25,54% e o centro com a maior perda entre os locais é o Irmã Lina, chegando a 41,80%. Esse efeito sugere que a implantação do Trensurb captura os valores de centralidade para perto da sua estrutura, podendo enfraquecer os centros locais mais distantes a ele ou os centros que já apresentavam pouca expressividade na medida de Centralidade.

Com base nos dados apresentados, pode-se verificar que:

a) a análise dos centros locais mostrou a importância do centro principal de Novo Hamburgo, destacando-se como o de maior hierarquia nos dois cenários analisados. O modelo mostrou que a implantação do Trensurb ratificou o papel do centro principal do município. Os dados mostram que, considerando um centro expandido, seu valor de Centralidade Local passa de 16,71% para 17,34% no Cenário-2;

b) a implantação do trem faz com que o sistema obtenha os mesmos valores de Centralidade Ponderada Local, com uma quantidade 5,83% menor de trechos. Essa infraestrutura concentra os valores e induz a uma redistribuição, onde todos os centros locais que compreendem as estações ganharam valor de Centralidade Local agregada;

c) apesar da limitação dos dados, foi possível verificar que a implantação do trem produz efeitos em que alguns centros ganham e outros perdem valor de centralidade agregada. Percebe-se nessa análise que, alguns dos núcleos mais

distantes ou com valores de centralidade menos expressivos, tendem a perder importância, se enfraquecendo e por consequência criando uma dependência maior com o centro principal do município.

## 5.5. O DESEMPENHO ESPACIAL DA LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES DO TRENSURB

### 5.5.1. A eficiência da localização das estações do Trensurb

Dando sequência à análise espacial, este item verifica a eficiência da localização das estações na captura de prováveis usuários. Para tanto, aplica-se a medida de Convergência, que pode ser definida como a localização privilegiada de pontos de oferta, em função da distribuição de potenciais consumidores e dos demais pontos de oferta. No caso desse estudo, quer-se analisar a Convergência das estações (oferta) em função da demanda, a população residente. Para essa medida considerou-se apenas a PIA não foram considerados os dados relativos ao Trensurb. Para isso, considerou-se que as estações do Trensurb não têm diferenças de atratividade entre si, recebendo todas a mesma ponderação (peso) no modelo. Dessa forma, as únicas variações ficam por conta da distribuição desigual da população residente e da localização das estações na rede urbana. O modelo, então, faz a divisão dos prováveis usuários (moradores) entre as quatro estações do Trensurb.

Comparando os valores de Convergência com os valores de número efetivo de passageiros (média mensal), formulou-se uma tabela (tabela 5-5) que relaciona desses dois critérios. Observa-se que as estações Fenac e Industrial, proporcionalmente, apresentam convergências muito maiores do que o número de passageiros transportados. Elas apresentam boas localizações para captar possíveis usuários do Trensurb. Já, as estações Estação Novo Hamburgo (estação final) e Estação Santo Afonso (primeira estação do município), apresentam uma proporção mais equilibrada entre o número de passageiros e a sua Convergência.

Tabela 5-5 – Comparativo entre as estações do Trensurb a partir dos dados de número médio de passageiros transportados por mês e dos resultados da Convergência das estações.

ESTAÇÃO	MÉDIA MENSAL DE PASSAGEIROS	%	CONVERGÊNCIA DAS ESTAÇÕES	%
Novo Hamburgo	250.506,33	55,84%	18.732.834,00	34,97%
Fenac	58.936,50	13,14%	16.677.125,00	31,13%
Industrial	56.082,83	12,50%	12.876.872,00	24,03%
Santo Afonso	83.118,00	18,53%	5.286.711,00	9,87%

Conforme a tabela 5-5, as estações Novo Hamburgo e Santo Afonso apresentam um valor de Convergência menor do que os indicadores de passageiros apontam. A estação final, Novo Hamburgo, abrange uma área de demanda maior do que a que foi representada no modelo. No caso dessa estação, ela provavelmente atrai passageiros dos municípios de Campo Bom e Estância Velha, localizados a nordeste e a oeste respectivamente. Como a representação espacial adotada abrange apenas a cidade de Novo Hamburgo, essa demanda não foi considerada no cômputo do modelo. Caso semelhante ocorre com a Estação Santo Afonso, que captura passageiros do norte do município de São Leopoldo, também não considerados no modelo, novamente em decorrência do recorte adotado.

As estações Fenac e Industrial têm uma relação entre o valor de convergência e os indicadores de passageiros com maior variação. Ambas apresentam boa convergência que, porém, não se reflete em um número expressivo de passageiros transportados.

Ao observar os dados da Convergência Espacial das estações do trem em função da população em idade ativa da cidade de Novo Hamburgo, é possível afirmar que:

a) os valores de convergência das estações caem à medida que se afastam do centro principal do município. Este fato pode estar ligado à forma da mancha urbana, que apresenta a de um triângulo invertido. A Estação Novo Hamburgo está localizada na parte com maior território e a Estação Santo Afonso, no extremo oposto, inserida próximo ao vértice do triângulo;

b) a Estação Novo Hamburgo é responsável por 35% da convergência total das quatro estações, indicando a maior capacidade de atração de passageiros, ratificando o que apontam os dados de média de passageiros. Destaca-se que essa estação atende toda a parte norte da cidade de Novo Hamburgo;

c) nesta aplicação, a Convergência não se mostrou um indicador preciso, quando confrontada com os dados reais de captura dos passageiros. No modelo, os passageiros foram representados apenas pela população residente (PIA), conforme os diversos setores censitários da cidade de Novo Hamburgo. A análise não considerou os possíveis passageiros não moradores, que utilizam as estações por motivos de trabalho, estudo ou outros. Outro aspecto é a interferência do recorte adotado nos resultados das análises, principalmente no caso das estações das extremidades da cidade (Santo Afonso e Novo Hamburgo). Essas estações, provavelmente possuem uma área de captura de demanda maior do que a representada no modelo.

### 5.5.2. Oportunidade Espacial de acesso às estações do trem

Usando a medida de Oportunidade Espacial, que mede o privilégio de localização residencial diante de um sistema de serviços, estudaram-se as vantagens que as pessoas em idade ativa (demanda) têm em relação ao acesso às estações do Trensurb (oferta). Os dados do CNEFE de estabelecimentos de consumo e emprego, até então carregados como oferta, poderiam ser carregados como demanda (empregados), porém, eles foram desconsiderados, pois não se tinha o dado de número de funcionários por estabelecimento, e usar apenas o número de estabelecimentos poderia gerar um cenário distante da realidade.

Como todas as estações prestam o mesmo serviço, não há interesse das pessoas em fazer grandes deslocamentos para chegar à estação. O morador tende a usar a estação mais próxima a ele, ou por comodidade ou na tentativa de otimizar tempo de deslocamento.

Os resultados da medida de Oportunidade Espacial às estações estão apresentados na figura 5-12. Para a confecção de mapa, foi utilizada a ferramenta de interpolação IDW (*inverse distance weighting*, i.e., ponderação pelo inverso da distância) do *software* ArcGIS, que determina os valores das células utilizando uma combinação linear ponderada por um conjunto de pontos de amostragem. Este método de interpolação implementa explicitamente o pressuposto de que as coisas mais próximas entre si são mais parecidas do que as mais distantes, de modo que, para prever um valor para algum local cujo valor não existe, o IDW usa os valores amostrados à sua volta, que terão um maior peso do que os valores mais distantes. É um método de interpolação que cria um novo conjunto de dados a partir de um conjunto discreto conhecido e faz uma distribuição homogênea dos resultados tornando a visualização dos dados mais fácil.

