



PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA A APLICAÇÃO DO TOD EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

César Augusto González Villada

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ciências em Engenharia de Transportes.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Rio de Janeiro
Março de 2016

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA A APLICAÇÃO DO TOD EM PAÍSES
EM DESENVOLVIMENTO

César Augusto González Villada

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA
(COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE
DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Licinio da Silva Portugal, Ph.D.

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

Prof^a. Angela Maria Gabriella Rossi, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

MARÇO DE 2016

González Villada, César Augusto

Procedimento metodológico para a aplicação do TOD em países em desenvolvimento / César Augusto González Villada. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2016.

XIV, 164 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2016.

Referências Bibliográficas: p. 126-133.

1. Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável.
2. Mobilidade sustentável. 3. Cidades Latino-americanas. I. Portugal, Licínio da Silva. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

À minha mãe e o meu irmão, os motores da minha vida.

Ao meu pai, com eterna saudade.

Agradecimentos

Agradeço fortemente á minha mãe, lutadora incansável e exemplo a seguir. Ao meu irmão, o melhor presente da minha vida. Aos dois pelas palavras de incentivo que sempre foram tão importantes neste caminho.

Agradeço à Raquel Juliana, a minha companheira nessa viagem maravilhosa e inesquecível pelo Brasil. Muito obrigado pelo amor, pela alegria e por todos os momentos vividos e por viver.

Toda a gratidão do mundo não é suficiente para agradecer ao Professor Licinio pela paciência, boa vontade e comprometimento com que me orientou, sempre com uma boa crítica nos momentos justos e incentivando a sede de conhecimento.

Aos demais professores do PET pelos ensinamentos. Agradeço especialmente ao professor Rômulo pela confiança depositada em mim.

Ao Alan Thomas, da *Secretaría de Planificación de Transporte – SECTRA* – pela gentileza de prover todas as informações para a aplicação do caso de estudo do Santiago do Chile.

A todos os especialistas em mobilidade que amavelmente participaram da consulta que embasou grande parte do trabalho.

À minha família colombiana no Rio de Janeiro: Santiago, Eliza, Carlos, Kathe e o Chepe. A todos eles – e aos que não nomeei – por fazerem da minha vida nesta cidade uma mais agradável.

Ao time do Smart Living Challenge Brazil pelos momentos compartilhados.

Aos colegas do PET pelo companheirismo e ajuda nas horas certas.

À Jane, dona Helena, Lúcia e demais funcionários do PET, sempre dispostos a ajudar.

À CAPES pelo fornecimento da bolsa de estudo.

À Rede Ibero-americana de Estudo em Polos Geradores de Viagens.

Por fim, agradeço à vida, que sempre me maravilha com novas oportunidades.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA A APLICAÇÃO DO TOD EM PAÍSES EM DESENVOLVIMENTO

César Augusto González Villada

Março/2016

Orientador: Licínio da Silva Portugal

Programa: Engenharia de Transportes

Este trabalho desenvolve um procedimento metodológico para a aplicação do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – TOD – com foco nas cidades de países em desenvolvimento, especialmente da América Latina. A aplicação dessa ferramenta de planejamento visa incentivar a prática da mobilidade sustentável no entorno das estações de sistemas de transporte de alta capacidade. A principal diferença entre o procedimento proposto e os já existentes consiste em determinar se é necessário aplicar os princípios do TOD, verificando o estado atual da mobilidade e a sua compatibilidade com um cenário de mobilidade sustentável. Considerando as relações entre os problemas de mobilidade e acessibilidade local, a metodologia permite a formulação de estratégias de ação direcionadas à melhora na sustentabilidade da mobilidade. Além disso, a exequibilidade do procedimento proposto foi testada em estudos de caso envolvendo oito estações de metrô nas cidades de Santiago do Chile e no Rio de Janeiro. A metodologia resultante ressalta a necessidade de apoiar as dimensões sociais da mobilidade sustentável, no intuito de favorecer o desenvolvimento do indivíduo.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE APPLICATION OF TOD IN
DEVELOPING COUNTRIES

César Augusto González Villada

March/2016

Advisor: Licinio da Silva Portugal

Department: Transportation Engineering

This work develops a methodological procedure for Transit Oriented Development application focusing in developing cities, especially, those in Latin America. The application of this planning tool aims to incentivize sustainable mobility's practice in the proximities of high capacity transit stations. The main difference between suggested and current procedures is a step to determine whether it is necessary to apply TOD principles, which is made by verifying the current travel behavior and its compatibility with patterns expected from sustainable mobility scenarios. Considering the relations between mobility problems and local accessibility, the methodology allows formulating strategies to improve the mobility in a sustainable way. Also, case studies were performed to verify the applicability of the procedure, involving eight metro stations in Santiago de Chile and Rio de Janeiro. The developed methodology remarks the necessity to support sustainable mobility's social dimensions, aiming to favor individual's development.

Sumário

1	Introdução	1
1.1	Objetivos	3
1.2	Justificativa.....	3
1.3	Estruturação do trabalho.....	6
2	Transit Oriented Development – TOD.....	9
2.1	Objetivos do TOD	9
2.2	Delimitando uma zona TOD atual ou potencial	11
2.3	Ferramentas do planejamento TOD.....	13
2.4	Metodologias existentes para a aplicação de TOD.....	14
2.5	Uma nova abordagem.....	18
3	Mobilidade Urbana Sustentável.....	20
3.1	Mobilidade urbana: considerações iniciais.....	20
3.2	Sustentabilidade na mobilidade.....	23
3.2.1	Mobilidade sustentável no contexto global.....	25
3.2.2	Mobilidade sustentável no contexto latino-americano e brasileiro.....	27
3.3	Avaliação da mobilidade sustentável	31
3.4	Proposta de estruturação da mobilidade sustentável	34
3.5	Considerações finais.....	36
4	A acessibilidade no planejamento TOD.....	37
4.1	Acessibilidade	37
4.2	Acessibilidade, as dimensões do ambiente construído e o TOD.....	39
4.2.1	Densidade urbana.....	40
4.2.2	Diversidade urbana – uso misto do solo	42
4.2.3	Desenho urbano	43
4.2.4	Disponibilidade do transporte público.....	45
4.2.5	Acessibilidade do destino	46
4.3	Relação da acessibilidade e o comportamento de viagem.....	47
4.4	Estudos em cidades latino-americanas	50

4.5	Considerações finais.....	54
5	Desenvolvimento da Metodologia proposta	56
5.1	Abordagem e considerações da metodologia	56
5.2	Passo 1: Caracterização da área de estudo	57
5.3	Passo 2: Comportamento de viagem e compatibilidade com a mobilidade sustentável. 59	
5.3.1	CrITÉrios para seleção dos indicadores.....	59
5.3.2	Indicadores.....	62
5.4	Passo 3: É necessária a aplicação do TOD na área de estudo?.....	67
5.4.1	Técnicas para definir o peso dos atributos.....	68
5.4.2	Escolha da técnica recomendada	69
5.5	Passo 4: Identificar os fatores causais na acessibilidade – análise relacional	70
5.5.1	Indicadores da acessibilidade.....	71
5.5.2	Valores de referência para a avaliação dos Aj	74
5.6	Passo 5: Estratégias para o melhoramento da mobilidade.....	74
5.7	Considerações finais.....	77
6	Atributos da Mobilidade Sustentável e Análise Relacional: Consulta aos especialistas ..	78
6.1	Aspectos gerais.....	78
6.2	Pesos dos atributos da mobilidade sustentável para composição do Índice de Necessidade do TOD.....	83
6.3	Construção da análise relacional	88
6.4	Considerações finais.....	93
7	Estudos de caso.....	94
7.1	Seleção das estações para o caso de estudo.....	94
7.2	Metrô de Santiago	97
7.2.1	Passo 1: Caracterização da área de estudo.....	97
7.2.2	Passo 2: Comportamento de viagem.....	98
7.2.3	Passo 3: É necessária a aplicação do TOD na área de estudo?.....	104
7.2.4	Passo 4: Fatores causais na acessibilidade.....	105
7.2.5	Passo 5: Estratégias para o melhoramento da mobilidade	114

7.3	Metrô do Rio de Janeiro	119
7.3.1	Passo 1: Caracterização da área de estudo	119
7.3.2	Passos 2 e 3: Comportamento de viagem e necessidade do TOD	119
7.3.3	Passo 4 e 5: Fatores causais na acessibilidade e Estratégias para o melhoramento da mobilidade	121
7.4	Considerações finais	123
8	Conclusões e recomendações	125
	Referências bibliográficas	127
	Anexo 1	135
	Anexo 2	139
	Anexo 3	144

Lista de Figuras

Figura 1-1. Densidade populacional em Santiago do Chile	4
Figura 1-2. Demanda no pico da manhã e ao longo do dia na linha 2 do metrô do Rio de Janeiro.....	5
Figura 1-3. Estrutura da dissertação	8
Figura 2-1. Embarques na estação em função da distância	12
Figura 2-2. Nuvem de termos associados às características do TOD.....	14
Figura 3-1. Elementos que interagem na mobilidade urbana	22
Figura 3-2. Divisão modal das viagens em algumas cidades latino-americanas.....	30
Figura 4-1. Efeito de quarteirão grande e conectividade baixa	44
Figura 4-2. Estrutura urbana do tipo grelha no entorno da estação.....	45
Figura 4-3. Taxas de motorização em países desenvolvidos versus países em desenvolvimento	49
Figura 5-1. Esquema geral da metodologia.....	58
Figura 5-2. Análise relacional entre a mobilidade sustentável e a acessibilidade.....	71
Figura 6-1. Consulta aos especialistas (C.E.) dentro do procedimento metodológico...	78
Figura 6-2. Diagrama de frequência e frequência acumulada de notas às dimensões do ambiente construído que influenciam na mobilidade segura.....	81
Figura 6-3. Notas obtidas por cada atributo da mobilidade sustentável.....	87
Figura 7-1. Localizações das estações analisadas em Santiago (acima) e no Rio de Janeiro (embaixo)	96
Figura 7-2. Estação Lo Prado	97
Figura 7-3. Estação Neptuno	98
Figura 7-4. Estação Pedro de Valdivia	99
Figura 7-5. Estação Elisa Correa	99
Figura 7-6. Rua local típica (rua Dr. Carlos Valencia) na ZUS 111	110
Figura 7-7. Infraestrutura ciclovitária na Alameda e na Av. Las Torres, próximas à zona TOD Lo Prado	116

Lista de Tabelas

Tabela 2-1. Metodologias de avaliação e planejamento TOD.....	17
Tabela 2-2. Resumo comparativo entre abordagem do TOD na literatura e proposta ...	19
Tabela 3-1. Abordagens contrastantes no planejamento de transportes.....	24
Tabela 3-2. Resumo das estratégias básicas em prol da mobilidade sustentável e a sua possível aplicação na América Latina	31
Tabela 3-3. Índices de mobilidade sustentável e metodologias empregadas	32
Tabela 3-4. Atributos da mobilidade sustentável	35
Tabela 4-1. Densidade urbana de algumas regiões metropolitanas da América Latina .	41
Tabela 4-2. Elasticidades comportamento de viagem em veículo privado em relação à acessibilidade – revisão ano 2001	47
Tabela 4-3. Elasticidades médias ponderadas do comportamento de viagem em relação à acessibilidade – revisão ano 2010.....	48
Tabela 4-4. Densidade urbana de algumas cidades da América do Norte	49
Tabela 5-1. Informações para a caracterização da zona de estudo	59
Tabela 5-2. Possíveis indicadores representativos de cada atributo da mobilidade sustentável.....	61
Tabela 5-3. Valores de referência para normalização dos indicadores	65
Tabela 5-4. Valores de referência para a avaliação dos indicadores do ambiente construído.....	75
Tabela 5-5. Algumas estratégias de atuação na acessibilidade para melhorar a mobilidade, segundo os atributos objetivados.	76
Tabela 6-1. Taxa de respostas da pesquisa	82
Tabela 6-2. Estatísticas descritivas da amostra de especialistas.....	82
Tabela 6-3. Comparação de resultados de especialistas com familiaridade alta com o conceito TOD versus especialistas com familiaridade média ou baixa.....	84
Tabela 6-4. Comparação de resultados de especialistas residentes no Brasil versus especialistas residentes nos outros países	85

Tabela 6-5. Comparação de resultados de especialistas que trabalham na área de Planejamento – Administração Pública versus os especialistas das outras áreas	85
Tabela 6-6. Agregação dos rankings dos especialistas e pesos dos atributos.....	86
Tabela 6-7. Pesos obtidos para a relação entre atributos da mobilidade e as dimensões do ambiente construído – Primeira fase.....	88
Tabela 6-8. Análise relacional entre a mobilidade segura e as dimensões do ambiente construído.....	89
Tabela 6-9. Análise relacional entre a mobilidade verde – saudável e as dimensões do ambiente construído	90
Tabela 6-10. Análise relacional entre a mobilidade inclusiva e as dimensões do ambiente construído	90
Tabela 6-11. Análise relacional entre a mobilidade conveniente – justa socialmente e as dimensões do ambiente construído	92
Tabela 6-12. Análise relacional entre a mobilidade produtiva e as dimensões do ambiente construído	92
Tabela 6-13. Relação entre os atributos da mobilidade sustentável e as dimensões do ambiente construído	93
Tabela 7-1. Eleição de estações para desenvolvimento do caso de estudo	95
Tabela 7-2. Informações de caracterização das estações Lo Prado e Neptuno do metrô de Santiago.....	97
Tabela 7-3. Informações de caracterização das estações Pedro de Valdivia e Elisa Correa.....	98
Tabela 7-4. Correspondência entre zonas ZUS e zonas TAZ.....	100
Tabela 7-5. Cálculo do Ims para as viagens ao longo do dia – caso Santiago.....	100
Tabela 7-6. Cálculo do Ivs nas zonas TOD – caso Santiago.....	101
Tabela 7-7. Cálculo do Imi nas zonas TOD	101
Tabela 7-8. Fatores socioeconômicos de imobilidade na estação Elisa Correa	102
Tabela 7-9. Cálculo do Icj nas zonas TOD – caso Santiago	102
Tabela 7-10. Cálculo do Imp nas zonas TOD – caso Santiago.....	103

Tabela 7-11. Resumo <i>Ini</i> e cálculo do <i>NTOD</i> nas estações estudadas – caso Santiago	104
Tabela 7-12. Dimensões do ambiente construído a serem avaliadas em cada estação – caso Santiago	105
Tabela 7-13. Acesso aos diferentes modos na zona TOD Lo Prado	106
Tabela 7-14. Cálculo <i>Adiv</i> estação Lo Prado	107
Tabela 7-15. Cálculo do número de empregos na zona TOD Lo Prado	107
Tabela 7-16. Cálculo <i>Adiv</i> estação Neptuno	108
Tabela 7-17. Acesso aos diferentes modos na zona TOD Neptuno	109
Tabela 7-18. Cálculo do número de empregos na zona TOD Neptuno	109
Tabela 7-19. Cálculo <i>Adiv</i> estação Pedro de Valdivia	111
Tabela 7-20. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Pedro de Valdivia	111
Tabela 7-21. Cálculo do número de empregos na zona TOD Pedro de Valdivia	112
Tabela 7-22. Cálculo do número de empregos na zona TOD Elisa Correa	113
Tabela 7-23. Cálculo <i>Adiv</i> estação Elisa Correa	113
Tabela 7-24. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Elisa Correa	114
Tabela 7-25. Fatores causais identificados e possíveis estratégias recomendadas	115
Tabela 7-26. Resumo <i>Ini</i> e cálculo do <i>NTOD</i> nas estações estudadas – caso Rio de Janeiro	120
Tabela 7-27. Fatores causais identificados e possíveis estratégias recomendadas	122

1 Introdução

A atual taxa de concentração da população nas cidades ao redor do mundo tem incrementado os desafios em matéria de sustentabilidade. Segundo a ONU (United Nations, 2013), 80% da população latino-americana já está concentrada em áreas urbanas. Nos próximos anos cidades pequenas e médias crescerão em tamanho e número de habitantes gerando necessidades básicas a serem servidas, entre elas os transportes. Nesse aspecto as cidades latino-americanas atuais apresentam problemas de planejamento evidentes entre os quais se destaca a limitada articulação entre o desenvolvimento urbano e os transportes. Esse problema é observado em fenômenos como o espraiamento urbano, crescente dependência de modos motorizados e privados, um alto índice de imobilidade e diminuição no uso do transporte público.

Como consequência desses fenômenos as cidades apresentam constantemente falta de acessibilidade caracterizada pela concentração das oportunidades em algumas zonas, enquanto a moradia fica cada vez mais afastada nas periferias. Essa configuração urbana obriga a realizar viagens mais longas, de grande gasto energético e aumento dos custos do transporte, gerando paralelamente uma série de externalidades negativas sobre o sistema de mobilidade da cidade. Além disso, o enfoque dado nos últimos anos tem levado a acreditar cegamente na necessidade de somas significativas de investimentos em nova infraestrutura, principalmente rodoviária, para atender as necessidades de viagem das pessoas.

Essa abordagem de planejamento “tradicional” dos transportes, junto à imagem social do automóvel e políticas de transporte público por ônibus, teve efeitos também em setores da cidade com acesso a sistemas de transporte de alta capacidade. Neles, as baixas taxas de utilização contrastam com corredores viários congestionados. Evidentemente, o potencial de atração de demanda nas zonas no entorno das estações de transporte de alta capacidade não é aproveitado de maneira adequada. Entretanto, essas infraestruturas de transporte de alta capacidade poderiam prover aos moradores e aos visitantes um acesso rápido e econômico a vários pontos da cidade. Ainda, as estações se apresentam como importantes elementos de centralidade urbana, com potencial para atrair atividades e promover o desenvolvimento (Gonçalves *et al.*, 2009a, 2012).

Os parágrafos anteriores permitem identificar a necessidade da melhor integração entre o planejamento urbano e de transportes, que permita lidar com a insustentabilidade da mobilidade, procurando aproveitar as infraestruturas existentes e orientando o crescimento da cidade para o seu interior. No presente trabalho interessa estudar setores da cidade que são beneficiados pela sua localização no território ao estarem próximos a estações de sistemas de transporte de alta capacidade, mas que por algum motivo os moradores não estão fazendo uso dele, indicando a possível existência de padrões de viagens afastados da sustentabilidade.

“A maioria das pessoas acredita que a alternativa para o carro é o transporte público melhor – na verdade, são os bairros melhores” Alan Durning

Esse problema tem chamado também a atenção de governos, agências de cooperação, ONGs e academia. Entre as ações levantadas para avançar nesse alvo têm se incluído o melhor planejamento urbano das cidades, em articulação ao transporte. Dessa maneira nasce o *Transit Oriented Development* – TOD – ou Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável. O TOD organiza o crescimento urbano ao redor do transporte sobre trilhos e não motorizado, em sintonia com o desenvolvimento sustentável (Carlton, 2009), e assim, a palavra Sustentável tem sido acrescentada ao final da tradução.

O impacto positivo da utilização dos TOD pode ir além daquele alvo inicial. A hipótese central deste trabalho é que o planejamento TOD efetivamente pode ser usado como ferramenta para cobrir o vazio que tem existido entre o planejamento urbano e de transportes nas cidades latino-americanas, fator gerador de padrões não sustentáveis de mobilidade. Acredita-se nas potencialidades do TOD para melhorar tanto o acesso às atividades quanto aos sistemas de transporte público, principalmente metro-ferroviários, assim como a realização de viagens não motorizadas, de curta distância e dentro da mesma zona. Porém, encontrou-se um déficit de procedimentos técnicos para o estudo e desenvolvimento desse tipo de projetos no contexto proposto.

“A liberdade de ir e vir com dignidade pela cidade, seja caminhando, pedalando ou por meio do transporte público — de preferência sobre trilhos —, é um dos fatores que contribuem para a sensação de bem-estar individual e coletiva” (Delijaicov, 2013)

1.1 Objetivos

O objetivo principal deste trabalho é elaborar um procedimento metodológico para a aplicação do Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável – TOD – nas cidades latino-americanas, com vistas a incentivar a prática de uma mobilidade sustentável não só preocupada pela qualidade ambiental, mas pelas condições sociais e econômicas específicas desse contexto. Com isso, espera-se contribuir com a adaptação do TOD, ferramenta de planejamento que apresenta potenciais impactos positivos no uso do transporte não motorizado e de alta capacidade, em favor de uma maior qualidade de vida, incentivando o desenvolvimento individual e da sociedade.

Nesse sentido, os objetivos específicos que o trabalho compreende são:

- Justificar a necessidade de uma nova abordagem para a aplicação do TOD nas cidades latino-americanas, que leve em consideração as especificidades próprias do contexto, especialmente da mobilidade sustentável como alvo final do TOD;
- Conceituar, definir e estruturar o conceito de mobilidade sustentável ligado às especificidades locais do contexto estudado;
- Identificar os elementos chaves da acessibilidade que permitem orientar as condições da mobilidade praticada atualmente em direção a uma mobilidade mais sustentável;
- Embasar, justificar e detalhar a construção da metodologia proposta, de tal maneira que a aplicação do planejamento TOD permita a geração de estratégias focadas nas especificidades locais;
- Aplicar a metodologia proposta, verificando a sua exequibilidade e identificando vantagens e desvantagens que permitam aprimoramentos futuros.

1.2 Justificativa

A configuração urbana das cidades latino-americanas também foi influenciada pelo modelo de planejamento urbano que predominou nos Estados Unidos durante a segunda metade do século XX, o qual promoveu a criação de subúrbios e o espraiamento urbano. A Figura 1-1 exemplifica esse processo migratório da população, passando da concentração nas zonas centrais das cidades às zonas periféricas. No caso, apresentam-se as concentrações de população na cidade de Santiago do Chile nos anos 1970 e 2002. Essa tendência é geral, como pode ser visto também nos casos do Rio de Janeiro (Prefeitura do Rio de Janeiro, [s.d.]), Cidade de México (Guerra, 2013. Figura 2.4) e Buenos Aires (Peralta-Quirós e Mhndiratta, 2015), entre outros. Além disso, continua sendo observada na atualidade, apesar da melhor

disponibilidade de oportunidades, empregos e infraestruturas nas zonas interiores das metrópoles.

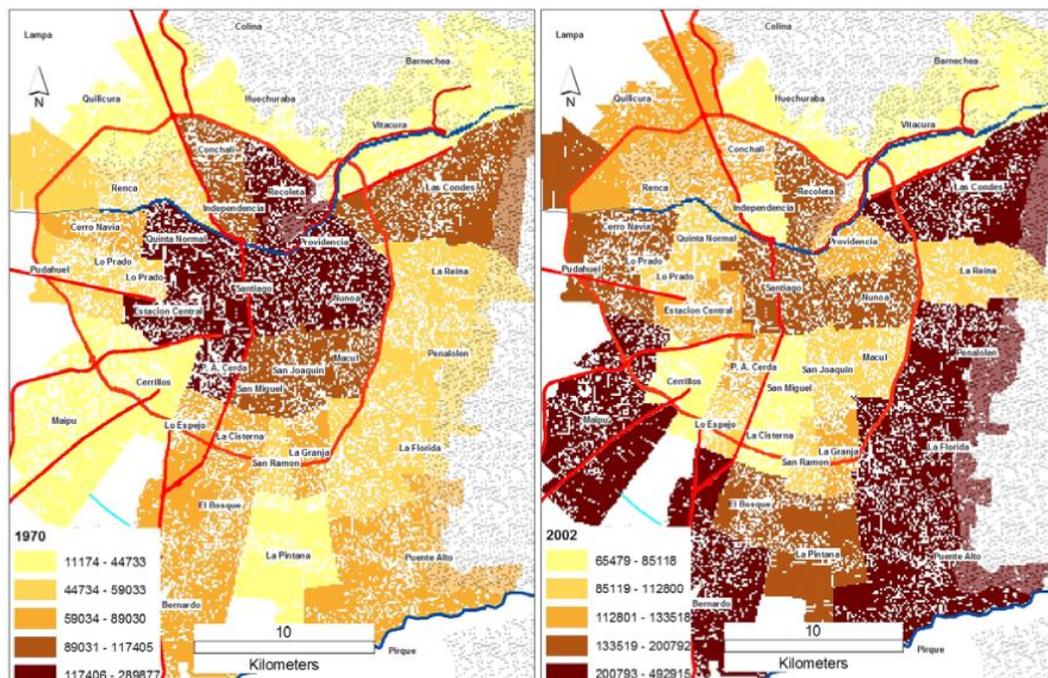


Figura 1-1. Densidade populacional em Santiago do Chile
Esquerda-1970; direita-2002. Fonte: Zegras (2005)

Esse padrão de distribuição moradia-emprego gera deslocamentos principalmente pendulares, desde a periferia em direção ao centro durante a manhã, e no sentido oposto no final do dia (Mello, 2015). O que também influi na demanda atraída para os sistemas de transporte de alta capacidade, com composições se deslocando com passageiros num sentido e vazias no outro. Em ambos os casos – demandas concentradas no pico e em um dado sentido da viagem – afetam a produtividade no uso do sistema de transporte.

Além disso, a consequente construção de infraestruturas rodoviárias invasivas para conectar os subúrbios às atividades, concentradas no centro da cidade, produziram a deterioração de áreas internas da mesma, inclusive aquelas no entorno das estações de metrô e trem (Boareto, 2003). Em muitos casos, como no Rio de Janeiro, os processos anteriores incentivaram o esvaziamento socioeconômico dessas zonas (Gonçalves *et al.*, 2012).

Já em um nível mais local, a falta de desenvolvimento no entorno dos sistemas de transporte público de alta capacidade gera menos demanda para as estações, o que tende a acentuar-se pela concorrência com as modalidades rodoviárias, sendo que estas últimas receberam mais atenção do governo e da população (Gonçalves *et al.*, 2009a). Os efeitos nos sistemas metroferroviários observam-se ainda hoje, com

estações subutilizadas próximas ao centro de negócios da cidade, e demanda concentrada nas estações nos extremos da rede, conforme pode ser exemplificado através do caso da linha 2 do metrô do Rio de Janeiro, apresentado na Figura 1-2.

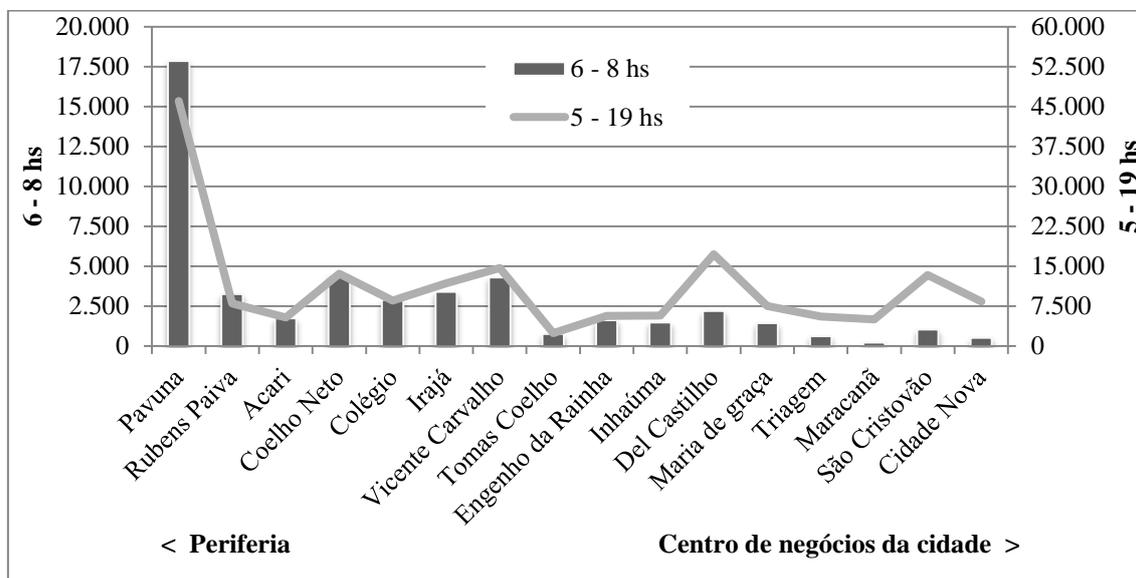


Figura 1-2. Demanda no pico da manhã e ao longo do dia na linha 2 do metrô do Rio de Janeiro

Fonte: Elaboração própria em base a dados do Plano Diretor de Transporte Urbano Metropolitano – PDTU – (Governo do Rio de Janeiro, 2013)

Potencializar o uso dessas infraestruturas requer a revitalização urbana no seu entorno, assim como o melhoramento da qualidade de serviço e da imagem dos transportes de alta capacidade (Cardoso, 2012). Entretanto, isso se constitui numa oportunidade para articular o desenvolvimento com os objetivos globais da sustentabilidade.

Ainda, o melhoramento da mobilidade com foco na sustentabilidade requer novas práticas de planejamento (Curtis, 2008). O planejamento integrado do uso do solo e os transportes permite aperfeiçoar a estrutura urbana a fim de criar condições de acesso mais harmônicas com as necessidades da população (Gonçalves *et al.*, 2014). Nesse sentido, o TOD incentiva uma visão integrada entre a acessibilidade e a mobilidade. Tal visão não só é necessária, mas muito mais produtiva (Preston e Rajé, 2007).

Nessa ordem de ideias, o TOD apresenta-se como uma ferramenta bem sucedida nos países desenvolvidos e com potencial impacto positivo no contexto proposto. Nele, os transportes não motorizados e de alta capacidade tornam-se as opções mais convenientes para atender as necessidades de acesso da população, resultando na prática de uma melhor mobilidade.

Contudo, o aproveitamento dos métodos existentes para a aplicação do TOD, desenvolvidos para outros contextos, requer uma adequada revisão e, de acordo a necessidade, adaptações nos seus procedimentos, no intuito de atender de maneira mais detalhada às especificidades e exigências locais próprias de cidades em desenvolvimento.

É precisamente esse o contexto que justifica a realização deste trabalho.

1.3 Estruturação do trabalho

Como base do trabalho, no Capítulo 2 apresenta-se o planejamento tipo TOD de maneira detalhada, fazendo uma revisão sobre o conceito, bem como das suas principais características, sobre as quais o trabalho fará menção frequentemente. O estudo das metodologias atuais para a sua aplicação permite revelar os motivos pelos quais uma abordagem diferente deve ser dada no contexto latino-americano, especialmente quando considerada a mobilidade sustentável como principal objetivo do TOD. Dessa maneira é introduzida a abordagem conceitual de um procedimento metodológico que permita levar em conta essas características.

Desse modo, para utilizar o TOD visando atender os objetivos de mobilidade sustentável, convém começar por definir o que se espera de tal mobilidade. Conforme citado anteriormente, as especificidades dos países em desenvolvimento acarretam a necessidade de se focar fortemente nas dimensões sociais e econômicas da mobilidade, ressaltando a necessidade do acesso mais equitativo às oportunidades e em condições alinhadas com a qualidade de vida, bem como um melhor aproveitamento do território e das infraestruturas disponibilizadas. O Capítulo 3 atenderá esta questão apresentando uma revisão da literatura focada na mobilidade sustentável no contexto global e da América Latina, com vistas a operacionalizar a mobilidade sustentável em atributos que permitam o estudo das suas características dentro da metodologia a ser desenvolvida.

A acessibilidade, que se apresenta como uma ferramenta chave para orientar a mobilidade, corresponde à dimensão urbana sobre a qual o TOD busca atuar para potencializar as suas zonas de influência. Melhorar a dinâmica urbana e tornar o transporte público e não motorizado como as modalidades mais convenientes para as pessoas requer um ambiente adequado para apoiar esses objetivos. O Capítulo 4 trata dessa questão, apresentando o referencial teórico da acessibilidade, os elementos que nela interagem, e as principais dimensões utilizadas para estudá-la em um nível local.

Assim, a estruturação do conceito de mobilidade sustentável como objetivo do TOD, junto com o levantamento das dimensões locais da acessibilidade como principais ferramentas de atuação dele sobre o ambiente urbano, formam as bases sobre as quais a abordagem metodológica pode ser desenvolvida em detalhe, individualizando os passos a serem seguidos, bem como os procedimentos próprios de cada um. Nesse sentido, o Capítulo 5 desenvolve a metodologia proposta.

Contudo, conforme será apresentado nas seções 4.3 e 4.4, as relações existentes entre acessibilidade e mobilidade no contexto estudado ainda apresentam vazios, requerendo maior evidência científica que permita melhor conhecê-las. Ainda, essas relações são determinantes na definição de quais estratégias do TOD devem ser empreendidas a fim de atender os problemas de mobilidade que forem identificados. Deste modo, o Capítulo 6 apresenta um procedimento de consulta com especialistas latino-americanos na área de mobilidade urbana. Tal consulta visa estabelecer, mediante um procedimento alternativo, as relações entre a mobilidade e acessibilidade que podem embasar a tomada de decisão.

Já o Capítulo 7 trata da aplicação da metodologia proposta, aplicando-a em 8 estações de metrô selecionadas de dois casos de estudo: o metrô do Santiago do Chile e o metrô do Rio de Janeiro. As estações foram cuidadosamente selecionadas para representar os diferentes intervalos de variação da demanda de cada sistema. Nesse sentido, a aplicação destes estudos de caso permite identificar vazios e aprimoramentos possíveis, já que revisam questões desde disponibilidade de informações até aplicabilidade dos métodos que serão propostos.

Dessa maneira espera-se alcançar os objetivos da dissertação. A Figura 1-3 mostra a estruturação da dissertação. Após o desenvolvimento da metodologia e a sua aplicação em estudos de caso, o trabalho encerra com o Capítulo 8, o qual apresenta as conclusões e recomendações para trabalhos futuros.

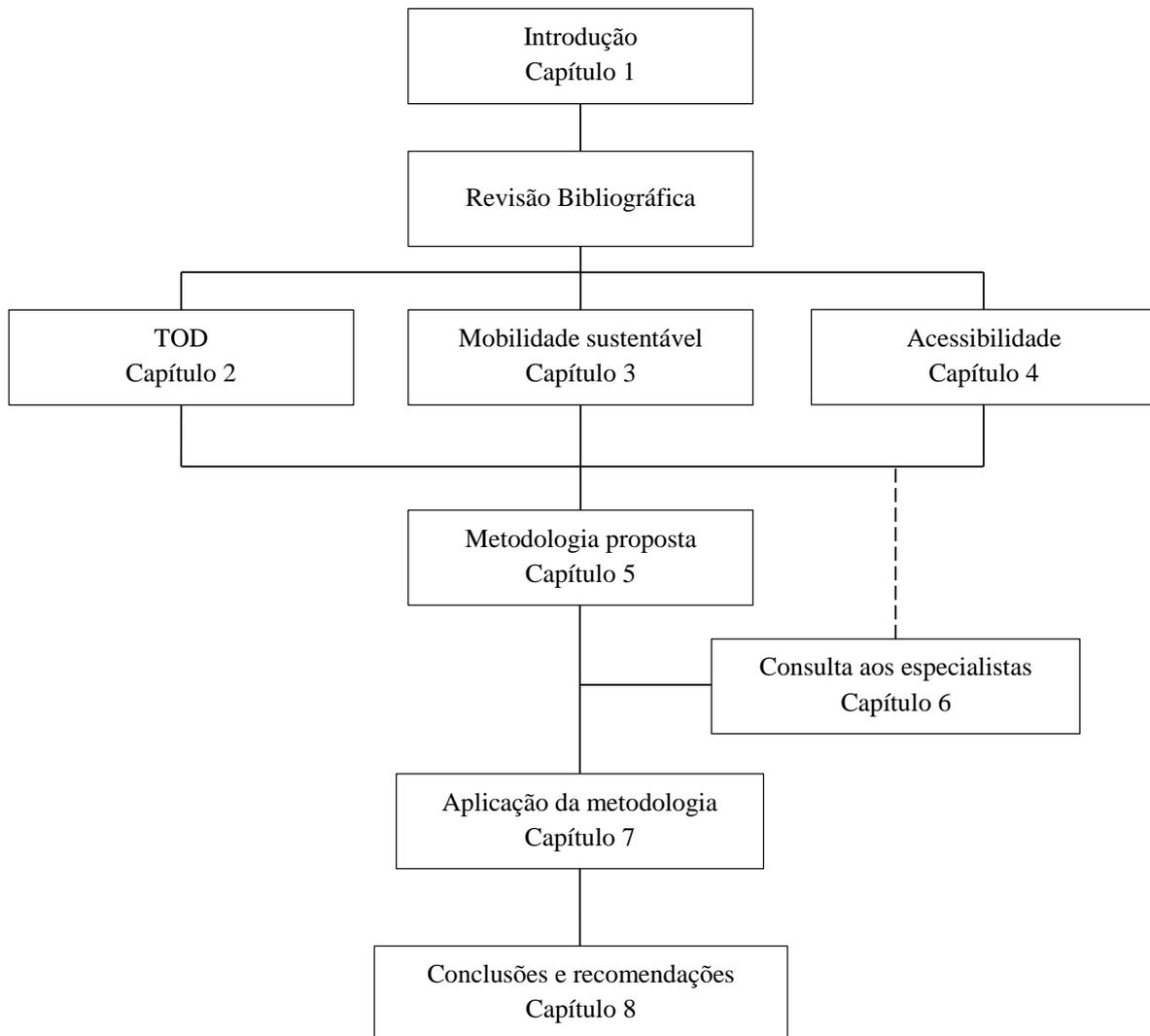


Figura 1-3. Estrutura da dissertação

2 Transit Oriented Development – TOD

O TOD é uma ferramenta de planejamento urbano nascida nos Estados Unidos como alternativa aos modelos urbanísticos baseados no espraiamento urbano e no veículo individual a fim de reverter suas externalidades negativas. Segundo Carlton (2009), o TOD é “*uma solução simples para o crescimento regional, atendendo as necessidades das agências de transporte público de atrair nova demanda*”. Este conceito é enquadrado dentro do denominado Crescimento Inteligente, corrente de planejamento urbano que promove a revitalização por meio do aumento da atratividade das zonas, trazendo novos negócios e residentes (Zhang e Nasri, 2014).