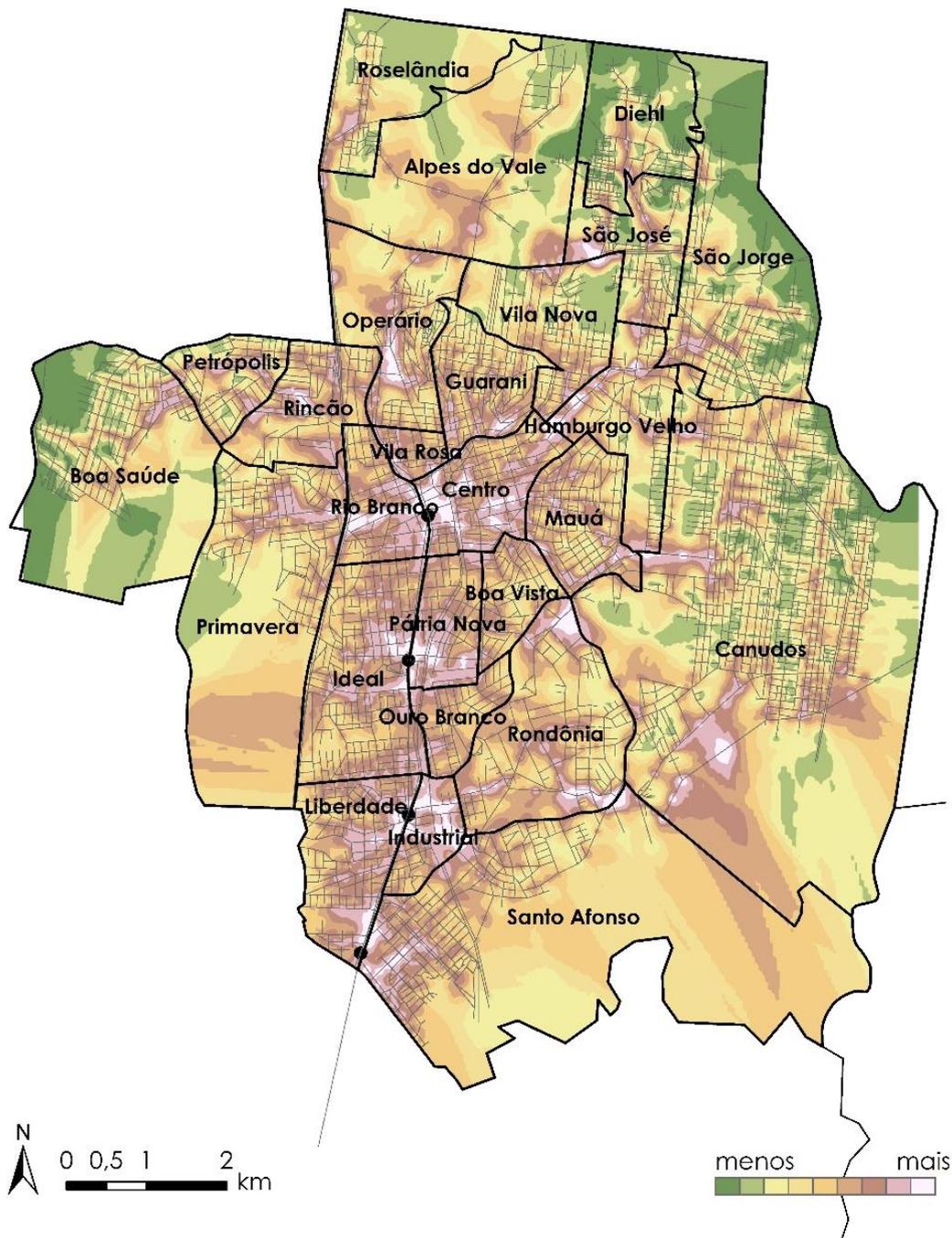


Figura 5-12 – Mapa de Oportunidade de acesso às estações. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria.

Fazendo uma análise por setores da cidade, vê-se que a população das zonas norte e nordeste tem boa oportunidade de acesso às estações. Provavelmente pela presença de uma estação próxima, a Estação Novo Hamburgo. Alguns setores de bairros aparecem com mais destaque: Guarani, Hamburgo Velho, Operário e São José e ainda os bairros Rio Branco e Centro que são contíguos à estação, conforme pode ser observado na figura 5-13.



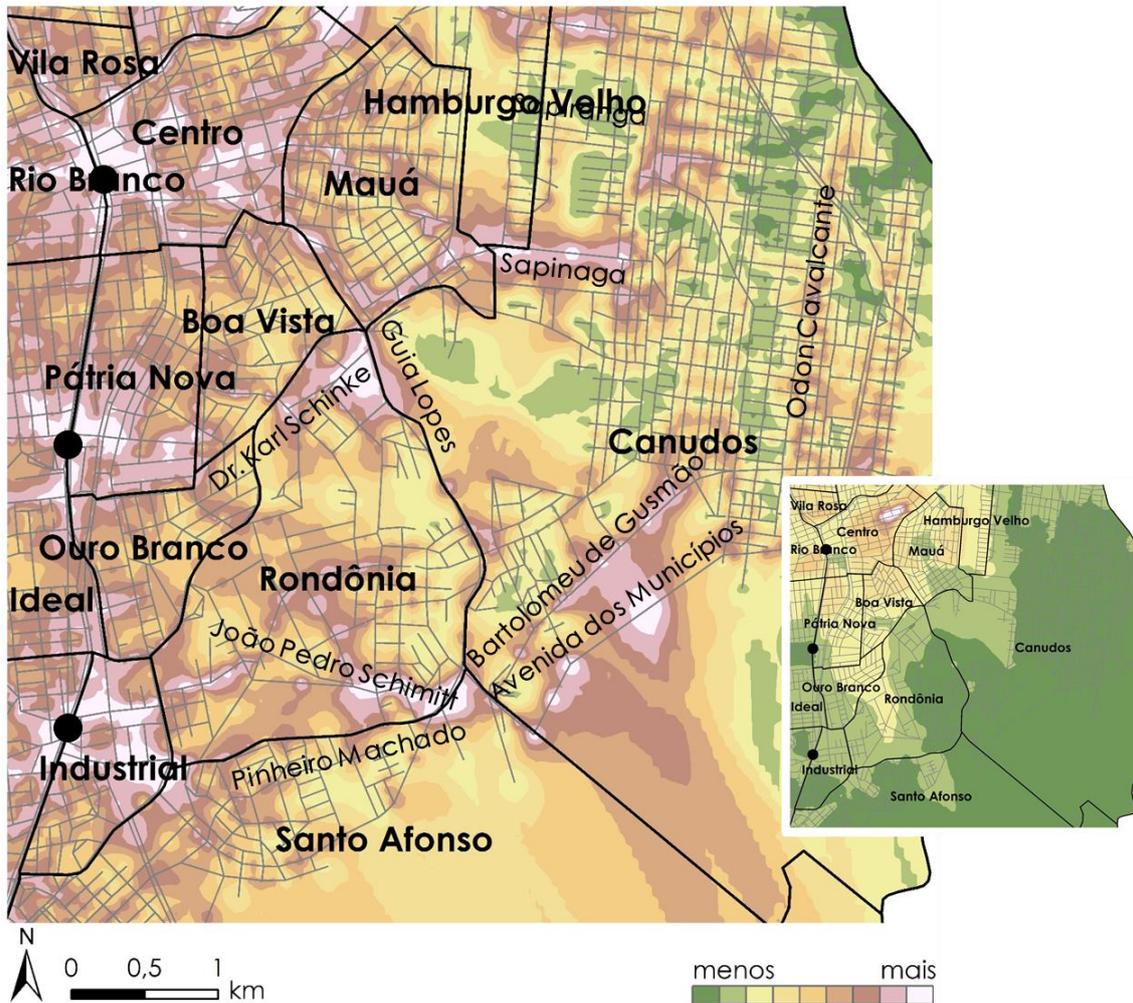


Figura 5-14 – Mapa de Oportunidade de acesso às estações da zona leste da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria.

No extremo oposto da cidade, na zona oeste, percebe-se que os bairros do outro lado da BR-116: Boa Saúde, Petrópolis, Primavera e Rincão, também têm dificuldade de acesso ao Trensurb, pois essa rodovia cria uma espécie de barreira que fragmenta a malha viária e impossibilita a travessia em qualquer ponto. Algumas ruas aparecem com o valor de oportunidade mais elevado. São elas: Júpiter e Plutão no bairro Boa Saúde, Áustria e Inglaterra no bairro Petrópolis, São Nicolau no bairro Primavera e; Finlândia e Mônaco no bairro Rincão, conforme figura 5-15.

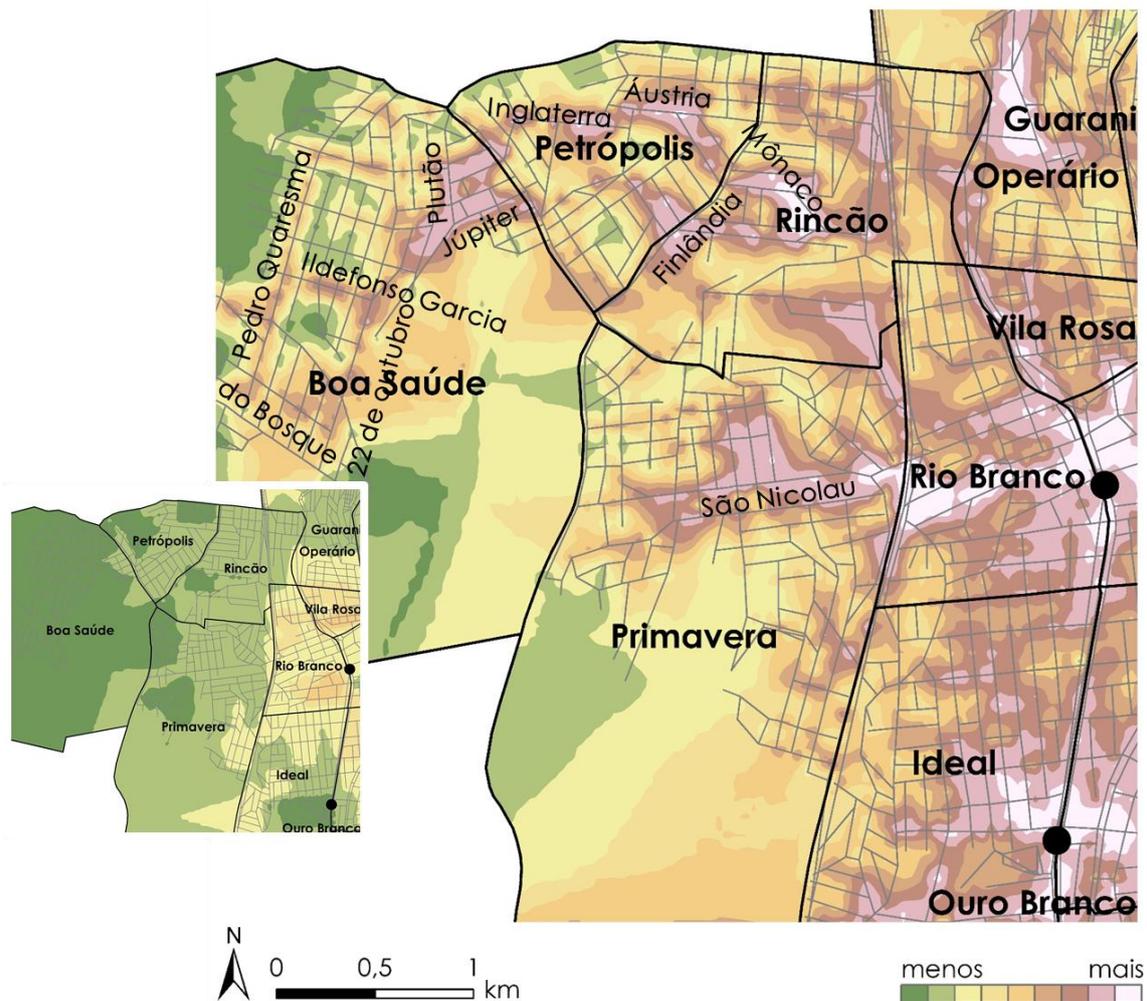


Figura 5-15 – Mapa de Oportunidade Espacial às estações da zona oeste da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria.

A zona sul da cidade, de uma maneira geral, apresenta boa Oportunidade de acesso às estações do Trensurb. Porém, percebe-se que algumas vias têm um melhor desempenho. São as vias: Miranda, Pinheiro Machado e Rodrigues Alves, mais próximas à Estação Industrial e às vias: Caracas, Leopoldo Wasun, Montevideo e Primeiro de Março, mais próximas à Estação Santo Afonso, conforme figura 5-16.

Um aspecto importante a ser destacado é que o aumento da Oportunidade na periferia sul do município (bairro Santo Afonso), tem implicações ambientais. Trata-se de uma área próxima à várzea do Rio dos Sinos, que contém uma área de preservação permanente. O aumento da Oportunidade nessa borda da cidade pode induzir a um processo de ocupação mais intenso de moradias de baixa renda, que atualmente já são em grande número nessa área. Isso, no futuro, pode gerar problemas de ocupações irregulares em áreas inadequadas à urbanização.

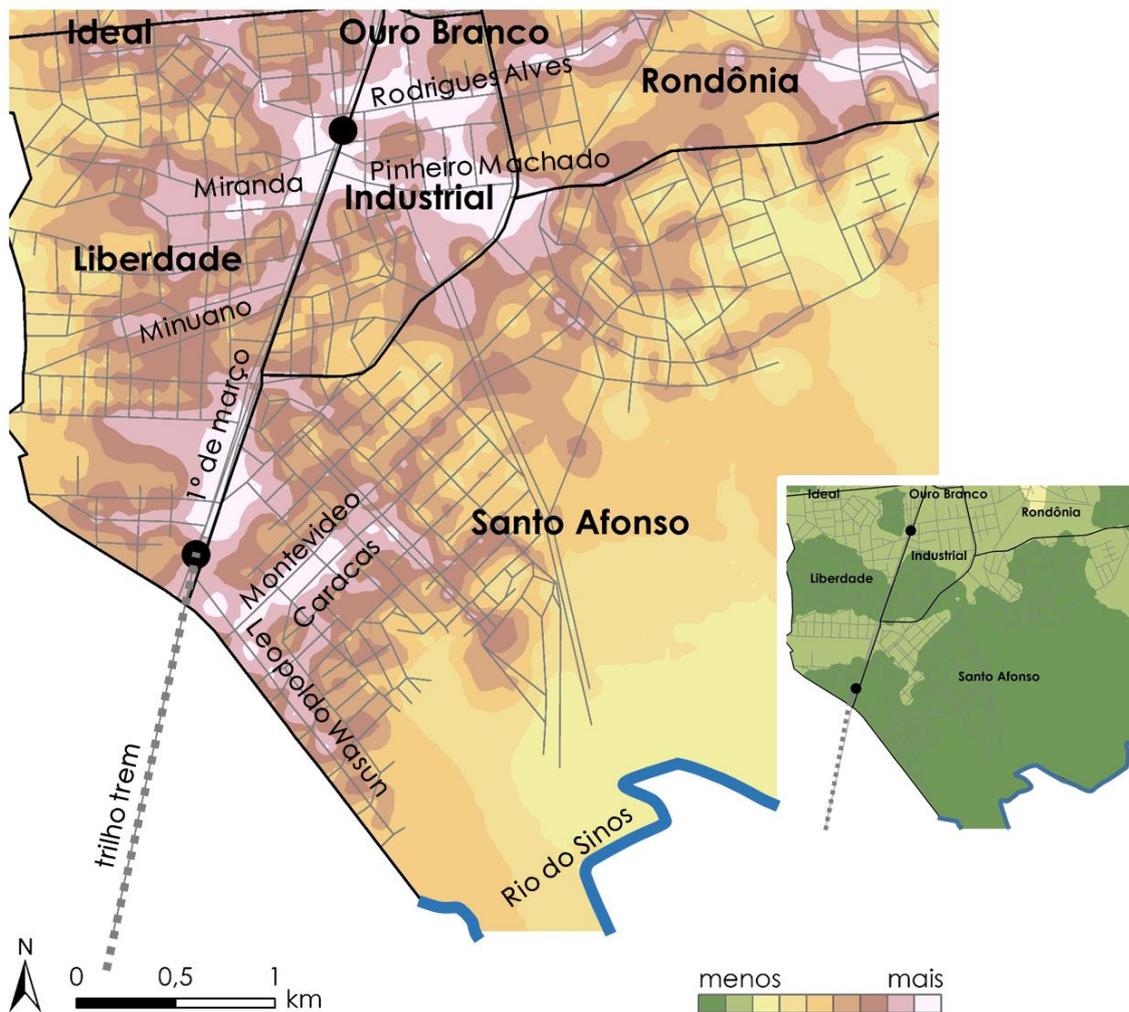


Figura 5-16 – Mapa de Oportunidade Espacial às estações da zona sul da cidade e mapa (menor) de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria.

Observando como a população residente, de diferentes classes de renda, tem acesso às estações do trem, se fez um mapa (figura 5-17), novamente utilizando o método de interpolação, da renda *per capita*.

A cidade apresenta uma distribuição de renda mononuclear. À medida que se afasta do centro principal, os valores de rendimentos mensais caem. Pode-se identificar, também, um vetor de maior renda a nordeste do bairro Centro. Essa estrutura se reproduz comumente em cidades latino-americanas, onde as classes de maior renda valorizam a moradia próxima ao centro. Percebe-se que a população das classes mais abastadas, tem boa oportunidade às estações, estando, portanto, bem servida de transporte oferecido pelo trem, apesar de ser a que provavelmente menos utiliza esse serviço de transporte público.