Dessa maneira, o TOD intervém no ambiente construído para criar condições favoráveis para o uso dos sistemas de transporte público de alta capacidade e do não motorizado (Evans e Pratt, 2007). Essas condições permitem que moradores e visitantes satisfaçam as suas necessidades diárias com maior facilidade, em menores distâncias e tempos (Evans e Pratt, 2007; Ewing e Cervero, 2010; Ewing *et al.*, 2011). Entretanto, a hipótese principal é que o fácil acesso ao transporte público de alta capacidade permite estar conectado a uma rede de transporte abrangente que permitiria atingir a maioria de oportunidades dispersas na cidade (Zhang e Nasri, 2014). No que diz respeito aos países em desenvolvimento, essa condição nem sempre se apresenta nos seus sistemas metroferroviários, devido à falta de uma rede estruturante de transporte público qualificada, integrada e abrangente.

Complementarmente, pode se dizer que o TOD permite planejar a cidade a partir da rede de transportes existente ou projetada. Entretanto, alguns autores argumentam na viabilidade do processo inverso, indicando que zonas urbanas com as características do TOD, mas sem acesso a uma estação de transporte público, poderiam ser beneficiadas pela disponibilização do transporte, no intuito de potencializar os benefícios na sustentabilidade do bairro (Singh *et al.*, 2014).

2.1 Objetivos do TOD

O objetivo principal do TOD pode ser derivado do termo original – *Transit-Oriented Development* – ou orientar o desenvolvimento urbano (de moradia, emprego, comércio e oportunidades em geral) ao uso do transporte público de alta capacidade

(principalmente sobre trilhos) e ao uso do transporte ativo¹. Nessa ordem de ideias, o TOD promove meios de transporte mais sustentáveis e, portanto, a sigla “TOD” é denominada nesta dissertação como “Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável”.

Além disso, objetivos específicos podem ser delineados de acordo com as potencialidades dos TOD impactarem nos transportes e na qualidade do ambiente urbano (Evans e Pratt, 2007):

Transporte:

- Aumentar as possibilidades de residentes e visitantes beneficiarem-se das atividades disponibilizadas por meio de deslocamentos em transporte público ou a pé;
- Atrair nova demanda para o transporte público de alta capacidade, potencializando a sua produtividade;
- Favorecer o acesso à estação por modos não motorizados;
- Reduzir o tráfego veicular e as externalidades negativas associadas a ele, como poluição, congestionamentos e riscos de acidentes;
- Balancear a demanda nas estações ao longo do dia e não só nas horas de pico, bem como em ambos os sentidos de operação;

Ambiente urbano de qualidade:

- Criar um ambiente urbano vivo, dinâmico e interessante;
- Renovar urbanisticamente áreas com boa acessibilidade que tenham sofrido deterioração ou não terem sido desenvolvidas adequadamente desde o início;
- Reduzir os custos de novas infraestruturas que seriam requeridas para o desenvolvimento de novas áreas na periferia da cidade;
- Disponibilizar opções de moradia acessíveis para diferentes faixas da população.

A ordem em que são priorizados esses objetivos pode variar em função dos interesses e pontos de vista dos atores envolvidos. Assim, aos operadores de transporte interessa, por exemplo, atrair mais passageiros para as suas estações e

¹ O transporte ativo faz referência ao transporte não motorizado de tração humana, principalmente à caminhada e a bicicleta, pois consistem em modos em que a atividade física desenvolvida durante a viagem pode ajudar a melhorar o estado físico das pessoas, assim como diminuir o risco de desenvolver doenças relacionadas (Mishra *et al.*, 2015).

balancear a demanda ao longo do dia, enquanto às autoridades públicas interessa incentivar comportamentos de viagem mais sustentáveis e organizar inteligentemente o crescimento da cidade. Já o interesse do mercado, em sintonia com os interesses das pessoas, poderia se centrar em oferecer moradia, emprego e comércio próximos dos locais mais acessíveis da cidade com vistas a aproveitar as oportunidades disponibilizadas, e permitindo diminuir o tempo gasto em transportes.

Entretanto, o encontro dos diversos propósitos poderia se agrupar no objetivo de promover práticas mais sustentáveis de mobilidade urbana. Nesse sentido, adota-se como principal objetivo do TOD incentivar a prática da mobilidade sustentável, ajudando a sanear os problemas descritos no capítulo 1 desta dissertação. Dessa maneira, reconhecem-se ademais as sinergias necessárias entre os objetivos e entre os diversos atores envolvidos. O planejador deve considerar que, para incentivar padrões de viagens sustentáveis, é de vital importância a existência de um ambiente urbano compatível.

Assim, uma cidade beneficiada por áreas no entorno das estações desenvolvidas nos moldes do TOD apresenta uma acessibilidade maior por meio da sua rede de transportes de alta capacidade, já que uma maior quantidade de oportunidades é disponibilizada aos seus usuários (Papa e Bertolini, 2015).

A seguir, convém revisar como são definidas as zonas potenciais de TOD desde uma perspectiva espacial, para logo depois apresentar os princípios básicos do TOD, ou seja, as ferramentas pelas quais o TOD busca agir para avançar nos seus objetivos, tanto nos transportes quanto no ambiente urbano de qualidade.

2.2 Delimitando uma zona TOD atual ou potencial

A maioria dos estudos na literatura coincide na necessidade de delimitar a zona TOD como a área urbana acessível, a partir da estação, e por meio de um deslocamento não motorizado de, no máximo, 10 minutos (Guerra *et al.*, 2012). Segundo a referência, a velocidade média de caminhada em ambiente urbano é 4,8 quilômetros por hora, o que equivale a uma distância aproximada de 600 metros nos 10 minutos.

Ainda, pode ser visto como tal distância tem sido simplificada na literatura para o intervalo entre 400 e 800 metros. Nesse intervalo, o primeiro limite (400 metros) se comporta como um bom fator da demanda da estação em função do número de empregos, enquanto a segunda distância (800 m) prediz adequadamente a demanda da estação em função da moradia no entorno da mesma (Guerra *et al.*, 2012).

A Figura 2-1 apresenta um exemplo da relação anterior, apresentado originalmente por Gutiérrez *et al.* (2011) em estudo de caso nas estações do metrô de Madrid, Espanha. As demanda na estação decresce em função do distanciamento. Além disso, no caso de número de embarques por número de empregos, apresenta-se um ponto de inflexão da linha de tendência, aproximadamente a 500 m de distância da estação, com as taxas de embarque caindo notavelmente a partir desse ponto.

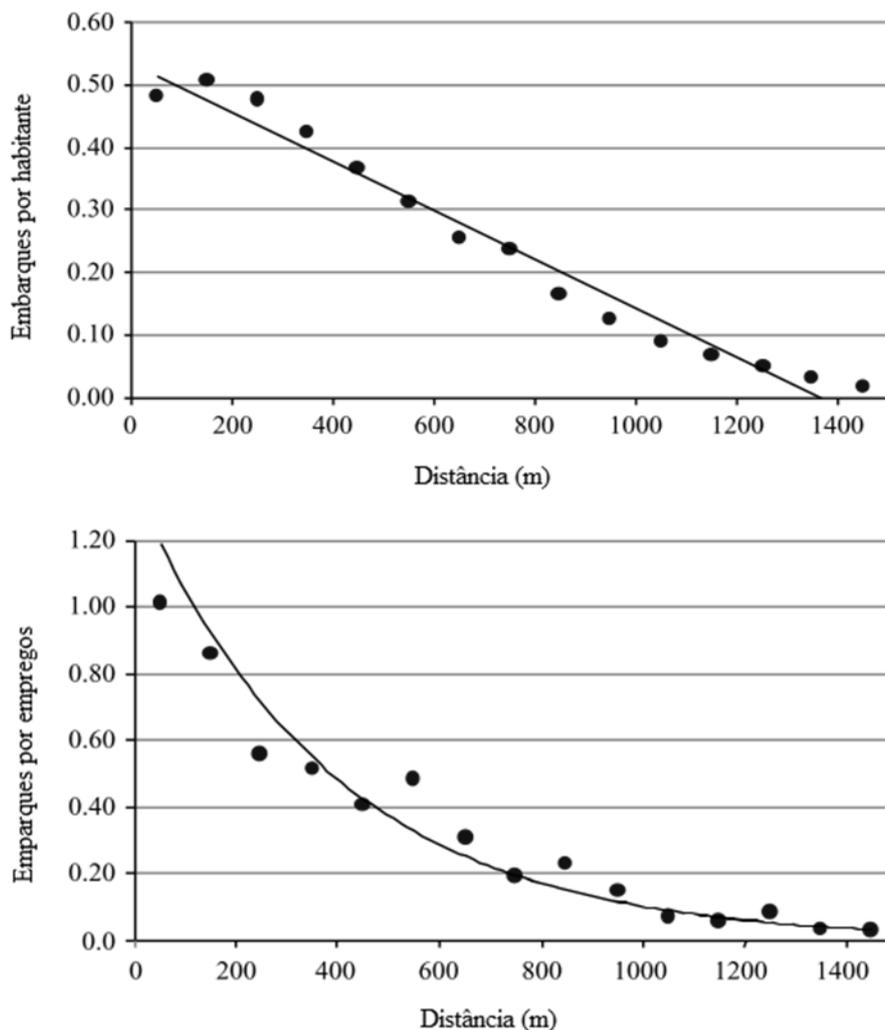


Figura 2-1. Embarques na estação em função da distância

Fonte: (Gutiérrez *et al.*, 2011)

No presente trabalho será denominada “zona TOD” à área urbana alocada a uma distância de 500 m a partir da estação. Esta definição não implica que essa zona possua atualmente as demais características do planejamento TOD. No entanto, será utilizada no sentido de se referir à zona com potencial de TOD devido à sua localização na área de influência da estação.

Pesquisas têm apontado pouca ou nenhuma diferença em relação ao método para medir essa distância de caminhada: medindo a distância de caminhada de

maneira simplificada por meio de um círculo de raio R, ou medindo a distância real de caminhada através da rede de caminhos (Guerra *et al.*, 2012; Gutiérrez *et al.*, 2011). Assim, por simplicidade durante a aplicação da metodologia, sugere-se que a zona TOD seja demarcada por um círculo de 500 m de raio, com a flexibilidade de ajustes às características locais.

2.3 Ferramentas do planejamento TOD

As características por meio das quais o TOD pretende atingir os seus objetivos estão ligadas a acessibilidade às atividades e ao transporte e, eventualmente, a melhoras na rede de transporte público. Ou seja, as ações centram-se em desenvolver melhores condições de acessibilidade dentro da zona TOD. Conforme será visto no Capítulo 4, a acessibilidade, no nível local, está relacionada ao ambiente construído, termo traduzido do inglês *built environment*, que faz referência à forma em que está definida a estrutura urbana e à maneira como está sendo aproveitado o território.

Pode-se dizer que o primeiro fator em importância do TOD (além da sua hipótese inicial de disponibilidade de transporte público de alta capacidade) é o desenho urbano pensado especialmente para tornar o uso de modos não motorizados e do transporte público mais eficiente, conveniente e seguro (EPA Office of Sustainable Communities, 2013). Isso inclui a criação de uma malha urbana de alta permeabilidade e conectividade², com espaços inclusivos para todos os usuários da via, e não só para o automóvel, incentivando não só boas condições de circulação, mas também a ocupação do espaço e a interação entre as pessoas.

A partir desse “esqueleto” da estrutura urbana, o TOD busca disponibilizar oportunidades por meio de características como a diversidade de atividades, o balanceamento nos usos do solo e a disponibilidade de empregos no entorno da estação. Tais fatores aumentam a acessibilidade da região e facilitam o encadeamento das viagens (transporte público – não motorizado), já que as pessoas podem realizar compras e outras atividades diárias antes ou depois de realizarem viagens de maior extensão a outras zonas da cidade (Zhang e Nasri, 2014).

Esse aumento nas oportunidades é capitalizado na medida em que uma maior quantidade de pessoas possa usufruí-los. Nesse sentido, o TOD promove o adensamento populacional, incentivando a construção vertical e o acesso a moradia de diferentes faixas de preço. Entretanto, tal adensamento deve-se conservar nos

² Faz referência a uma rede de caminhos que permita ligar origens e destinos pela menor distância possível (ver capítulo 3)

limites adequados da sustentabilidade urbana. A existência conjunta desses fatores tem a potencialidade de atrair novos usuários para o transporte público e gerar equilíbrio na demanda na estação ao longo do dia (Gonçalves *et al.*, 2009b).

O Capítulo 4 estuda estas características em maior detalhe, mostrando a relação delas com a acessibilidade e como têm convergido na literatura científica para serem agrupadas nas cinco dimensões do ambiente construído: 5D's. Entretanto, diferentes organizações dedicadas à promoção do TOD têm levantado uma série mais ampla de termos e características associadas ao TOD. A Figura 2-2 apresenta uma compilação das características citadas em quatro sites de ONGs que difundem projetos tipo TOD nos Estados Unidos: ReconnectingAmerica³, Center for Transit-Oriented Development⁴, Transit-Oriented Development Institute⁵ e o Sustainable Cities Institute⁶.



Figura 2-2. Nuvem de termos associados às características do TOD

Dessa maneira, o TOD busca intervir principalmente nas características do ambiente construído e, por meio delas, atingir os seus objetivos tanto de transporte como de ambiente urbano de qualidade. Ainda, conforme os conceitos de mobilidade sustentável e acessibilidade que serão revisados em detalhe nos capítulos 3 e 4, respectivamente, pode-se dizer que o TOD atua na acessibilidade para orientar a prática da mobilidade sustentável.

2.4 Metodologias existentes para a aplicação de TOD

Apesar da existência de uma quantidade significativa de pesquisa científica sobre TOD nas bases de dados, poucos estudos centram o seu objetivo em definir uma metodologia específica que guie a aplicação do TOD nas estações, mesmo

³ www.reconnectingamerica.org

⁴ www.ctod.org/index.php

⁵ www.tod.org

⁶ www.sustainablecitiesinstitute.org

conhecendo que cada caso tem a suas próprias particularidades⁷. Um dos motivos pode ser que a literatura foca a atenção na promoção do TOD como conceito, estudando a relação entre as características físicas do território e o comportamento de viagem resultante (Arrington e Cervero, 2008; Evans e Pratt, 2007; Loo *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2014; Zhang e Nasri, 2014), bem como na classificação das zonas TOD pelas características físicas atuais (Galelo *et al.*, 2014; Wey, 2015).

Nesse sentido, foram identificadas apenas duas metodologias que permitem, além de estudar o grau atual de TOD numa zona, definir estratégias de atuação sobre parâmetros específicos que tenham sido avaliados como ruins. A primeira corresponde a um trabalho acadêmico desenvolvido na Holanda, enquanto a segunda, desenvolvida pelo *Institute for Transportation & Development Policy* – ITDP – se apresenta como uma espécie de “selo TOD” aos empreendimentos.

Índice TOD:

Singh *et al.* (2015) apresentam o desenvolvimento e aplicação de um procedimento metodológico para avaliar a necessidade de melhorar as condições de TOD numa área determinada. A metodologia utiliza e avalia vários indicadores do ambiente urbano, que são agrupados em 8 “critérios”. São desenvolvidos pesos para os indicadores dentro de cada critério, bem como para os critérios mesmos, o que permite gerar um índice TOD agregando as avaliações, e obtendo uma métrica única que permite avaliar e comparar as distintas zonas TOD. De acordo com os autores “Um índice pode ajudar a estudar as características atuais do TOD e encontrar razões para o seu eventual desempenho ruim” (Singh *et al.*, 2015). Os oito critérios que refletem o ambiente urbano relacionado ao TOD nessa pesquisa são: Densidade, Diversidade, Caminhabilidade, Desenvolvimento econômico, Capacidade do sistema de transporte, Atratividade da estação, Acessibilidade da estação e Facilidade de estacionamento próximo à estação.

TOD standard V2.1:

O guia “TOD Standard” (ITDP, 2014) é valiosa desde o ponto de vista de ser usável tanto por técnicos como não técnicos. Este método agrupa as características do TOD em 8 “princípios” básicos: Caminhada, Bicicleta, Conectar, Proximidade ao transporte público, Uso misto do solo, Adensamento, Compactar e Regulação. Os dois primeiros centram a atenção em desenvolver um ambiente urbano que priorize os modos não motorizados. A conectividade procura diminuir as distâncias até os

⁷ Por exemplo, há 49 artigos científicos publicados entre 2011 e 2015 na base de dados *ScienceDirect*, ao se realizar uma busca com a palavra chave *transit-oriented development*.

destinos através da malha urbana. A proximidade do transporte público centra o desenvolvimento no entorno deste, fazendo mais fácil o seu acesso. O uso misto do solo e o adensamento procuram que as pessoas estejam mais próximas das oportunidades e dos locais onde podem atender as suas necessidades básicas. A cidade compacta busca regiões com menores distâncias e tempos de viagem e a Regulação faz referência às características urbanas que permitem desestimular o uso do veículo, como menor disponibilidade de estacionamentos nas ruas e menor área viária dedicada exclusivamente ao veículo.

A partir desses princípios, o TOD Standard apresenta várias escalas para cada indicador, bem como valores de referência, que permitirão estudar e avaliar a situação atual da zona, identificando os principais gargalos do ambiente construído. O método realiza um somatório dos resultados parciais de cada um dos princípios para obter uma nota entre 1 e 100, sendo 100 a zona TOD perfeita.

A Tabela 2-1 resume ambas as metodologias citadas, descrevendo a sua estruturação, a avaliação utilizada para determinar se uma zona precisa sofrer intervenção e como são embasadas as propostas de melhoramento nos moldes do TOD. Pode-se observar que ambas as metodologias embasam o estudo do nível atual de TOD por meio das características do ambiente construído. No entanto, estas características físicas são as ferramentas por meio das quais o TOD busca atingir os seus objetivos. A partir disso, as estratégias de ação são orientadas à intervenção dos indicadores que resultaram avaliados de maneira ruim.

A primeira metodologia permite definir um ranking que somente pode ser utilizado para comparar as estações no mesmo estudo de caso, já que os valores são normalizados conforme as notas mínimas e máximas de cada indicador obtidas durante a sua aplicação. Igualmente, o fato dos pesos que compõem o índice TOD serem gerados por meio de consulta a especialistas locais influi em que os resultados não possam ser comparados com casos externos, impedindo a realização de um *benchmarking*.

A metodologia do ITDP apresenta uma melhoria nesse sentido, desenvolvendo um ranking que permitiria a avaliação independente de casos em qualquer país. Entretanto, as notas dos indicadores são obtidas por comparação com valores de referência definidos sem um contexto claro.

Tabela 2-1. Metodologias de avaliação e planejamento TOD

Metodologia	Descrição	Avaliação e Necessidade de intervenção	Propostas
Índice TOD Singh et al. (2015)	É utilizada tanto no nível local (entorno da estação) como regional no planejamento tipo TOD, apresentando uma avaliação quantitativa da situação do TOD na(s) área(s) de estudo baseada nos elementos da acessibilidade local às atividades e ao transporte.	O estado do TOD na zona é representado por meio de oito critérios da acessibilidade local (e seus respectivos indicadores) que indicam o quanto um lugar está próximo das características TOD. A necessidade de intervenção é determinada pelo resultado do Índice TOD, que reúne as avaliações dos princípios. Já que a metodologia permite avaliar regionalmente, pode se definir prioridade de investimento entre estações ao comparar o valor do Índice TOD obtido em várias delas.	São baseadas nos indicadores de cada um dos oito critérios que resultaram avaliados como ruins, propondo diretamente a intervenção deles.
TOD Standard V.2.1 ITDP (2014)	Avalia desenvolvimentos urbanos construídos ou em projeto, no entorno de estações de sistemas de transporte, tendo como guia os princípios TOD**, os quais estudam elementos da acessibilidade às atividades e ao transporte. Requer conhecimento avançado da zona e de trabalho de campo	Distribui 100 pontos entre 21 métricas que representam oito princípios TOD da acessibilidade local. De tal modo, a zona TOD perfeita é aquela que alcança pontuações entre 85 e 100. A metodologia identifica individualmente métricas de pior avaliação para realizarem propostas de melhora. A definição da prioridade de intervenção depende do conhecimento da zona por parte do pesquisador. Trabalha com métricas avaliadas segundo escalas, muitas vezes qualitativas.	São baseadas diretamente no resultado das avaliações realizadas, visando melhorar as medidas que resultaram deficientes.

Fonte: (González e Portugal, 2015)

Experiência prática de aplicação do TOD no Brasil: O ITDP Brasil realizou no ano 2014 a oficina de desenho urbano “Ruas Completas ao longo do Transcarioca” (ITDP Brasil, 2014), na qual foram avaliados os padrões TOD em duas estações do sistema BRT, nos bairros Ramos e Madureira. O exercício consistiu em realizar visitas de campo, nas quais uma equipe de especialistas conseguiu identificar os principais problemas no entorno das estações. Atenção especial foi colocada nos aspectos que interferiam na acessibilidade da estação. De acordo com o relatório estes foram: Usos do solo, Espaço do Pedestre, Travessias de Pedestre, Ciclovias, Transporte Público, Sinais de Trânsito e Veículos Particulares.

Os problemas observados foram agrupados em problemas de Desenho, de Regulamentação e de Manutenção, e a partir deles foram propostas algumas

estratégias de melhoria. A metodologia empregada se adere ao fato de que cada caso de estudo é único e deve ser abordado como tal. No entanto, o procedimento não segue passos definidos e operacionalizados tecnicamente, de maneira que outros especialistas em futuras aplicações possam atuar no mesmo sentido. Além disso, o exercício realizado não abrangeu a distância de caminhada normalmente recomendada no TOD, de 400 a 800 m, abrangendo apenas o primeiro quarteirão vizinho à estação.

2.5 Uma nova abordagem

A análise das metodologias conhecidas e expostas no presente capítulo permite chegar a uma conclusão em comum. Ambas as metodologias embasam a necessidade de aplicar o TOD realizando avaliações das condições atuais do ambiente construído no entorno da estação. Entretanto, essas metodologias não analisam diretamente o nível em que os objetivos finais do TOD estão sendo praticados. Dessa maneira, pode-se dizer que as estratégias de ação resultantes de tais métodos atuam sem referência aos objetivos que desejam promover.

Vale a pena esclarecer que, apesar do indicador não necessariamente medir diretamente o fenômeno, o uso de fatores causais precisa de uma justificativa que não é trivial e sim, baseada na literatura científica existente (Journard e Gudmundsson, 2010). Dessa maneira, a literatura deve confirmar a relação entre o fenômeno que deveria ser medido (nesse caso a mobilidade sustentável como objetivo do TOD) e o indicador utilizado para representar os fatores causais desse fenômeno (nesse caso o ambiente construído).

Colocando novamente o foco nas cidades latino-americanas, a realidade indica que não há suficiente evidência científica, deduzida desse contexto específico, sobre os fatores causais e o comportamento final da mobilidade (ver seções 4.3 e 4.4). Dessa maneira, pode-se estar incorrendo em um erro sistemático ao determinar a necessidade de aplicar o TOD com base no estado atual das próprias ferramentas que ele utiliza para atingir os seus objetivos.

As novas abordagens para a aplicação do TOD devem corrigir essa falha. Isso pode ser feito incluindo na avaliação inicial o estado atual ou o progresso nos objetivos do TOD, com indicadores que os representem.

Aplicando isso nesta pesquisa, devem ser desenvolvidos indicadores que permitam comparar o comportamento de viagem praticado na zona com o esperado num cenário de prática da mobilidade sustentável, sendo este o alvo almejado da

aplicação do TOD, verificando a sua compatibilidade. Dessa maneira, o objetivo do TOD determina se há ou não necessidade de ativar as suas ferramentas de ação.

A partir dali, para definir especificamente quais delas devem ser ativadas, deve-se levantar o seu estado atual. Isso pode ser feito seguindo métodos similares aos apresentados nas metodologias citadas, mas considerando as especificidades do contexto latino-americano. Dessa maneira, pode se obter um diagnóstico da acessibilidade atual na zona, identificando quais das suas características precisam de aprimoramentos e quais não.

Ainda, definir quais das ferramentas de ação do TOD serão ativadas nas estratégias requer a análise conjunta entre elas e os problemas da mobilidade sustentável, visando um progresso efetivo e focalizado em cada problema específico que se deseja resolver. O que permite também focar as estratégias apenas nas dimensões da acessibilidade associadas aos problemas existentes de mobilidade.

A Tabela 2-2 resume os principais elementos da discussão anterior, apresentando a comparação entre as atuais metodologias para o TOD e as considerações que devem ser feitas para o desenvolvimento detalhado da proposta metodológica da presente dissertação. Nela, consideram-se três temas chave: Indicadores utilizados, Método de avaliação para identificar a necessidade de aplicar o TOD, e Propostas, discutindo o embasamento técnico para a sua proposição.

Entretanto, antes de elaborar a proposta metodológica detalhada, convém estudar tanto a mobilidade sustentável quanto a acessibilidade, como objetivo e ferramenta de ação do TOD, respectivamente. A estruturação desses conceitos permitirá uma fundamentação adequada da metodologia.

Tabela 2-2. Resumo comparativo entre abordagem do TOD na literatura e proposta

	Abordagem do TOD na literatura	Abordagem do TOD proposta
Indicadores	Unicamente avaliam e caracterizam o ambiente construído.	Avaliam o estado atual da mobilidade sustentável. Posteriormente, caso seja necessário, indicadores de acessibilidade complementam a análise.
Método de Avaliação	Identificam os elementos com deficiência no ambiente construído.	Comparação entre a mobilidade praticada atualmente e o que se espera da mobilidade sustentável.
Propostas	Melhorar os elementos do ambiente construído que se mostraram deficientes.	Estratégias definidas segundo os problemas da mobilidade sustentável que devem ser melhorados, e conforme a relação destes com as dimensões da acessibilidade que se mostrarem críticas.

Fonte: González e Portugal (2015)

3 Mobilidade Urbana Sustentável

O estudo da mobilidade sustentável como objetivo do TOD precisa da sua estruturação e operacionalização, visando torná-lo um conceito acessível para a sua aplicação na metodologia a ser desenvolvida. O foco deste capítulo é apresentar a definição do conceito de mobilidade sustentável que será adotado na pesquisa.

Para isso, o capítulo inicia com uma contextualização da mobilidade urbana, incorporando logo depois o conceito de sustentabilidade. A partir dali, aborda-se a mobilidade sustentável tanto na teoria quanto na prática no âmbito global e no latino-americano, e são apresentadas algumas das metodologias existentes na atualidade para a sua avaliação. Esses insumos permitem se chegar à definição de mobilidade sustentável a ser utilizada na pesquisa, a qual é desenvolvida com vistas a incluir aspectos de especial importância nos países em desenvolvimento.

3.1 Mobilidade urbana: considerações iniciais

Etimologicamente, a palavra mobilidade tem origem no latim “*mobilitas*”, que indica a propriedade daquilo que pode ser movido, deslocado, transportado. “*mobilitas*” vem do verbo “*mobilis*”, que significa móvel (Magalhães *et al.*, 2013). Porém, o termo mobilidade é utilizado em várias situações ou contextos, e, comumente, quando se referindo ao transporte urbano, é sinônimo de viagem (Metz, 2000). Além disso, a mobilidade pode indicar a potencial capacidade de um indivíduo para se mover, sem necessariamente realizar tal deslocamento (Machado, 2010; Metz, 2000).

Quando estudando a mobilidade, comumente emergem sobreposições com os conceitos de transporte e acessibilidade, devido a que não existe uma definição operacional de mobilidade, o que tem gerado a necessidade de relacioná-la – e medi-la – por meio dos padrões de viagens (Metz, 2000). Tais padrões de viagens se referem, portanto, à realização ou não realização de viagens, bem como aos atributos qualitativos de tais viagens. Ao se incluir estas dimensões qualitativas da viagem, pode se ver uma relação entre a mobilidade e a qualidade de vida de quem realiza a viagem (Rodrigues da Silva e Miranda, 2012).

Além disso, a capacidade de se mover evidencia uma relação com as condições físicas e socioeconômicas de cada pessoa para realizar as suas viagens. Dessa maneira, a mobilidade varia de pessoa em pessoa, sendo um atributo pessoal, porém, que pode ser estendido para generalizar as condições de grupos homogêneos de

peças. Tais condições são ocasionadas pelas características de cada indivíduo, bem como pelas características espaciais do bairro e da cidade. Logo, para estudar a mobilidade, deve-se estudar essa combinação de fatores individuais e de cidade.

Assim, o indivíduo – ou grupo de indivíduos – possui *Necessidade de acesso* às atividades que permitem o seu desenvolvimento, como educação, emprego, saúde, lazer (Zegras, 2005). Tais atividades, ou oportunidades, estão distribuídas ao longo da cidade, determinando o padrão de *Ocupação do território*. Geralmente, uma boa porcentagem das oportunidades está concentrada em determinadas áreas da cidade, como a zona central de negócios⁸. Conseqüentemente, as pessoas realizam viagens que lhes permitem acessar essas oportunidades, contexto no qual o valor não é gerado pela viagem mesma, mas pela atividade que é realizada no destino (Banister, 2008).

Para conectar as pessoas aos seus destinos, a cidade oferta uma série de *Infraestruturas e serviços de transporte*, tanto públicos como privados, individuais e coletivos. Tais infraestruturas e serviços são – ou deveriam ser – colocados à disposição dos usuários para eles decidirem a forma em que, utilizando-os, conectem de melhor maneira os locais das suas atividades. Porém, a utilização dessas infraestruturas e serviços normalmente envolve um custo para o usuário. Voltando ao indivíduo, este estará em capacidade de assumir, ou não, esse custo, conforme as suas próprias características socioeconômicas. Dessa maneira, pode se afirmar que cada pessoa possui também uma *Capacidade de acesso*, que é definida também em alguns casos pelas suas condições físicas e fatores psicológicos, caracterizando as escolhas de modos, horas e destinos para realizarem as viagens, praticando mobilidade.

A Figura 3-1 apresenta um esquema geral dos elementos supracitados. Acredita-se necessário identificar cada um desses elementos como atores que interagem entre si tendo como resultado a mobilidade urbana praticada. Colocam-se então a *Necessidade de acesso às atividades* e a *Capacidade de acesso* como elementos representativos do indivíduo, cuja interação termina por indicar a necessidade de mobilidade. Já a *Ocupação do território* e as *Infraestruturas e serviços de transporte* disponíveis são definidos como elementos da cidade, que interagem entre si para definir a acessibilidade (questão que será tratada no Capítulo 4). Por fim, a interação

⁸ Comumente denominada *Centro* da cidade, mesmo sem coincidir com o centro geográfico da mesma.

entre este conjunto de elementos determina a mobilidade urbana praticada por um indivíduo ou conjunto de indivíduos de similares características (socioeconômicas ou de localização espacial).

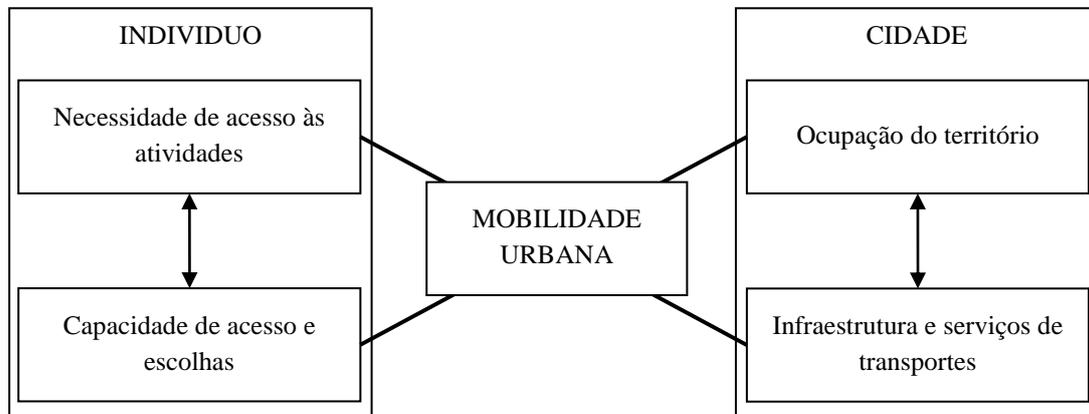


Figura 3-1. Elementos que interagem na mobilidade urbana

No século passado, o planejamento da mobilidade urbana foi focado quase que exclusivamente no melhoramento do elemento Infraestrutura e serviços de transportes, deixando os outros três de lado. Assim, a abordagem “tradicional de planejamento de transporte” teve um enfoque de prever e prover (Hull, 2008): Prever a demanda de viagens e Prover a oferta que deveria se disponibilizar para o atendimento de tal demanda.

Além disso, pressões políticas voltaram a atenção para os modos rodoviários como os principais modos para prover mobilidade, fazendo com que o melhoramento das infraestruturas se focasse fortemente em características como a quantidade de viagens por automóvel e a sua rapidez, induzindo ainda mais essa modalidade.

Por fim, o atendimento apenas das infraestruturas de transportes e não do planejamento urbano de forma articulada, geraram deficiências na estrutura urbana que, com a consolidação de usos especializados e segregados do solo, gerou a necessidade de deslocamentos pendulares (Mello, 2015; Zhang *et al.*, 2012).

Essas condições desfavoráveis de mobilidade aumentam os custos do sistema, afetando tanto ao indivíduo (devido aos maiores tempos de viagem, dinheiro gasto em transporte, perda de conforto, poucas oportunidades) como à cidade (congestionamentos, poluição, detrimento do solo), e influem na qualidade de vida (Carse, 2011; Corcoran *et al.*, 2015; Dijst *et al.*, 2005; Metz, 2000; Rodrigues da Silva e Miranda, 2012; Spinney *et al.*, 2009; Steg e Gifford, 2005).

Perante o fracasso desse modelo tradicional de planejamento do transporte e mudanças dos padrões de vida devidas à nova era da informação, somado à crescente preocupação pelas mudanças climáticas, surgiu um novo paradigma da mobilidade, a mobilidade sustentável.

3.2 Sustentabilidade na mobilidade

A maioria de trabalhos científicos que abordam o tema da sustentabilidade dentro da mobilidade começa por definir o conceito, fazendo a pergunta: O que é a mobilidade sustentável? Esse questionamento obedece a que na literatura não parece que houvesse aderência entre as definições adotadas (Steg e Gifford, 2005; Zegras, 2005). Além disso, conforme citado ao início do capítulo, os autores parecem assumir a equivalência dos termos transporte sustentável e mobilidade sustentável (Costa, 2008). Assim, uma das definições da mobilidade sustentável de maior uso na literatura em realidade define o transporte sustentável como aquele que:

- *Permite a satisfação das necessidades básicas de acesso e desenvolvimento de indivíduos, empresas e sociedade, de forma segura e compatível com a saúde humana e do ecossistema, e promove a equidade entre gerações e dentro das mesmas;*
- *É acessível economicamente, opera eficientemente, possibilita a eleição do modo de transporte e suporta uma economia dinâmica e o desenvolvimento regional; e*
- *Limita as emissões e resíduos em função da capacidade do planeta de absorvê-los, utiliza recursos renováveis a um ritmo inferior ou igual a sua renovação, e, utiliza os recursos não renováveis a um ritmo inferior ou igual ao desenvolvimento de substitutos renováveis e minimiza o uso de solo e a geração de ruído.* (Dalkmann e Brannigan, 2007; Haghshenas e Vaziri, 2012; Hull, 2008; Litman, 2014a; Machado, 2010; Nykvist e Whitmarsh, 2008; OCDE, 2001; Rodrigues da Silva e Miranda, 2012).