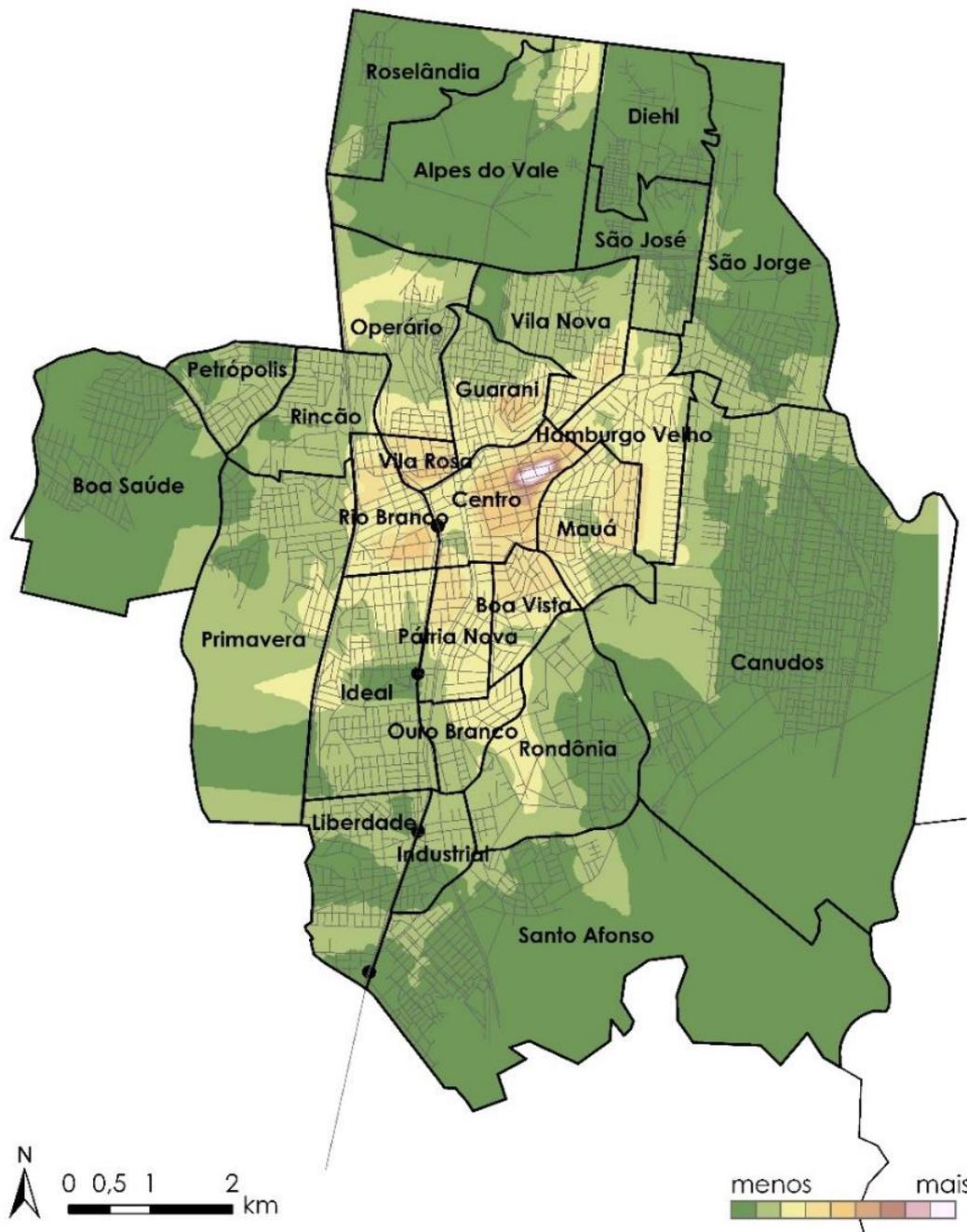


Figura 5-17 – Mapa de rendimentos mensais *per capita*. Os pontos pretos representam a posição das estações e os polígonos representam os limites dos bairros. Fonte: elaboração própria.

A população localizada em torno da Estação Fenac apresenta uma renda média, enquanto que as estações Industrial e Santo Afonso têm nos seus entornos populações com menores rendas. Isto demonstra que a implantação do trem beneficiou a população residente na zona sul da cidade que tem menor renda. As outras periferias, a oeste (bairros Boa Saúde, Petrópolis, Primavera e Rincão), a leste (bairro Canudos) e a norte (bairro Alpes do Vale, Diehl, São Jorge, São José e

Roselândia) também apresentam rendas mais baixas e tiveram menores benefícios em termos de oportunidade de acesso ao trem.

A fim de se observar a relação entre renda *per capita* e oportunidade, calculou-se o coeficiente de Pearson nos trechos. O resultado indica uma correlação extremamente baixa (0,1654), mostrando que não existe uma relação entre boa oportunidade de acesso e altos níveis de renda ou má oportunidade de acesso e baixos níveis de renda. Esse valor aponta que independentemente dos valores renda da população, todos têm oportunidades de acesso ao trem. O esse valor indica que as oportunidades de acesso ao Trensurb estão distribuídas entre várias faixas de renda.

Ao analisar os resultados da medida de Oportunidade de acesso às estações pode-se constatar que:

a) em termos gerais, a localização das estações promove uma boa distribuição da oportunidade de acesso ao Trensurb entre as diversas categorias de renda. As populações das bordas nordeste e oeste apresentam baixa Oportunidade de acesso ao trem. A chegada do trem facilita os deslocamentos dos pedestres e traz novas oportunidades de acesso à população de baixa renda, principalmente para os moradores do sul do município;

b) o bom desempenho na medida Oportunidade da zona sul da cidade aponta para um possível crescimento do interesse na ocupação dessa área, que inclui locais com presença de população de baixa renda e fragilidade ambiental;

c) a BR-116 se torna uma espécie de barreira para os quatro bairros a oeste da cidade (Boa Saúde, Petrópolis, Primavera, Rincão). Estes bairros são relativamente próximos à estação Novo Hamburgo (em termos da distância métrica) mas topologicamente têm baixa oportunidade de acesso ao trem.

## 5.6. O TRENURB E OS POTENCIAIS PARA NOVAS ÁREAS DE OFERTAS DE CONSUMO E EMPREGO

Este item explora a visualização de cenários futuros de desenvolvimento urbano, desencadeados a partir da implantação do Trensurb. Para tanto, utilizou-se o modelo de Potencial, visando a identificar melhores possibilidades de localização para novas atividades de consumo e emprego (oferta) dada uma distribuição de consumidores e uma rede de pontos de ofertas já existente. Pretende-se identificar

quais novos locais passam a apresentar potencial de desenvolvimento de atividades de consumo e emprego, a partir da implantação do Trensurb.

Potencial é uma medida derivada da medida de Convergência. A Convergência executa no modelo um ordenamento das demandas em relação aos pontos de oferta existentes e calcula o valor do caminho mínimo entre cada par oferta e demanda. Porém, somente faz sentido medir a Convergência onde existam ofertas, e para os locais que não se têm ofertas, pode-se medir o potencial que esses locais teriam de abrigar uma oferta.

Portanto, a medida de Potencial só considera para fins de classificação, os trechos que não apresentam atividade de oferta no seu carregamento. Como dos dados do CNEFE, utilizados para o carregamento da oferta, consideram todas as naturezas de serviços, poucos trechos não tinham carregamento de oferta. Então, para esse estudo, os trechos que apresentavam até cinco pontos de oferta tiveram seus carregamentos zerados para poderem entrar no cálculo, evitando que trechos com apenas um estabelecimento, ficassem fora do cálculo.

Os resultados da medida de Potencial aparecem na figura 5-18. Percebe-se que, no Cenário-1, a distribuição dos trechos com Potencial para pontos de atividades consumo e emprego era pulverizada pelo sistema, criando algumas formações lineares ao longo de uma mesma via. No Cenário-2, essa pulverização se mantém em grande parte, porém o Trensurb concentra potencial nos seus trechos fazendo com que alguns trechos, principalmente a leste da Estação Fenac e a oeste da Estação Industrial, percam valores de potencial.

As regiões mais distantes da estrutura do Trensurb, como: o lado oeste da BR-116, a região as margens da RS-239, a parcela sudeste da cidade e o bairro Canudos, não apresentam variações significativas no potencial após a implantação do Trensurb. Isso sugere que a estrutura do trem apresenta uma força relativa de atrair para o seu entorno os valores de potencial, visto que os valores médios entre os cenários pouco se alteram variando de 11.188.436,47 no Cenário-1 para 11.339.437,13 no Cenário-2, um crescimento de 1,35% apenas.



Figura 5-18 – Mapas de Potencial: do Cenário-1 e do Cenário-2. Nas duas situações, as entidades da rede que obtiveram os 25% maiores valores de Potencial estão representadas no gradiente vermelho e com linha mais espessa. Os pontos pretos representam a posição das estações. Fonte: elaboração própria.

Embora tenha havido uma pequena variação percentual no valor médio do potencial com a inserção da estrutura do Trensurb, a análise dos mapas mostra uma mudança na localização dos trechos com maior Potencial para desenvolver atividade de consumo e emprego. Para avaliar essas mudanças, criou-se um *ranking* com a variação percentual (de perda ou de ganho) nos valores de Potencial entre os dois cenários. Feito isso, separaram-se os trechos em três grandes grupos: os que perderam valores, com perdas maiores que -5%; os que permaneceram sem grandes alterações, variação entre -5% e +5% e os trechos que ganharam valores de Potencial, com mais de +5% de aumento. Para investigar as possíveis alterações causadas pela inserção do Trensurb e melhor visualizar a localização desses trechos que mais sofreram variação, geram-se dois mapas: um de perdas e um de ganhos da medida de Potencial, conforme mostra a figura 5-19.

O mapa da esquerda, da referida figura, mostra os trechos que mais sofrem perdas na medida analisada. Esses trechos foram divididos em três classes: os que tiveram uma perda considerada pequena (de -5% a -30%), os que apresentaram uma perda relativa (de -30% a -50%) e os trechos que tiveram uma grande perda com a chegada do trem (mais de -50%). A quantidade de trechos que cada classe apresenta é 994 trechos, 223 trechos e 203 trechos, respectivamente.

O mapa da direita mostra os trechos que mais tiveram ganhos de Potencial. Esses trechos também foram divididos em três classes: os que tiveram um ganho considerado pequeno (de +5% a +30%), os que tiveram um ganho relativo (de +30% a +100%) e os trechos que tiveram um ganho expressivo com a implantação do trem (mais de +100%). A quantidade de trechos que cada classe apresenta é 1.012 trechos, 383 trechos e 160 trechos, respectivamente.

Os resultados, de uma maneira geral, sugerem que a parte superior norte do sistema ganhou valores de Potencial, enquanto a parcela inferior sul, apresenta mais perdas. Os mapas apresentados apontam que as maiores perdas, foram nas regiões em torno das estações Fenac e Industrial. Essas perdas, em sua maioria, aparecem em zonas com uma distância relativa de ambas as estações e não no seu entorno imediato (raio de 500 metros). Nota-se, também, uma perda acentuada de potencial às margens da BR-116, o que sugere um deslocamento do potencial das atividades de consumo e emprego para o interior da cidade, junto aos entornos das estações. Fica evidente o ganho de valores de potencial em torno de todas as estações, no entanto a estação que teve a maior variação positiva foi a da periferia, a Santo Afonso. Percebe-se, também, um ganho nos trechos que estão a sudeste no sistema, sugerindo um corredor de consumo e emprego na direção do município de Campo Bom e outro corredor se forma a norte do sistema, insinuando uma ligação com a RS-239.

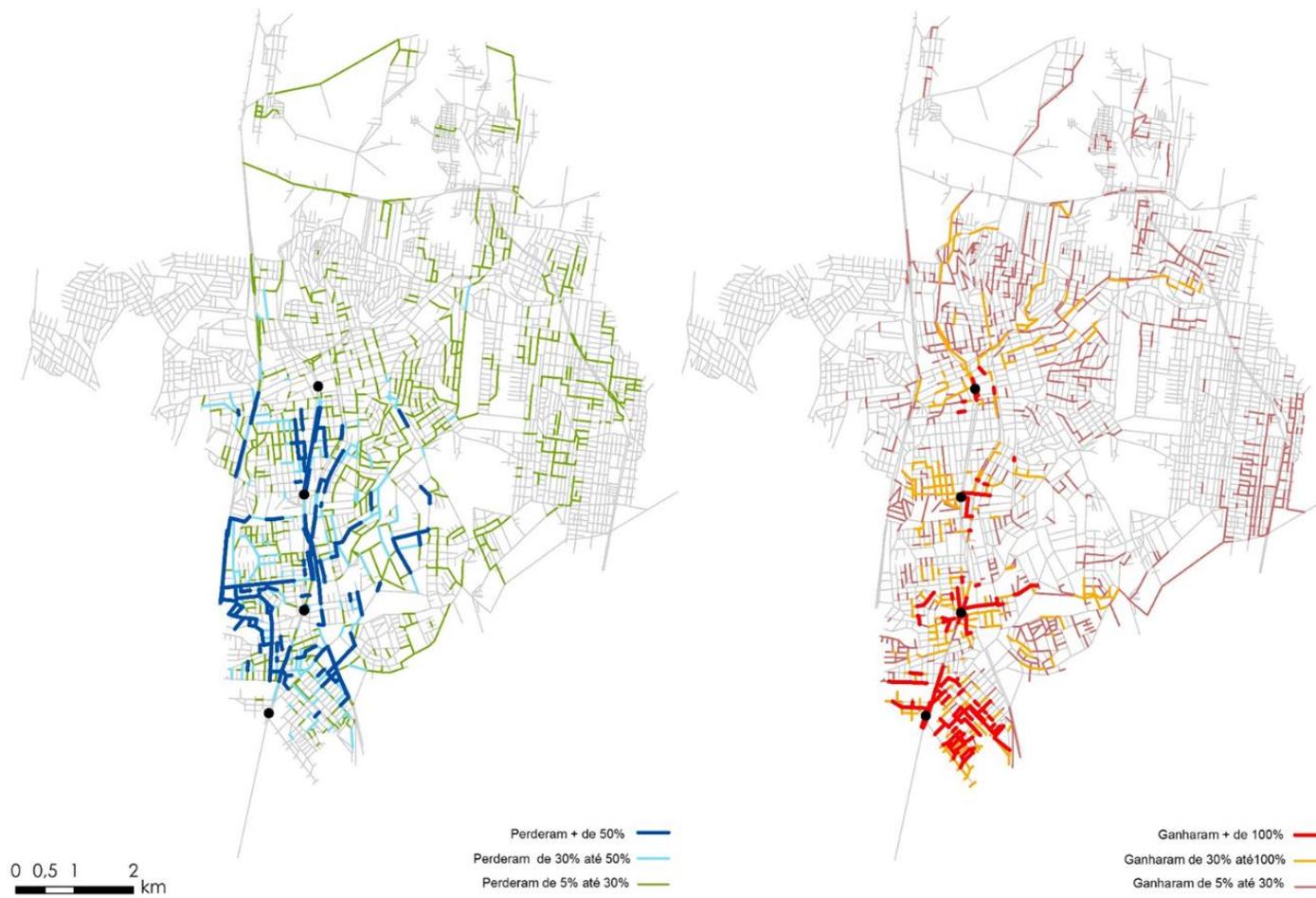


Figura 5-19 – Mapas de perdas e ganhos de Potencial. À esquerda, apresentam-se os trechos que mais perderam valor na medida de Potencial, à direita, apresentam-se os trechos que mais ganharam valor na medida de Potencial. Os pontos pretos representam a posição das estações. Fonte: elaboração própria.

No geral, analisando os bairros, nota-se que alguns trechos ganham e outros perdem, sem uma formação mais perceptível de zonas ou núcleos. Porém, no bairro Canudos, a leste da cidade, é bastante perceptível que a chegada do trem trouxe perdas para a parte noroeste do bairro e ganhos para a parte sudeste, demonstrando que a Av. dos Municípios passa a ser um importante condutor do Potencial para essa região.

Quando se observa os quantitativos das áreas em torno das estações, na figura 5-20, fica evidente que a estação que tem maior Potencial, em valores absolutos para desenvolver atividades de consumo e emprego é a Novo Hamburgo. Ela é responsável por 43,19% do Potencial das quatro regiões analisadas, seguida pela região da Estação Industrial, com 23,96%. A terceira zona é a da Estação Fenac, com 17,66% e a última região com Potencial para o desenvolvimento de atividades de consumo e emprego é a da Estação Santo Afonso, com 15,18%.