Este conceito abrange os três campos da sustentabilidade (social, ambiental e econômico), partindo da necessidade das pessoas terem acesso às atividades que facilitam o seu desenvolvimento e, portanto, o desenvolvimento da sociedade. A partir dali, expõe as características que devem estar presentes ao falar de transporte sustentável. Segundo Litman (2014a), essa definição de transporte sustentável é amplamente aceita por ser abrangente e balancear os aspectos sociais, econômicos e ambientais da sustentabilidade. Entretanto, ressalta-se que o transporte é apenas um meio para prover mobilidade.

Outros trabalhos focam sua preocupação nas mudanças climáticas. Assim, centram-se na redução de emissões como principal alvo da mobilidade sustentável. Nesse sentido, Dalkmann & Brannigan (2007) propõem três estratégias: Evitar, Mudar, Melhorar. A primeira refere-se a evitar a realização de viagens longas, ou reduzir a sua extensão; a segunda promove viagens feitas por modos menos poluentes e a terceira procura o uso de tecnologias mais avançadas e limpas no transporte.

A abordagem supracitada encaminha o planejamento da mobilidade em direção à regulação e controle, à geração de ônus econômicos para o uso do veículo, ao uso de tecnologias de informação e a incentivar as modalidades mais limpas. O que requer também aprimoramentos no planejamento urbano, gerando mais oportunidades a distâncias acessíveis, e em geral, crescendo de maneira compacta. Banister (2008) estabelece estratégias nesse sentido, fazendo um paralelo entre a abordagem tradicional da mobilidade e o novo paradigma da mobilidade sustentável (Tabela 3-1).

Tabela 3-1. Abordagens contrastantes no planejamento de transportes

Abordagem convencional – Planejamento e engenharia de transportes	Abordagem alternativa – Mobilidade sustentável
Dimensões físicas	Dimensões sociais
Mobilidade	Acessibilidade
Enfoque no tráfego, particularmente no automóvel	Foco nas pessoas, tanto em veículo como a pé
Escala regional	Escala local
Rua como estrada	Rua como ambiente
Transporte motorizado	Todos os modos de transporte junto com uma hierarquização com pedestres e ciclistas no topo e veículos na base
Prevenção do tráfego	Visão de cidade
Abordagens de modelagem	Desenvolvimento de cenários e modelagem
Avaliação econômica	Análise multicritério com considerações sociais e ambientais
Viagem como atividade secundária	Viagem tanto como atividade de valor quanto como uma demanda derivada
Baseado na demanda	Gerenciamento da demanda
Aumentar a velocidade do tráfego	Diminuir a velocidade de movimento
Redução de tempos de viagem	Tempos de viagem razoáveis e confiabilidade no tempo de viagem
Segregação de tráfego e pessoas	Integração de pessoas e tráfego

FONTE: Banister (2008)

Assim, a mobilidade sustentável inclui elementos sociais, considera a rua urbana como um espaço para a interação entre as pessoas e entre os diferentes modos, valoriza o papel da acessibilidade na promoção da mobilidade, fortalece a confiabilidade dos modos de transporte e a necessidade do planejamento de cidades e não de projetos independentes. Complementarmente, estudos apontam que implantar

essas mudanças no paradigma de planejamento requer como fator crítico seu compartilhamento e adoção entre instituições e cidadãos (Banister, 2008; Hull, 2008).

As seções a seguir continuam com o levantamento da teoria e prática da mobilidade sustentável, primeiro no contexto global e depois no contexto latino-americano.

3.2.1 Mobilidade sustentável no contexto global

Greene e Wegener (1997) estudaram os padrões de mobilidade na América do Norte e na Europa nos últimos anos do século XX, identificando grandes desafios na sustentabilidade. Com respeito às cidades norte-americanas, a preocupação refere-se à grande oferta de rodovias, cuja expansão já começava a ser vista como uma estratégia inviável no longo prazo para manter a mobilidade. A Europa, por outro lado, quadruplicava a densidade de pessoas por hectare da América do Norte, fazendo o transporte público relativamente menos dependente de subsídios e mantendo o transporte ferroviário e não motorizado como protagonistas da mobilidade urbana (Greene e Wegener, 1997).

Para essa época, foram propostas três políticas chaves para o avanço na mobilidade sustentável: (i) Tecnologia do transporte; (ii) Oferta de transporte; e (iii) Demanda de transporte (Greene e Wegener, 1997). De maneira particular, esta última política recomendava a adoção de medidas de planejamento urbano, visando criar uma demanda por transporte de menores distâncias e mais efetiva nos modos a serem utilizados, entrevendo já a importância atual de ferramentas como TOD.

Os primeiros anos do século XXI continuaram a centrar a difusão da mobilidade sustentável no que se relaciona ao melhoramento tecnológico do transporte. Essa abordagem de aprimoramento tecnológico foi priorizada, de acordo com Steg e Gifford (2005), devido a que mudanças no comportamento das pessoas envolviam esforços maiores por parte delas, podendo ser percebidos como reduções na liberdade de deslocamento, o que pode-se apresentar quanto utilizadas medidas restritivas.

Posteriormente, o Instituto Europeu Metropolitano (EMI, 2012) apresentou cinco temas chaves para promover a mobilidade sustentável nas cidades europeias: (i) Espaço e escala urbana; (ii) Regulação e tarifas; (iii) Estilo de vida e comportamento; (iv) ITS (do inglês – Intelligent Transportation Systems) e Tecnologia, e (v) Governança.

Entre essas estratégias, a primeira ressalta a inclusão do planejamento urbano como elemento que pode redimensionar a participação dos deslocamentos sustentáveis nas viagens diárias, porém sendo uma medida que envolve grande quantidade de obras físicas e, portanto, investimentos. No entanto, estratégias como o TOD, que muitas vezes podem partir da revitalização de zonas subutilizadas próximas às estações de transporte se tornam viáveis nesse intuito.

Sobre o segundo ponto, Regulação e tarifas, Peñalosa (2005) indica que as medidas de regulação e a imposição de tarifas sobre o uso das vias públicas é uma medida que pode afetar negativamente a equidade social nos países em desenvolvimento. Isso devido a que entregam o escasso espaço viário à pequena porcentagem de população com capacidade de assumir os custos adicionais, o que consequentemente desafia a procura da sustentabilidade social.

Outro aspecto relevante da abordagem do EMI (2012), e no qual concorda com os outros autores (Banister, 2008; Steg e Gifford, 2005), está em colocar a participação e engajamento dos cidadãos na agenda pró-mobilidade sustentável, o que atualmente está acontecendo positivamente, conforme será visto mais a frente.

Já no campo prático, o ativismo social ao redor da mobilidade sustentável deu um passo à frente ao chamar a atenção por políticas mais inclusivas com o transporte não motorizado, principalmente a bicicleta (Aldred, 2013; Jones e Novo de Azevedo, 2013; Lugo, 2013). Um exemplo do impacto positivo destas organizações cidadãs é a cidade de Portland, nos Estados Unidos. Nela, coletivos de ciclistas são responsáveis pela organização de cerca de 4.000 eventos anuais como bicicletadas, corridas, e festivais que visam à promoção da bicicleta, ajudando a cidade a ser a de maior uso da bicicleta na América do Norte (Pucher *et al.*, 2011).

Ainda na América do Norte, a utilização da bicicleta tem crescido ao longo das duas últimas décadas, tanto em viagens cotidianas como recreativas, segundo apontado por Pucher *et al.* (2011). Entre os desafios para se continuar nesse caminho, a referência ressalta a falta de segurança viária para os ciclistas, já que as cidades com maior quantidade de acidentes fatais apresentam as menores porcentagens de uso da bicicleta.

Na Europa, ao contrário, a bicicleta manteve uma participação importante, apesar do aumento da frota de veículos motorizados individuais ao longo dos últimos 60 anos. Algumas cidades são reconhecidas internacionalmente por serem exemplos do transporte sustentável. Tal é o caso de Copenhague, que adotou a meta de ser a

Melhor Cidade do Mundo para os Ciclistas, compromisso que vem atingindo graças a uma combinação de políticas de disponibilização de infraestrutura e de engajamento da população (Gössling, 2013). A cidade tem adotado uma série de indicadores que permitem definir metas e medir o progresso das políticas implantadas, entre as quais, nenhuma foi de restrição ao automóvel (Gössling, 2013).

Na Grã Bretanha as políticas de promoção do transporte sustentável também têm se centrado na persuasão para as pessoas fazerem escolhas mais inteligentes, a exceção de cidades como Londres onde também são aplicadas medidas de regulação, como o pedágio urbano para os automóveis que circulam pelo centro da cidade (Pooley *et al.*, 2013).

Dessa maneira, emerge uma tendência observada na implantação de políticas com maior aceitação social, enquanto políticas restritivas como os pedágios urbanos e outras medidas de regulação e tarifas são menos utilizadas. Reconhece-se, novamente, a importância da participação cidadã nos processos de melhoramento (Dell'Olio *et al.*, 2011).

Em relação à mobilidade e ao desenvolvimento da sociedade em geral, Litman (2014b) encontrou que a produtividade da sociedade aumentou em cidades mais compactas e com maior uso do transporte público, sendo um referencial positivo do impacto de políticas mais sustentáveis de transporte desenvolvidas em conjunto com um planejamento urbano mais compacto.

Por fim, o transporte público, ao contrário das bicicletas, tem atraído menor ativismo social para o seu melhoramento nas cidades industrializadas. Assim, os esforços para aprimorar esses modos têm vindo principalmente das esferas técnicas. Buehler e Pucher (2011) ressaltam a necessidade de atingir a sustentabilidade financeira dos modos de transporte público para que estes possam contribuir nos campos sociais e ambientais da sustentabilidade.

3.2.2 Mobilidade sustentável no contexto latino-americano e brasileiro

No âmbito latino-americano, esforços de articulação entre países têm sido feitos para abordar o problema da mobilidade sustentável de maneira conjunta, visando promover esta mudança de paradigma na concepção da mobilidade. No ano 2011 foi acordada uma definição operacional do transporte sustentável de abrangência latino-americana, com participação direta de nove países. Segundo o *Foro de Transporte Sostenible para América Latina* (2011), o transporte sustentável é definido como:

“a provisão de serviços e infraestrutura para a mobilidade de pessoas e produtos, necessários para o desenvolvimento econômico e social e a melhora da qualidade de vida e competitividade. Esses serviços e infraestruturas do transporte oferecem acesso seguro, confiável, econômico, eficiente, equitativo e acessível economicamente para todos, ao mesmo tempo em que mitigam os impactos negativos sobre a saúde e o meio ambiente local e global, no curto, médio e longo prazo, sem comprometer o desenvolvimento das futuras gerações”.

Essa definição valoriza fortemente a provisão de infraestrutura de transporte e o acesso da população à mesma, colocando atenção especial em atributos como a segurança, confiabilidade e equidade, de maneira que o uso desses sistemas de transporte seja visto como conveniente. Entretanto, destaca-se que o caminho para a mobilidade sustentável não passa só pelo fornecimento de transporte, mas pela atuação sobre os quatro elementos da mobilidade (Figura 3-1).

Na área de pesquisa, há no Brasil vários trabalhos científicos focados na construção de índices de mobilidade sustentável para avaliar o estado inicial e o progresso das cidades em relação à mobilidade sustentável (Campos e Ramos, 2005; Costa, 2008; Machado e Merino, 2013; Machado, 2010; Rodrigues da Silva e Costa, 2010). As definições de mobilidade sustentável que foram utilizadas centram a discussão principalmente na diminuição do uso do automóvel, promoção de modos não motorizados e promoção do transporte público com objetivos ambientais (Campos e Ramos, 2005; Machado e Merino, 2013).

Especificamente, segundo Campos e Ramos (2005), a mobilidade sustentável consiste na diminuição no uso do veículo privado gerada a partir de melhores condições de acesso através de medidas no transporte e no uso do solo. Já Machado (2010) ressalta a acessibilidade como atributo da mobilidade, que deve ser pensado a partir da redução das necessidades de deslocamento motorizado e maximização da capacidade de deslocamento a pé ou de bicicleta.

Costa (2008) e Amorim *et al.* (2014) pesquisaram a compatibilidade entre conceitos teóricos de mobilidade sustentável e a percepção destes por parte de diversos atores relacionados ao planejamento urbano e de transporte nas cidades brasileiras. Realizados em um intervalo de tempo de cinco anos aproximadamente, bem como por meio de metodologias diferentes, os resultados permitem inferir que há uma evolução favorável no conhecimento e compreensão dos conceitos da mobilidade sustentável. O que se reflete, inclusive, na prática desses conceitos por parte de técnicos e gestores da administração pública, influenciando em aspectos políticos.

Desde esse olhar político no contexto brasileiro aparece uma nova definição de mobilidade sustentável:

“pode ser definida como o resultado de um conjunto de políticas de transporte e circulação que visam proporcionar o acesso amplo e democrático ao espaço urbano, através da priorização dos modos não motorizados e coletivos de transportes, de forma efetiva, socialmente inclusiva e ecologicamente sustentável, baseado nas pessoas e não nos veículos” (Boareto, 2003).

Esta definição ressalta que o sistema de mobilidade da cidade deve ser baseado nas pessoas e não nos veículos. Pensando dessa maneira, a concepção de novas ferramentas metodológicas para orientar a prática da mobilidade sustentável, como a que será desenvolvida nesta dissertação, deve considerar as dimensões social, cultural, ambiental e da saúde humana como objetivos necessários no exercício dessa mobilidade.

No campo prático, Hidalgo e Huizenga (2013) colocam a divisão modal das cidades latino-americanas como altamente compatível com objetivos da mobilidade sustentável, conforme pode ser visto na Figura 3-2 no pouco uso do veículo privado. Porém, para diagnosticar a sustentabilidade dessa maior participação do transporte público e ativo, deveria se contar com a análise de aspectos mais profundos, como a qualidade dos serviços, a sua segurança, o nível de inclusão da população e os tempos de viagem excessivos nessas modalidades.

Contudo, o primeiro desafio para a América Latina consiste em manter essa participação modal do transporte público e não motorizado, melhorando os padrões de serviço e lutando contra a crescente motorização individual e o declínio na imagem dos transportes públicos (Hidalgo e Huizenga, 2013). Isso deveria ser feito valorizando as modalidades metroferroviárias e protegendo os usuários mais vulneráveis para estimular o transporte ativo.

Quanto aos processos de participação cidadã, similar ao que acontece no contexto global, estes se centram principalmente no melhoramento das condições para o uso da bicicleta, apresentando a visão dela como o futuro meio de transporte principal da população. Este tipo de ativismo social tem sido mais notório em cidades como Santiago do Chile (Sagaris e Ortuzar, 2015), São Paulo e Rio de Janeiro (Jones e Novo de Azevedo, 2013), sendo atingidos diferentes níveis de impacto nas políticas públicas.

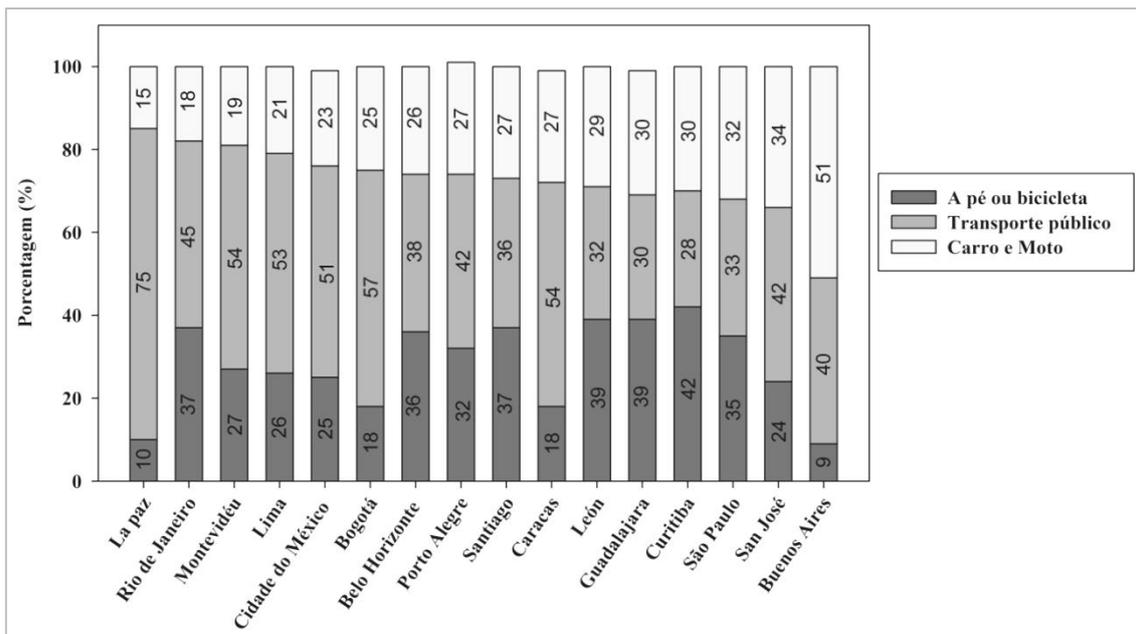


Figura 3-2. Divisão modal das viagens em algumas cidades latino-americanas

Fonte: Hidalgo e Huizenga (2013)

Vale a pena ressaltar nesses exemplos o caso de Santiago. Na cidade chilena o processo de construção de políticas públicas de mobilidade não motorizada envolveu amplamente a participação de coletivos de cidadãos, planejadores e acadêmicos, conseguindo, em relativamente pouco tempo (2007-2015), uma série de mudanças significativas não só em temas de política urbana, mas de cultura cidadã ao redor da bicicleta (Sagaris e Ortuzar, 2015). Este movimento social conseguiu que, para grande parte da população, a bicicleta deixasse de ser vista como um modo de transporte exclusivamente dos homens pobres (Sagaris e Ortuzar, 2015).

Nesse contexto, indica-se novamente que o cenário atual coloca a América Latina num bom ponto de partida para conseguir manter – e melhorar – os seus padrões de mobilidade sustentável. A Tabela 3-2 apresenta o resumo das principais estratégias indicadas internacionalmente e que já foram abordadas ao longo do presente capítulo, apontando como estas têm sido ou poderiam ser aplicadas na América Latina.

Dessa maneira, o TOD atua diretamente no planejamento integrado de transporte e uso do solo, enquanto pode fornecer um marco adequado para a implantação de políticas de gerenciamento da mobilidade (por menor uso do solo para estacionamentos), bem como de melhores tecnologias, promovendo a demanda nos sistemas de transporte de maior eficiência energética.

Tabela 3-2. Resumo das estratégias básicas em prol da mobilidade sustentável e a sua possível aplicação na América Latina

Tipo de ação	Abordagem à qual pertence	Capital envolvido	Exemplos e possíveis aplicações na América Latina
Planejamento integrado transporte e uso do solo	Evitar	Social	Novos sistemas de transporte público, Plano de Mobilidade Urbana, TOD.
	Mudar	Artificial Natural	
Gerenciamento da mobilidade	Evitar	Artificial	Gestão de estacionamentos.
	Mudar		
Tecnologias	Mudar	Artificial	Biocombustíveis, Gás natural veicular, transporte público limpo, veículos elétricos.
	Melhorar	Natural	
Engajamento dos cidadãos	Evitar	Humano	Ativismo, associações de ciclistas, difusão em mídias sociais, partidos políticos com vocação ambiental.
	Mudar		
	Melhorar		

Fonte: González e Portugal (2015)

Entretanto, para a mobilidade sustentável em cidades latino-americanas, com características como as já citadas no Capítulo 1, o envolvimento dos cidadãos pode não ser suficiente, se este não vier acompanhado de políticas de planejamento integrado. Se as oportunidades não forem acessíveis a todos os cidadãos – em condições que não superem as suas capacidades de acesso – as políticas anteriores realmente ficarão a meio caminho do alvo principal, o que ressalta o papel da acessibilidade.

3.3 Avaliação da mobilidade sustentável

Conforme citado no Capítulo 2, a metodologia a ser desenvolvida deve considerar no seu procedimento o estudo da situação atual do TOD com foco na mobilidade sustentável. Isso deve, de forma obrigatória, envolver a avaliação da mobilidade praticada na atualidade, ou seja, com o padrão de viagens, identificando a sua compatibilidade com a sustentabilidade. Só dessa maneira pode-se conseguir identificar estratégias de ação adequadamente direcionadas aos problemas existentes.

Revisando a literatura em busca de métodos que permitam fazer tal avaliação, surgem alguns índices de mobilidade sustentável. Segundo Litman (2014a), os índices são usados para avaliar o progresso alcançado em objetivos e podem ajudar a definir problemas e quais impactos recebem atenção. A Tabela 3-3 apresenta esses índices, mostrando a quantidade de indicadores e de domínios em que foi dividida a mobilidade sustentável em cada método, um comentário sobre o método de avaliação empregado e a maneira em que o indicador é normalizado e validado.

Tabela 3-3. Índices de mobilidade sustentável e metodologias empregadas

Índice	Quantidade de indicadores	Método de avaliação	Validação índice	Abrangência	Autor
IMS	26, em 5 domínios.	Normalização entre 0 e 1. Já o índice é calculado como a soma ponderada dos indicadores.	Peso definido mediante AHP por especialistas consultados. Não apresenta caso de estudo.	Região da cidade.	(Campos e Ramos, 2005)
I_MUS	87, em 9 domínios.	Avaliação de cada indicador segundo uma tabela de normalização. Já o índice é calculado como a soma ponderada dos indicadores.	Peso dos indicadores definido por um painel de expertos. Só 52 dos 87 indicadores foram usados no caso de estudo.	Cidade ou região menor.	(Costa, 2008; Rodrigues da Silva e Costa, 2010)
IOST	9 indicadores em 3 temas: social, econômico e ambiental.	Índice composto pela soma dos indicadores de cada tema	Índice definido de acordo a pesquisas consultadas. Aplicado em 100 cidades do mundo. Não tem escala de avaliação.	Cidade e região metropolitana	(Haghshenas e Vaziri, 2012)
Litman	Indicadores recomendados para compor o índice, segundo a sua importância.	Recomenda 20 indicadores importantes e 19 mais que poderiam ser usados	Recomendados com base na revisão bibliográfica e a experiência do autor	Cidade e região metropolitana	(Litman, 2014a)
IMS	9 indicadores em 3 temas: social, econômico e ambiental.	Índice composto pela soma ponderada dos indicadores. Indicadores normalizados com base em valores de referência.	Pesos definidos em consulta com técnicos. Aplicado em Porto Alegre, fácil consecução de informações.	Cidade e região metropolitana	(Machado e Merino, 2013; Machado, 2010)

Os índices consultados (Campos e Ramos, 2005; Costa, 2008; Haghshenas e Vaziri, 2012; Litman, 2014a; Machado, 2010) variam em complexidade e escala de aplicação, apresentando desafios próprios de cada um para a sua respectiva implantação. Por exemplo, Costa (2008) propõe um índice composto por 87 indicadores, representando amplamente a mobilidade sustentável, mas envolvendo um esforço enorme para arrumar os dados de entrada. Já Machado (2010) propõe um índice composto por 9 indicadores, todos eles de fácil levantamento e sem representar investimentos adicionais para os municípios que desejam implantá-lo. Entretanto, os

índices propostos coincidem nos temas a serem medidos, apresentando variações principalmente nos indicadores utilizados e na abrangência espacial dos mesmos (Machado e Merino, 2013).

Em relação ao método de avaliação, na totalidade dos índices cadastrados foi utilizada a soma ponderada dos domínios que compõem cada Índice, os quais por sua vez são compostos pelo somatório ponderado dos indicadores pertencentes a eles. Essa metodologia obriga ao pesquisador a definir – e defender – os pesos atribuídos tanto aos domínios quanto aos indicadores contidos em cada domínio ou tema. Esses pesos são obtidos de processos de consulta a especialistas no tema (em 3 dos 5 estudos cadastrados) ou por revisão bibliográfica de estudos e pesquisas similares (nos 2 estudos cadastrados restantes).

Além da representatividade dos indicadores como parte da mobilidade sustentável (indicador social, ambiental, econômico), geralmente os índices de mobilidade incluem o uso de indicadores que poderiam ser diferenciados em dois grupos. Por um lado, indicadores que evidenciam a mobilidade praticada (por exemplo, quantidade de viagens não motorizadas por pessoa, tempo médio de viagem, porcentagem de viagens em transporte público) e, por outro lado, indicadores representando os fatores que provocam esse estado atual da mobilidade (por exemplo, uso misto do solo, km de ciclo-infraestrutura). No entanto, os índices consultados não fazem essa diferenciação entre indicadores de “*mobilidade praticada*” e “*fatores causais*” da mobilidade, utilizando-os de maneira conjunta.

A presente pesquisa propõe utilizar no estudo da mobilidade apenas o primeiro tipo de indicadores (também denominados padrão de viagens, ou comportamento de viagem), visando utilizá-los para estudar a compatibilidade entre a prática atual da mobilidade nas zonas de estudo e o esperado na mobilidade sustentável. Consequentemente, a metodologia proposta apresenta um ponto de divergência com respeito às metodologias atuais que consideram o uso em conjunto de ambos os tipos de indicadores, devendo-se derivar um novo índice.

A seção a seguir reúne os insumos resultantes das discussões nas seções anteriores e apresenta a estruturação da mobilidade sustentável que será utilizada ao longo desta dissertação. Com ela, espera-se gerar uma definição operacional que possa ser representada posteriormente por meio de indicadores no desenvolvimento detalhado da metodologia.

3.4 Proposta de estruturação da mobilidade sustentável

Apesar da crescente preocupação com a mobilidade sustentável, ainda são observadas algumas diferenças na sua compreensão, alguns limites nebulosos nos quais é difícil discernir a abrangência do conceito, conforme apresentado na seção 3.2. Aprofundando nisso, Litman (2014a) reconhece que ao falar de sustentabilidade na mobilidade talvez seja conveniente separar aqueles aspectos mais globais, inclusive regionais, dos aspectos locais, propondo então nesse último nível o conceito de habitabilidade, mais intimamente ligado ao ambiente urbano e social mais próximo das pessoas.

O planejamento urbano articulado aos transportes deve ir além de buscar mudanças nas modalidades utilizadas para completar as viagens, ou evitar a sua realização, colocando as oportunidades num nível de acessibilidade verdadeiramente conveniente, propiciando o acesso e a inclusão de todas as pessoas para favorecer o seu desenvolvimento (Zegras, 2005).

Além disso, o acesso às oportunidades tem relação não só com a possibilidade de acessar determinados serviços ou bens, mas com a qualidade e a forma de acessá-los. Mesmo que se tenha acesso fisicamente, se este for a elevado custo, afetará a capacidade das pessoas para aproveitar os benefícios da atividade procurada. O tempo gasto pelas pessoas no deslocamento entre trabalho e casa tem uma alta influência na possibilidade da pessoa realizar outras atividades complementares ao longo do dia, antes ou depois de sair ou retornar à residência respectivamente.

Uma estruturação da mobilidade que seja de utilidade para os países latino-americanos deve considerar essas especificidades. Nesse sentido, o trabalho de Mello (2015) para o contexto brasileiro é um bom exemplo, já que levanta cinco atributos da mobilidade sustentável de grande aderência ao contexto de cidades em desenvolvimento. Ainda, os atributos especificados pela autora ressaltam as dimensões sociais da sustentabilidade na mobilidade. Nas cidades de países em desenvolvimento deve-se buscar que essas dimensões impactem de igual maneira do que as dimensões ambientais impactam, por exemplo, nos países industrializados. Isso devido a que a mobilidade sustentável nesse contexto deve se vincular especialmente ao desenvolvimento do indivíduo e das comunidades, se preocupando com a sua qualidade de vida. Dessa maneira, Mello (2015) afirma que para atingir a sustentabilidade, a mobilidade deve ser Produtiva, Inclusiva, Segura, Justa Socialmente e Verde.

Outra preocupação é a unificação dos objetivos propostos, a qual é importante devido à necessidade de desenvolvimento uniforme das cidades foco desta pesquisa. Isso sem deixar de considerar os contextos locais. O paradigma da sustentabilidade na mobilidade deve ser conhecido, compartilhado e implementado por todos os atores do setor público para que os objetivos sejam atingidos (Hull, 2008). Além disso, tomando por base conceitos operativos da mobilidade sustentável, devem ser definidos indicadores em ordem de estudar o estado atual da mobilidade e o progresso atingido posteriormente pelas políticas implantadas (Litman, 2014a; Steg e Gifford, 2005).

Dessa maneira, tentando fazer o melhor uso da discussão apresentada ao longo deste capítulo, e com vistas a definir o alvo da aplicação do TOD nas cidades latino-americanas, define-se a mobilidade sustentável como aquela que: permite o acesso às oportunidades por meio da realização de viagens de maneira segura, inclusiva, conveniente, saudável, econômica e acessível para todos, garantindo o desenvolvimento das pessoas e das comunidades em igual maneira para as gerações presentes e futuras.

Essa definição expressa uma série de atributos que, concordantemente com Mello (2015), se aderem às necessidades de desenvolvimento das cidades latino-americanas abrangendo não só preocupações ambientais, mas temas sociais e econômicos necessários para o desenvolvimento do capital humano e comunitário das nossas cidades. A Tabela 3-4 apresenta os atributos nos quais é estruturada, portanto, a mobilidade sustentável ao longo da presente pesquisa.

Tabela 3-4. Atributos da mobilidade sustentável

Atributo	Descrição
<i>i</i> Segura	Representa o respeito à vida que é um direito do cidadão afetado fortemente pelas condições de insegurança nos deslocamentos de transportes e pela violência do trânsito.
<i>ii</i> Inclusiva	Se expressa pelo montante de pessoas que não se deslocam ou o fazem em condições altamente desfavoráveis e excludentes, em particular os segmentos mais frágeis e aqueles com restrições físicas, como cadeirantes, resultando em altas taxas de imobilidade.
<i>iii</i> Conveniente - Justa socialmente	Realçada pelos tempos excessivos gastos em transportes que restringem a participação em outras atividades, como as de lazer e mesmo com a família, afetando o exercício de cidadania e a qualidade de vida em particular das parcelas mais pobres da população.
<i>iv</i> Produtiva	Busca um uso eficiente e equilibrado dos recursos públicos, como a infraestrutura de transporte e o espaço viário, refletida por um balanceamento entre demanda e oferta de transporte.
<i>v</i> Verde - Saudável	Comprometida com a qualidade ambiental e energética, bem como pela saúde das pessoas.

Fonte: Mello (2015), González e Portugal (2015)

Para atingir esses objetivos torna-se prioritário diminuir o comprimento das viagens, mas estimulando a sua realização entre aquelas parcelas da população que hoje não podem acessar às oportunidades. Além disso, deve se propender pelo uso adequado da infraestrutura de transportes, promoção de modos de transporte de maior eficiência energética, o uso apropriado do recurso solo, a limitação na geração de resíduos e poluentes e promover as relações entre os habitantes, bem como a existência de um desenvolvimento econômico compatível. De igual maneira a existência de políticas claras orientadas à promoção de modos sustentáveis, ao desenvolvimento eficiente e a regulação são tão necessárias quanto o uso de tecnologias que permitam melhoras em cada um dos atores da mobilidade (pessoas, comunidades, modos, infraestrutura, território).

3.5 Considerações finais

O presente capítulo permite concluir acerca da necessidade de se ter um planejamento urbano mais inteligente e em articulação com os transportes como caminho para efetivas mudanças e aprimoramentos na mobilidade urbana. Isso destaca o papel da acessibilidade como orientadora da mobilidade, mas convida a não deixar de considerar nessa equação as condições do indivíduo. A sustentabilidade da mobilidade precisa de ambos, permitindo aproximar as oportunidades para quem as necessita, facilitando as viagens e atendendo as necessidades de mobilidade. Dessa maneira, o TOD efetivamente pode ajudar no objetivo da mobilidade sustentável, incentivando mudanças efetivas na escolha modal e na realização de viagens em condições mais compatíveis com a qualidade de vida e o desenvolvimento.

Além disso, o estudo da mobilidade sustentável como alvo do TOD deve ser feito através de uma definição operacional que permita estruturar a mobilidade sustentável em uma série de atributos de relevância, e representá-los por meio do padrão de viagens, definição que foi introduzida na seção 3.4 ressaltando cinco atributos de importância no contexto de países em desenvolvimento: mobilidade segura, inclusiva, conveniente – justa socialmente, produtiva e verde – saudável.

Com base neles, podem ser identificados problemas caracterizados pela falta de compatibilidade entre estes atributos e o padrão atual de viagens. A posterior identificação dos fatores causais de tais problemas, bem como a formulação de estratégias, precisa de uma estruturação similar do conceito de acessibilidade, questão que é abordada no capítulo a seguir.

4 A acessibilidade no planejamento TOD

O capítulo anterior discutiu o conceito de mobilidade sustentável e trouxe uma ideia acerca do papel da acessibilidade e da importância da integração do planejamento urbano e de transportes nela. O presente capítulo inicia focando a sua atenção na apresentação de uma base conceitual para o estudo da acessibilidade, no intuito de verificar como esta pode ser abordada dentro do planejamento tipo TOD por meio das dimensões do ambiente construído. Posteriormente são revisadas as relações entre acessibilidade e mobilidade sustentável, relações que são estabelecidas na literatura internacional através das respostas do comportamento de viagem das pessoas perante diferentes condições de acessibilidade. Tais relações têm o potencial de embasar as estratégias de ação nas zonas TOD, tornando a acessibilidade a principal ferramenta do TOD para atingir o seu objetivo.

4.1 Acessibilidade

No contexto de planejamento e mobilidade urbana, a acessibilidade pode ser considerada como um atributo não da pessoa, mas do território urbano, que relaciona a distribuição das atividades com a da população que procura acessá-las, levando em conta as conexões disponíveis entre elas. Essa relação indica a quantidade – e a qualidade – das oportunidades que uma pessoa num local dado, ou por meio de um modo de transporte dado, pode usufruir. Essa definição pode se observar também na Figura 3-1.

Geurs e van Wee (2004) apresentam uma revisão bibliográfica bastante abrangente do conceito de acessibilidade e das dimensões que ele envolve. A partir da definição de acessibilidade como *“o nível ao qual o uso do solo e o transporte permitem (grupos de) indivíduos alcançarem atividades ou destinos por meio (da integração) de sistemas de transportes”*, os autores identificaram quatro componentes principais da acessibilidade:

- Componente uso do solo: reflete a distribuição das oportunidades e a demanda pelas mesmas, ressaltando que em função do balanceamento entre elas pode se originar uma competição entre diversos indivíduos que buscam acessar a mesma oportunidade.
- Componente transporte: reflete a relação entre a oferta e a demanda das infraestruturas que ligam as origens e os destinos, das quais o indivíduo precisa para facilitar o seu nível de acesso.

- Componente tempo: reflete diferenças na disponibilidade de oportunidades em diferentes momentos do tempo, por exemplo, entre vários períodos do dia.
- Componente individual: considera as características próprias do indivíduo para acessar tanto o sistema de transportes e quanto as oportunidades dispersas no território.

Pode-se observar que, à exceção do componente tempo, os demais componentes foram definidos previamente no Capítulo 3 como elementos da acessibilidade e do indivíduo que incidem na mobilidade. Novamente pode se afirmar que existe uma relação entre a acessibilidade e mobilidade, sendo que as condições da primeira influem na prática e desempenho da segunda.

Na análise dos componentes da acessibilidade, Geurs e van Wee (2004) advertem que estes podem ser medidos desde diferentes pontos de vista e, portanto, as avaliações da acessibilidade dependem da abordagem utilizada. Estes pontos de vista são: (i) *do desempenho da infraestrutura de transportes*, em função de indicadores como capacidade e saturação; (ii) *de localização*, referentes à distância e impedâncias⁹ entre dois pontos (geralmente a residência do indivíduo e o local onde a atividade é disponibilizada), bem como a quantidade de oportunidades; (iii) *pessoal*, que relacionam o espaço percorrido e o tempo investido para acessar a atividade, levando em conta as janelas de tempo disponíveis de cada pessoa e; (iv) *de utilidade*, associada às oportunidades acessíveis a partir da escolha modal.

No entanto, incluir todos esses pontos de vista para medir a acessibilidade num mesmo estudo é difícil (Geurs e van Wee, 2004). Dessa maneira, a literatura apresenta diferentes abordagens para o estudo da acessibilidade. Indicadores de localização são os mais comuns, utilizados em Preston e Rajé (2007), Iacono *et al.* (2010), Delmelle e Casas (2012) e Peralta-Quirós e Mhndiratta (2015), entre outros. Exemplos de cada tipo de indicadores utilizados podem ser encontrados na revisão feita por Páez *et al.* (2012). Contudo pode se observar uma tendência de utilização de indicadores de localização, o que pode ser devido principalmente a três fatores: representatividade do conceito, fácil interpretação e disponibilidade de dados.

Páez *et al.* (2012), por sua vez, indicam que dependendo das informações utilizadas, as análises de acessibilidade podem ser baseadas em informações de acessibilidade “*normativa*” ou acessibilidade “*positiva*”. Ambos os tipos de indicadores

⁹ Inclui os custos em tempo e dinheiro que o indivíduo deve pagar.

são de locação. A acessibilidade normativa assume o desempenho que esta *deveria ter* de acordo com informações espaciais de distribuição das oportunidades, sendo que maiores oportunidades indicam maior acessibilidade. A acessibilidade positiva busca representar os *comportamentos reais*, o que é possível utilizando, por exemplo, informações provenientes de pesquisas origem-destino ou de diários de viagem. Nessa última abordagem, a acessibilidade é calculada em função da capacidade de acesso do indivíduo, que é estimada a partir do seu comportamento de viagem atual, sendo uma abordagem muito mais complexa.

Além disso, algumas das formas de medir a acessibilidade expostas anteriormente têm implícita a sua escala de avaliação. Nesse sentido, os indicadores de locação, geralmente consideram a quantidade de oportunidades disponíveis dentro de distâncias ou tempos determinados. Assim, uma escala de avaliação dos indicadores da acessibilidade tem sido proposta: Macro, Meso e Micro (Mello, 2015; Zegras, 2005). As duas primeiras envolvem o acesso a oportunidades localizadas no exterior da zona de origem, considerando principalmente deslocamentos motorizados, enquanto a última analisa as oportunidades ao nível de vizinhança e considera deslocamentos não motorizados e, eventualmente, pequenos percursos em transporte motorizado privado ou público de menor capacidade.

No planejamento tipo TOD interessa conhecer em detalhe – e dimensionar – o que acontece na escala Micro, centrando a atenção no entorno da estação, de maneira que oportunidades sejam disponibilizadas e que o transporte de alta capacidade permita manter a acessibilidade às oportunidades que não se encontram na zona de influência da estação, mas espalhadas na cidade. Assim sendo, na concepção da abordagem metodológica para a aplicação do TOD convém utilizar indicadores de acessibilidade de locação. Dessa maneira, pode-se determinar a acessibilidade geral na zona TOD a partir das oportunidades acessíveis mediante custos de viagem definidos pelo padrão TOD: distâncias menores do que 500 m e tempos de viagem menores de 10 min, conforme visto no capítulo 2. Já a forma em que se estuda e se intervém na acessibilidade pode ser explicada pelas dimensões do ambiente construído.

4.2 Acessibilidade, as dimensões do ambiente construído e o TOD

De acordo com a seção anterior, as diferentes abordagens da acessibilidade têm tido como fatores em comum o uso do solo e as infraestruturas que permitem a ligação entre esses usos (seja para pedestres, modos motorizados individuais ou coletivos e

privados ou públicos). Assim, a acessibilidade é em grande medida resultado da integração destes dois fatores.

Nesse sentido, a literatura científica tem agrupado convenientemente os indicadores utilizados para avaliar tais fatores em cinco categorias conhecidas como as cinco dimensões do ambiente construído (5D's). Estas dimensões estão limitadas à escala Micro (Zegras, 2005), e abrangem os elementos “Distribuição das oportunidades” (componente uso do solo) e “Infraestrutura e serviços de transportes” (componente transporte), estudando-os através de indicadores *de localização*. Entretanto, Ewing e Cervero (2010) argumentam que, às vezes, os indicadores utilizados poderiam se superpor a duas ou mais dimensões. Grieco *et al.* (2015) apresentam uma revisão recente das dimensões do ambiente construído em relação à prática da mobilidade sustentável.

A seguir, discute-se cada uma das cinco dimensões e as boas práticas resgatadas de casos de estudo internacionais e principalmente da América Latina.

4.2.1 Densidade urbana

A densidade urbana representa a concentração de pessoas, moradias ou atividades por unidade de área do território urbano. Esta dimensão do ambiente construído pode ser interpretada como uma medida da eficiência com que é utilizado o recurso solo, principalmente nas cidades, onde este é mais escasso e concorrido. Assim, o adensamento populacional apresenta várias vantagens para o funcionamento da cidade, como a menor necessidade de expansão do sistema viário e redes de serviços públicos, bem como o aumento da demanda potencial em sistemas de transporte público.

Boas práticas em relação ao TOD

Contrário ao contexto latino-americano geral apresentado no Capítulo 1, alguns sistemas de transportes de alta capacidade têm tido mais sucesso em atrair o interesse do mercado imobiliário no entorno das estações, o que junto com uma regulação mais eficaz de aproveitamento urbano, têm impulsionado a criação de zonas de alta densidade no entorno às suas estações. O exemplo típico é a cidade de Curitiba, com o desenvolvimento urbano orientado pelos eixos estruturantes do transporte público (JLAA, 2009).

Já na cidade de México apenas 25% da população moram em bairros com densidade menor a 10.000 hab/km², e 40% se concentram em zonas de densidade superior a 20.000 hab/km² (Guerra, 2013). Em relação às zonas atendidas pelo metrô,

a linha B apresentava no ano 2007 uma média de 21.100 hab/km² enquanto ao se considerar todas as zonas atendidas pelas linhas de metrô o cálculo indica uma densidade de 18.800 hab/km² (Guerra, 2013).

Em Bogotá, a diferença de densidades é bem mais marcada entre as zonas atendidas pelo Transmilenio e os seus alimentadores com respeito àquelas zonas não servidas pelo sistema, com 12.200 e 19.400 hab/km² no ano 2008, respectivamente, fator que tem potencializado a alta demanda do sistema (Bocarejo *et al.*, 2013).

A Tabela 4-1 apresenta a densidade de algumas metrópoles latino-americanas. Deve se considerar que esta corresponde à densidade da área urbanizada da região metropolitana. Quando disponíveis, são apresentadas as densidades no entorno dos sistemas de transporte ou na zona central da cidade, que se pressupõe bem atendida pelo transporte público. A região Metropolitana de Buenos Aires, por exemplo, apresenta uma densidade na sua cidade núcleo de 14.285 hab/km² (Lascano Kezič e Durango-Cohen, 2012), bem maior do que os 3.388 hab/km² reportados na tabela para a área urbanizada da sua região metropolitana.

Tabela 4-1. Densidade urbana de algumas regiões metropolitanas da América Latina

Região Metropolitana	Área urbanizada (km ²)	População	hab/km ²	Entorno a corredores de transporte (hab/km ²)
Belo Horizonte	603	4.707.134	7.812	
Bogotá	523	7.719.297	14.755	19.400
Buenos Aires	3.883	13.156.404	3.388	14.285 ^a
Caracas	261	3.135.366	12.030	
Cidade de México	2.884	19.239.910	6.671	18.800
Curitiba	425	2.815.036	6.624	
Guadalajara	544	4.298.715	7.896	
León	198	1.265.088	6.382	
Lima	735	8.472.935	11.528	
Montevidéo	196	1.273.934	6.509	
Porto Alegre	434	3.342.462	7.702	
Rio de Janeiro	900	10.631.282	11.813	15.487 ^b
San José	235	1.157.824	4.924	
Santiago	678	5.975.255	8.814	10.801 ^c
São Paulo	2.209	18.407.976	8.333	
Densidade média			8.345	

^a Reportado para a zona cidade núcleo (Lascano Kezič e Durango-Cohen, 2012).

^b Cálculo próprio utilizando a população e áreas de setores censitários do IBGE (2012) localizados a 500 m das linhas 1 e 2 do metrô.

^c Cálculo próprio utilizando a população das zonas da pesquisa origem-destino localizadas a 500 m das linhas do metrô.

Fonte: Adaptada de CAF (2011) com base a dados de outras fontes.

Bogotá, Caracas, Lima e Rio de Janeiro ressaltam como as regiões metropolitanas de maior densidade. De maneira geral, todas elas contam com

sistemas de transporte de alta capacidade, sendo Bogotá a única que não tem metrô. Porém, a densidade urbana no entorno não só das estações do Transmilenio, mas dos seus sistemas alimentadores, permite que este sistema tenha reportado a maior demanda de passageiros para um sistema BRT (Bocarejo *et al.*, 2013), atingindo 1,7 milhões de passageiros em dias úteis (Hidalgo *et al.*, 2013). Entretanto, os dados apresentados na Tabela 4-1 indicam uma densidade média de 8.345 hab/km² para as regiões metropolitanas, pelo que se deduz que zonas compactas das cidades, em especial no entorno a sistemas de transporte de alta capacidade, estariam com capacidade de receber densidades bem superiores a esse valor médio.

4.2.2 Diversidade urbana – uso misto do solo

Esta dimensão do ambiente construído busca identificar quão ativa e atrativa pode resultar uma área determinada de acordo às atividades que podem ser acessadas nela. Acredita-se que quanto maior a diversidade urbana, maior a dinâmica resultante do ambiente urbano, já que as pessoas podem encontrar nas proximidades diversas oportunidades de compras, lazer, educação e emprego. Entre os benefícios gerais de compor um ambiente urbano mais diverso se encontram a maior possibilidade de satisfazer as necessidades diárias no entorno da residência ou do emprego, bem como ajudar no balanceamento da demanda por transporte ao longo do dia e em ambos os sentidos do fluxo (Cervero, 2013; Evans e Pratt, 2007).

Idealmente, estes usos devem estar balanceados entre si, visando que as pessoas realizem o mínimo possível de deslocamentos externos e motorizados. No entanto, garantir esse balanceamento não é fácil, mesmo porque não se tem certeza de qual o nível de mistura ideal em relação a cada atividade desenvolvida (Merlin *et al.*, 2013). Contudo, como será visto na seção 4.3, esta dimensão se tem mostrado influente na promoção de comportamentos de viagens mais sustentáveis.

Boas práticas em relação ao TOD

A diversidade no uso do solo é um fator chave no TOD que permite a criação de ambientes urbanos mais ativos no entorno da estação. A mistura de usos do solo pode ser vertical ou horizontal, assumindo a vertical como uma mistura mais eficiente e de menor divisão e segregação do espaço urbano (Evans e Pratt, 2007). Nesse sentido, a mistura vertical é mais viável no caso de misturar usos como comércio no andar térreo com serviços ou moradia nos andares superiores dos prédios. Já para usos industriais, esta mistura se faz menos viável, devido às logísticas da própria atividade de produção nesse tipo de uso, que poderiam chegar a comprometer a segurança e tranquilidade dos moradores.

Nesse sentido, algumas estações ao redor do mundo têm sido revitalizadas ou desenvolvidas junto com aproveitamento comercial de conveniência, desenvolvimento imobiliário próximo, parcerias público-privadas, entre outros, considerando a mistura de usos como fundamental, e almejando inclusive o estabelecimento de empreendimentos âncora como elemento chave para atrair maior diversidade (EPA Office of Sustainable Communities, 2013).

4.2.3 Desenho urbano

O desenho urbano faz referência aos elementos físicos que determinam a conectividade entre dois pontos de zona dada através da rede viária e de caminhos existentes. Em primeiro lugar, estão os elementos próprios da estrutura urbana, tais como as ruas, viadutos, passarelas e todo tipo de ligações motorizadas e não motorizadas, interseções e tipos de quarteirões. Em segundo lugar estão os elementos que expressam as facilidades e comodidades disponibilizadas para realizar a viagem através desses links, motivando a qualidade da mesma. Entre estes últimos pode-se encontrar a qualidade da superfície de caminhada, a disponibilidade de mobiliário urbano, a disponibilidade de sinalização e separação de vias para ciclistas, a permeabilidade das fachadas ao longo do quarteirão e elementos arbóreos e refúgios de sol ou da chuva (ITDP, 2014).

Em geral estes indicadores dão conta da facilidade de deslocamento na rede urbana, o que geralmente não acontece quando se tem quarteirões grandes, poucas interseções, uma rede urbana com ligações deficientes e pouca conectividade. A Figura 4-1 apresenta um exemplo proposto por Schlossberg *et al.* (2013) sobre o efeito que pode gerar a presença de quarteirões grandes e pouco conectados no deslocamento de acesso ao ponto de parada do transporte público. No caso, a distância de acesso aumenta pela falta de uma malha urbana mais permeável.

De acordo com o exemplo anterior, a provisão de uma malha urbana por meio da qual o usuário possa se deslocar sem aumentar os seus custos individuais é indispensável para assegurar uma acessibilidade adequada (Larrañaga, 2012). No caso de boas práticas não pode-se falar de uma estrutura urbana ótima, mas pode se definir um padrão desejável de acordo a um planejamento urbano “organizado”, o qual nem muitas vezes pode ser conseguido devido aos fatores históricos envolvidos no desenvolvimento das cidades atuais.

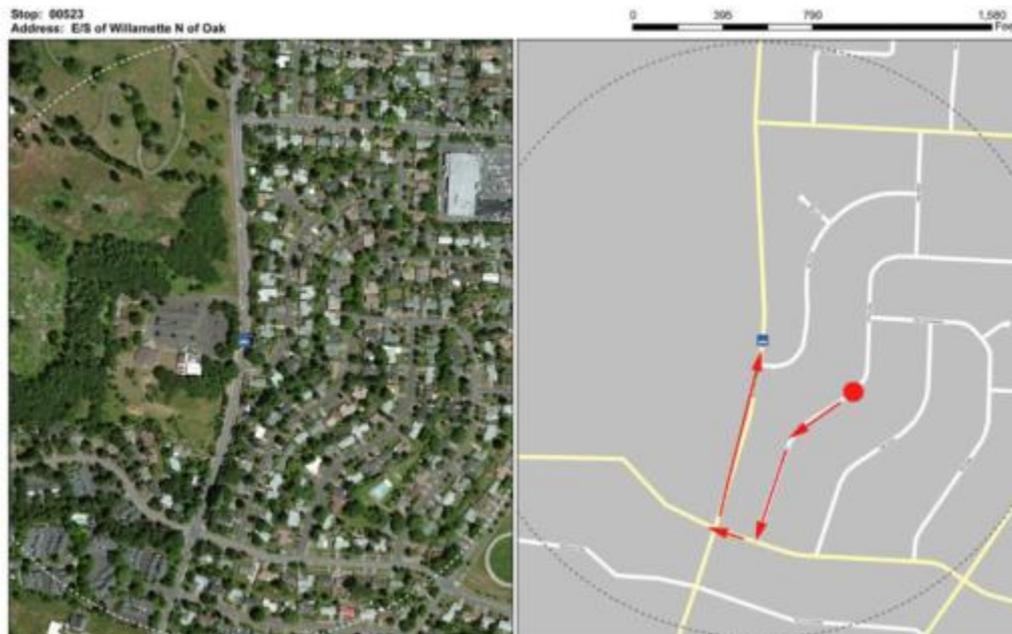


Figura 4-1. Efeito de quarteirão grande e conectividade baixa

Boas práticas em relação ao TOD

Uma rede urbana na qual as interseções possuem quatro ramais, formando uma malha ortogonal, proporciona melhor conectividade do que uma rede de malha mista ou irregular, com alternância de padrões entre radiais e retos, ou com interseções apenas de 3 ramais (Rodrigues, 2013). Já no referente à extensão dos quarteirões, o ITDP recomenda 110 m ou menos como o comprimento adequado para se ter rotas de caminhada convenientes (ITDP, 2014). Comprimentos do quarteirão menores produzem redes de caminhos mais densas, com valores mínimos reportados de até 40 m em Bogotá (Cervero *et al.*, 2009).

O presente trabalho adotará como boas práticas uma rede urbana ortogonal, com quarteirões de 90 m de comprimento, e 11 m de distância entre os muros de ambos costados para acomodar rua, calçadas e demais elementos típicos da seção viária. A Figura 4-2 apresenta o esquema geral do padrão adotado. O seu uso será indicado na seção 5.5.2.

Entretanto, esta dimensão merece um “*antiexemplo*”. Isto devido a que a estrutura urbana vem sendo substituída nos empreendimentos atuais por condomínios fechados que proporcionam pouca ou nenhuma conectividade à rede de caminhos da cidade, com efeitos altamente negativos no transporte sustentável (Rajagopalan *et al.*, 2015). Uma zona TOD deve evitar esse tipo de desenvolvimentos imobiliários e, pelo contrário, propor estratégias no sentido de gerar um tecido urbano permeável.

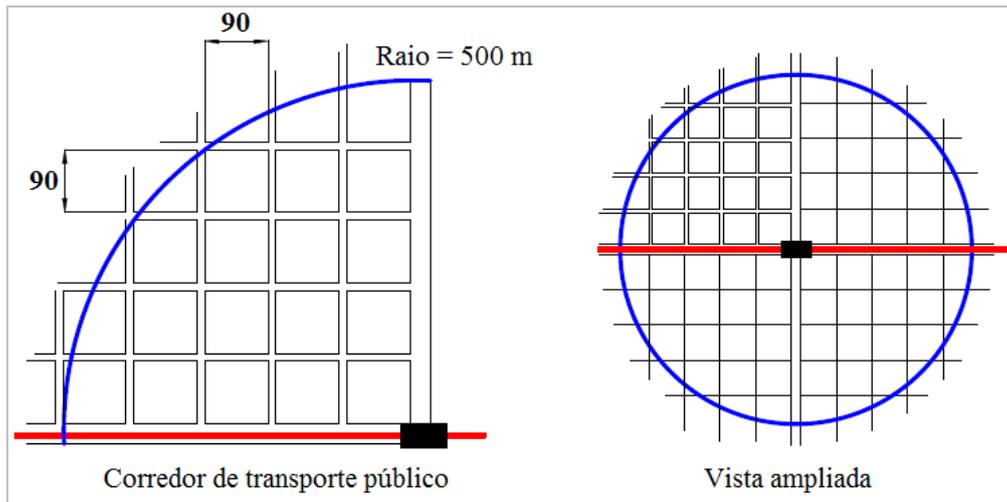


Figura 4-2. Estrutura urbana do tipo grelha no entorno da estação

Em relação aos elementos que expressam as facilidades e comodidades disponíveis para se utilizarem as modalidades não motorizadas, um bom referencial de boas práticas são os padrões definidos pelo TOD Standard (ITDP, 2014)

4.2.4 Disponibilidade do transporte público

A acessibilidade aos transportes públicos facilita a eleição desses modos por parte dos residentes e visitantes da zona. De maneira geral, trata-se de quão próximo da residência, ou local de origem, o usuário poderá acessar um modo de transporte público que lhe permita cobrir, com custos aceitáveis, a necessidade de se deslocar em direção a pontos mais distantes da cidade, que requerem um modo motorizado. Entre os benefícios da facilidade de acesso ao transporte público, pode-se mencionar que essa opção se torna mais conveniente, além de disponibilizar maiores escolhas para as pessoas (Arrington e Cervero, 2008).

A disponibilidade de transporte público pode ser estudada por meio das distâncias ou pelos tempos médios de acesso. Ambas as medidas representam custos para o usuário e, portanto, o transporte público se torna mais atrativo quanto menor for a distância ou o tempo de acesso do usuário. Nesse sentido, a estrutura urbana atua em conjunto, facilitando o deslocamento até os pontos de embarque. Além disso, a disponibilidade do transporte público melhora graças à existência de serviços alimentadores, a maior frequência das linhas na área (já que a acessibilidade ao transporte não é caracterizada apenas pela dimensão espacial, mas pela dimensão temporal) e graças à disponibilidade de bicicletários e de sistemas de bicicletas compartilhadas nas estações.

Boas práticas em relação ao TOD

No planejamento tipo TOD, o ponto de partida é a existência de um modo de transporte de alta capacidade e qualidade (Evans e Pratt, 2007). De fato, a dimensão de acessibilidade ao transporte público é a que define a extensão da zona TOD, já que, como citado anteriormente, esta considera um tempo de acesso de menos de 10 minutos a pé ou bicicleta.

A cidade de Bogotá teve sucesso na ampliação da disponibilidade do seu transporte público através de implantação de serviços alimentadores, que permitiram cobrir os bairros próximos das estações terminais do Transmilenio, dotando ao sistema de maior capilaridade, segundo pode ser observado no artigo de Bocarejo *et al.* (2013). Em Santiago de Cali, por exemplo, a disponibilidade do transporte público através da rede integrada do MIO (nome do sistema integrado de transportes da cidade) permitiu atingir um nível de acesso em que 80% da população está alocada a menos de 15 minutos de caminhada de um ponto de parada do sistema (Delmelle e Casas, 2012).

4.2.5 Acessibilidade do destino

Esta dimensão do ambiente construído identifica a acessibilidade por meio da quantidade de oportunidades existentes na zona, as quais ficam acessíveis para moradores (Ewing e Cervero, 2010). A principal vantagem desta dimensão é que consolida a realização de viagens curtas para os principais motivos, materializando os benefícios das outras dimensões, como a densidade e o desenho urbano. Um excelente desenho urbano, sem um destino ao qual acessar pode resultar insuficiente para incentivar a prática constante da mobilidade sustentável.

Boas práticas em relação ao TOD

Esta dimensão parece sobrepor-se à dimensão de diversidade urbana. Porém, enquanto a diversidade considera várias atividades, a acessibilidade do destino geralmente se centra na acessibilidade ao emprego, por ser o motivo de viagem mais frequente. Similar ao caso dos indicadores anteriores, este indicador se faz importante para o TOD na medida em que existam empregos na zona delimitada por uma caminhada de, no máximo, 10 minutos.

Tanto a quantidade de empregos disponíveis quanto a relação com a demanda de empregos na zona é importante. Mello (2015) apresenta uma revisão de vários estudos, concluindo acerca da relação de equilíbrio entre emprego e moradia no intuito de criar condições equilibradas. Nesse sentido, indica que o equilíbrio entre emprego e moradia (E/M) poderia ser encontrado numa zona quando a razão entre eles varia no

intervalo $1 < E/M < 1,5$. Valores menores de 1 indicam pouco emprego, adotando o suposto de que as residências geralmente possuem mais do que um trabalhador. Entretanto, uma relação superior a 1,5 começa a identificar maiores oportunidades de emprego das que são necessárias para os próprios residentes da zona, tornando-a um polo de atração de viagens externas (Mello, 2015).

4.3 Relação da acessibilidade e o comportamento de viagem

A relação entre as dimensões do ambiente construído e comportamento de viagem associado tem sido estudada amplamente na literatura. Ewing e Cervero (2001) apresentaram uma primeira revisão das publicações científicas sobre o tema. Nessa revisão agregaram resultados globais sobre a relação entre três dimensões do ambiente construído (densidade, diversidade, desenho) e a acessibilidade regional (medida como a distância até o centro da cidade) como fatores explicativos da quantidade de viagens em veículo privado e a quantidade de milhas percorridas (VMT, do inglês *Vehicle Miles Traveled*). Os resultados indicaram que quanto melhor o ambiente construído, menor quantidade de viagens de carro são geradas, diminuição que vem acompanhada da redução do VMT, conforme apresentado na Tabela 4-2.

Tabela 4-2. Elasticidades comportamento de viagem em veículo privado em relação à acessibilidade – revisão ano 2001

Característica	Viagens de carro	VMT
Densidade	-0,05	-0,05
Diversidade	-0,03	-0,05
Desenho urbano	-0,05	-0,03
Acessibilidade regional		-0,20

Fonte: Ewing e Cervero (2001)

No ano 2010, os autores apresentaram uma atualização da revisão da literatura, abrangendo mais de 200 estudos identificados com as palavras chaves de “ambiente construído”, “forma urbana” e “desenvolvimento” junto com “viagem”, “transporte público” e “caminhada”¹⁰. Na amostra final, de 50 estudos, analisaram novas variáveis dependentes, como a propensão à caminhada e ao uso do transporte público, e variáveis independentes como acessibilidade do destino e distância à estação, consolidando os 5D’s (Ewing e Cervero, 2010). As relações encontradas são apresentadas na Tabela 4-3.

Assim, a redução do VKT foi relacionado principalmente à acessibilidade do destino e indicadores do desenho urbano; a caminhada é estimulada pela diversidade

¹⁰ Tradução livre do inglês para os termos “built environment”, “urban form”, “development”, “travel”, “transit” e “walking”.

de atividades e o desenho urbano, e pela disponibilidade de destinos e sistemas de transporte próximos. Por fim, as maiores elasticidades do transporte público referem-se ao desenho urbano (que facilita o acesso à estação) e a distância até a mesma (Ewing e Cervero, 2010).

Tabela 4-3. Elasticidades médias ponderadas do comportamento de viagem em relação à acessibilidade – revisão ano 2010

Característica	VKT	Caminhada	Transporte público
Densidade ^a	-0,04 a 0,00	0,04 a 0,07	0,01 a 0,07
Diversidade	-0,09 a -0,02	0,15 a 0,25	0,12
Desenho urbano	-0,12	-0,06 ^b a 0,39	0,23 a 0,29
Acessibilidade do destino	-0,05 a -0,22	0,15	-
Distância à estação	-0,05	0,15	0,29

^a A variação nas elasticidades deve-se aos indicadores utilizados. Consultar fonte para maior informação

^b A elasticidade negativa apresenta-se em relação ao indicador de desenho urbano “porcentagem de interseções de 4 ramais. Pode se explicar já que potencialmente pode melhorar a acessibilidade também para modos motorizados

Fonte: Adaptada de Ewing & Cervero, (2010)

Dessa maneira, pode-se concluir que as dimensões do ambiente construído influem positivamente na geração de comportamentos de viagem mais sustentáveis, cujo efeito, comentado anteriormente, pode ser potencializado pela interação entre as diferentes dimensões. Entretanto, as cidades de países desenvolvidos, principalmente da América do Norte, concentram quase a totalidade da produção científica. De fato, o estudo de Ewing e Cervero (2010) considerou apenas 1 artigo sobre a América Latina.

Nesse sentido, o contexto e características específicas das cidades latino-americanas são diferentes o suficiente para se tomar cuidado de não se aplicarem diretamente relações encontradas entre o ambiente construído e o comportamento de viagem nos países industrializados. Em primeiro lugar, a densidade urbana média das cidades norte-americanas é menor do que a das cidades latino-americanas, como pode ser visto ao se comparar a Tabela 4-4 e a Tabela 4-1 (1.481 hab/km² versus 8.345 hab/km², respectivamente). Estudos internacionais recentes demonstram que tal densidade está diretamente relacionada com a taxa de uso do automóvel particular, sendo que menores densidades geram maior VMT (Lyons *et al.*, 2003).

Além disso, as características socioeconômicas podem gerar diferentes respostas de comportamento de viagem entre as cidades de países desenvolvidos e subdesenvolvidos. Segundo reportado por Hidalgo e Huizenga (2013), a máxima motorização individual entre os países latino-americanos está no México, se mantendo ainda afastado do padrão de países industrializados, conforme mostrado na Figura 4-3. Dessa maneira, a maior utilização do veículo privado pode estar relacionada também com a maior capacidade de acesso a ele.

Tabela 4-4. Densidade urbana de algumas cidades da América do Norte

Cidade (área urbanizada), Estado(s)	População	Área Urbana (km ²)	hab/km ²
Atlanta, GA	4.515.419	6.851,4	659,0
Boston, MA--NH--RI	4.181.019	4.852,2	861,7
Chicago, IL--IN	8.608.208	6.326,7	1.360,6
Denver -- Aurora, CO	2.374.203	1.730,0	1.372,4
Detroit, MI	3.734.090	3.463,2	1.078,2
Houston, TX	4.944.332	4.299,4	1.150,0
Los Angeles--Long Beach--Anaheim, CA	12.150.996	4.496,3	2.702,5
New York--Newark, NY--NJ--CT	18.351.295	8.936,0	2.053,6
Phoenix--Mesa, AZ	3.629.114	2.969,6	1.222,1
Portland, OR--WA	1.849.898	1.358,1	1.362,1
Sacramento, CA	1.723.634	1.219,8	1.413,0
San Diego, CA	2.956.746	1.896,9	1.558,7
San Francisco--Oakland, CA	3.281.212	1.356,2	2.419,5
Washington, DC--VA--MD	4.586.770	3.423,3	1.339,9
Densidade média			1.481,4

Fonte: Elaboração própria com base em United States Census Bureau (2010)

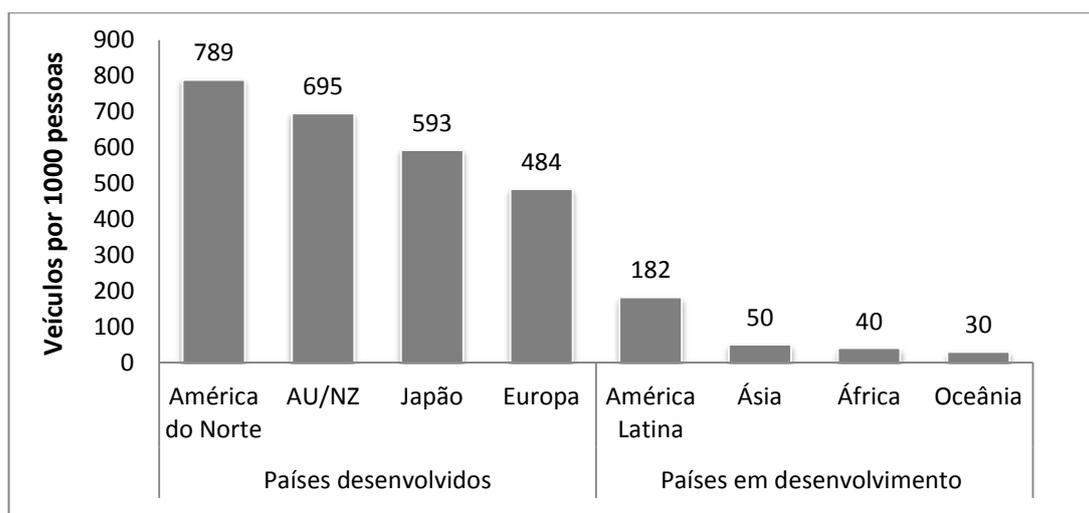


Figura 4-3. Taxas de motorização em países desenvolvidos versus países em desenvolvimento

Fonte: Cervero (2013)

Nessa ordem de ideias, cidades mais adensadas, junto com capacidades de acesso menores, determinam um cenário mais voltado ao transporte sustentável, tal como tem se apresentado historicamente nas cidades latino-americanas (Hidalgo e Huizenga, 2013).. Assim sendo, interessa conhecer a forma em que se apresentam as relações entre o ambiente construído e a mobilidade no contexto latino-americano, conforme será visto na seção a seguir.

4.4 Estudos em cidades latino-americanas

A seguir, são revisados os principais estudos existentes no contexto latino-americano, em ordem cronológica, mostrando os resultados-chaves de oito pesquisas que lidaram especificamente com a relação mobilidade - acessibilidade.

Zegras (2005) pesquisou sobre as relações entre as características socioeconômicas da população, o ambiente construído e a mobilidade sustentável na cidade de Santiago do Chile. Especificamente, o autor quis determinar em que medida as variáveis explicativas induziam o número de veículos disponíveis num lar, a quilometragem dirigida e escolha modal. Alguns resultados-chave da pesquisa foram:

- Número de veículos: A renda média foi indicada como a variável explicativa mais forte para possuir um ou mais veículos indicando que a capacidade de acesso do indivíduo joga um papel importante na acessibilidade. Entretanto, residentes de zonas em que a acessibilidade provida pelo transporte público é menor do que a acessibilidade provida pelo carro tendem a possuir mais veículos. Já as dimensões do ambiente construído, como maior densidade e mistura do solo, diminuem a possibilidade de se ter dois ou mais carros na residência.
- Quilometragem dirigida: Quanto mais afastado do centro e menor a disponibilidade do transporte público (metrô), maior a quilometragem dirigida num lar. Em relação ao desenho urbano, a porcentagem de interseções em cruz reduz a quantidade de quilômetros acumulados, enquanto as zonas sem padrão de grade aumentam a quantidade de condução motorizada.
- Atratividade da zona para viagens não utilitárias: zonas com uso misto e infraestrutura diversa tendem a atrair viagens por motivos de visita ou recreativas. Quando o destino é escolhido antes do que o modo, a diversidade e a densidade urbana no local de origem se mostraram favoráveis para o transporte público, bem como a diversidade desestimulou a caminhada.

Rodríguez e Estupiñán (2008) estudaram as relações entre a forma urbana e os embarques em 68 estações do BRT Transmilenio, analisando a acessibilidade Micro no entorno da estação. Os resultados significativos da pesquisa foram:

- De maneira positiva, um ambiente construído favorável à caminhada, com calçadas de qualidade, limpeza, e opções para pedestre e bicicletas, foi associado positivamente com a taxa de embarque nas estações.
- Contrário ao esperado, a maior demanda nas estações foi relacionada a piores condições de segurança viária e pessoal. Os autores argumentaram nesse caso

que o resultado pode ter sido gerado por viés derivado de uma variável não incluída no modelo.

- A imposição de barreiras ao uso do veículo, como o rodízio de placas, mostrou-se igualmente útil, favorecendo a aplicação de medidas de gerenciamento da demanda em casos similares aos de Bogotá.

Em contraposição, Rodrigues de Deus (2008) encontrou, para caso de estudo na cidade de Uberlândia, que as dimensões do ambiente construído não tiveram influência na escolha modal, sendo definida principalmente pelas variáveis socioeconômicas e pelo comprimento da viagem.

Novamente em caso de estudo em Bogotá, Cervero *et al.* (2009) utilizaram amostragens de 30 bairros da cidade para estudar a influência das características socioeconômicas da população e do ambiente construído nas viagens não motorizadas. O estudo considerou como variável de resposta a quantidade de viagens não motorizadas dos usuários frequentes desses modos de transporte.

- Para a caminhada, o desenho urbano, representado pela relação entre número de nós (interseções) e número de links (ruas) num raio de 500 m no entorno do domicílio teve grande influência. Especificamente, um bairro de alta conectividade através da malha viária gera duas vezes maior probabilidade de caminhar.
- Numa abordagem complementar, considerando o bairro estendido (raio de 1000 m no entorno do domicílio), os fatores explicativos densidade viária e disponibilidade de estações do Transmilenio aumentaram a probabilidade (72%) de se caminhar por mais de 30 minutos diários.
- Já no uso da bicicleta, a densidade viária e a segurança viária foram os elementos do ambiente construído que apresentaram influência na decisão de andar de bicicleta por mais de 30 minutos diários, ambos com os signos esperados.
- Dimensões do ambiente construído como densidade, diversidade e acessibilidade do destino não apresentaram poder explicativo suficiente no comportamento de viagem. Os autores argumentam que a situação pode se dever a que esses elementos são comuns nos bairros de Bogotá. Entretanto a pesquisa indica a importância do desenho urbano em relação à malha urbana.

Larrañaga (2012) estudou a propensão à caminhada em caso de estudo na cidade de Porto Alegre, encontrando algumas evidências que sugerem a relação entre as viagens a pé e o ambiente urbano, verificando também a influência de algumas variáveis socioeconômicas:

- O número de veículos por residência apresentou maior poder explicativo do que as dimensões do ambiente construído na decisão de caminhar e na quantidade de caminhada. De fato, apenas o número de comércios no entorno melhora a probabilidade de caminhar.
- Analisando duas zonas de alta geração de viagens a pé e duas zonas de baixa geração, encontrou que o principal fator para a amostra se decidir por realizar uma viagem a pé foi o comprimento médio da viagem, demonstrando a necessidade de um desenho urbano com boa permeabilidade. Entretanto, as dimensões do ambiente construído mostraram maior poder preditivo quando a viagem é realizada por motivos diferentes de trabalho ou estudo.
- No mesmo caso, a oferta de estacionamentos públicos gratuitos desestimulou a escolha das modalidades não motorizadas.
- Contrário ao esperado, a variável comprimento médio da quadra (desenho urbano) foi associada a maior realização de viagens a pé. A autora explica esse resultado pela pouca variabilidade na medição (comprimento médio = 125 m; desvio padrão = 27)
- Por fim, a densidade urbana e o desenho urbano (representado pela porcentagem de interseções em cruz) apresentam um efeito positivo na caminhada. Além disso, a autora indica que a dimensão de densidade urbana precisa das demais dimensões para funcionar adequadamente, colocando o exemplo de condomínios fechados bem adensados, mas alocados nas periferias, mantendo a necessidade de viagens motorizadas para o acesso às oportunidades.

Guerra (2013, 2014) estudou na Cidade de México a variação do comportamento de viagem das pessoas, bem como as alterações na densidade urbana, após a implantação de uma nova linha de metrô na cidade. Alguns pontos a ressaltar são apresentados na sequência.

- O novo metrô aumentou significativamente o uso do transporte de alta capacidade, demonstrando que a proximidade das pessoas ao transporte público efetivamente incentiva a demanda. Além disso, a melhora no acesso ao metrô trouxe redução importante no uso do transporte informal.
- O gasto médio das pessoas, em dinheiro e em tempo, foi reduzido para moradores próximos da linha de metrô, comportamento diametralmente oposto à situação para o resto da cidade e região metropolitana.
- Entre os anos 1994 e 2007 houve um crescimento forte no uso do veículo privado tanto nas regiões atendidas pelo metrô quanto nas regiões não

atendidas do município. Entretanto, o crescimento na utilização do carro foi menor na zona de influência da nova linha.