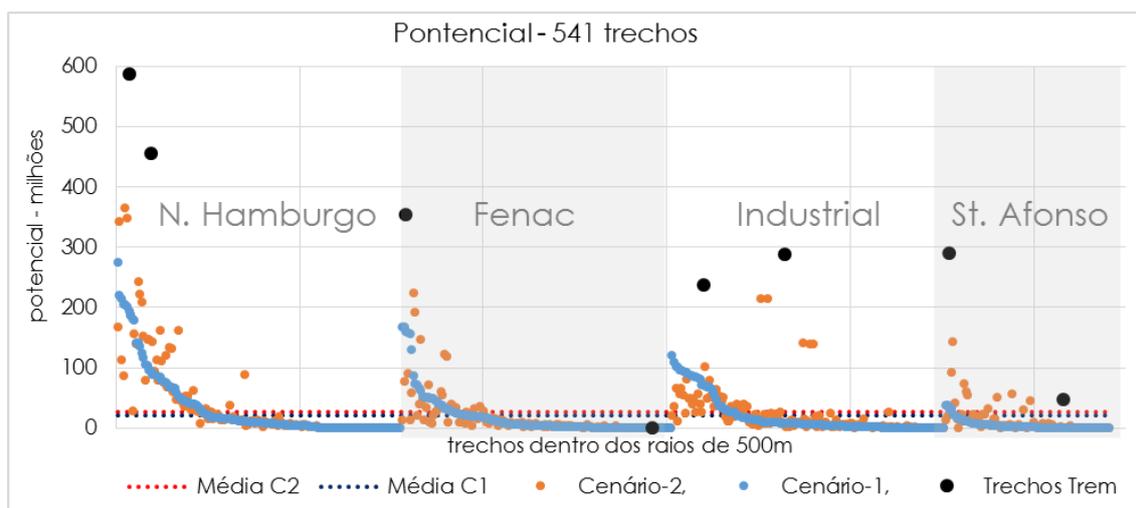


Figura 5-20 – Gráfico de Potencial, considerando os trechos dentro dos raios das estações. O gráfico ordena os trechos do Cenário-1, na ordem decrescente por estação. Em azul, apresenta-se o Cenário-1, em laranja, o Cenário-2 e, em preto, os oito vizinhos diretos do trem. Fonte: elaboração própria.

A região que teve o maior crescimento do Potencial para desenvolver atividades de consumo e emprego é da Estação Santo Afonso, porém seu valor absoluto é o menor dentre todas as regiões analisadas. Com isso, pode-se afirmar que o alto crescimento do Potencial da região da Estação Santo Afonso aponta para um provável crescimento dessa área em ofertas de consumo e emprego.

Já na região da Estação Fenac, a chegada do trem parece não alterar o potencial dos trechos em torno dessa estação (variação de  $-0,21\%$ ). Este fato possivelmente ocorre porque a região da Fenac já é mais consolidada (apresenta

além do parque de eventos, a rodoviária, hotéis, serviços e comércios especializados) enquanto a região da Estação Santo Afonso, por ser mais periférica, apresenta mais áreas vazias.

Observa-se que as regiões das estações Santo Afonso, Industrial e Fenac tiveram seus valores, tanto no Cenário-1 quanto no Cenário-2, abaixo da média dos trechos dentro dos raios de 500 metros do entorno das estações (tabela 5-6). Isso sugere que, mais uma vez, a implantação do Trensurb fortaleceu mais a região que já apresentava altos valores de Potencial.

Tabela 5-6 – Valores médios do Potencial por estações do Trensurb, considerando os trechos dentro dos raios de cada estação e as médias do sistema completo (6.794 trechos) e dos raios (541 trechos).

RAIO	CENÁRIO-1	CENÁRIO-2	VARIAÇÃO
Novo Hamburgo	34.832.229,15	45.251.143,32	+ 29,91%
Industrial	20.179.471,41	25.105.757,11	+ 24,41%
Fenac	18.546.671,91	18.507.201,46	- 0,21%
Santo Afonso	5.096.683,48	15.908.915,10	+ 212,14%
Média raios 500m	21.424.767,18	27.554.613,68	+ 28,61%
Média sistema completo	11.188.436,47	11.339.437,13	+ 1,35%

A partir dos dados levantados de Potencial, pode-se verificar que:

a) os resultados do modelo indicam que a chegada do trem não altera significativamente o potencial de desenvolvimento de atividades de consumo e emprego da cidade, quando considerada de forma agregada, pois o crescimento é de apenas 1,35% após sua implantação. Por outro lado, verificou-se que o Trensurb tende a intensificar o Potencial nas regiões próximas às estações. Nos 541 trechos dos entornos das estações o crescimento do Potencial é de 28,61%;

b) a região com maior valor absoluto de potencial é a Estação Novo Hamburgo. Ela é responsável por quase metade do Potencial das quatro regiões. Isto demonstra que o trem reforça a zona que já apresentava alto valor na medida. Esse reforço no centro do município sugere uma tendência de maior consolidação de atividades de consumo e emprego na região do centro expandido;

c) a região da estação Santo Afonso apesar de apresentar os menores valores de Potencial entre as quatro regiões, é a zona que apresenta o maior crescimento com a chegada do Trensurb, sugerindo um possível crescimento nas ofertas de consumo e emprego;

d) os resultados do modelo apontam áreas que perdem comparativamente Potencial em regiões consolidadas que estão localizadas relativamente próximas às estações. Nas regiões mais distantes da infraestrutura do Trensurb, essa alteração é menos expressiva e o Potencial se mantém. Esse fato evidencia a importância do uso de modelos desse tipo, tendo em vista que, muitas vezes, os resultados são contraintuitivos dada à complexidade dos fatores que envolvem esse tipo de análise.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal analisar efeitos de um sistema de transporte público sobre a configuração urbana. Foi desenvolvida uma análise espacial em Novo Hamburgo, baseada na aplicação de modelos configuracionais, que permitiu chegar a algumas conclusões.

Inicialmente, analisou-se o efeito do Trensurb sobre a acessibilidade, a centralidade e a estrutura de centros locais. Os resultados do modelo indicaram que a implantação da estrutura do trem implicou em um aumento de 5% na **acessibilidade** média da cidade e de quase 20% na região em torno das estações. Dessa forma, se o Trensurb for considerado como meio de locomoção intraurbano, ele tem o efeito de diminuir as distâncias, aumentando a acessibilidade. A porção sul da cidade, junto à divisa com São Leopoldo, foi a região mais beneficiada em termos de acessibilidade, com um crescimento de 40%. Isso indica uma possibilidade de desenvolvimento urbano e densificação desse local e possível intensificação da conurbação com São Leopoldo.

O estudo da centralidade foi capaz de identificar regiões que ganharam centralidade com a construção de uma linha do Trensurb. O modelo de **centralidade ponderada** evidenciou uma perda dessa qualidade junto à BR-116 e o reforço das áreas intra-urbanas junto à sua linha. Esse fato pode apontar uma tendência de formação de um centro linear mais contínuo ao longo da avenida do trem, tensionando uma expansão linear do centro principal na direção sul. Verificou-se também um aumento de 42% na centralidade no entorno da estação Novo Hamburgo após a implantação do Trensurb. Como essa estação se situa no centro principal, isso tende a reforçar o papel do próprio centro principal como polo de consumo e emprego.

O estudo específico dos **centros locais de consumo e emprego** revelou uma estrutura diversificada, identificando-se os 28 núcleos mais importantes da cidade. Nessa análise, o centro principal confirmou-se como o de maior hierarquia da cidade nos dois cenários analisados. Identificou-se uma região de centro expandido que concentra 16,7% da centralidade agregada, sendo que a implantação do Trensurb reforça esse valor, que passa para 17,34%. No cenário com o Trensurb, se reforçam, também, as centralidades pré-existentes, que contêm as demais estações (Fenac: +115%, Santo Afonso: +33%, Nações: +25%) e provoca-se um efeito de redução nos valores de centralidade agregada dos centros mais distantes. O bairro Canudos,

tradicional subcentro de Novo Hamburgo, apresentou leve perda de centralidade, mas manteve-se na terceira colocação. Isso ilustra o fato de que alguns centros locais ganharam competitividade a partir das vantagens locacionais dadas pelo trem.

O segundo item de análise explorou o desempenho espacial da localização das estações do Trensurb. Foi analisada inicialmente a **eficiência da localização das estações** na captura de usuários, dada a distribuição irregular da população sobre o território, a posição e a proximidade relativa das estações. O modelo de Convergência simulou a provável divisão dos usuários entre as quatro estações. Os resultados do modelo foram, então, confrontados com os dados reais de passageiros, fornecidos pelo Trensurb. A comparação mostrou que os resultados não coincidiram plenamente. A Estação Novo Hamburgo tem a localização mais eficiente, sendo responsável por 34,9% da convergência total, mas os dados do Trensurb lhe atribuem 55,8% dos passageiros (média mensal). A discrepância dos resultados indica que o recorte espacial adotado nesse trabalho, que considerou apenas os moradores (excluindo, por falta de dados, os trabalhadores) da cidade e os limites urbanos de Novo Hamburgo, deixa de fora a informação sobre a real área de captação de passageiros, que, como visto, extrapola os limites urbanos.

Outro aspecto analisado sobre o desempenho espacial do Trensurb foi a **oportunidade** de os moradores acessarem as estações. O modelo apontou uma ampla área de alta oportunidade ao Trensurb junto à sua linha e também ao longo de algumas vias de grande ligação. A correlação entre os valores de oportunidade e renda *per capita* da população em cada trecho de via resultou com valor extremamente baixo, indicando que várias classes de renda foram beneficiadas por essa vantagem locacional. As classes de alta renda, localizadas num núcleo junto ao centro principal, foram muito privilegiadas. Classes de menor renda moradoras dos bairros ao sul da cidade, também foram beneficiadas. Verificaram-se, também, algumas áreas de baixa oportunidade de acesso ao Trensurb, essas de renda mais baixa.

Se considerar que a oportunidade de acesso ao Trensurb pode ser um fator de valorização imobiliária, a análise demonstrou que algumas situações requerem atenção por parte do planejamento municipal. Destacou-se uma área do bairro Santo Afonso cuja grande oportunidade de acesso ao trem pode estimular a ocupação da várzea do Rio dos Sinos, com implicações sociais e ambientais.

A última medida de desempenho espacial, o **potencial**, procurou simular a provável transformação no mapa das vantagens locacionais para o desenvolvimento de atividades de oferta de serviços após a implantação do Trensurb. Verificou-se que

a inserção do Trensurb implicou num crescimento de 28,6% no valor médio do Potencial no entorno das estações, indicando que o entorno das mesmas passa a ganhar qualidades locais para essa oferta. Novamente aqui os resultados apontaram para um reforço do centro principal da cidade, cujo potencial cresceu quase 30% com a presença do trem.

Como constatações gerais da dissertação, verificou-se que os prováveis efeitos do Trensurb sobre as qualidades locais de Novo Hamburgo se dão mais fortemente no entorno das estações, fato evidenciado nas medidas de Acessibilidade, Centralidade global, Centralidade local, Oportunidade e Potencial. Aqui, o fator distância joga um papel fundamental, conforme apontado pelas teorias.

Os resultados também indicaram um provável efeito de reforço das qualidades configuracionais do centro tradicional de Novo Hamburgo. Esse fato apareceu mais fortemente nas medidas de Centralidade (global e local) e no Potencial. No entanto, a porção sul da cidade, principalmente no entorno da estação Santo Afonso, foi uma das áreas que apareceu com maior tendência de transformações. Várias medidas configuracionais tiveram um crescimento muito grande, caso da Acessibilidade, Centralidade global e local e Potencial. Também a Oportunidade de acesso ao trem se mostrou muito alta na zona sul da cidade.

Dessa forma, considera-se que o trabalho atingiu os objetivos propostos, descrevendo os principais efeitos configuracionais e discutindo algumas prováveis repercussões na configuração futura da cidade.

No que se refere à metodologia aplicada neste trabalho, cabem algumas considerações sobre suas potencialidades e limites. Uma limitação identificada é que o recorte espacial adotado (área urbana de Novo Hamburgo) influenciou alguns resultados, principalmente a medida de Convergência, que não descreveu adequadamente a atratividade das estações. Verifica-se que, tanto o trem quanto os espaços por ele impactados tem comportamento sistêmico, nos quais as fronteiras municipais perdem importância como referência de análise. No entanto, limitações tecnológicas, referentes ao tempo de processamento dos modelos no *software* utilizado (Medidas Urbanas v. 1.5) dificultam aplicações para sistemas espaciais muito grandes.

Outra limitação desta aplicação foi o banco de dados utilizado. Os dados do Cadastro Nacional para Fins Estatísticos (CNEFE) contêm apenas endereço e tipo de estabelecimento (Domicílio Particular, Domicílio Coletivo, Estabelecimento Agropecuário, Estabelecimento de Ensino, Estabelecimento de Saúde, Estabelecimento de Outras Finalidades e Edificação em Construção), não havendo

nenhum critério de porte ou número de funcionários. Se tivesse esse tipo de informação, o trabalho ganharia maior precisão nas medidas de desempenho, pois as atividades poderiam receber ponderações (pesos) diferentes no carregamento. Isto poderia tornar o modelo mais fidedigno à real distribuição de ofertas de consumo e empregos da cidade.

Na etapa de elaboração dos modelos, também houve limitações quanto ao carregamento dos espaços com os atributos (dados de oferta e demanda) nos dois cenários comparativos. Em ambos os cenários foram considerados os mesmos dados sócio-demográficos (CENSO 2010, IBGE) e de atividades econômicas (CNEFE, 2010, IBGE). A única alteração no carregamento foi a consideração dos passageiros do trem como nova demanda nos espaços vinculados às estações. Contudo, essa pequena alteração já foi capaz de influenciar algumas medidas de modo significativo. Futuros estudos poderão expandir essa análise, considerando novos dados de população e atividades econômicas. Como se trata de um processo recente (ano de 2014), novas evidências poderão complementar as análises aqui discutidas, depois de decorrido um tempo maior desde a implantação do Trensurb.

Apesar dessas limitações, o trabalho evidencia que esta abordagem metodológica tem grande potencial na análise de efeitos de sistemas de circulação nas cidades. Os modelos computacionais utilizados permitiram descrever, quantificar e analisar mudanças em diferentes aspectos da configuração urbana. Os modelos apontaram efeitos sistêmicos do trem, que se propagam para além do seu entorno próximo, mostrando que ele é capaz de alterar todo o sistema, até os espaços que estão distantes dele. Os modelos favoreceram uma compreensão mais ampla das complexas transformações urbanas envolvidas na implantação do Trensurb. Várias análises aqui apresentadas retratam um jogo de perdas e ganhos de qualidades locais, bastante difícil de ser detectado sem o uso de modelos.

Análises desse tipo podem embasar a construção de indicadores que podem dar suporte ao planejamento urbano e de transporte de forma integrada. Os modelos configuracionais podem complementar as análises realizadas pelos modelos de transporte mais tradicionais, trazendo um foco mais voltado ao espaço urbano, servindo de suporte às decisões.

Atualmente está em discussão nos órgãos administrativos a futura extensão do Trensurb até o município de Sapiranga. Algumas alternativas de trajetos estão em estudo, entre as quais: a) a norte: seguindo o percurso atual pela Av. Nações Unidas, em direção à RS-239, b) a nordeste: seguindo pela Av. Vitor Hugo Kunz em direção a Campo Bom. Essa futura extensão irá novamente trazer modificações na estrutura

espacial da cidade, fazendo com que a população e as atividades econômicas se adaptem a esta nova estrutura. Os modelos configuracionais podem ser usados para embasar essa discussão, simulando os efeitos durante todo o estudo do traçado.

Este trabalho reforça a conceito de que a cidade é um organismo vivo e que qualquer interferência pode causar influências em todo o sistema. O poder público, juntamente com os corpos técnicos das diferentes instâncias municipal e regional, devem trabalhar de maneira articulada, concebendo o sistema de transporte público ferroviário inserido em um projeto de desenvolvimento das regiões envolvidas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, P. M.. **Cities and regions as self-organizing system**. Amsterdam: Gordon & Breach Science Publishers, 1997.

ANAS, A.; ARNOTT, R.; SMALL, K. A.. **Urban Spatial Structure**. California. UC Berkeley: University of California Transportation Center, 1998.

BARAT, J.. **A evolução dos Transportes no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE / IPEA, 1978.

BATTY, M.. **A new theory on Space Syntax**. CASA Working Paper n. 75. London: CASA - Centre for Advanced Spatial Analysis, University College, 2004.

BATTY, M.. **Cities and Complexity: Understanding Cities with Cellular Automata, Agent-Based Models and Fractals**. London: MIT Press, 2005.

BERRY, B. J. L.. **Geografía de los centros de Mercado y distribución al por menor**. Barcelona: Vicens-Vives, 1971.

BERTUGLIA, C.; CLARKE, G.; WILSON, A. **Modelling the City: performance, policy and planning**. Londres: Routledge, 1994.

BURGESS, E. W.. **The Growth of the city: an introduction to a research project**. In: Park, R. E.; Burgess, E. W.; McKenzie, R. D. (eds.). **The City**. Chicago: University of Chicago Press, p. 47-62, 1925.

CERVERO, R.. **Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21 st Century**. In: **Urban Transport**, Berkeley, 2005.

CHRISTALLER, W.. **Central Places in Southern Germany**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1966.