Discordando com os trabalhos anteriores, Rodrigues (2013) encontrou em caso de estudo na cidade de Niterói, Rio de Janeiro, que as dimensões do ambiente construído apresentam uma influência maior do que as características socioeconômicas em relação à propensão à caminhada. Conforme citado pelo autor, a rede de caminhos bem conectada, em conjunto com maiores densidades e uso misto do solo, promoveu maior quantidade de viagens a pé. Isso já tinha sido observado por Marcolini (2012), verificando que zonas de tipo “*Sprawl*” apresentaram significativamente maiores taxas de geração de viagens por automóvel, em comparação a zonas urbanas mais compactas e de melhor estrutura urbana na mesma cidade e com similares condições socioeconômicas.

A última pesquisa revisada no contexto latino-americano, seguindo a ordem cronológica proposta, é realizada por Combs e Rodríguez (2014), na qual estudam a decisão de possuir veículo e de que maneira tanto o acesso ao Transmilenio quanto a forma urbana interferem nessa decisão, argumentando que o efeito conjunto desses fatores pode ser maior do que o obtido ao analisá-los de maneira individual. Os resultados chave da pesquisa são apresentados a seguir:

- Residentes dos estratos 4-5¹¹ e alocados em áreas da cidade com acesso ao Transmilenio apresentaram menores chances de possuir carro, especialmente quando alocados a uma distância menor de 400 m (medida pela malha viária) da estação. As demais dimensões do ambiente construído não influenciaram nesse modelo, confirmando o apontado por Cervero *et al.* (2009) sobre a existência geral de padrões urbanos que incentivam a mobilidade sustentável.
- Já residentes dos estratos 2-3¹² apresentaram maiores chances de possuírem veículos quando alocados nas áreas servidas pelo sistema tronco ou alimentador de Transmilenio, em comparação a residentes de zonas não atendidas pelo sistema. Entretanto, essas possibilidades diminuíram significativamente quando a acessibilidade ao BRT veio acompanhada de uma estrutura urbana favorável, como maior proximidade aos destinos, suporte ao transporte não motorizado e adensamento populacional.

¹¹ Estrato corresponde a uma subdivisão econômico-espacial dos bairros colombianos, que refletem características como renda média e poder aquisitivo. Estratos 4 e 5 corresponderiam, aproximadamente, à classe B no Brasil.

¹² Estratos 2 e 3 corresponderiam, aproximadamente, à classe C no Brasil.

Dessa maneira, os casos de estudo latino-americanos ainda não permitem concluir numa direção definitiva e clara sobre a influência do ambiente construído no comportamento de viagem e na mobilidade em geral. A maioria dos casos aponta sobre a influência das características socioeconômicas, ou capacidade de acesso, na escolha modal, convergindo com os resultados de pesquisas em países desenvolvidos. A disponibilidade de veículos ou a renda média influem negativamente na propensão à caminhada ou ao transporte público.

O desenho urbano parece ser a dimensão do ambiente construído mais constantemente advertida como incentivadora de comportamentos de viagem sustentáveis, tendência que se apresentou nas cidades de Bogotá, Santiago, Niterói e, de maneira relativa, em Porto Alegre. Nesse último caso, a malha urbana em forma de grelha estimula as viagens a pé, mas estas também são estimuladas por maior comprimento médio da quadra, o que contradiz o esperado. Utilizar apenas o percentual de interseções em cruz ou de comprimento da quadra pode gerar um viés, indicando a necessidade de considerar outros indicadores, como os derivados da teoria dos grafos ou tradicionais, como a densidade de quarteirões (Rodrigues, 2013).

A menor influência das demais dimensões pode se dever, conforme indicado por Cervero *et al.* (2009) e confirmado logo por Combs e Rodríguez (2014), a que dimensões como a densidade urbana e diversidade no uso do solo são frequentes nas cidades latino-americanas e, por conseguinte, não aparecem como explicativas nos modelos. No entanto, isso não significa que estas dimensões não sejam importantes na promoção de escolhas mais eficientes no transporte. Maior quantidade de pesquisa é necessária para determinar tais efeitos.

4.5 Considerações finais

Este capítulo mostrou como a acessibilidade está determinada pela ocupação do território (i.e. dispersão das oportunidades) e pelas infraestruturas e sistemas de transportes, ao mesmo tempo em que as capacidades de acesso do indivíduo jogam um papel importante. Assim, os diferentes indicadores e tipos de medidas utilizados para dimensionar a acessibilidade têm se ocupado de ressaltar esses aspectos. Como citado anteriormente, no planejamento tipo TOD interessa medir, avaliar e gerar estratégias para a acessibilidade no nível Micro, tratando o entorno da estação.

Vale a pena ressaltar que, independentemente da capacidade de acesso de cada pessoa, o planejamento urbano integrado ao planejamento de transportes se apresenta como estratégia válida para o melhoramento da acessibilidade e

consequentemente da mobilidade, como foi elucidado nos casos de estudo revisados. Dessa maneira, confirma-se o atuar sobre a acessibilidade como uma estratégia adequada do TOD para atingir os seus objetivos.

Perante a impossibilidade de conhecer, no curto prazo, novos resultados que esclareçam a relação entre mobilidade e acessibilidade no contexto latino-americano, metodologias alternativas Ad Hoc, embasadas no vasto critério e conhecimento de especialistas em mobilidade, podem iluminar algum caminho sobre estas relações, o que deverá ser considerado na elaboração da metodologia proposta.

5 Desenvolvimento da Metodologia proposta

No presente capítulo, apresenta-se a metodologia proposta, que é o objeto central desta dissertação, assim como os procedimentos auxiliares utilizados no seu desenvolvimento. Inicialmente é apresentado o resumo conceitual da mesma. O capítulo prossegue com a descrição detalhada de cada passo da metodologia e seus respectivos procedimentos. Por fim, são apresentadas as considerações finais.

5.1 Abordagem e considerações da metodologia

A presente metodologia visa complementar as metodologias atuais para a aplicação do TOD, preenchendo as lacunas identificadas durante a revisão da literatura, segundo apreciado na seção 2.4. Como resultado, acredita-se que existe a necessidade de verificar quando a aplicação do TOD é necessária, com base no que se define como mobilidade sustentável. Essa verificação permite, em primeiro lugar, aplicar o TOD quando realmente for necessário, proporcionando uma melhor justificativa dos investimentos realizados.

Em segundo lugar, a metodologia permite que as estratégias de ação resultantes possam ser direcionadas a melhorar os aspectos desfavoráveis da mobilidade na zona, a partir de uma visão de conjunto e integrada entre os problemas e os seus fatores causais, associados à acessibilidade.

Dessa maneira, identificar a compatibilidade entre o comportamento de viagem – ou mobilidade praticada – e o esperado pela mobilidade sustentável se apresenta como um bom caminho para definir tal necessidade de aplicação do TOD. Entretanto vale a pena fazer algumas considerações sobre alguns elementos adicionais que determinarão a abrangência da metodologia, conforme exposto a seguir.

A metodologia proposta, apesar de direcionada aos países em desenvolvimento, principalmente da América Latina, tem um caráter universal. Já que a pesquisa promove a aplicação de conceitos de planejamento baseados no TOD, assume-se como imprescindível a existência de um sistema de transporte de alta capacidade, qualidade e com a envergadura necessária para competir com outros modos de transporte na realização das viagens diárias (hipótese central do TOD).

Essa característica restringe a pesquisa ao estudo de zonas no entorno de estações de sistemas metroferroviários e, mesmo, de sistemas BRT, desde que esses últimos tenham uma qualidade estruturadora e integrada à rede de transportes da

cidade. Igualmente, as propostas e análises destacarão o entorno da estação, enquanto outras abordagens são mais indicadas para estudar o corredor completo ou redes integradas (Gonçalves *et al.*, 2009a).

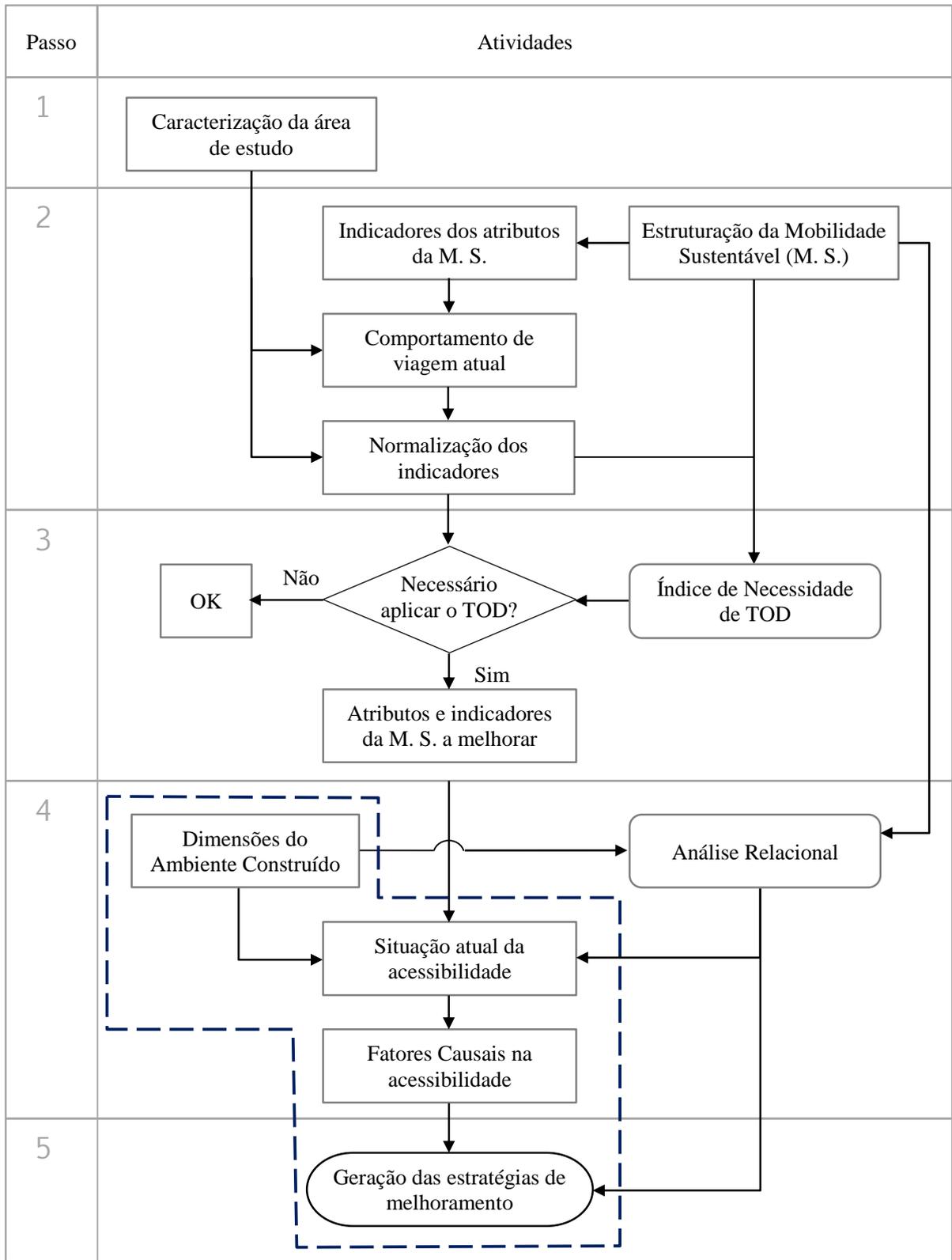
Deve-se considerar que, desde o ponto de vista do planejamento estratégico nas áreas anexas à estação, escapam alguns aspectos relacionados à mobilidade sustentável que não podem ser medidos nessa escala. Por exemplo, os objetivos da mobilidade sustentável não podem ser atingidos sem a existência de políticas e leis urbanas que orientem a esse objetivo (Costa, 2008), e conseqüentemente a presença de gestores e planejadores no setor público trabalhando com esse alvo. No entanto, essas políticas geralmente são aplicadas para cidades inteiras, para o médio ou longo prazo. Assim, é pouco provável encontrar políticas específicas de mobilidade sustentável para a área no entorno de uma estação qualquer.

Além disso, a presente metodologia desenvolve os casos de estudo num nível estratégico, o que pressupõe análises com dados agregados. O anterior se reflete na inviabilização da coleta de informações detalhadas de aspectos sociais e de interação da comunidade relacionados à mobilidade sustentável, como por exemplo, Apoio ao cidadão, Educação e cidadania e Participação popular, todos eles propostos por Costa (2008). A aspectos que ficariam para etapas posteriores de nível operacional.

A metodologia proposta consta de cinco passos. Deles, o terceiro passo consiste numa regra de decisão que avalia se é necessário continuar com os passos quatro e cinco. A Figura 5-1 apresenta o procedimento metodológico. Na figura, ressalta-se o alcance das metodologias atuais, segundo discutido no capítulo quatro desta dissertação. A seguir, são desenvolvidos detalhadamente cada um dos passos da metodologia, as considerações feitas em cada um, possíveis fontes de informação, métodos e procedimentos aplicáveis para obter os *outputs* correspondentes.

5.2 Passo 1: Caracterização da área de estudo

A etapa de caracterização inclui a delimitação da área de estudo e o levantamento de informações relevantes para entender a situação atual da área em relação a aspectos gerais como a infraestrutura urbana. A delimitação da zona corresponde com critério de zona TOD, introduzido na seção 2.2, que compreende a área dentro de um raio de 500 m com centro na estação. Em todo caso, o especialista deverá confirmar a sobreposição entre as áreas de captação de estações vizinhas, corrigindo os limites da zona de estudo quando for necessário. O processo pode ser facilmente feito com ajuda de Sistemas de Informação Geográfica.



 Abordagem de metodologias atuais para aplicação do TOD

Figura 5-1. Esquema geral da metodologia

A Tabela 5-1 apresenta as informações básicas requeridas para caracterizar a área de estudo. No possível, devem-se utilizar fontes de dados atualizadas. Nessa fase, podem ser coletadas também as informações relativas ao comportamento de viagem, as quais serão detalhadas no passo 2.

Tabela 5-1. Informações para a caracterização da zona de estudo

Dados	Nível de agregação	Fonte
Zonas – setores censitários		Censos demográficos; pesquisas de origem - destino.
População	Setor censitário	Censos demográficos.
Renda média	Setor censitário	Censos demográficos.
Uso do solo	Zonas de análise	Pesquisas de origem - destino.
Malha viária	Arcos e nós; SIG ^a	Departamento de geografia da cidade; fontes abertas (www.openstreetmap.org).
Linhas de transporte público	SIG	Empresa de transporte; secretaria de
Localização das estações	SIG	mobilidade da cidade.
Infraestrutura para bicicleta		Secretaria de mobilidade da cidade.

^a SIG: Informação espacial em formato compatível com Sistemas de Informação Geográfica

5.3 Passo 2: Comportamento de viagem e compatibilidade com a mobilidade sustentável

Visa estudar os padrões atuais de mobilidade na área de estudo, identificando as condições em que se deslocam as pessoas para satisfazerem as suas necessidades, e se essas condições concordam ou não com os padrões da mobilidade sustentável. Nesse sentido, requiere-se inicialmente a estruturação da mobilidade sustentável em atributos. Tais atributos são então representados e estudados por meio de indicadores, considerando que esses indicadores também permitam dar conta do *Status Quo* do comportamento de viagem atual em cada zona.

Nesse sentido, no Capítulo 3 desta dissertação indicou-se que a mobilidade sustentável pode ser estruturada em 5 atributos de especial relevância no contexto latino-americano: *i*) Mobilidade Segura, *ii*) Mobilidade Verde – Saudável, *iii*) Mobilidade Inclusiva, *iv*) Mobilidade Conveniente – Justa socialmente, e, *v*) Mobilidade Produtiva. Assim sendo, foram definidos os critérios para a seleção dos indicadores a serem levantados para representar cada um dos atributos.

5.3.1 Critérios para seleção dos indicadores

Joumard e Gudmundsson (2010), após uma extensa revisão bibliográfica, definiram o indicador como a variável que, baseada em medidas, representa o mais acertadamente possível um fenômeno de interesse. Litman (2014a) esclarece que o indicador é medido para avaliar o progresso em relação a metas e objetivos, motivo

pelo qual a construção de indicadores é necessária se for desejável medir e analisar o sucesso das políticas adotadas.

Nesse contexto, o uso de indicadores nesta metodologia visa identificar os padrões de mobilidade das pessoas que iniciam viagens no entorno de estações de metrô, sejam ou não residentes da zona. Além disso, os indicadores devem facilitar o estudo da sua compatibilidade com os atributos que representam a mobilidade sustentável. Deste modo, foi elaborada uma lista de indicadores para cada atributo da mobilidade. A partir dela, a eleição do indicador foi feita sob três grandes critérios: *i*) Representação; *ii*) operação e, *iii*) aplicação, já adotados em estudos de transporte (Haghshenas e Vaziri, 2012; Joumard e Gudmundsson, 2010).

5.3.1.1 Representatividade do conceito de mobilidade sustentável

De acordo aos atributos da mobilidade sustentável, a Tabela 5-2 apresenta os possíveis indicadores a serem utilizados para cada atributo, junto com a explicação de como cada um deles está alinhado com o conceito de mobilidade sustentável e o atributo representado.

5.3.1.2 Operação

Esse critério obedece à simplicidade na manipulação das informações assim como à facilidade de acesso a elas. Procura que os indicadores usados se mantenham simples e acessíveis aos pesquisadores e funcionários relacionados com o estudo, disponibilizando as informações que estão sendo ou que já foram medidas e facilitando novas medições no futuro para avaliar a evolução do indicador. Nesse sentido a periodicidade da informação torna-se importante já que permite analisar a evolução na execução dos objetivos propostos em períodos de tempo determinados e verificar o comportamento do fenômeno analisado.

Como prioridade, deve se evitar que as informações necessárias gerem novos ônus às prefeituras em atividades como levantamento de novas informações. Para isso devem-se selecionar indicadores de fácil construção com dados preexistentes (Machado, 2010). Dentre os indicadores propostos e resumidos na Tabela 5-2, a maioria deles pode ser obtida a partir de dados de pesquisas de origem - destino, as quais são normalmente elaboradas em períodos de 4 a 7 anos.

5.3.1.3 Aplicação

O critério de aplicação inclui quatro características do indicador. Transparência, facilitando que o indicador possa ser acessado por qualquer pessoa; Interpretabilidade, permitindo uma leitura intuitiva e de fácil compreensão; Relevância

do objetivo, em referência ao intuito do indicador; e Atuação, devido a que o indicador deve medir fatos sobre os quais possam ser propostas políticas de melhoramento (Journard e Gudmundsson, 2010).

Tabela 5-2. Possíveis indicadores representativos de cada atributo da mobilidade sustentável

Atributo	Indicador	Explicação
Segura	Porcentagem de viagens em veículo privado	Uma alta porcentagem de viagens em veículo privado aumenta o número de conflitos no trânsito e, portanto, o risco de acidentes.
	Quilometragem percorrida por veículo por dia (VKT)	Similar ao anterior, viagens de comprimento maior e mais frequentes aumentam a exposição e os riscos de acidentes.
	Porcentagem de viagens em motocicleta	Países em desenvolvimento, onde o uso desse modo tem se intensificado, enfrentam problemas de alta acidentalidade.
	Porcentagem de viagens metroferroviárias	Consideradas mais seguras devido às características do modo.
Saudável – Verde	Porcentagem de viagens não motorizadas	O transporte ativo se mostra de grandes benefícios para a saúde humana, por não gerar poluição.
	Porcentagem de uso de Transporte Público Limpo	Não só o uso de modos de transporte público, mas a tecnologia dos veículos afeta a eficiência energética.
Inclusiva	Índice de mobilidade pessoal (viagens-pessoa/dia)	Indica a quantidade de viagens por pessoa por dia. Uma população mais ativa e melhor relacionada com o seu entorno realiza mais viagens.
	Porcentagem da população que não realiza viagens	Indica a possível exclusão social e territorial de alguns segmentos populacionais.
	Viagens autônomas por pessoas com necessidades especiais	Faz parte de garantir o acesso universal.
Conveniente – Justa socialmente	Porcentagem de viagens internas à área de estudo	Viagens no entorno da residência ajudam a interagir com o seu bairro, desenvolver relações e se deslocar no seu próprio espaço.
	Tempo médio de viagem em transportes públicos	Viagens de curta duração são indispensáveis para a qualidade de vida das pessoas, deixam mais tempo para outras atividades ao longo do dia e favorecem o exercício da cidadania.
	Tempo médio das viagens não motorizadas	Similar ao anterior, quando as viagens não motorizadas são prolongadas indicam a dificuldade de acesso a oportunidades em condições dignas.
Produtiva	Porcentagem de viagens em veículo privado	O alto uso do modo rodoviário privado impõe externalidades e custos adicionais para a cidade.
	Equilíbrio da demanda	Relação entre embarques na hora do pico e fora do pico.
	Taxa de uso da estação	O uso de sistemas de alta capacidade próximo a sua capacidade melhora o desempenho do modo e viabiliza sua operação e ampliação da rede. Simultaneamente, esses modos geram menos externalidades.

FONTE: Elaboração própria a partir de Mello (2015)

Em particular, a característica de relevância do objetivo sugere evitar, desde a concepção do grupo de indicadores, que o mesmo fenômeno seja representado por dois ou mais indicadores (autocorrelação), o que gera um viés no resultado, já que se agregaria mais peso ao atributo medido. Nesse sentido, e considerando o contexto de aplicação em países em desenvolvimento, no grupo de indicadores pré-selecionados apresenta-se um caso especial com os indicadores de divisão modal. Geralmente, essa divisão apresenta três modos principais, representativos da maior parte das viagens diárias: Motorizados privados, Transporte público e Não motorizados. Assim, apenas medindo dois deles, pode ficar implícito o terceiro.

Visto de forma mais didática, se numa cidade latino-americana os modos não motorizados somam 30% das viagens, e o transporte público soma 50%, não é preciso medir o transporte motorizado individual para inferir que é de 20%. No exemplo existe uma autocorrelação entre os indicadores. Contudo, deve-se tomar cuidado para articular e orientar as estratégias aos três modos, ou seja, apesar de necessário estudar dois deles, devem se justificar e articular políticas específicas para cada um.

5.3.2 Indicadores

A partir dos critérios de seleção expostos anteriormente, são selecionados para serem inclusos na metodologia os indicadores a seguir, nos quais é considerado pelo menos um indicador de cada atributo da mobilidade sustentável.

5.3.2.1 Proporção de viagens em veículo – Mobilidade segura

A proporção de viagens em veículo privado tem sido um indicador tradicionalmente utilizado na elaboração de modelos de eleição modal e mobilidade. Esta proporção (incluindo motocicletas) será calculada da seguinte maneira:

$$I_{ms} = \frac{X_{vp}}{X_T} \quad \text{Equação 5-1}$$

Onde X_{vp} é a quantidade de viagens em veículo privado geradas na zona ao longo do dia, e X_T é a quantidade de viagens geradas na zona para todos os modos. Este indicador foi selecionado, mesmo descartando o VKT, por estar mais alinhado com o critério de Aplicação para a seleção dos indicadores, sendo que a sua construção e interpretação é mais fácil.

5.3.2.2 Proporção de viagens não motorizadas - Mobilidade verde e saudável

O transporte ativo tem mostrado altos benefícios para a saúde humana (Mishra *et al.*, 2015), não emite nem poluentes nem desperdícios, e incentiva o desenvolvimento local e a qualidade de vida urbana, características de uma

mobilidade verde e saudável. O indicador será calculado de acordo com a seguinte equação:

$$I_{vs} = \frac{X_{nm}}{X_T} \quad \text{Equação 5-2}$$

Onde X_{nm} é a quantidade de viagens não motorizadas geradas na área de estudo, independentemente do motivo ou destino da viagem, e X_T foi definido anteriormente.

5.3.2.3 *Proporção de pessoas que não realiza viagens – Mobilidade inclusiva*

As pessoas que não realizam viagens, em detrimento do atendimento de suas necessidades, torna a mobilidade insustentável socialmente no caso dessa imobilidade ser originada pela falta de oportunidades ou altos custos sociais ou econômicos, que impedem acessar às oportunidades existentes. O indicador do índice de mobilidade pessoal I_{mi} será medido assim:

$$I_{mi} = \frac{P_{nv}}{Pp} \quad \text{Equação 5-3}$$

Onde, P_{nv} é o número total de pessoas que não realizam viagens e Pp é o número total de pessoas na zona de estudo. Se bem, evitar uma viagem pode parecer um fim procurado na mobilidade urbana, a situação deixa de ser favorável quando as consequências incluem a falta de acesso a oportunidades para o desenvolvimento das pessoas.

5.3.2.4 *Tempo médio de viagem em transportes públicos – Mobilidade conveniente e justa socialmente*

O indicador tempo médio de viagem nos transportes públicos, I_{mc} , representa o tempo de viagem diário das pessoas como fator determinante na sua qualidade de vida. Além disso, o tempo de viagem prediz a escolha modal (Souza e Orrico, 2014). Este indicador agrupa os tempos de viagem por todos os modos de transporte público coletivo, mas limita-se às atividades básicas de trabalho e estudo, já que atividades extraordinárias estão expostas a sofrer maiores tempos de viagem, o que acontece, por exemplo, com algumas atividades de lazer onde a própria viagem se torna uma atividade de valor. O indicador está definido pela seguinte equação:

$$I_{mc} = \frac{\sum_{k=1}^{X_T} tv_k^m}{X_{tp}^m} \quad \text{Equação 5-4}$$

Onde, tv_k^m corresponde ao tempo de viagem da viagem k em transporte público para o motivo m gerada na zona de estudo, com $k = \{1, 2, \dots, X_{tp}\}$, e X_{tp}^m o número total de viagens em transporte público pelos motivos selecionados.

5.3.2.5 Equilíbrio da demanda na estação – Mobilidade produtiva

Uma vez que o propósito da pesquisa é promover a mobilidade sustentável nas áreas no entorno das estações, é necessário começar por verificar se existe uma utilização adequada do transporte de alta capacidade disponível na área de estudo. Garantir o equilíbrio entre a demanda e a oferta fornecida por esses serviços é necessário, e o indicador deve representar essa tendência. Nesse sentido, a relação entre a demanda na estação nos horários de pico e fora do pico, indica quão balanceada é a demanda existente. Portanto, o indicador da mobilidade produtiva, I_{mp} , será calculado da seguinte maneira:

$$I_{mp} = \frac{X_{fp}}{X_{hp}} * fu \quad \text{Equação 5-5}$$

Onde X_{fp} a quantidade de embarques fora do pico e, X_{hp} , representa a quantidade de embarques na hora de pico. O fu , ou fator de utilização da capacidade da estação, tem como função a correção do indicador pela possibilidade da demanda, mesmo estando em equilíbrio ao longo do dia, não estar de acordo com a capacidade prática da estação e da linha. Assim, o fu pode ser calculado como indicado a seguir:

$$fu = \frac{X_{hp}}{X_{p75}} \quad \text{Equação 5-6}$$

Onde X_{p75} é a demanda correspondente ao 75° percentil das demandas nas estações da linha correspondente.

5.3.2.6 Normalização e avaliação dos indicadores

O processo de avaliação dos indicadores requer que estes estejam normalizados numa escala homogênea visando permitir a realização de abordagens coerentes por parte de diferentes pesquisadores, a fácil compreensão do valor obtido, a comparação com valores de referência representativos da mobilidade sustentável. A normalização dos indicadores é feita em uma escala de 0 a 1, tanto em pesquisa científica (Campos, 2005; Machado, 2010; Singh *et al.*, 2015, 2014) quanto em aplicações como TransitScore (WalkScore, 2015), já que se apresenta como uma escala compreensível.

Nesse sentido, a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento apresenta um extrato de 9 métodos para a normalização de indicadores (OECD, 2008). Entre os métodos, achou-se a *Normalização por Distância a um Valor de Referência* como o mais conveniente para ser adotado na presente pesquisa. O processo de normalização é definido segundo a seguinte expressão (OECD, 2008):

$$In_i = \begin{cases} \frac{I_i}{I_{ref_i}}, & \text{quando } \frac{I_i}{I_{ref_i}} < 1 \\ 1, & \text{quando } \frac{I_i}{I_{ref_i}} \geq 1 \end{cases} \quad \text{Equação 5-7}$$

Onde, In_i é o valor normalizado do indicador i , I_i é o valor calculado do indicador i , e I_{ref_i} é o valor de referência adotado para o indicador i . Dessa maneira, ao alcançar o valor de referência, o indicador adota o valor máximo normalizado. A fórmula acima está desenhada para os casos em que o I_{ref} corresponde ao valor após o qual o aumento no valor do indicador continua a representar um impacto positivo e desejável, e conseqüentemente avaliado com nota 1. Ao contrário, no caso em que o I_{ref_i} corresponda com ao valor após o qual o aumento no valor do indicador representa um fenômeno não desejável, a relação mostrada na equação do In_i é invertida, passando o valor de referência para o numerador.

Visando adaptar o processo de normalização à metodologia em desenvolvimento, através de cada um dos indicadores definidos previamente, devem ser calculados os I_{ref_i} . A Tabela 5-3 apresenta tais valores, a forma final de calcular o In_i e a fonte.

Tabela 5-3. Valores de referência para normalização dos indicadores

Indicador	I_{ref}	Cálculo do valor normalizado	Justificativa
I_{ms}	0.2	$In_{ms} = \frac{0.2}{I_{ms}}$	Uma divisão modal em que, no máximo, 20% das viagens são feitas em carro seria ideal.
I_{vs}	0.40	$In_{mv} = \frac{I_{vs}}{0.40}$	Corresponde a uma divisão modal em que 40% das viagens são feitas por modos não motorizados.
I_{mi}	0.1	$In_{mi} = \frac{0.2}{I_{mi}}$	Adequado numa comunidade com boa acessibilidade ao emprego e outras atividades.
I_{mc}	30 min	$In_{mc} = \frac{30}{I_{mc}}$	Tempo desejável de 30 min em transportes públicos.
I_{mp}	0.7	$In_{mp} = \frac{I_{mp}}{0.7}$	Indica o equilíbrio entre a demanda nos períodos pico e fora do pico, e a boa utilização da capacidade da estação.

Normalização do I_{ms}

A porcentagem aceitável de viagens por veículo privado estabelece-se em 20% de todas as viagens. Dessa maneira, busca-se reproduzir o padrão geral das 3

melhores cidades nesse quesito, segundo apresentado na Figura 3-2, que apresentam uso do veículo motorizado individual em menos de 20% das viagens, sendo que mais 3 cidades se colocam próximas, no intervalo entre 21 a 25% das viagens, comprovando a factibilidade de se adotar o valor de referência.

Normalização I_{vs}

A adoção do valor de referência para a mobilidade verde e saudável vai ser feita considerando também as melhores marcas apresentadas em cidades latino-americanas, segundo apresentado na Figura 3-2. Dessa maneira, Curitiba (42%), León e Guadalajara (39%), Santiago e Rio de Janeiro (37%) representam boas práticas em relação à porcentagem de viagens não motorizadas, sendo que estas são para a cidade em geral, motivo pelo qual poderia se esperar que as áreas no padrão TOD tivessem comportamento igual, ou melhor. Assume-se por tanto 40% das viagens não motorizadas como porcentagem aceitável e desejável nas zonas TOD.

Normalização I_{mi}

Estabelecer um valor de referência para esse indicador de acordo às condições atuais das cidades latino-americanas parece difícil. Especialmente pelas condições de pobreza e exclusão (Motte-Baumvol e Nassi, 2012). No Rio de Janeiro, por exemplo, quase a metade da população não realiza viagens (Cardoso, 2012; Motte-Baumvol e Nassi, 2012). Ainda, as parcelas de maior mobilidade na cidade, empregados e estudantes, apresentam níveis de imobilidade de 20%, coincidindo com algumas medições de imobilidade em cidades europeias (Motte-Baumvol e Nassi, 2012). Nesse sentido, será assumida essa porcentagem como nível aceitável, esperando, durante a aplicação da metodologia, verificar algumas tendências nesse sentido.

Normalização I_{mc}

Um tempo de viagem de transporte público de 30 minutos se apresenta como competitivo com o carro, além de disponibilizar mais tempo para as pessoas investirem em outras atividades. Na cidade do Rio de Janeiro, por exemplo, o tempo médio de viagem em transporte coletivo foi de 41,8 minutos, enquanto o transporte individual foi de 33,1 minutos (Governo do Rio de Janeiro, 2013). Dessa maneira o padrão adotado forçaria à realização de estratégias para melhorar a acessibilidade das pessoas, reduzindo os seus tempos de viagem.

Normalização I_{mp}

O valor de referência desse indicador não possui um registro de “boas práticas”, já que o indicador foi desenvolvido especialmente para estudar a demanda na estação em dois sentidos: balanceamento ao longo do dia e aproveitamento da capacidade do

sistema. No caso ideal, o balanceamento ao longo do dia mostraria uma distribuição uniforme dos embarques em todas as faixas horárias, enquanto a capacidade da estação seria utilizada numa taxa superior a 75%. Entretanto, com o valor de referência adotado de 0,7 indica-se que ambos os fatores poderiam somar até 30% de perda de eficiência, reconhecendo a existência da concentração de demanda em alguns períodos do dia.

Em todos os casos, estes valores devem ser aprimorados e verificados de acordo com o desenvolvimento de casos de estudo nesta e futuras aplicações.

5.4 Passo 3: É necessária a aplicação do TOD na área de estudo?

A nota obtida na normalização dos indicadores de cada atributo da mobilidade sustentável permite ao avaliador determinar, dentre uma abordagem individualizada para cada atributo, a pertinência de ações para melhorar o desempenho de cada indicador e, conseqüentemente, de cada atributo na área estudada. Isto é, o avaliador poderia responder à pergunta “é necessário o planejamento TOD na área de estudo?” diretamente a partir dos resultados de cada In_i , considerando a escala contínua de avaliação de 1 a 0, com a situação sustentável representada por notas 1.

Nesse contexto, a nota mínima aceitável para os In_i poderia estar entre 0,7 e 1,0, dependendo da rigorosidade com que o planejador deseje avaliar a aderência do comportamento de viagem ao valor de referência. Na presente dissertação, será adotado o valor de 0,75 como patamar mínimo para a aceitação de cada indicador. Entretanto, esta abordagem é válida para casos de estudo com alvo no melhoramento de uma única estação, onde interessa individualizar os problemas da mobilidade.

Complementarmente, e de maneira mais abrangente, a formulação de um índice que agregue o comportamento dos atributos facilitará a avaliação integral da área estudada em relação à mobilidade sustentável. Isto é de utilidade para hierarquizar a necessidade de se gerar estratégias de aprimoramento da mobilidade entre várias zonas TOD estudadas. Ainda, o índice permite comparar o desempenho da estação em relação a estações do mesmo sistema, ou mesmo com casos de outras cidades.

O índice proposto para este objetivo corresponde a uma combinação linear dos indicadores de cada atributo da mobilidade sustentável, utilizando pesos correspondentes a cada atributo. De forma geral, define-se o Índice de Necessidade do TOD, N_{TOD} , conforme a equação a seguir:

$$N_{TOD} = \sum In_i * w_i \quad \text{Equação 5-8}$$

Onde w_i corresponde ao peso do atributo i . Esse peso considera a importância relativa de cada atributo no estudo integral da mobilidade sustentável. Fazendo $\sum w_i = 1$, a formulação matemática indica que o N_{TOD} apresentará valores entre 0 e 1.

Seguidamente, a hierarquização se dá a partir das pontuações do índice, determinando quais estações precisam prioridade na intervenção. Similarmente à medição do desempenho individual dos indicadores de comportamento de viagem, recomendasse a adoção do $N_{TOD} = 0,75$ como valor mínimo admissível. Este valor representaria condições que, se bem não são ótimas, indicam um bom desempenho geral. De fato, esse valor tem resultado ressaltado na aplicação de índices similares, como o I_SUM (Rodrigues da Silva e Miranda, 2012).

Este tipo de índices, se bem apresentam vantagens e desvantagens, comumente facilitam o entendimento de fenômenos, o que pode se tornar difícil quando são estudadas tendências de forma individual (Journard e Gudmundsson, 2010; *table 40, pag. 205*).

A definição dos pesos dos atributos influi na qualidade do índice proposto. Portanto, deve-se tomar cuidado no desenvolvimento desses pesos. A seguir, é descrito o procedimento para a definição dos pesos a partir de um processo de consulta com especialistas em mobilidade, o que, pela sua relevância, será detalhado, em uma aplicação, no Capítulo 6.

5.4.1 Técnicas para definir o peso dos atributos

Existem várias metodologias para definir pesos de indicadores na composição de índices. Estas metodologias geralmente são baseadas nos processos de tomada de decisões nas quais interferem vários critérios ou atributos, denominados processos de decisão multicritério. Dessa maneira podem ser dados pesos tanto aos atributos quanto às alternativas que se desejam avaliar. Nesta pesquisa, interessa dar pesos aos atributos, já que as alternativas serão avaliadas diretamente por meio dos indicadores. Existem várias técnicas para esse objetivo, das quais Barfod & Salling (2015) recentemente publicaram um estudo das mais afins na tomada de decisões relacionadas ao transporte e à sustentabilidade:

5.4.1.1 SMART

Simple Multi-attribute Rating Technique: Este procedimento está baseado numa função de valor aditivo, outorgando diretamente os pesos aos atributos. A técnica demanda grande conhecimento dos atributos que serão estudados visando promover maior efetividade aos pesos desenvolvidos (Barfod e Salling, 2015). A função de

adição é linear, ou seja, a avaliação geral corresponde a uma soma dos resultados individuais de cada indicador ao serem multiplicados pelos pesos respectivos. Alguns autores indicam a existência de um vazio conceitual já que os participantes desconhecem, durante a fase de avaliação, o verdadeiro intervalo de variação dos possíveis valores dos atributos (Edwards e Barron, 1994).

5.4.1.2 SMARTER

Simple Multi-attribute Rating Technique Exploiting Ranks: Esta técnica é uma evolução da SMART, precisando apenas que o avaliador indique um ranking para cada critério, ou seja, organizá-los de acordo com a ordem de importância que ele considere. A partir dali, várias metodologias permitem o cálculo dos pesos usando esse ranking como dado de entrada (Barfod e Salling, 2015). Outra vantagem de utilizar diretamente rankings, ao invés de pesos, tem a ver com a maior facilidade para os especialistas considerarem a ordem de importância, ao invés de acertar pesos exatos (Barron e Barrett, 1996).

Já dentro da definição dos pesos existem três métodos principais: *Rank Sum Method*, *Rank Reciprocal* e *Rank Centroid*. Detalhamento das metodologias e das vantagens e desvantagens de cada uma pode ser achado em Ahn & Park (2008), Barron & Barrett (1996) e Edwards & Barron (1994).

5.4.1.3 AHP

O *Analytic Hierarchy Process* (AHP) consiste numa técnica para obter Pontuações e Pesos partindo de uma comparação par a par dos atributos avaliados, empregando uma escala de nove graus de intensidade na qual os tomadores de decisões fazem eleições de acordo com a sua preferência (Barfod e Salling, 2015). Este é um método baseado na discussão entre especialistas para obter os pesos, além de ter sido aproveitado na avaliação direta de alternativas. Esta técnica já foi utilizada em estudos de caso no Brasil, particularmente, no desenvolvimento do Índice de Mobilidade Sustentável proposto por Campos e Ramos (2005).

5.4.2 Escolha da técnica recomendada

Para selecionar uma técnica adequada convém estabelecer várias situações que influirão na escolha, de acordo com o contexto e objetivos desejados nesta pesquisa:

- Deseja-se obter a opinião de especialistas de várias cidades latino-americanas no intuito de dotar a metodologia proposta de abrangência e representatividade. O que torna impraticável a realização de grupos focais ou a aplicação de métodos como o Delphi;

- Na consulta com especialistas, espera-se definir o peso de cada atributo da mobilidade sustentável. A consulta não visa avaliar alternativas de solução;
- Deve se buscar uma técnica representativa e de fácil aderência às diversas opiniões dos especialistas consultados;
- A interface de consulta influi na definição da técnica a usar. Devido a que o recurso disponível corresponde a meios eletrônicos (e-mail, formas online), é recomendável limitar a informação que chega ao especialista, no intuito de não sobrecarregá-lo, assim como evitar a geração de viés nas suas respostas;
- Pesquisas na área, como a realizada por Barfod & Salling (2015), propõem a técnica SMARTER como a mais indicada para obter informação de um tipo de usuário básico, sem necessidade de entregar muita informação prévia a cada um.

Considerando as condições delineadas foi selecionada a técnica SMARTER, e o método *Rank Sum* (RS) para o seu processamento e conversão em pesos. Este método consiste na normalização dos rankings individuais pela sua soma. A formulação matemática do RS é a seguinte (Edwards e Barron, 1994):

$$w_i = \frac{2(n+1-r_i)}{n(n+1)} \quad \text{Equação 5-9}$$

Onde, w_i é o peso do indicador ranqueado na posição r_i e n é o número de atributos.

5.5 Passo 4: Identificar os fatores causais na acessibilidade – análise relacional

No caso de continuar com a análise, se assim for determinado pela avaliação individual dos indicadores, ou pela avaliação integral que emprega o N_{TOD} ($N_{TOD} < 0,75$), a proposta conceitual indica que se deve olhar para os possíveis fatores causais na acessibilidade local no entorno da estação. Conforme citado anteriormente, a acessibilidade é representada localmente pelas dimensões do ambiente construído, atuando como fatores orientadores da mobilidade praticada. No entanto, a revisão da literatura não indicou uma convergência entre as relações ou não têm sido abordadas por suficientes casos de estudo representativos do contexto latino-americano de maneira que pudessem ser calculadas elasticidades representativas.

Nessa ordem de ideias, deve-se definir uma análise relacional que aponte a maneira como são ligados os atributos da mobilidade e as dimensões do ambiente construído, de forma que o melhoramento destas últimas favoreça comportamentos de

viagens mais próximos à sustentabilidade. Neste contexto, e partindo de um esquema como o exemplificado na Figura 5-2, a consulta a especialistas se apresenta como uma ferramenta para a construção de tal relação. O objetivo é relacionar cada atributo da mobilidade com as dimensões do ambiente construído que influem sobre ele. O *Capítulo 6* desta dissertação apresenta um exemplo de como a consulta pode ser realizada.

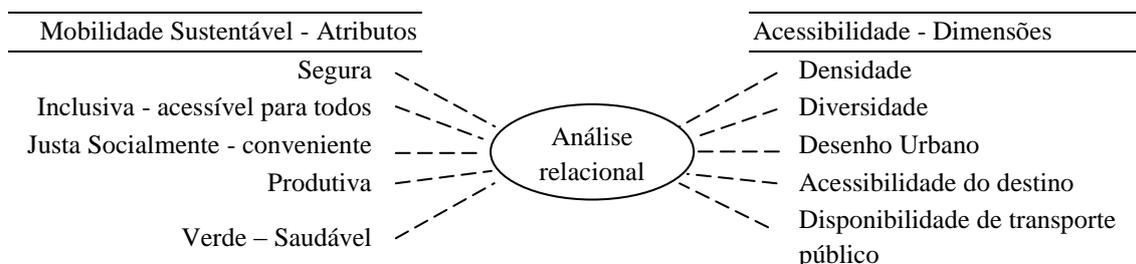


Figura 5-2. Análise relacional entre a mobilidade sustentável e a acessibilidade

Os resultados mostrados no *Capítulo 6*, e aplicados no *Capítulo 7*, podem ser considerados em estudos específicos, com devidos ajustes, caso o avaliador não consiga elaborar essa análise na sua pesquisa. Esses resultados, segundo será visto no capítulo correspondente, têm a pretensão, por sua abrangência e representatividade, de serem aplicados em cidades da América Latina.

5.5.1 Indicadores da acessibilidade

Cada dimensão do ambiente construído deve ser representada com indicadores que facilitem o seu estudo. A revisão da literatura permite identificar medidas comumente estudadas e de relativa facilidade de medição nas cidades de países em desenvolvimento. Os indicadores de acessibilidade, A_j , são descritos a seguir:

5.5.1.1 Densidade urbana

Corresponde à variável de interesse por unidade de área (Ewing e Cervero, 2010). Nesse contexto, pode-se calcular como moradias por quilômetro quadrado, residentes por quilômetro quadrado, ou habitantes mais empregos por quilômetro quadrado na área de estudo. A seguinte equação apresenta o cálculo para a densidade de habitantes, que será utilizado no trabalho:

$$A_{Dens} = \frac{\text{Habitantes}}{\text{Área da zona de estudo (km}^2\text{)}} \quad \text{Equação 5-10}$$

De acordo com as boas práticas apresentadas na seção 5.5.2, e no intuito de estimular densidades para sustentar o transporte público assim como para um melhor aproveitamento das oportunidades disponibilizadas pelo TOD, recomenda-se adotar a densidade de 19.400 hab/km^2 no entorno das estações como valor de referência.

Opcionalmente, a definição de um valor de referência local poderia se necessária já que cada cidade define o aproveitamento do solo.

5.5.1.2 *Diversidade – Uso misto do solo*

Existem várias metodologias para o estudo da diversidade. Deve ser considerado não só a quantidade de atividades, mas o balanceamento entre elas. Nesse sentido, a medição da entropia, proposta inicialmente por Cervero e Kockelman (1997) foi aplicada posteriormente em vários trabalhos (Frank *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2015; Zhang e Nasri, 2014). Seu cálculo está determinado pela seguinte expressão:

$$A_{div} = Entropia = \frac{-\sum_k p_k \ln(p_k)}{\ln(K)} \quad \text{Equação 5-11}$$

Onde p_k é a proporção de uso do solo do tipo k , para $k = \{1, 2, \dots, K\}$, sendo K a quantidade de usos do solo possíveis. Geralmente, os tipos de uso de solo avaliados se limitam a quatro: residencial, comercial e serviços, escolar e outros. Valores próximos de 1 indicam um uso balanceado do solo, enquanto valores próximos a zero, indicam um uso do solo homogêneo. O trabalho de Bhat & Gossen (2004) apresenta outra metodologia para esse mesmo fim, cujo estudo fica para consideração do leitor.

5.5.1.3 *Desenho urbano*

A conectividade oferecida pela malha viária se estuda por meio de indicadores topológicos tradicionais, como densidade de interseções ou de quarteirões, e por meio de indicadores construídos a partir da teoria dos grafos, que relacionam o número de arcos e nós existentes. Em caso de estudo na cidade de Niterói, RJ, Rodrigues (2013) determinou que os indicadores de maior relação entre a estrutura urbana e a caminhada são o Índice Alpha (α), que avalia a relação entre o número de ciclos existentes (u) com o número máximo de ciclos de um grafo, e densidade de quarteirões (dq), correspondente ao número de quarteirões numa área delimitada. As equações a seguir apresentam a formulação matemática desses indicadores:

$$\alpha = \frac{u}{2v-5} \quad \text{Equação 5-12}$$

$$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{Área (km}^2\text{)}} \quad \text{Equação 5-13}$$

Onde v corresponde ao número de nós do grafo.

O segundo tipo de análise corresponde a elementos que incentivam um ambiente urbano para andar a pé e em bicicleta com maior segurança e conforto.

Nesse sentido, O TOD standard (ITDP, 2014) apresenta nos seus princípios 1 (caminhada) e 2 (bicicleta) bons indicadores nesse escopo. Nessa metodologia recomenda-se o uso de dois deles: Densidade de ciclovias ou ciclofaixas, medida em km por km² da área de estudo. Em segundo lugar, estuda-se o número de portas por 100 metros de fachada do quarteirão, pretendendo representar o quão ativa é a zona e a segurança que percebem as pessoas ao caminharem por esses quarteirões.

$$A_{ciclo} = \frac{\sum \text{ciclovias+ciclofaixa (km)}}{\text{área (km}^2\text{)}} \quad \text{Equação 5-14}$$

$$A_{quart} = \text{média} \left(\frac{\#portas}{\text{longitude quarteirão}} \right) \quad \text{Equação 5-15}$$

No caso de se utilizar o índice α , valores próximos de 1 indicam uma rede conectada. Já na avaliação do indicador dq , adota-se o resultado da estrutura urbana em malha ortogonal apresentada na seção 4.2.3. Para este, adotando como referência quarteirões de 90 m de comprimento, a área urbana contida em um raio de 500 m teria aproximadamente 66 quarteirões, o que corresponde a um dq de 84 quarteirões por quilômetro quadrado. Na avaliação dos elementos de qualidade para os modos não motorizados, o TOD standard traz o ideal de, no mínimo, 5 portas por 100 m de quarteirão. Além disso, algum tipo de ciclo-infraestrutura equivalente a atravessar a zona TOD diametralmente é recomendável, tendo como resultado uma densidade mínima recomendada de 1,3 km/km².

5.5.1.4 Disponibilidade do transporte público

Devido à metodologia proposta estar focada em sistemas de transportes de alta capacidade, pressupõe-se que a disponibilidade temporal do transporte público é garantida. Portanto, o A_{disp} será medido como a média da distância de acesso até a estação. As viagens originadas na zona são extraídas da pesquisa de origem - destino ou de estudos de demanda nas estações.

$$A_{disp} = \frac{\sum d_i}{X_m} \quad \text{Equação 5-16}$$

Onde, d_i corresponde à distância desde o ponto inicial da viagem até a estação para a viagem i , com $i = \{1, 2, \dots, X_m\}$, e X_m e a quantidade total de viagens de metrô. Alternativamente, o tempo de acesso pode entregar informações valiosas. Valores de referência para a avaliação deste indicador são apresentados na Tabela 5-4, visando estudar o acesso da população ao metrô.

5.5.1.5 Acessibilidade do destino

Para determinar os destinos acessíveis ao nível local, ou seja, dentro da área de estudo, pode ser medida a distância média ao mercado, a praça ou à escola mais próxima. Também, a quantidade de empregos, ou de matrículas escolares na zona, indicam a possibilidade dos moradores trabalharem ou estudarem em locais próximos às suas moradias, realizando viagens curtas e possivelmente mais sustentáveis. Dessa maneira, define-se o A_{dest} conforme indicado a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} \quad \text{Equação 5-17}$$

Conforme apresentado na seção 4.2.5, Mello (2015) recomenda uma relação de 1 a 1,5 empregos por moradia para se ter um equilíbrio adequado entre população e emprego.

5.5.2 Valores de referência para a avaliação dos A_j

A Tabela 5-4 resume valores de referência encontrados na literatura e sugeridos para serem utilizados na aplicação desta metodologia. Estes foram obtidos a partir das boas práticas da acessibilidade em relação ao TOD apresentadas na seção 2.3, bem como da definição dos indicadores apresentada na seção anterior. Estes valores são de referência e o avaliador pode ajustar eles de acordo com a normatividade local.

5.6 Passo 5: Estratégias para o melhoramento da mobilidade

A análise relacional construída no passo anterior ajuda também neste passo na geração das estratégias mais adequadas de intervenção nas condições de acessibilidade, propondo aprimoramentos nas dimensões do ambiente construído de acordo com a sua influência nos atributos da mobilidade sustentável que estejam apresentando problemas. Na presente dissertação serão apresentadas estratégias que, como ponto de partida, resultem de utilidade para o avaliador definir as suas próprias estratégias para o melhoramento de cada dimensão do ambiente construído, visando gerar condições de acessibilidade mais favoráveis e que possam incentivar a prática da mobilidade sustentável. Essas estratégias são apresentadas na Tabela 5-5.

Vale a pena ressaltar que um fator causal pode ser associado a mais de um comportamento de viagem por melhorar, isto é, cada dimensão do ambiente construído pode influenciar mais de um atributo da mobilidade. Dessa maneira, resultaria atrativo priorizar as ações sobre esse fator causal, devido a que sua melhora impactaria positivamente em vários atributos. Em qualquer caso, fica a critério do especialista definir a priorização de ações que, pela facilidade de implantação, ou por

outras motivações sociais ou econômicas, possa resultar. As estratégias devem estar sempre orientadas a melhorar o comportamento de viagem que sustentou a necessidade de aplicar o planejamento tipo TOD na estação.

Tabela 5-4. Valores de referência para a avaliação dos indicadores do ambiente construído

Dimensão Ambiente construído	Indicador	Valor de referência	Fonte
Densidade Urbana	$A_{Dens} = \text{Habitantes}/\text{km}^2$	19.400	Densidade alcançada na zona de influência do Transmilênio (Bocarejo <i>et al.</i> , 2013).
Diversidade	$A_{div} = \text{Entropia}$	1	Por definição, um valor de 1 representa uma boa mistura de usos do solo (Cervero e Kockelman, 1997; Zhang <i>et al.</i> , 2012).
Desenho Urbano	$\alpha = \frac{u}{2v - 5}$	1	Um valor de 1 indica uma rede completamente conectada (Rodrigues <i>et al.</i> , 2014).
	$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{Área (km}^2\text{)}}$	84 quarteirões/ km ²	Correspondente a uma malha urbana quadriculada, com quarteirões de 90 m de comprimento, contida num raio de 500 m. Cálculo próprio.
	$A_{ciclo} = \frac{\sum \text{cicloinfraestrutura}}{\text{área (km}^2\text{)}}$	1,3 km/km ²	Corresponde a uma ciclovias atravessando a zona TOD diametralmente. Cálculo próprio.
	$A_{quart} = \text{média} \left(\frac{\#portas}{\text{longitude quarteirão}} \right)$	5/100 m	No mínimo 5 portas por cada 100 m de quarteirão (ITDP, 2014).
Disponibilidade do transporte público	$A_{disp} = \frac{\sum d_i}{X_m}$	500 m	Valor referência do TOD para caminhadas de no máximo 10 minutos.
	$A_{disp} = \bar{t}_a$	< 5 minutos	Tempo médio de acesso ao transporte público. Mede a facilidade de acesso ao transporte público. Pode se comparar entre diferentes modalidades.
Acessibilidade do destino	$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}}$	1.5 empregos/ moradia	Corresponde a uma distribuição adequada entre o número de empregos e moradias numa região (Mello, 2015). Tanto valores maiores como menores pioram a situação.

Tabela 5-5. Algumas estratégias de atuação na acessibilidade para melhorar a mobilidade, segundo os atributos objetivados.

	Densidade urbana	Diversidade – uso misto do solo	Desenho urbano – qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
Mobilidade Segura	Permite-se desenvolvimento de prédios apenas com um número limitado de vagas de estacionamento.	Focar desenvolvimento nas atividades faltantes para um balanceamento no uso do solo.	Melhoramento geométrico dos cruzamentos e otimização da programação semafórica.	Qualificar o transporte público e a sua imagem, tornando opção atraente para usuários de automóveis.	Prédios de escritórios com vagas limitadas no estacionamento. Cobro por utilização de vagas na rua.
Mobilidade Verde	Eliminação de áreas condominiais e de recuo com respeito à calçada.	Aproveitamento comercial nos primeiros andares. Estabelecimentos de cafés-restaurantes próximos da estação.	Proibição de fechamentos sem visual ao interior do prédio; obras de continuidade na malha urbana mediante a criação de links para não motorizados.	Sistemas de bicicletas públicas e instalação de bicicletários	Vagas para bicicletas em todos os prédios, lojas e escritórios.
Mobilidade Inclusiva	Incentivo à construção de moradia social no entorno das estações.	Atividades de serviços básicos: saúde e ensino. Acompanhamento a empreendimentos locais.	Revitalização na área do entorno das estações.	Acessibilidade universal para deficientes. Campanhas de informação sobre itinerários e frequências.	Revitalização da área no entorno da estação; aumento no número de matrículas escolares; Acompanhamento a empreendimentos locais.
Mobilidade Conveniente	Adensamento vertical com lojas de conveniência nos primeiros andares.	Mais atividades geradoras de emprego ou moradia, dependendo do balanceamento atual do uso do solo.	Implementação de novas vias para pedestres e ciclistas quando possível.	Revisão das condições que dificultam o acesso à não motorizado à estação por parte de ambos os residentes e a população flutuante.	Incentivos para empresas de serviços se aloquem na região.
Mobilidade Produtiva	Aumento do índice de aproveitamento; incentivo ao adensamento das áreas mais próximas da estação, diminuindo conforme aumenta a distância.	Devem se complementar os usos do solo existentes na zona, visando o balanceamento com os usos atuais, gerando um ambiente mais balanceado	Facilitar o acesso não motorizado à estação; Disponibilização de bicicletários; Melhoramento de pontos de parada de rotas alimentadoras.	Implementação de serviços de transportes alimentadores motorizados e não motorizados, comom bicicletas públicas.	Elaboração e divulgação de planos de viagem nos prédios, mostrando como o metrô permite acesso a pontos de interesse.

5.7 Considerações finais

A metodologia desenvolvida no presente capítulo mostrou como, através dos 5 passos propostos, pode-se realizar uma avaliação integral da zona que permita identificar os problemas de mobilidade e os respectivos fatores causais associados à acessibilidade. Nesse mesmo sentido, as estratégias devem ser elaboradas de forma condizente, ciente que não se deseja apenas melhorar determinada dimensão da acessibilidade, mas que através de sua melhoria se incentivará a prática de comportamentos de viagem mais próximos à mobilidade sustentável.

Os diferentes passos desenvolvidos nesta metodologia correspondem a uma primeira abordagem da aplicação de TOD para o contexto latino-americano. Estes passos, portanto, são alvo de aprimoramentos e construção de consenso com a comunidade científica. Resultaria interessante, por exemplo, que fosse definida uma base comum para a estruturação da mobilidade em X atributos de interesse, visando manter a coerência entre as avaliações que sejam feitas em diversos casos de estudo. No entanto, alguns países podem sentir a falta de estudar determinados atributos da mobilidade que em outros podem não ser considerados tão relevantes.

A vantagem em conformar uma base comum não só com os atributos da mobilidade, mas também com a estruturação da acessibilidade e as suas dimensões, e a análise relacional, está na capacidade de comparar estudos de caso de diferentes sistemas, cidades ou países, identificando as necessidades com respeito aos demais. Além disso, a exequibilidade da metodologia aumentaria enormemente devido a que os atributos da mobilidade, as dimensões da acessibilidade e a análise relacional seriam *inputs* fixos.

6 Atributos da Mobilidade Sustentável e Análise Relacional: Consulta aos especialistas

Este capítulo apresenta os procedimentos associados à consulta aos especialistas realizada como parte fundamental deste trabalho em dois aspectos: (i) incluir a percepção de especialistas sobre a mobilidade sustentável e os seus atributos. A partir da agregação do conceito dos especialistas serão gerados os pesos a serem empregados no passo 3 do procedimento metodológico na composição do Índice de Necessidade do TOD, N_{TOD} ; e (ii) construir a análise relacional que vincule os diferentes atributos da mobilidade sustentável e as dimensões da acessibilidade que orientam sua prática.

6.1 Aspectos gerais

Segundo visto no capítulo 5, a necessidade de realizar uma consulta a especialistas sobre os temas citados recai na necessidade de complementar com um critério técnico abrangente - e independente do autor ou pesquisador encarregado do estudo – os passos 3 e 4 da metodologia proposta. A Figura 6-1 apresenta a maneira em que os resultados da consulta aos especialistas são articulados na proposta.

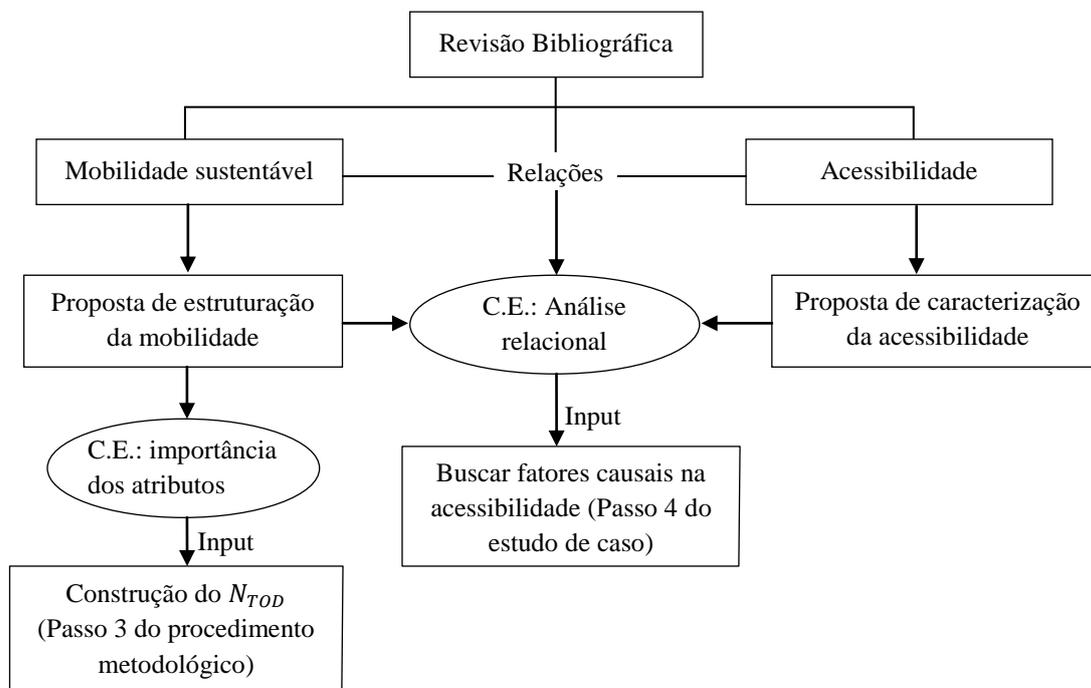


Figura 6-1. Consulta aos especialistas (C.E.) dentro do procedimento metodológico

Na consulta aos especialistas esperava-se a representação de especialistas de três campos de ação principais: Acadêmicos; Funcionários da administração pública e de áreas de planejamento de cidade; e Organizações Não Governamentais (ONG) ou Organismos Internacionais com trabalho na promoção da sustentabilidade. Similarmente, esperava-se contar com a participação de especialistas originários dos principais países da região que contam com sistemas de transporte de alta capacidade como Brasil, México, Colômbia, Chile e Argentina. Para atingir essas participações foi necessário realizar um planejamento para a distribuição da pesquisa.

6.1.1.1 Planejamento e distribuição da pesquisa

Dois métodos foram utilizados para a seleção dos especialistas: O primeiro consistiu na divulgação da pesquisa e solicitação de colaboração aos membros da Rede Ibero-americana de Estudos em Polos Geradores de Viagens (Rede PGV¹³), cuja base de dados está composta por mais de 300 especialistas. O segundo método de seleção dos especialistas foi por meio de pesquisa bibliográfica e online sobre material relacionado com mobilidade sustentável na região da América Latina, tentando identificar e contatar os autores. Este último visou aumentar a participação de especialistas provenientes de outros países, devido a que a primeira lista foi constituída principalmente por especialistas brasileiros.

A pesquisa foi distribuída por meio da funcionalidade de Formulário eletrônico de Google, o qual foi dividido em três seções: a primeira, para a elaboração da análise relacional, incluiu cinco perguntas que visam contemplar a percepção do especialista sobre a relação entre os atributos da mobilidade sustentável e a acessibilidade, representada pelas dimensões do ambiente construído. A segunda seção consta de uma pergunta única na qual o especialista indica o Ranking ou ordem de importância dos atributos da mobilidade sustentável. A terceira seção do formulário objetivou a caracterização do especialista, considerando a sua nacionalidade, familiaridade com o conceito TOD, campo de atuação, formação e possível e-mail de contato, caso tivesse vontade de colaborar em etapas futuras da pesquisa.

A pesquisa *online* foi iniciada no dia 3 de agosto de 2015, e foi mantida até o dia 9 de agosto. Ajustes foram necessários na metodologia inicial da seção 1 do formulário, perguntas 1 a 5, incluídas na consulta para a construção da análise relacional (Anexos 1 e 2). Tais mudanças foram motivadas na análise dos resultados parciais, devido a que, inicialmente, disponibilizou-se uma escala de avaliação com

¹³ <http://redpgv.coppe.ufrj.br>

possíveis valores no intervalo de 1 até 10, na qual o especialista indicava, de forma individual para cada dimensão do ambiente construído, a sua percepção sobre influência desta nos atributos da mobilidade, sendo 10 a nota máxima (ver Anexo 1). O método foi pensado para aplicar a Técnica SMART (seção 5.4.1.1).

No entanto, ao longo da primeira semana de pesquisa, foi constatado que apenas o quartil superior da escala de avaliação estava sendo utilizado, conforme exposto na Figura 6-2. Essa situação afetaria a elaboração de uma análise relacional que valorizasse, de maneira notável, uma dimensão sobre outra (conforme será discutido mais adiante). Em todos os casos, 80% das respostas foram colocadas nesse quartil.

Com base no resultado preliminar, foi decidido mudar a metodologia de avaliação, gerando uma segunda fase da pesquisa. A metodologia da segunda semana, um pouco menos conservadora, consistiu em pedir para o especialista priorizar, no máximo, 3 das 5 dimensões do ambiente construído, selecionando aquelas que exercem maior influência em cada atributo da mobilidade e, adicionalmente, colocando-as em ordem de importância (ver Anexo 2). O processamento desta informação seria feito pela técnica SMARTER (seção 5.4.1.2).

A segunda fase da pesquisa foi realizada entre os dias 12 e 26 de agosto de 2015. Um e-mail de lembrete foi enviado para quem não respondeu na primeira fase. Ambas as fases da pesquisa foram divulgadas, tanto em português quanto em espanhol, visando uma maior taxa de respostas. A seguir é apresentada a caracterização dos especialistas, de acordo com as respostas da seção 3 do questionário.

6.1.1.2 Caracterização dos especialistas

O formulário web em português foi enviado a 360 e-mails, enquanto o formulário em espanhol foi enviado a 58. Devido a que alguns deles foram detectados como *Spam*, não foi possível identificar diretamente quantos especialistas efetivamente receberam o e-mail.

No entanto, o serviço de Google URL permite fazer um seguimento aos links que foram criados para o envio do questionário, permitindo calcular taxas de respostas segundo o número de vezes que o formulário foi, pelo menos, aberto em um navegador. Os resultados são apresentados na Tabela 6-1. A taxa de respostas na segunda fase aumentou consideravelmente por ser divulgada através de um e-mail de lembrete. Este tipo de e-mails, mais do que para atrair novos respondentes, serve para

convidar as pessoas que queriam participar, mas não tiveram tempo de preencher o formulário na primeira vez em que foram contatadas.

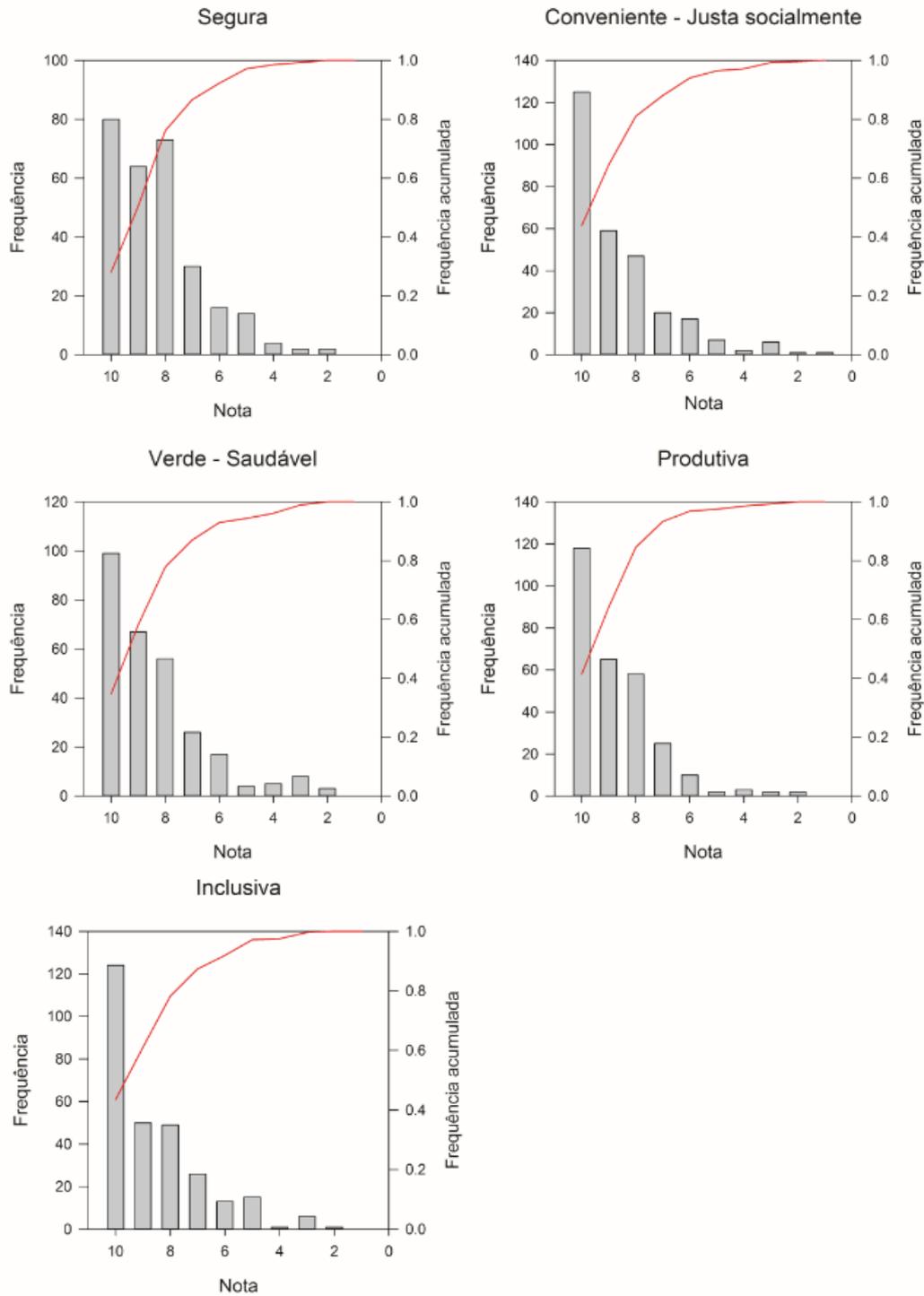


Figura 6-2. Diagrama de frequência e frequência acumulada de notas às dimensões do ambiente construído que influenciam na mobilidade segura

Tabela 6-1. Taxa de respostas da pesquisa

Fase	Idioma	No. de acessos	Respostas	Taxa de resposta
Primeira fase: $n_1 = 57^a$	Português	115	46	0.40
	Espanhol	41	11	0.27
Segunda fase: $n_2 = 38$	Português	49	22	0.45
	Espanhol	24	16	0.67
Total		229	95	0.41

^a n_i = número de respostas obtidas na fase i

A Tabela 6-2 apresenta a caracterização da amostra. Conforme referido anteriormente, ambas as fases contaram com uma grande maioria de especialistas brasileiros, seguidos em participação pelo México e a Colômbia. Esperava-se contar com maior número de especialistas residentes no Chile, no entanto a taxa de respostas manteve-se baixa para esse país.

Tabela 6-2. Estatísticas descritivas da amostra de especialistas

	Primeira fase	Segunda fase
País		
Argentina	4%	3%
Brasil	70%	53%
Chile	2%	3%
Colômbia	5%	8%
México	7%	8%
Outro	12%	26%
Campo de atuação		
Acadêmico	54%	29%
Planejamento - Administração pública	14%	34%
Setor privado, ONG, internacional	14%	24%
Acadêmico, Planejamento - Administração pública	11%	3%
Acadêmico, Setor privado, ONG, internacional	4%	5%
Planejamento - Administração pública, Setor privado, ONG, inter.	2%	0%
Outros	2%	5%
Familiaridade com o TOD		
Alta (aplicação)	28%	55%
Média (estudo do tema)	61%	45%
Pouca	11%	0%
Escolaridade		
Doutorado	53%	32%
Mestrado	35%	47%
Graduação	12%	21%

A experiência dos especialistas na área de mobilidade foi estudada pedindo para eles indicarem a sua familiaridade com o conceito TOD. Foram disponibilizadas três categorias: Familiaridade Alta, indicando que o especialista já aplicou o TOD em algum caso de estudo. Familiaridade Média, correspondente a aqueles especialistas que têm estudado o conceito, mas ainda não o têm aplicado. Por Familiaridade Baixa,

agrupam-se os especialistas em mobilidade que consideram não ter conhecimentos práticos ou teóricos do conceito TOD.

Os resultados mostraram a maior porcentagem de especialistas com familiaridade alta durante a segunda fase, atingindo 55% da participação. No entanto, o resultado global apresenta uma maioria de especialistas que, ainda que tenham estudado o tema, não aplicaram os seus princípios, conforme mostrado na Tabela 6-2. A baixa porcentagem de especialistas em mobilidade que não conhecem o TOD é um resultado positivo, principalmente porque indica que os especialistas em mobilidade estão cada vez mais cientes da importância de planejar articuladamente os transportes e o uso do solo, o que coincide com o reportado por Amorim *et al.* (2014).

O campo de atuação do especialista foi avaliado de acordo com três opções, entre as quais o especialista escolhia aquela(s) mais adequada(s) com o seu trabalho. Como resultado, a maioria dos especialistas (principalmente na segunda fase) pertence à área Acadêmica, seguida pela área de Planejamento – Administração Pública e pela área de Setor privado – ONG – Internacional, como mostra a Tabela 6-2. Apesar de individualmente aparecerem com menor peso, esses últimos dois setores, mais estreitamente relacionados com a tomada de decisões nas nossas cidades, aparecem com uma participação altamente significativa. Finalmente, os especialistas consultados possuem estudos de pós-graduação, conformando uma amostra altamente capacitada.