CHORLEY, R. J.; HAGGETT, P.. **La Geografía y los Modelos Socio-Economicos**. Instituto de Estudios de Administracion Local: Madrid, 1971

CRUCITTI, P.; LATORA, V.; PORTA, S.. **Centrality measures in spatial networks of urban streets**. **Physical Review E**. v. 73, 2006.

**Cultura e Informações do sul do Brasil e das Américas**, 2001. Disponível em: <<http://www.riograndeemfotos.com.br/trem.html>> Acesso em 05.mai.2014.

ECHENIQUE, M.. **El concepto de sistemas, modelos y teorías en los estudios urbanos**. In: ECHENIQUE, M. (Ed.). **Modelos matematicos de la estructura espacial urbana: aplicaciones en america latina**. Buenos Aires: Siap, 1975.

ESRI – Environmental Systems Research Institute, Inc. **ArcGIS. Professional GIS for the desktop, v. 10.1**. Redlands, EUA: ESRI, 2012.

FEE – Fundação de Economia e Estatística Siegfried Emanuel Heuser. **Novo Hamburgo**. Disponível em: <[http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg\\_municipios\\_detalhe.php?municipio=Novo+Hamburgo](http://www.fee.tche.br/sitefee/pt/content/resumo/pg_municipios_detalhe.php?municipio=Novo+Hamburgo)>. Acesso em 05.maio.2014.

FREEMAN, L. C.. A set of measures of centrality based on betweenness. **Sociometry**, v. 40, n. 1, p. 35-41, 1977.

GIESBRECHT, R. M.. **The Porto Alegre and New Hamburg Brazilian Ry (1876 – 1905)**, 2013, Disponível em: <[http://www.estacoesferroviarias.com.br/rs\\_linhaspoa/novohamb.htm](http://www.estacoesferroviarias.com.br/rs_linhaspoa/novohamb.htm)> Acesso em 05.fev.2014.

GHENO, P. Z.. **Indicador de desempenho urbano: Metodologia e Perspectiva de Integração**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

HAGGETT, P.; CHORLEY, R.. **Network analysis in geography**. 2. ed. Londres: Edward Arnold. Explorations in spatial structure, v. 1, 1969.

HANSEN, W. G.. **How accessibility shapes land use**. Journal of American Institute of Planners, n. 25, p. 73-76, 1959.

HARARY, F.. Status and contrastatus. **Sociometric**, v. 22, n. 1, p. 23-43, 1959.

HILLIER, B.; HANSON, J.. **The social logic of space**. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 1984.

HILLIER, B. et al.. Natural Movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. **Environmental and Planning B**, v. 20, n. 1, p. 29-66, 1993.

Holden, M.. Urban indicators and the integrative ideals of cities. **Cities**, Great Britian, v.23, n.3, p.170-183, 2006.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011a. **Censo Demográfico 2010: Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos**. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Cadastro\\_Nacional\\_de\\_Enderecos\\_Fins\\_Estatisticos/SP/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Cadastro_Nacional_de_Enderecos_Fins_Estatisticos/SP/)> Acesso em 25.abr.2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011b. **Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo Agregados por Setor Censitário**. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2011. Acesso em Maio de 2014.. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo\\_Demografico\\_2010/Resultados\\_do\\_Universo/Agregados\\_por\\_Setores\\_Censitarios/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Censos/Censo_Demografico_2010/Resultados_do_Universo/Agregados_por_Setores_Censitarios/)>. Acesso em 25.abr.2013.

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

KOENIG, J. G.. Indicators of urban accessibility: Theory and application. **Transportation**, p. 145-172, 1980.

KRAFTA, R.; AGUIAR, D.. **Estudos configuracionais urbanos, policentralidades e uso do solo**. Porto Alegre: PROPUR, 1996.

KRAFTA, R.. Fundamentos del análisis de Centralidade espacial urbana: **Centro – h**. **Revista de la Organización Latinoamericana y del Caribe de Centros Históricos**, n. 2, p. 57-72, 2008.

\_\_\_\_\_. Modelling intraurban configurational development. **Environment & Planning B**, v. 21, p. 67-82, 1994.

\_\_\_\_\_. **Notas de aula de morfologia urbana**. Porto Alegre: UFRGS, 2014.

\_\_\_\_\_. Urban convergence: morphology and attraction. **Environment & Planning B**, v. 23, n. 1, p. 37-48, 1996.

LEITE, H. L. Georreferenciando o uso do solo: um método para a espacialização do CNEFE. In: Segunda Jornada de Morfologia Modelos Urbanos, 2013, Pelotas. **Anais Segunda Jornada de Morfologia Modelos Urbanos**, Pelotas: UFPEL, p.1-4, 2013.

MAMMARELA, R. (coord.) **Como anda a metrópole de Porto Alegre**. Porto Alegre: FEE; Metropan; UFRGS, 2006. 1 CD-ROM.

MARSHALL, S.. **Streets & Patterns**, New York: Spon Press, 2005.

NYSTUEN, J. Identification of some fundamental spatial concepts. In: BERRY, J.; MARBLE, D. **Spatial analysis: a reader in statistical geography**. New Jersey e Londres: Prentice-Hall, p. 35-41, 1968.

PEARSON, K.. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. **Philosophical Magazine**. p. 157-175, 1900.

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento; IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada; FJP – Fundação João Pinheiro. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil 2013. IDHM**. Disponível em <[http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o\\_atlas/idhm/](http://atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm/)>. Acesso em 24.mai.2014.

POLIDORI, M. C.; GRANERO, J.; KRAFTA, R. **Medidas urbanas v1.5 Software**. Pelotas: FAUrb-UFPEL, 2001.

PORTUGALI, J. **Self-organization and the Cities**. Berlim, Alemanha: Springer-Verlag, 2000.

PORTUGAL, L.; GOLDNER, L. **Estudo de pólos geradores de tráfego e de seus efeitos nos sistemas viários e de transporte**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.

RIBEIRO, B. M. G. et al. Spatial Analysis of School Network Applying Configurational Models. In: MURGANTE, B., et al.. (Org.) **Lecture Notes in Computer Science - LNCS**. Springer International Publishing, 4, 109-124, 2014.

SERRANO, M. M. Influencia de las cerretas en el desarrollo urbano de la Comunidad de Madrid en el periodo de 1987-1997. **Anales de Geografía de la Universidad Complutense**, vol. extra-ordinário, 2002.

SOJA, E. W. The spatiality of social life: towards a transformative retheorisation. In: Gregory, D.; Urry, J. (eds.) **Social relations and spatial structures**. Londres: MacMillan, 1985.

**Trensurb: Expansão Novo Hamburgo.** Disponível em: <[http://www.Trensurb.gov.br/paginas/galeria\\_projetos\\_detalhes.php?codigo\\_sitemap=84](http://www.Trensurb.gov.br/paginas/galeria_projetos_detalhes.php?codigo_sitemap=84)> Acesso 07.jul.2014.

**Trensurb: História.** Disponível em: <[http://www.Trensurb.gov.br/paginas/paginas\\_detalhe.php?codigo\\_sitemap=48](http://www.Trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=48)> Acesso em 05.maio.2014.

VASCONCELLOS, E. A.. **A cidade, o transporte e o trânsito**. São Paulo: Pró Livros, 2005.

\_\_\_\_\_. **Mobilidade Urbana e Cidadania**. Rio de Janeiro: Senac, 2012.

\_\_\_\_\_. **Os Conflitos na Circulação Urbana: Uma Abordagem Política da Engenharia de Tráfego**. 1982. Disponível em: <[www.cetesp.com.br/media/20437/nt083.pdf](http://www.cetesp.com.br/media/20437/nt083.pdf)>. Acesso em 23.jan.2015.

\_\_\_\_\_. **Transporte urbano, espaço e equidade: análise das políticas públicas**. São Paulo: Annablume, 2001.

\_\_\_\_\_. **Transporte urbano nos países em desenvolvimento: reflexões e propostas**. São Paulo: Fapesp, 1996.

**Walter Christaller: teoria de lugares centrais.** Disponível em: <<http://www.motorradphilosophen.de/geographie/humgeo2/christaller.html>>. Acesso em 17.jun.2014.

WEGENER, M.. Operational Urban Models State of the Art. **Journal of the American Planning Association**, v. 60, n. 1, 1994. p. 17-29.

WILSON, A. G.. **Urban and regional models in geography and planning**. London: Wiley – Interscience Publication, 1974.

ZECHLINSKI, A. P. P.. **Configuração e Práticas no Espaço Urbano: uma análise da estrutura espacial urbana**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano e Regional. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.