6.2 Pesos dos atributos da mobilidade sustentável para composição do Índice de Necessidade do TOD

Antes de se calcularem os pesos de cada atributo vale a pena analisar a existência de diferenças entre o conceito dos diversos grupos de especialistas que participaram na consulta. Essa análise requer a aplicação de testes estatísticos nas respostas, para o qual os especialistas foram reunidos sob três subgrupos, segundo as variáveis dispostas na consulta para esse alvo.

No primeiro subgrupo – Familiaridade dos especialistas com o conceito TOD – foram analisadas as respostas dos especialistas com familiaridade alta, comparando-as com as respostas dos especialistas com familiaridade média e baixa. O segundo subgrupo de comparações foi entre especialistas residentes no Brasil versus especialistas dos outros países, avaliação que foi motivada pela prevalência de especialistas brasileiros na amostra.

O último subgrupo de comparações foi criado entre especialistas que trabalham na área de planejamento de transportes (seja de forma exclusiva nessa área, ou trabalhando paralelamente em outra das áreas avaliadas) e os que não trabalham nessa área. Esta comparação foi formulada no intuito de verificar como esses tomadores de decisões, com ação direta na administração pública e no planejamento das cidades, opinam em relação aos demais.

Foram realizadas provas de normalidade nas respostas dos especialistas para verificar o tipo de análises estatísticas aplicáveis. Os resultados mostraram que os dados da pesquisa não apresentam aderência à distribuição normal, indicando que se requer a aplicação de análises do tipo não paramétrico. Para as análises foi empregada a ferramenta estatística do software SigmaPlot 13.0.

A diferença entre as avaliações dos diferentes subgrupos de especialistas foi estudada, portanto, com testes *Mann-Whitney Rank Sum*, equivalente não paramétrico do teste de análise da variância (ANOVA). O teste basicamente calcula diferenças entre as medianas de dois grupos de avaliações, permitindo identificar se as diferenças entre elas são produto da aleatoriedade ou possuem uma diferença estatisticamente significativa.

As Tabelas 6-3, 6-4 e 6-5 apresentam os resultados. São comparadas as médias geométricas (MG, utilizada para agregar a opinião de todos os especialistas), mediana (\tilde{x}), posição obtida segundo a agregação de opiniões do subgrupo de especialistas, e a significância. Quando $p < 0.05$, rejeitasse a hipótese nula (a diferença entre as amostras é originada por acaso), isto é, poderia se afirmar, com 95% de confiança, que as opiniões dos subgrupos de especialistas são diferentes.

Tabela 6-3. Comparação de resultados de especialistas com familiaridade alta com o conceito TOD versus especialistas com familiaridade média ou baixa

Mobilidade...	Familiaridade alta (n=37)			Média ou pouca (n=58)			p
	MG	\tilde{x}	Posição	MG	\tilde{x}	Posição	
Segura	1,88	2	1	1,97	2	1	0,689
Verde	2,90	3	4	3,28	4	5	0,121
Inclusiva	2,36	2	2	2,67	3	3	0,207
Conveniente	2,68	3	3	2,58	3	2	0,622
Produtiva	3,48	5	5	2,70	3	4	0,008

MG: Média geométrica. \tilde{x} : mediana

Tabela 6-4. Comparação de resultados de especialistas residentes no Brasil versus especialistas residentes nos outros países

Mobilidade...	Brasil (n=60)			Resto (n=35)			p
	MG	\tilde{x}	Posição	MG	\tilde{x}	Posição	
Segura	1,89	2	1	2,02	2	1	0,659
Verde	3,10	4	5	3,16	4	5	0,933
Inclusiva	2,69	3	3	2,32	2	2	0,210
Conveniente	2,56	3	2	2,71	3	3	0,567
Produtiva	2,97	4	4	3,00	4	4	0,799

MG: Média geométrica. \tilde{x} : mediana

Tabela 6-5. Comparação de resultados de especialistas que trabalham na área de Planejamento – Administração Pública versus os especialistas das outras áreas

Mobilidade...	Planejamento (n=30)			Não planejamento (n=65)			p
	MG	\tilde{x}	Posição	MG	\tilde{x}	Posição	
Segura	1,92	2	1	1,94	2	1	0,930
Verde	2,84	3	4	3,26	4	5	0,315
Inclusiva	2,52	3	2	2,56	3	3	0,927
Conveniente	2,81	3	3	2,23	3	2	0,298
Produtiva	3,11	4	5	2,92	4	4	0,818

MG: Média geométrica. \tilde{x} : mediana

O único caso com diferença estatisticamente significativa ocorreu na avaliação da mobilidade produtiva entre especialistas com familiaridade alta com o TOD versus especialistas com familiaridade média ou pouca ($p=0.008$). Os especialistas que já aplicaram o TOD em algum caso de estudo preferem priorizar a prática de uma mobilidade verde e saudável sobre a mobilidade produtiva. Além das preocupações com as mudanças climáticas, essa preferência pode ser explicada de acordo com o conceito TOD, que busca promover bairros mais vivos e atrativos para o transporte não motorizado como estratégias que, complementarmente, também induzem a um maior uso do transporte público, aumentando a sua produtividade.

Das tabelas supracitadas é possível observar também uma variação entre as classificações associadas aos atributos mobilidade conveniente e inclusiva. Estes dois atributos variam entre as posições 2 e 3 de importância, porém, não apresentam diferenças estatisticamente significativas entre os subgrupos de comparação. Já a mobilidade segura apareceu como o atributo mais importante da mobilidade sustentável em todos os casos, ressaltando a importância deste atributo, e a necessidade de sua aplicação, nos países em desenvolvimento.

Por conseguinte, as análises empreendidas mostraram a pouca variação nos critérios de avaliação da mobilidade sustentável entre os diferentes subgrupos de especialistas, dotando de grande consistência os resultados alcançados. Isso permitiria a aplicação dos resultados independentemente do país ou campo de

atuação do avaliador. De tal modo, é possível agregar a opinião de todos os especialistas em uma única classificação que permita a formulação de pesos para cada atributo. Para isso, calculasse a média geométrica das avaliações.

Os valores resultantes são apresentados na Tabela 6-6, assim como a posição de cada atributo, demarcando sua importância com respeito aos demais. O teste estatístico *Wilcoxon signed rank test* foi realizado para avaliar a possibilidade de existir diferença estatisticamente significativa entre a mediana do atributo na posição i e a mediana do atributo na posição $i + 1$. No caso, a hipótese nula indica que não há diferença estatisticamente significativa entre a posição i e a posição $i + 1$.

Tabela 6-6. Agregação dos rankings dos especialistas e pesos dos atributos

Mobilidade...	MG	Posição i	Peso w_i	$p (i \text{ vs. } i + 1)$	$p (i \text{ vs. } i + 2)$
Segura	1,93	1	0,333	0,022	0,025
Verde	3,12	5	0,067		
Inclusiva	2,55	2	0,267	0,601	
Conveniente	2,61	3	0,200	0,012	0,038
Produtiva	2,98	4	0,133	0,877	

Como resultado, obteve-se que as posições 1 e 3 são diferentes das posições 2 e 4, respectivamente, isto é, o atributo em posição 1 (mobilidade Segura) foi de fato priorizado sobre o atributo da posição 2 (mobilidade Inclusiva), e de igual maneira para os atributos de mobilidade Conveniente e mobilidade Produtiva. Entre as posições 2 e 3, e entre as 4 e 5, não houve diferença estatisticamente significativa ($p > 0.05$), indicando que não se pode estabelecer uma prioridade entre a mobilidade Inclusiva e a Conveniente, ou entre a Produtiva e a Verde-Saudável, respectivamente.

Adicionalmente, para esses casos foi avaliada a existência de diferença estatisticamente significativa entre a posição i e $i + 2$. Desta maneira, comprovou-se que entre os atributos mobilidade Segura e mobilidade Conveniente, e, mobilidade Conveniente e mobilidade Verde – Saudável (posições 1 e 3, 3 e 5 respectivamente) houve diferença significativa ($p < 0.05$). Isso sustenta a decisão de manter as posições indicadas, visando calcular os pesos mediante o método *Rank Sum* (RS).

Destaca-se nas avaliações dos especialistas a preferência colocada na dimensão social da sustentabilidade, priorizando uma mobilidade Segura, Inclusiva e Conveniente como os três atributos de maior importância na mobilidade sustentável. Em primeiro lugar, a segurança, reafirma a necessidade de cuidar a vida e a integridade das pessoas, constantemente expostas tanto pela falta de segurança viária como pessoal. A criação de ambientes urbanos que facilitem o convívio entre as

diferentes de modalidades de transporte, sem terminar por excluir nem o carro nem o pedestre, torna-se vital nesse sentido.

De igual maneira, a importância de uma mobilidade mais Inclusiva bem como Conveniente e Justa socialmente se mostraram valorizadas por especialistas de toda América Latina, indicando a necessidade de se criar condições que facilitem o desenvolvimento humano. O acesso universal às oportunidades deve continuar a ser uma prioridade, tanto para pessoas com deficiências físicas, como para aquelas de menores condições socioeconômicas.

A mobilidade Verde e saudável e a mobilidade produtiva apresentaram um comportamento particular, segundo observado na Figura 6-3. Enquanto a mobilidade Produtiva foi colocada um maior número de vezes como o atributo mais importante em comparação com os atributos Verde, Inclusiva e Conveniente, foi também o atributo mais selecionado como de menos importância, o que acabou colocando-a na quarta posição. Já a mobilidade verde e saudável, que foi classificada na última posição só a metade das vezes em comparação com ao atributo de produtividade, acabou no último lugar depois de agregar as opiniões dos especialistas.

Por fim, aplicando os pesos encontrados na Equação 5.8 obtém-se:

$$N_{TOD} = 0,333 * In_{ms} + 0,267 * In_{mi} + 0,200 * In_{cj} + 0,133 * In_{mp} + 0,067 * In_{vs} \quad \text{Equação 6-1}$$

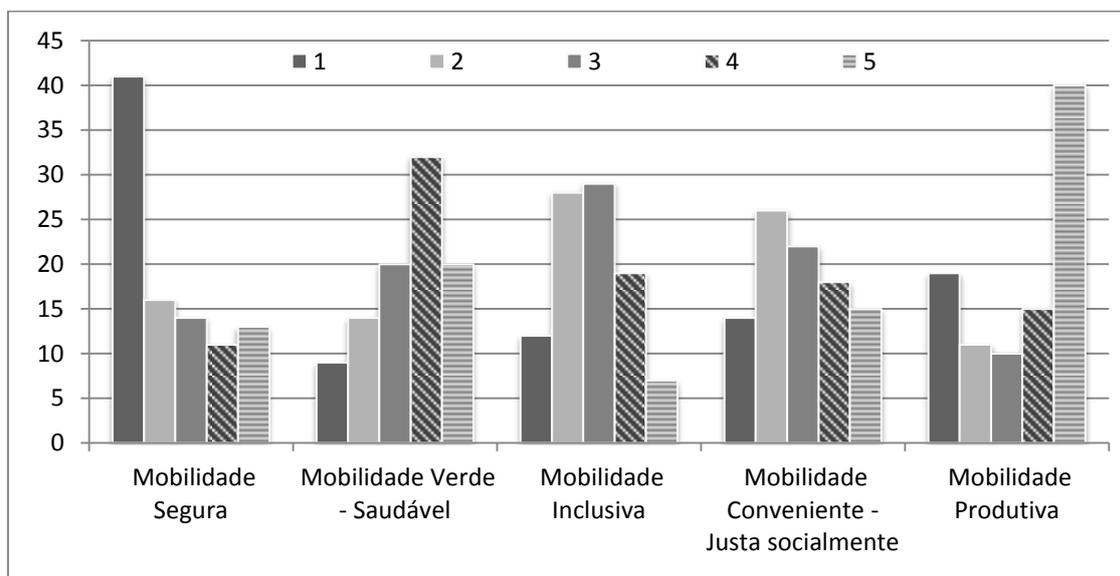


Figura 6-3. Notas obtidas por cada atributo da mobilidade sustentável

6.3 Construção da análise relacional

Em consonância com os procedimentos delineados na seção 5.5 desta dissertação, a análise relacional é construída a partir de uma consulta aos especialistas em mobilidade sustentável.

6.3.1.1 Resultados da primeira fase

Foram obtidas 57 respostas. Os especialistas foram convidados a avaliar a contribuição de cada dimensão do ambiente construído em cada atributo da mobilidade sustentável, em uma escala de 1 a 10. Avaliações próximas a 10 indicam uma contribuição maior da dimensão j do ambiente construído sobre o atributo i da mobilidade. O procedimento de agregação é feito mediante o cálculo da média geométrica e os valores obtidos foram normalizados na escala de 0 a 1.

De acordo com o citado na seção 0, observa-se pouca diferença entre as diferentes dimensões do ambiente construído em quanto a sua influência em cada atributo da mobilidade sustentável, conforme apresentado na Tabela 6-7. A maior diferença foi de cinco centésimas entre as contribuições da densidade urbana (0.17) e de disponibilidade do transporte público (0.22) no atributo que representa a inclusão social na mobilidade.

Estes resultados podem ser discutidos sob dois pontos de vista: o primeiro, referente à metodologia empregada para captar a percepção dos especialistas, e o segundo, referente ao significado dos resultados obtidos. A primeira discussão sugere que a metodologia de avaliação empregada, com uma escala de 1 a 10, foi bastante ampla para o propósito de avaliar contribuição de aspectos que, inevitavelmente, resultam desejáveis de se ter em qualquer área de planejamento urbano. Assim, um especialista avalia positivamente todos eles, sem considerar a contribuição que, comparativamente, possa ter a dimensão j_X versus a dimensão j_Y , no atributo específico da mobilidade que está sendo avaliado.

Tabela 6-7. Pesos obtidos para a relação entre atributos da mobilidade e as dimensões do ambiente construído – Primeira fase

Mobilidade	Densidade urbana	Diversidade - Uso misto do solo	Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	Disponibilidade do Transporte Público	Acessibilidade do destino
Segura	0,18	0,19	0,21	0,20	0,21
Verde - Saudável	0,18	0,20	0,22	0,20	0,21
Inclusiva	0,17	0,19	0,21	0,22	0,22
Conveniente - Justa S.	0,18	0,20	0,19	0,21	0,22
Produtiva	0,19	0,20	0,19	0,21	0,21

Já o segundo ponto de vista, em que a metodologia empregada é assumida como correta, a interpretação dos resultados atenua o valor da atual proposta metodológica. A motivação desta pesquisa se baseia em que os atuais métodos para a aplicação do TOD começam diretamente por abordar os fatores causais, sem um estudo prévio dos sintomas da mobilidade. Porém, se começar com o estudo dos sintomas numa metodologia que, de maneira sistemática, leva à conclusão de que qualquer ação sobre a acessibilidade, isto é, sobre as dimensões do ambiente construído, melhoraria todos os sintomas em partes iguais, está se perdendo o tempo. No caso, começar pelo estudo dos sintomas da mobilidade não acrescentaria nada diferente às metodologias atuais que trabalham diretamente com os fatores causais.

Com base na discussão anterior, foi programada a segunda fase da pesquisa com uma abordagem diferente.

6.3.1.2 Resultados da segunda fase

Durante a segunda fase foram obtidas 38 respostas. Os especialistas foram convidados a escolher, no máximo, três dimensões do ambiente construído que “recomendaria melhorar” para atingir um aumento no desempenho de cada atributo da mobilidade sustentável. Além disso, solicitou-se classificar as dimensões selecionadas em ordem de importância, visando aplicar a técnica SMARTER na obtenção de pesos.

O resumo dos resultados desta fase, para cada um dos atributos da mobilidade, é apresentado da Tabela 6-8 à Tabela 6-12. São indicadas quantas vezes as dimensões do ambiente construído foram colocadas pelos especialistas nas posições 1, 2 ou 3, o resumo da quantidade de vezes que cada uma foi selecionada, a média geométrica ponderada (MGP) e a posição final. Esta última foi determinada segundo o produto da MGP e a porcentagem de vezes que a dimensão j foi selecionada.

Tabela 6-8. Análise relacional entre a mobilidade segura e as dimensões do ambiente construído

Dimensão do ambiente construído	posição 1	posição 2	posição 3	% vezes	MGP	Posição
Densidade Urbana	1	4	4	8%	1,54	
Diversidade - uso misto do solo	8	3	7	16%	1,83	
Desenho urbano - qualidade da caminhada	18	9	7	31%	2,15	1
Disponibilidade do transporte público	9	9	6	22%	1,96	2
Acessibilidade do destino	2	12	12	23%	1,50	3

Para a mobilidade segura, as dimensões do ambiente construído mais significativas foram desenho urbano, disponibilidade de transporte público e acessibilidade do destino, respectivamente. Destaca-se que os especialistas colocam

o desenho urbano em primeiro lugar, dimensão que representa tanto a estrutura da malha urbana quanto a qualidade da infraestrutura para as viagens não motorizadas, sendo que o transporte ativo é mais vulnerável perante os acidentes. A dimensão de Diversidade – uso misto do solo, com uma MGP maior do que acessibilidade do destino, não entrou na classificação final já que foi mencionada em menos ocasiões.

A mobilidade verde – saudável é, no conceito dos especialistas, principalmente influenciada pelo desenho urbano (Tabela 6-9). O resultado é razoável já que uma malha viária de melhor conectividade, bem como um desenho que permita o transporte não motorizado de forma segura e confortável, aumenta o potencial de incentivar às pessoas a fazerem escolhas mais saudáveis e amigáveis com o meio ambiente. Nesse atributo, os especialistas reconheceram também a variedade de destinos e a disponibilidade do transporte público como incentivos para os modos não motorizados, fazendo com que as atividades diárias fiquem mais próximas.

Tabela 6-9. Análise relacional entre a mobilidade verde – saudável e as dimensões do ambiente construído

Dimensão do ambiente construído	posição 1	posição 2	posição 3	% vezes	MG ponderada	Posição
Densidade Urbana	4	5	6	14%	1,69	
Diversidade - uso misto do solo	11	9	7	25%	1,97	2
Desenho urbano - qualidade da caminhada	14	13	4	28%	2,20	1
Disponibilidade do transporte público	6	6	7	17%	1,76	3
Acessibilidade do destino	2	3	12	16%	1,29	

No caso da mobilidade inclusiva (Tabela 6-10) foram ressaltadas a acessibilidade do destino, o desenho urbano e a disponibilidade do transporte público. A acessibilidade dos destinos próximos, que facilitem às pessoas o atendimento das suas necessidades é vital nessa inclusão, estimulando a sua participação da vida em comunidade e dotando-os de autonomia.

Tabela 6-10. Análise relacional entre a mobilidade inclusiva e as dimensões do ambiente construído

Dimensão do ambiente construído	posição 1	posição 2	posição 3	% vezes	MG ponderada	Posição
Densidade Urbana	3	1	5	8%	1,56	
Diversidade - uso misto do solo	4	6	5	13%	1,77	
Desenho urbano - qualidade da caminhada	11	10	6	24%	2,02	2
Disponibilidade do transporte público	12	5	14	28%	1,71	3
Acessibilidade do destino	8	15	7	27%	1,90	1

A disponibilidade de transportes públicos, apesar de ser a dimensão de maior frequência na posição 1, também o foi na posição 3, o que acabou por deixar essa dimensão no terceiro lugar. Assim, os especialistas consideraram que disponibilizar um transporte de boa qualidade é de grande importância para a inclusão social, permitindo às pessoas acessarem às atividades espalhadas na cidade.

Esta avaliação pode ser discutida também à luz de políticas sociais promovidas por governos latino-americanos, como o programa “Minha casa minha vida” e o programa de “100.000 casas grátis” na Colômbia. Neles foram entregues moradias com o alvo de melhorar a qualidade de vida da população mais pobre. Porém, em muitos casos, as moradias foram construídas em locais afastados das oportunidades e carentes de infraestruturas, entre elas os transportes, terminando por segregar ainda mais aquela população.

Por conseguinte, os especialistas consultados parecem concordar quanto à importância dos transportes num sistema de mobilidade mais inclusivo, não só com pessoas com deficiência, mas com as pessoas e comunidades mais carentes socioeconomicamente.

Cabe ressaltar também que a Disponibilidade do transporte público resultou como a dimensão do ambiente construído selecionada com maior frequência. Porém, em nenhum dos casos aparece como a dimensão mais importante. Dessa maneira, esta dimensão joga um papel de suporte às demais características do ambiente urbano construído.

A Diversidade e Uso misto do solo ficou como a dimensão mais influente para atingir uma mobilidade mais conveniente e justa socialmente, avaliação que repetiu na mobilidade produtiva. De tal modo, a opinião agregada dos especialistas concorda com que ambientes urbanos com maior diversidade incentivam viagens curtas e mais dinamismo, tornando a região um polo gerador e atraente de viagens tanto internas quanto externas. Ainda nessa dimensão (Tabela 6-11), a proximidade de transportes e destinos, mostra-se importante para melhorar as condições de acesso das pessoas ao seu desenvolvimento.

A mobilidade produtiva (Tabela 6-12), segundo esperado, valorizou a diversidade e a densidade urbana como dimensões influentes. De fato, a mobilidade produtiva corresponde à única dimensão em que o adensamento urbano tem sido enfatizado pela sua influência. As demais dimensões de influência na produtividade correspondem à diversidade urbana e disponibilidade do transporte público, sendo que

estas características urbanas são as que facilitam a transformação da demanda virtual, proveniente da densidade populacional em demanda atraída ao transporte público.

Tabela 6-11. Análise relacional entre a mobilidade conveniente – justa socialmente e as dimensões do ambiente construído

Dimensão do ambiente construído	posição 1	posição 2	posição 3	% vezes	MG ponderada	Posição
Densidade Urbana	6	5	5	14%	1,87	
Diversidade - uso misto do solo	11	7	8	23%	1,92	1
Desenho urbano - qualidade da caminhada	4	11	7	20%	1,73	
Disponibilidade do transporte público	11	6	6	21%	2,03	2
Acessibilidade do destino	6	8	11	22%	1,62	3

Tabela 6-12. Análise relacional entre a mobilidade produtiva e as dimensões do ambiente construído

Dimensão do ambiente construído	posição 1	posição 2	posição 3	% vezes	MG ponderada	Posição
Densidade Urbana	13	6	7	23%	2,03	2
Diversidade - uso misto do solo	9	13	11	30%	1,77	1
Desenho urbano - qualidade da caminhada	0	7	3	9%	1,62	
Disponibilidade do transporte público	10	6	10	23%	1,79	3
Acessibilidade do destino	6	5	5	14%	1,87	

6.3.1.3 Análise relacional

Os resultados da segunda fase da pesquisa, na qual foi empregada uma metodologia orientada à seleção das dimensões “chave” em cada atributo, mostraram-se diferentes aos da primeira fase, comprovando o viés metodológico incorrido nessa fase inicial. Caso tal viés não existisse, a metodologia da segunda fase mostraria resultados contrários aos obtidos, e a distribuição das avaliações teria sido muito mais proporcional entre as diferentes dimensões do ambiente construído que orientam a mobilidade.

De fato, a diferença encontrada na segunda fase, a qual foi mais acentuada nos atributos de segurança e produtividade, reforça a validade da abordagem utilizada nesta pesquisa, que valoriza a identificação dos problemas de mobilidade antes de propor soluções unicamente considerando fatores causais.

Aceitando os resultados da segunda fase da consulta, a Tabela 6-13 apresenta o resumo do grau de influência das principais três dimensões do ambiente construído para cada atributo da mobilidade, sendo 1 o atributo mais influente.

Tabela 6-13. Relação entre os atributos da mobilidade sustentável e as dimensões do ambiente construído

Mobilidade	Densidade urbana	Diversidade - Uso misto do solo	Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	Disponibilidade do Transporte Público	Acessibilidade do destino
Segura			1	2	3
Verde - Saudável		2	1	3	
Inclusiva			2	3	1
Conveniente-J.S.		1		2	3
Produtiva	2	1		3	

6.4 Considerações finais

Diferentes metodologias provaram obter resultados igualmente diferentes na obtenção da relação entre os atributos da mobilidade sustentável e as dimensões do ambiente construído. Acredita-se que a abordagem da segunda fase é correta, já que, quando solicitado ao especialista indicar, no máximo, as três dimensões de maior influência, tendências emergiram rapidamente em 4 dos 5 atributos da mobilidade, validando a discussão que motivou a realização de uma segunda fase. Além disso, a abordagem e os resultados se mostram mais condizentes com a metodologia proposta.

Em relação às futuras aplicações desta abordagem metodológica, o especialista que esteja realizando o estudo pode se decantar por suportar ambos os pesos dos atributos da mobilidade e a relação entre mobilidade e a acessibilidade com base na revisão bibliográfica, na realização de uma consulta com especialistas independente, ou nos resultados aqui discutidos. Se bem os resultados são o output de um método Ad Hoc, cujo objetivo foi substituir a falta de informações provenientes diretamente de evidência científica, estes (os resultados) se provaram consistentes e, portanto, com representatividade dos conceitos avaliados, além de ser viáveis para a sua aplicação em qualquer país no contexto abrangido.

7 Estudos de caso

O presente capítulo tem dois objetivos principais: em primeiro lugar, verificar a exequibilidade do procedimento metodológico proposto nesta dissertação. Em segundo lugar, aprimorar a metodologia nos pontos que forem necessários. Serão desenvolvidos nesta dissertação casos de estudos em duas cidades da América Latina, Santiago do Chile e Rio de Janeiro.

Santiago do Chile, capital desse país, conta com uma abrangente rede de metrô, que totaliza 5 linhas, ainda em expansão. As áreas no entorno das estações apresentam um grande potencial para a aplicação do TOD (Zegras, 2005). Os dados para a aplicação do caso de estudo foram recebidos diretamente da Secretaria de Planificação de Transporte – SECTRA – em reunião acontecida no dia 14 de maio de 2015, na cidade de Santiago. Estes dados correspondem aos resultados da mais recente pesquisa Origem-Destino da cidade, concluída no ano de 2015, e incluem:

- Zonas empregadas na OD, em formato ArcGis;
- Rede de Metro, em formato ArcGis;
- Cenários e projeções de uso do solo;
- Zonas empregadas no uso do solo;
- Resultados da pesquisa OD, disponibilizados também no site da SECTRA.

Para o caso da cidade do Rio de Janeiro foram empregados dados do Plano Diretor de Transportes – PDTU – 2013, que inclui a pesquisa OD da cidade. Outras fontes de dados empregadas correspondem ao Instituto Pereira Passos – IPP – e informações espaciais em formato ArcGis disponibilizadas na disciplina COR799 – Aplicação de SIG aos Transportes.

7.1 Seleção das estações para o caso de estudo

O escopo desta metodologia é direcionado ao estudo de zonas TOD de maneira individual. Assim, foram selecionadas quatro estações de cada sistema (metrô do Santiago do Chile e Rio de Janeiro). Esta quantidade foi selecionada visando incluir nas análises estações de demanda de usuários muito alta, alta, média e baixa. Para se definirem esses intervalos de demanda foi estudada a afluência de viagens no período de pico da manhã. As estações foram organizadas em ordem crescente, de acordo com a demanda. No caso do metrô de Santiago foi empregada a demanda

entre as 7:30 e as 9:30 horas, diferentemente do metrô do Rio de Janeiro, no qual o período de análise foi entre as 7:00 e as 9:00 horas.

Após estarem ordenadas as estações, foram retiradas do conjunto aquelas de maior demanda, geralmente localizadas em áreas centrais e caracterizadas por serem grandes polos de integração modal, a fim de se evitar a obtenção de demandas médias e desvios padrões desproporcionados. Além disso, essa restrição para a seleção das estações foi baseada também na tentativa de evitar a inclusão de estações com altas demandas provenientes de fatores alheios ao ambiente construído no entorno das mesmas. Após isso, foi calculada a demanda média (\bar{d}) das estações remanescentes. Posteriormente, o desvio padrão foi somado e subtraído da \bar{d} .

Desse modo, no caso do Metrô de Santiago, a partir da demanda média das estações incluídas na análise, foi possível definir uma estação de demanda baixa ($\bar{d} - 1x$ desvio padrão), uma estação de demanda média (demanda $\approx \bar{d}$), uma estação de demanda alta ($\bar{d} + 1x$ desvio padrão) e outra estação de demanda muito alta ($\bar{d} + 2x$ desvio padrão). Já no metrô do Rio de Janeiro, após a depuração das estações de maior demanda (Central e Pavuna) foi obtido um desvio padrão baixo, que permitiu identificar as estações nos diferentes intervalos de demanda almeçados. Assim, as estações selecionadas para o estudo são apresentadas na Tabela 7-1 e na Figura 7-1.

Tabela 7-1. Eleição de estações para desenvolvimento do caso de estudo

Cidade	Estação demanda baixa	Estação demanda média	Estação demanda alta	Estação demanda muito alta
Santiago ^a Estações: 108 Linhas: 5 Demanda média no período pico da manhã: 3.365 embarques	Lo Prado (linha 5) Embarques estudo de demanda: 951	Neptuno (linha 1) Embarques estudo de demanda: 3.457	Pedro de Valdivia (linha 1) Embarques estudo de demanda: 5.472	Elisa Correa (linha 4) Embarques estudo de demanda: 7.059
Rio de Janeiro ^b Estações: 35 Linhas: 2 Demanda média no período pico da manhã: 2.314 embarques	Triagem (linha 2) Embarques PDTU: 905	Alfonso Pena (linha 1) Embarques PDTU: 2.170	Coelho Neto (linha 2) Embarques PDTU: 4.253	Botafogo (linha 1) Embarques PDTU: 5.856

^a Sem considerar as estações Hospital Sótero del Rio, Vicente Valdés, Plaza Puente Alto, Plaza Maipú, La Cisterna 2 e Las Rejas, por serem grandes polos de integração modal, situação que aumenta a \bar{d} e o desvio padrão.

^b Sem considerar as estações Pavuna e Central, por serem grandes polos de integração modal, situação que aumenta a \bar{d} e o desvio padrão.

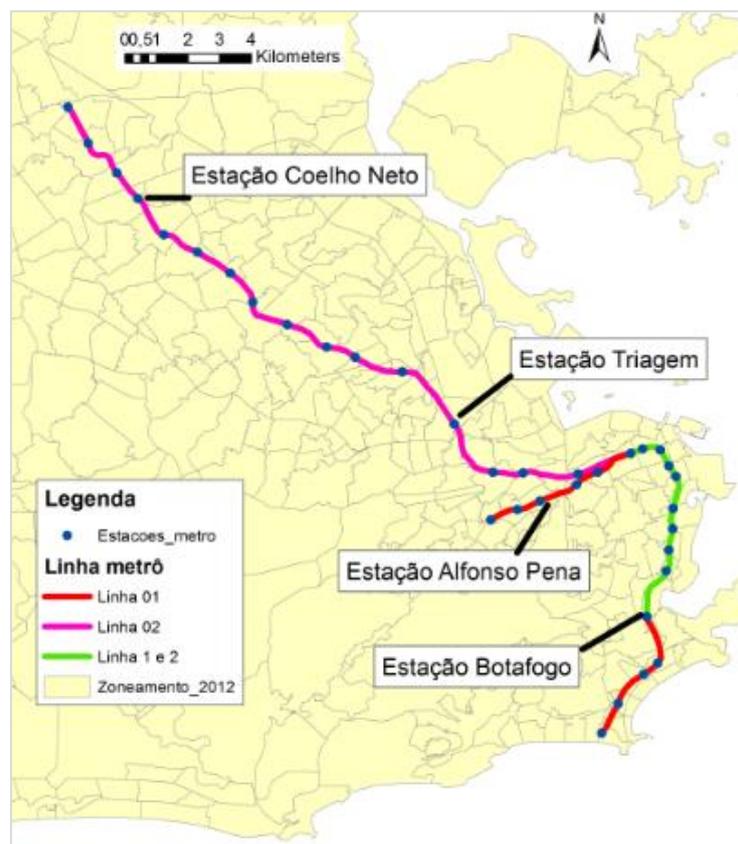


Figura 7-1. Localizações das estações analisadas em Santiago (acima) e no Rio de Janeiro (embaixo)

7.2 Metrô de Santiago

7.2.1 Passo 1: Caracterização da área de estudo

Para a caracterização das zonas de estudo são recopiladas informações relativas ao uso do solo na área estudada, bem como informações geográficas da zona. Para estas últimas, uma boa fonte é o OpenStreetMap (<https://www.openstreetmap.org>), caso não se tenha a cartografia oficial da cidade. A Tabela 7-2 apresenta as informações relativas às estações de demanda baixa e média do metrô de Santiago. Nela são apresentadas as Zonas de Uso do Solo – ZUS – na área de influência de cada estação. Devido a que a informação de usos do solo foi disponibilizada por cada ZUS, a informação do uso do solo correspondente à área TOD é calculada por meio da porcentagem de área equivalente. A Figura 7-2 e a Figura 7-3 apresentam as áreas adjacentes às estações supracitadas. As figuras incluem informação sobre as ZUS, a rede viária e ciclovitária no setor e a demarcação da área TOD considerada nesta pesquisa.

Tabela 7-2. Informações de caracterização das estações Lo Prado e Neptuno do metrô de Santiago

Estação	ZUS	Área zona (m ²)	Área zona TOD (m ²)	% área	Moradia (m ²)	Comércio e serviços (m ²)	Outros (m ²)
Lo Prado	104	654.595	205.517	31%	66.393	2.886	2.565
	105	234.546	188.036	80%	42.559	6.010	7.600
	106	672.036	248.727	37%	57.070	4.639	5.210
	109	549.347	147.091	27%	34.273	838	1.427
Neptuno	108	521.916	196.561	38%	47.050	3.586	18.427
	109	549.347	194.933	35%	45.420	1.111	1.891
	110	856.377	232.204	27%	23.505*	470*	4.762
	111	192.401	143.062	74%	35.992	559	785
	112	667.348	17.612	3%	4.911	465	522

*Será considerada como 0 m² devido a que a porcentagem da ZUS 110 corresponde às garagens do Metrô, segundo mostrado na Figura 7-3.

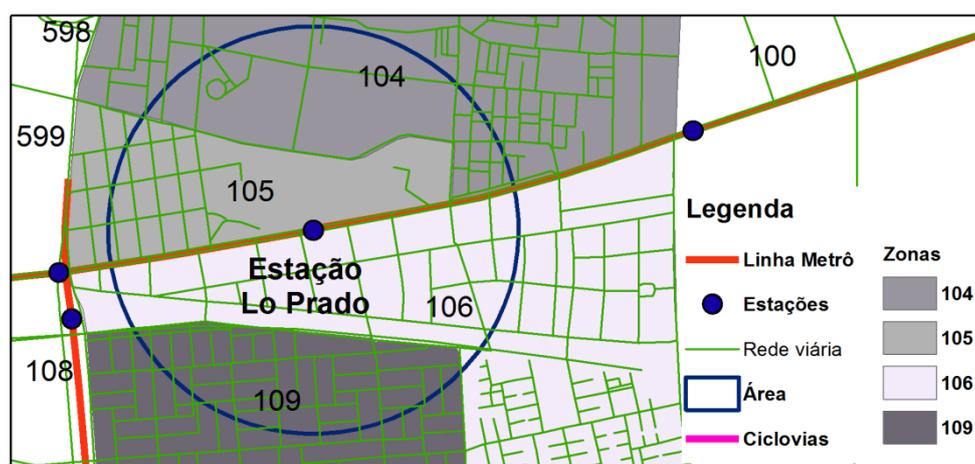


Figura 7-2. Estação Lo Prado

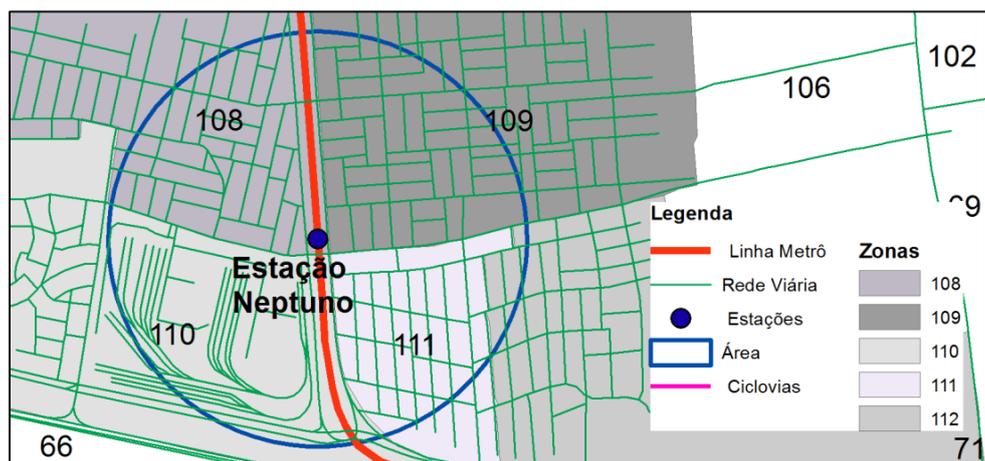


Figura 7-3. Estação Neptuno

A Tabela 7-3 apresenta as informações relativas às estações de demanda Alta e Muito Alta. Comparativamente com as estações de demanda baixa e média, a estação Pedro de Valdivia, de demanda considerada como alta, apresenta maiores densidades tanto em moradia como no uso comercial e serviços.

Tabela 7-3. Informações de caracterização das estações Pedro de Valdivia e Elisa Correa

Estação	ZUS	Área zona (m2)	Área zona TOD	% área	Habitação (m2)	Comercial e serviços (m2)	Outros (m2)
Pedro de Valdivia	157	331.884	137.431	41%	110.702	123.842	86.378
	158	242.389	152.210	63%	73.216	163.337	106.542
	161	721.653	166.009	23%	134.474	78.010	90.802
Elisa Correa	467	585.870	283.949	48%	166.934	182.453	123.376
	458	1.109.697	157.810	14%	36.917	2.707	6.695
	460	1.131.783	197.648	17%	59.517	1.083	1.211
	555	593.417	188.461	32%	72.038	940	2.259
	562	3.526.681	230.337	7%	41.787	684	2.722

No entanto, a situação não acontece com a estação de demanda muito alta, Elisa Correa. A identificação destas informações permite ao avaliador fazer uma primeira ideia da situação atual nas áreas estudadas. A Figura 7-4 e a Figura 7-5 apresentam as áreas no entorno a estas estações.

7.2.2 Passo 2: Comportamento de viagem

Neste passo da metodologia são calculados e normalizados os indicadores do comportamento de viagem atual nas áreas de estudo. Uma fonte natural de informações para este passo são as pesquisas de Origem - Destino (OD). Serão empregadas informações da pesquisa utilizando os fatores de expansão indicados nas bases de dados disponibilizadas pelo SECTRA. A normalização por meio da comparação com valores de referência para cada indicador ajuda no diagnóstico da situação atual.

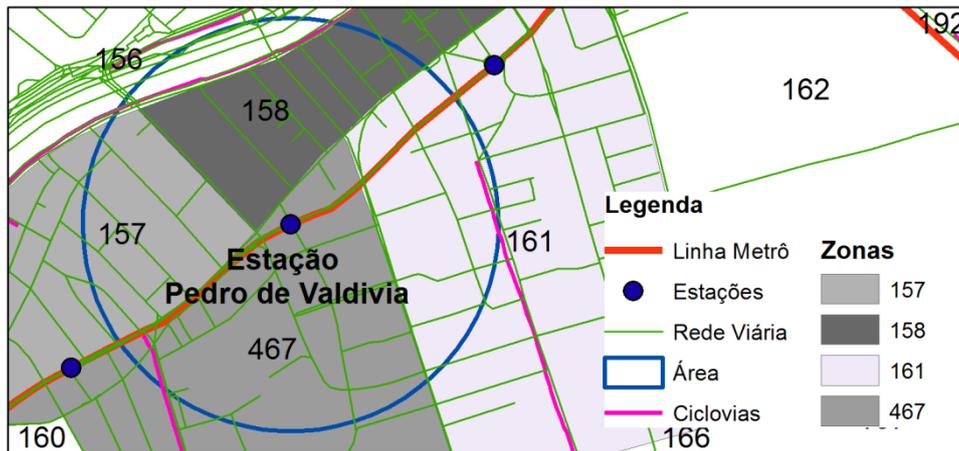


Figura 7-4. Estação Pedro de Valdivia



Figura 7-5. Estação Elisa Correa

Mobilidade Segura

$I_{ms} = \frac{X_{vp}}{X_T}$, onde X_{vp} corresponde à quantidade de viagens em veículo privado e X_T à quantidade total de viagens na zona. A pesquisa OD de Santiago não considerou a mesma nomenclatura para as zonas de uso do solo – ZUS – e as zonas de análise de tráfego – TAZ – empregadas na pesquisa OD. Assim, deve se ter cuidado na identificação das zonas válidas. No entanto, foi verificado que, dentre das TAZ contidas nas áreas TOD de estudo, apenas uma das zonas apresenta variação nos limites que a definem, correspondente à ZUS 562 ou, como visto na Tabela 7-4, TAZ 688 na pesquisa OD.

A Tabela 7-5 mostra os valores calculados para o I_{ms} para todas as viagens geradas ao longo do dia. Os resultados foram normalizados considerando cerca 20% das viagens em modos motorizados privados como o máximo valor admissível para essa parcela das viagens.

Tabela 7-4. Correspondência entre zonas ZUS e zonas TAZ

Estação	ZUS	TAZ	Estação	ZUS	TAZ
Lo Prado	105	350	Pedro de Valdivia	161	497
	104	351		158	498
	106	358		157	499
	109	359		467	500
	111	354		Elisa Correa	458
Neptuno	112	355	562		688
	108	356	460		703
	110	357	555		724
	109	359			

A zona TOD Lo Prado, que apresenta a menor demanda de passageiros na estação, caracteriza-se por 37,4% das viagens sendo feitas em transporte motorizado individual, como automóvel ou táxi. Por esse motivo, a zona obteve um I_{ms} de 0,54, afastado do valor aceitável. Foi observado que estas avaliações são causadas porque a TAZ 350, que gera 50% das viagens da zona TOD, apresenta uma forte orientação ao transporte individual motorizado.

Tabela 7-5. Cálculo do I_{ms} para as viagens ao longo do dia – caso Santiago

Estação	Número total de viagens ^a	I_{ms}	I_{ms}
Lo Prado	20.852	37,4%	0,54
Neptuno	14.963	13,4%	1,00
Pedro de Valdivia	128.453	32,4%	0,62
Elisa Correa	9.922	35,6%	0,56

^a considerando todos os modos

De maneira similar, as estações Pedro de Valdivia e Elisa Correa apresentaram mais de 30% das viagens em modos motorizados individuais, obtendo pontuações baixas. A estação Neptuno ressalta como a zona TOD com melhor avaliação da mobilidade segura, já que apenas 13% das viagens são feitas nesses modos.

Mobilidade Verde e Saudável

Calculada como a porcentagem de viagens não motorizadas na zona TOD. O indicador I_{vs} é normalizado com respeito a uma divisão modal em que 40% são feitas por modos não motorizados. Os resultados são apresentados na Tabela 7-6. A estação Pedro de Valdivia ressalta apresentando a maior quantidade de viagens em bicicleta, o que pode ser promovido pelas duas ciclovias nas proximidades, segundo a Figura 7-4. Contrário ao esperado, as zonas TOD que correspondem às estações de maior demanda apresentam as menores porcentagens de viagens não motorizadas. No entanto, é provável que a maioria das viagens de metrô precise de uma primeira etapa de acesso não motorizada, pelo que considerando essa etapa as zonas certamente teriam uma melhor avaliação.

Tabela 7-6. Cálculo do I_{vs} nas zonas TOD – caso Santiago

Estação	Caminhada	Bicicleta	Número total de viagens ^a	I_{vs}	In_{vs}
Lo Prado	5.110	206	20.852	25,5%	0,64
Neptuno	7.135		14.963	47,7%	1,00
Pedro de Valdivia	17.428	4.122	128.453	16,8%	0,42
Elisa Correa	192	651	9.922	8,5%	0,21

^a considerando todos os modos

A zona TOD Neptuno apresenta um In_{vs} perfeito, já que de fato mais de 47% das viagens são feitas em modos não motorizados, com destaque para a caminhada. A zona TOD Lo Prado segue na avaliação, com 25% das viagens por modos não motorizados e um In_{vs} de 0,64. A divisão modal da estação Elisa Correa indica pouca utilização dos modos não motorizados, com apenas 8%. Essa situação pode se dever a que corresponde à zona TOD avaliada mais distante do centro da cidade, incentivando, possivelmente, a realização de viagens longas onde o transporte ativo deixa de ser uma opção sustentável.

Mobilidade Inclusiva

Para o cálculo do indicador I_{mi} foi necessário fazer um cruzamento das bases de dados de pessoas com a base de dados das famílias que moram dentro da zona TOD. Isso devido a que a georreferenciação aparece apenas nessa última base de dados (as pessoas não são georreferenciadas, mas sim as moradias das famílias). Os resultados são apresentados na Tabela 7-7. De maneira geral, as zonas TOD Lo Prado, TOD Neptuno e TOD Pedro de Valdivia apresentam um bom comportamento na mobilidade inclusiva. Nas áreas de Lo Prado e Neptuno, 75% das pessoas que não viajam possuem alguma fonte de renda, indicando que poderia se tratar do dia de descanso ou que trabalham desde casa, pelo que a sua imobilidade não corresponde com um fator de falta de inclusão social e falta de acesso às oportunidades.

Tabela 7-7. Cálculo do I_{mi} nas zonas TOD

Estação	Pessoas	Não Viaja	I_{mi}	In_{mi}	Tem ingressos? ^a	
					Sim	Não
Lo Prado	6.589	714	10,8%	0,92	75%	25%
Neptuno	8.508	924	10,9%	0,92	75%	25%
Pedro de Valdivia	12.817	171	1,3%	1,00	0%	100%
Elisa Correa	6.352	1.482	23,3%	0,43	8%	92%

^a Das pessoas que não viajaram

A zona TOD Elisa Correa apresenta a maior porcentagem de imobilidade, contrário ao esperado por ser a estação de maior mobilização de passageiros. Entre possíveis fatores causais de ordem socioeconômicos, encontra-se que 92% das pessoas que não viajam não possuem nenhuma fonte de renda, como visto na Tabela

7-7. Buscando identificar os motivos dessa situação, foram estudadas as características de renda, idade e motivo para não terem viajado, segundo apresentado na Tabela 7-8.

Tabela 7-8. Fatores socioeconômicos de imobilidade na estação Elisa Correa

Idade	Possui renda		Não possui renda	
	Descanso	Dona de casa	Descanso	
56-64	8%		13%	
25-40		18%	24%	
18-24		11%		
<5			26%	

Destacaram-se entre as pessoas que não realizam viagens as “donas de casa” com idade entre 18 a 40 anos (29%) e pessoas adultas 25 a 64 anos que indicaram descanso como motivo da não realização de viagens, mas que não possuem fonte de renda (37%). Em menor proporção estão as crianças menores de 5 anos (26%), que de fato não deveriam realizar viagens nem possuir renda.

Mobilidade Conveniente e Justa socialmente

Segundo visto na seção 5.3.2.4, a mobilidade conveniente corresponde ao tempo médio de viagem em transporte público para os motivos de viagem de trabalho e estudo. Como referência para a normalização, estima-se 30 minutos como o máximo tempo de viagem conveniente para cada deslocamento. A Tabela 7-9 apresenta os resultados para as zonas de estudo.

Tabela 7-9. Cálculo do I_{cj} nas zonas TOD – caso Santiago

Estação	Todas as viagens geradas na zona TOD				Viagens de moradores da zona TOD			
	\bar{t}_v trabalho	\bar{t}_v estudo	I_{cj}	In_{cj}	\bar{t}_v trabalho	\bar{t}_v estudo	I_{cj}	In_{cj}
Lo Prado	52,0	56,2	52,3	0,57	45,5	65,3	47,2	0,63
Neptuno	62,0	22,9	49,1	0,61	63,9	30,0	59,0	0,51
Pedro de Valdivia	62,6	55,4	60,9	0,49	36,8	31,4	34,5	0,87
Elisa Correa	48,6	53,7	50,0	0,60	47,8	54,6	49,6	0,60

Todos os \bar{t}_v em minutos

A zona TOD da estação Lo Prado apresenta grandes tempos de viagem tanto para trabalho quanto para estudo, acima de 50 minutos. No entanto, quando consideradas só as viagens feitas por moradores da zona, o tempo de viagem ao trabalho apresenta uma pequena diminuição. A mesma situação se apresenta para as viagens da zona TOD Elisa Correa.

Na estação Neptuno existe uma diferença significativa entre o tempo de viagem com motivo trabalho e estudo, sendo que o tempo ao estudo é menor de 30 minutos tanto para todas as viagens da zona quanto para as viagens feitas só por residentes.

Porém, esse bom comportamento de viagem não foi suficiente para a avaliação da compatibilidade com a mobilidade conveniente já que em média o tempo de viagem ficou no entorno dos 50 minutos, obtendo In_{cj} de 0,61 e 0,51 para todas as viagens e para as viagens só de residentes, respectivamente.

A zona TOD Pedro de Valdivia apresenta uma situação particular devido à grande diferença entre os tempos de viagens totais e os tempos de viagem apenas dos residentes da zona. Isso indica a zona como um importante polo de atração de viagens de cidade e talvez metropolitanas. Desse modo, o In_{cj} toma valores de 0,49 e 0,87 para todas as viagens e para as viagens de residentes, respectivamente.

Mobilidade produtiva

No caso serão analisadas as demandas no horário das 7:30 às 9:30 e das 9:30 às 11:30, respectivamente. Segundo a equação $I_{mp} = X_{fp}/X_{hp} * fu$, deve se calcular também o fator de utilização da estação, fu , que relaciona a demanda na estação com a capacidade prática da linha à qual pertence, conforme apontado na seção 5.3.2.5.

A Tabela 7-10 apresenta o cálculo do I_{mp} . Os resultados indicam que apenas a estação Pedro de Valdivia possui uma demanda que, além de equilibrada entre os períodos de pico e fora do pico, é próxima à utilização adequada da capacidade da estação. A estação Lo Prado possui um fu baixo, indicando que a demanda na estação está bem abaixo da capacidade que poderia ser atendida nessa linha, o que termina por afetar o desempenho do indicador.

Tabela 7-10. Cálculo do I_{mp} nas zonas TOD – caso Santiago

Estação	Linha	Demanda 7:30 - 9:30	Demanda 9:30 - 11:30	75º percentil da linha	fu	I_{mp}	In_{mp}
Lo Prado	L5	951	498	2.884	0,33	0,17	0,25
Neptuno	L1	3.458	1.211	6.833	0,51	0,18	0,25
Pedro de Valdivia	L1	5.472	4.296	6.833	0,80	0,63	0,90
Elisa Correa	L4	7.060	2.051	5.004	1,00	0,29	0,42

No caso da estação Neptuno, que obtém o mesmo In_{mp} da estação supracitada, o problema é gerado por causa da falta de balanceamento entre a demanda na hora de pico e fora de pico, com grande concentração na primeira. De maneira similar, a estação Elisa Correa apresenta uma concentração da demanda no período de pico que é três vezes superior à demanda fora de pico. Estas concentrações de demanda são percebidas como possíveis indicadores de falta de uma dinâmica urbana no entorno da estação que incentive a realização de atividades nos diferentes períodos do dia.

7.2.3 Passo 3: É necessária a aplicação do TOD na área de estudo?

Além da avaliação feita considerando o valor normalizado de cada indicador, a metodologia será testada a partir da elaboração do Índice de Necessidade do TOD, N_{TOD} , proposto nesta dissertação. Para isso, foi utilizada a Equação 6-1.

Os resultados do cálculo do N_{TOD} são apresentados na Tabela 7-11.

Tabela 7-11. Resumo In_i e cálculo do N_{TOD} nas estações estudadas – caso Santiago

Estação	In_{ms}	In_{mi}	In_{cj}	In_{mp}	In_{vs}	N_{TOD}
Lo Prado	0,54	0,92	0,57	0,25	0,64	0,62
Neptuno	1,00	0,92	0,61	0,25	1,00	0,80
Pedro de Valdivia	0,62	1,00	0,49	0,90	0,42	0,72
Elisa Correa	0,56	0,43	0,60	0,42	0,21	0,49

A estação Neptuno apresenta a melhor avaliação, indicando, de maneira geral, a menor necessidade de aplicação dos princípios do TOD. Essa avaliação é promovida pela compatibilidade dos atuais padrões de viagens com a mobilidade segura, inclusiva e verde e saudável. Porém, a mobilidade conveniente e principalmente a mobilidade produtiva poderiam ser estudadas caso o avaliador deseje otimizar a situação atual dessa zona TOD.

Com a segunda melhor avaliação, a zona TOD Pedro de Valdivia já indica a necessidade de maior orientação à prática da mobilidade sustentável. O N_{TOD} de 0,72 é principalmente gerado pela alta parcela de viagens em veículo privado, que diminui a compatibilidade com a mobilidade segura, e altos tempos de viagem que ressaltam a falta de uma mobilidade conveniente e justa, situação gerada principalmente pelas viagens dos visitantes (não moradores) da zona. Igualmente, a mobilidade verde e saudável apresenta problemas a serem tratados.

A zona TOD Lo Prado precisa também da geração de estratégias para melhorar a mobilidade sustentável da zona. Segundo a metodologia, essa zona requer intervenções para aumentar a compatibilidade com quatro dos cinco atributos da mobilidade sustentável: segura, conveniente - justa, produtiva e verde - saudável.

Por fim, o N_{TOD} indica a zona TOD Elisa Correa como a zona com menor compatibilidade entre o comportamento de viagem atual e o esperado na mobilidade sustentável. O resultado pode resultar controverso inicialmente, uma vez que corresponde à estação de maior demanda no período de pico. Contudo, a metodologia proposta, além de punir o pouco equilíbrio na demanda da estação, também se guia pelos diferentes atributos da mobilidade sustentável. Assim, essa zona TOD apresenta

deficiências em todos os atributos da mobilidade, o que termina por indicar a necessidade de gerar estratégias para aproveitar o potencial da zona.

O seguinte passo do procedimento metodológico consiste em estudar detalhadamente os fatores causais dos comportamentos de viagem identificados. Para isso, são utilizadas as dimensões do ambiente construído, além da análise relacional que indica a possível influência que cada uma exerce nos atributos da mobilidade sustentável.

7.2.4 Passo 4: Fatores causais na acessibilidade

Na consulta aos especialistas, apresentada no Capítulo 6 desta dissertação, foram definidas as três dimensões do ambiente construído – em ordem de importância – que apresentaram maior influência em cada atributo da mobilidade sustentável. Essas relações compõem a análise relacional almejada (Ver Tabela 6-13).

Para exemplificar a interpretação destes resultados, em um caso hipotético de precisar melhorar a mobilidade segura, a dimensão mais importante a intervir seria o Desenho Urbano, seguida pela Disponibilidade do Transporte Público e à Acessibilidade do destino. Já fatores causais como a Densidade urbana e a Diversidade apresentariam pouca influência como estratégias para melhorar esse indicador, segundo o indicado de maneira agregada pelos especialistas consultados. A Tabela 7-12 apresenta o resumo das principais dimensões que deverão ser levantadas para cada uma das zonas TOD das estações neste caso de estudo.

Tabela 7-12. Dimensões do ambiente construído a serem avaliadas em cada estação – caso Santiago

Estação	Atributo a melhorar	Possíveis fatores causais				
		Densidade	Diversidade	Desenho	Disponibilidade	Destino
Lo Prado	Segura			x	x	x
	Conveniente		x		x	x
	Produtiva	x	x		x	
	Verde		x	x	x	
Neptuno	Conveniente		x		x	x
	Produtiva	x	x		x	
Pedro de Valdivia	Segura			x	x	x
	Conveniente		x		x	x
	Verde		x	x	x	
Elisa Correa	Todos	x	x	x	x	x

A metodologia sugere focar ações e estratégias nas três dimensões de influência para cada atributo que se deseje melhorar. Contudo, o estudo da totalidade das dimensões do ambiente construído será feito neste trabalho no intuito de, talvez, identificar outros problemas de interesse.

7.2.4.1 Zona TOD Lo Prado

Desenho urbano: Para essa dimensão da acessibilidade foram avaliados 2 dos 4 indicadores propostos na seção 5.5.1.3: Densidade de quarteirões, dq , e Densidade de ciclovias, dc . A contagem do número de blocos foi feita visualmente na base cartográfica e corroborando no Google Maps. Esta zona TOD possui em geral blocos de pequenas dimensões, obtendo uma densidade de 89 quarteirões por km^2 .

$$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{Área (km}^2\text{)}} = \frac{70}{0,78} = 89 \text{ quarteirões/km}^2$$

O valor de referência para este indicador é de 84 quarteirões por km^2 . Desse modo, a área possui um malha urbana suficientemente densa, com presença de quarteirões caminháveis pelo seu tamanho. Entretanto, a densidade de ciclovias é pobre, já que não existe nenhuma infraestrutura desse tipo na área de estudo. Assim o indicador tem um valor de 0, segundo a formulação a seguir:

$$dc = \frac{\sum \text{ciclovias+ciclofaixa (km)}}{\text{área (km}^2\text{)}} = 0 \frac{\text{km}}{\text{km}^2}$$

Disponibilidade do transporte público: Foram estudadas informações da pesquisa OD sobre acesso ao transporte. No caso da pesquisa OD de Santiago do Chile é disponibilizado o tempo de acesso e os quarteirões antes de embarcar no modo especificado, e pode se calcular a distância média até a estação por meio das coordenadas de origem da viagem. Os resultados são apresentados na Tabela 7-13. O tempo de acesso ao Metro corresponde ao maior de todos, com 7.6 minutos, com uma distância média de 3,4 quarteirões e 333 m. Comparativamente, para as pessoas que escolheram se locomover em veículo privado (tanto motorista como passageiro), a distância média até a estação seria menor, caso eles escolhessem viajar de metrô.

Tabela 7-13. Acesso aos diferentes modos na zona TOD Lo Prado

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)	Quarteirões antes (média)	Distância média até a estação ^b (m)
Metrô Lo Prado	7,6	3,4	333,1
Ônibus ^a	4,2	1,9	
Automóvel	1,6	0,1	163,4

^a Alimentador ou Troncal

^b Medida em linha reta

Além disso, mesmo com uma distância média aceitável, o tempo de viagem até estação resulta alto, o que indica possíveis barreiras para a circulação de pedestres na zona, como interseções sinalizadas sem prioridade para o pedestre ou passarelas longas, por exemplo. O acesso ao ônibus parece mais fácil, de acordo às menores distâncias (em quarteirões) e o menor tempo de acesso.

Diversidade de uso do solo: Os valores para o cálculo e o resultado deste indicador, utilizando a entropia, são apresentados na Tabela 7-14. O valor obtido (0,38) indica que a zona possui uma alta segregação de usos, com prioridade para o uso residencial. Assim poucas oportunidades são encontradas no entorno da estação, tornando a mobilidade pouco conveniente e produtiva.

Tabela 7-14. Cálculo A_{div} estação Lo Prado

Usos (K=4)	Comércio e Serviços	Educativo	Moradia	Outros
Total (m2)	14.374,1	4.475,8	200.294,1	12.326,4
Proporção	0,06	0,02	0,87	0,05
Entropia	0,38			

Acessibilidade do destino: Este indicador identifica a disponibilidade de empregos na zona. Segundo citado anteriormente, a relação ideal seria de se ter 1.5 empregos por cada moradia. Entretanto, a informação disponível para aplicação do presente caso de estudo não permite realizar o cálculo diretamente devido à falta de dados do número de vagas de emprego em cada zona.

Porém, pode ser feita uma aproximação utilizando os dados das áreas construídas de comércio, serviços e indústria, e assumindo um fator de área de cada tipo de emprego. Para gerar um cenário conservador, são utilizadas as seguintes áreas: *Comércio* = $20 \text{ m}^2/\text{empregado}$; *Serviços* = $10 \text{ m}^2/\text{empregado}$; e *Indústria* = $25 \text{ m}^2/\text{empregado}$. A Tabela 7-15 apresenta o cálculo do número de empregos.

Tabela 7-15. Cálculo do número de empregos na zona TOD Lo Prado

Setor de emprego	Área	Relação	Empregos ^a
Comércio	8.975,0	$20 \text{ m}^2/\text{empregado}$	449
Serviços	5.399,1	$10 \text{ m}^2/\text{empregado}$	540
Indústria	1.598,9	$25 \text{ m}^2/\text{empregado}$	64
Total	15.973,4		1.053

^a Estimado segundo as relações acima descritas

Dessa maneira, a zona gera aproximadamente 1.053 empregos. Segundo a expansão da pesquisa OD, a população da zona TOD é de aproximadamente 6.589 pessoas no ano da pesquisa. Assim, a acessibilidade ao destino calcula-se a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{1.053}{6.589} = 0,16$$

O resultado – 0,16 empregos por pessoa – indica uma baixa oferta de empregos para a população da zona, sendo que a maioria deverão realizar deslocamentos externos para acessar as oportunidades de trabalho, constituindo a acessibilidade ao destino como um potencial fator causal dos problemas de na zona associados à mobilidade insustentável.

Densidade urbana: Estuda o número de habitantes por km² na zona. Portanto, para se trabalhar este indicador do ambiente construído serão utilizados os dados do arquivo “*persona*” da pesquisa OD, considerando o fator de expansão para os dados de dias úteis em temporada normal.

Assim, a zona TOD Lo Prado tem uma população de 6589 habitantes, aproximadamente. Portanto, o indicador A_{dens} atinge um valor de 8389 pessoas por quilômetro quadrado. Esta densidade é baixa para o padrão latino-americano em centros urbanos e no entorno a sistemas de transporte, no qual adota-se o valor de 19.400 *hab/km²* como referencial almejado.

$$A_{dens} = \frac{6.589}{0,77} = 8.389 \frac{\text{pessoas}}{\text{km}^2}$$

7.2.4.2 Zona TOD Neptuno

Diversidade de uso do solo: esta dimensão se constitui, segundo os resultados da consulta, no principal fator a ser melhorado visando o melhoramento dos atributos problemáticos nessa zona TOD: a mobilidade conveniente - justa socialmente e a mobilidade verde e saudável. Da análise do uso do solo na zona, apresentado na Tabela 7-16, pode se observar que a zona TOD possui a maioria da área construída no uso moradia, enquanto comércio e serviços representam apenas 8%. A mistura destes usos resulta numa Entropia de 0,44, confirmando o desbalanceamento entre eles.

Tabela 7-16. Cálculo A_{div} estação Neptuno

Usos (K=4)	Comércio e Serviços	Educativo	Moradia	Outros
Total (m2)	17.620,0	4.259,0	186.104,4	15.520,7
Proporção	0,08	0,02	0,83	0,07
Entropia	0,44			

Disponibilidade do transporte público: Para o transporte público, a eleição mais conveniente para os residentes e visitantes desta zona TOD é o metrô, que apresenta a menor média, tanto em distância como em tempo de acesso. A Tabela

7-17 apresenta os resultados para esses dois modos, assim como para o veículo. No caso, o veículo particular é o modo de mais fácil acesso. Contudo, pode se dizer que a zona apresenta facilidade para a utilização do modo de transporte de alta capacidade.

Tabela 7-17. Acesso aos diferentes modos na zona TOD Neptuno

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)	Quarteirões antes (média)	Distância média até a estação ^b (m)
Metrô Lo Prado	4,2	1,8	194,2
Ônibus ^a	7,0	2,4	
Automóvel	0,1	0,0	215,2

^a Alimentador ou Troncal

^b Medida em linha reta

Densidade urbana: Segundo a base de dados “pessoas”, a zona TOD possui aproximadamente 8.508 pessoas, um pouco maior do que a quantidade de moradores da zona TOD Lo Prado, porém, ainda afastado da densidade que uma zona no entorno de um sistema de transporte de alta capacidade poderia absorver, conforme indicado pela densidade urbana na expressão a seguir:

$$A_{dens} = \frac{8.508}{0,78} = 10.833 \frac{pessoas}{km^2}$$

Acessibilidade do destino: Os procedimentos para o cálculo da acessibilidade do destino são idênticos aos já descritos na zona TOD anterior. Dessa maneira, encontra-se que a oferta de comércio, serviços e indústria no entorno dessa estação pode gerar aproximadamente 2.215 empregos, conforme indicado na Tabela 7-18. Essa quantidade de empregos, em relação ao número de habitantes, gera um A_{dest} de 0,26, relação que pode se considerar baixa, motivando a realização de viagens externas.

Tabela 7-18. Cálculo do número de empregos na zona TOD Neptuno

Setor de emprego	Área	Relação	Empregos ^a
Comércio	8.975,0	20 m ² /empregado	1.111
Serviços	5.399,1	10 m ² /empregado	1.053
Indústria	1.598,9	25 m ² /empregado	51
Total	15.973,4		2.215

^a Estimado segundo as relações acima descritas

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{2.215}{8.508} = 0,26$$

Desenho urbano¹⁴: A zona possui uma estrutura urbana bem interligada, na qual as ruas apresentam duas orientações definidas (leste-oeste e sul-norte) e a

¹⁴ Não indicada na análise relacional, porém estudada de maneira complementar.

maioria das interseções são de quatro ramais. Assim, a zona TOD possui aproximadamente 92 quarteirões, o que leva a um dq de 117 quarteirões por quilômetro quadrado, considerado muito bom. Nesse tipo de estrutura urbana, a caminhada é facilitada pelas menores distâncias entre pontos de origem e destino, graças a percursos mais diretos. Além do anterior, nota-se que a rede de ruas internas das zonas no entorno da estação poderiam se encaixar dentro do conceito de zonas de tráfego acalmado, já que a largura da rua é mínima, impondo restrições na velocidade para os veículos e facilitando o compartilhamento da via com modos não motorizados. A Figura 7-6 apresenta um exemplo desse tipo de ruas locais que proporcionam uma boa conectividade no bairro.



Figura 7-6. Rua local típica (rua Dr. Carlos Valencia) na ZUS 111

Fonte: Google Street View

Em relação à densidade cicloviária, a zona não apresenta algum tipo de infraestrutura específica para esse modo, porém, como já visto a estrutura urbana e a conformação das ruas facilitam a utilização como vias compartilhadas. Contudo, o dc considera-se zero.

7.2.4.3 Zona TOD Pedro de Valdivia

Desenho Urbano: Novamente serão estudados os dois indicadores: Densidade de quarteirões e de ciclovias. A zona possui um total de 35 quarteirões, o que conforme o indicador corresponde a $44,5 \text{ quarteirões}/\text{km}^2$, situando-se abaixo do valor de referência de 84 quarteirões por km^2 .

Já o dc apresenta avaliação ótima, adotando um valor de $1,05 \text{ km}/\text{km}^2$. Como pode ser visto na Figura 7-4, a zona TOD Pedro de Valdivia conta com 3 trechos de

ciclovias e, ainda mais importante, essa infraestrutura possui continuidade nas zonas vizinhas, chegando também ao centro.

Diversidade de uso do solo: A entropia na zona TOD Pedro de Valdivia apresenta uma avaliação boa, sendo que a zona se caracteriza por três usos principais do solo: Moradia, Comércio Serviços, e Outros, resultando numa entropia igual a 0.85, sendo 1 a nota máxima (Tabela 7-19). Para se ter um uso mais balanceado seria necessário aumentar a quantidade de atividades educativas na região, já que esse uso representa apenas 3% do total da zona.

Tabela 7-19. Cálculo A_{div} estação Pedro de Valdivia

Usos (K=4)	Comércio e Serviços	Educativo	Moradia	Outros
Total (m2)	146.007,34	41.597,80	485.326,4	365.499,4
Proporção	0,38	0,03	0,34	0,25
Entropia	0,85			

Disponibilidade do transporte público: Avalia-se pela distância e tempo de acesso. Os resultados são apresentados na Tabela 7-20. As viagens geradas na zona TOD apresentam tempo médio de acesso de 5,8 min quando realizadas no metrô. Para o acesso ao transporte por ônibus o indicador se mantém similar. Já quando comparado com o transporte privado, o tempo de acesso diminui a menos de 1 minuto, o que pode indicar que as vagas disponíveis na zona estão dentro dos mesmos prédios onde as atividades são realizadas.

Em relação à distância média até a estação, as pessoas que utilizam metrô ficam mais próximas da estação do que aquelas que preferem viajar em veículo privado. Esses últimos teriam que caminhar distâncias maiores, resultando num possível motivo para desencorajar o uso do transporte público de alta capacidade.

Tabela 7-20. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Pedro de Valdivia

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)	Quarteirões antes (média)	Distância média em linha reta (m)
Metrô estação Pedro de Valdivia	5,8	2,0	192,5
Ônibus ^a	5,9	2,0	
Automóvel	0,6	0,2	255,3

^a Alimentador ou Tronco

Acessibilidade do destino: utilizou-se no seu cálculo um procedimento similar ao das zonas anteriores. A Tabela 7-21 apresenta o resultado. A zona apresenta uma boa oferta de empregos, principalmente na área de serviços e em menor medida no comércio. Em relação à população da zona, a expansão da pesquisa OD indica que há aproximadamente 12.817 moradores. Assim, a acessibilidade ao destino calcula-se a seguir.

Tabela 7-21. Cálculo do número de empregos na zona TOD Pedro de Valdivia

Setor de	Área	Relação	Empregos ^a
Comércio	146.007,3	20 m ² /empregado	7.300
Serviços	401.635,9	10 m ² /empregado	40.164
Indústria	1.450,5	25 m ² /empregado	58
Total	549.093,7		47.522

^a Estimado segundo as relações acima descritas

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{47.522}{12.817} = 3,71$$

Assim, o A_{dest} indica uma grande oferta de destinos próximos para o principal motivo de viagem, trabalho, pelo que as pessoas moradoras na zona possuem opções para trabalhar nas proximidades. Uma avaliação mais profunda poderia ajudar a determinar se os tipos de empregos e os salários são compatíveis com a formação dos moradores, sendo uma oferta efetivamente válida. Porém, esse tema não é abordado nessa metodologia. Dessa maneira, descarta-se a acessibilidade do destino como um possível fator causal nessa zona TOD.

Densidade urbana¹⁵: A estação possui a maior população dentre das zonas TOD estudadas no caso do Santiago do Chile, com aproximadamente 12.817 pessoas, segundo indicado anteriormente. Dessa maneira, a densidade urbana é de 16.319 pessoas, o que poderia indicar que a capacidade remanente, caso se queiram atrair novos moradores à zona, é de aproximadamente 1.800 pessoas na zona TOD dessa estação, ou aproximadamente 600 novas moradias ao se considerar uma relação de três pessoas por cada.

$$A_{dens} = \frac{12.817}{0,77} = 16.319 \frac{\text{pessoas}}{\text{km}^2}$$

7.2.4.4 Zona TOD Elisa Correa

Desenho urbano: Para começar com o estudo do Desenho Urbano é calculada a Densidade de quarteirões. Na zona TOD há um total de 62 quarteirões, o que equivale a 78,9 quarteirões/km², próximo do valor considerado como aceitável. Das ZUS desta estação (Figura 7-5), a 555 entrega a maior contribuição ao indicador dq , enquanto as ZUS 458 e 562 agregam pouco, devido à falta de uma malha viária mais interligada. Dessa maneira, acredita-se que, ainda com um comportamento muito próximo do valor aceitável, a zona TOD tem oportunidades para melhorar a sua estrutura urbana.

¹⁵ Não indicada na análise relacional, porém estudada de maneira complementar.

A acessibilidade cicloviária foi bem avaliada na zona, já que ao longo da Av. Concha y Toro existe uma via segregada para esses veículos, que soma uma extensão de 1.032 m e corresponde a uma densidade de 1,31 km/km².

Acessibilidade do destino: Para calcular o A_{dest} da zona TOD Elisa Correa é feito um procedimento idêntico aos já aplicados nas zonas TOD anteriores. A Tabela 7-22 apresenta o cálculo do número de empregos.

Tabela 7-22. Cálculo do número de empregos na zona TOD Elisa Correa

Setor de	Área	Relação	Empregos *
Comércio	11.415,0	20 m ² /empregado	571
Serviços	2.744,4	10 m ² /empregado	274
Indústria	2.357,0	25 m ² /empregado	94
Total	16.516,4		939

Dessa maneira, a zona gera aproximadamente 939 empregos. Segundo a expansão da pesquisa OD, a população dessa zona TOD é de aproximadamente 6.352. A acessibilidade ao destino foi calculada com esses dados, segundo indicado a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{939}{6.352} = 0,15$$

O resultado é similar ao obtido na zona TOD Lo Prado. Essa proporção de empregos por habitante indica que a maioria deles terá que realizar deslocamentos externos à zona TOD para acessar a um emprego. Portanto, a A_{dest} é definido como um fator causal para essa estação.

Diversidade de uso do solo: Neste caso, o indicador A_{div} toma um valor de 0,25, como pode ser visto na Tabela 7-23. Os resultados indicam que a zona é principalmente residencial, com um grande desequilíbrio com respeito aos demais usos do solo. Isso torna a Diversidade e o uso misto do solo como fatores causais da falta de compatibilidade entre o comportamento de viagem atual na zona e o esperado pela mobilidade sustentável.

Tabela 7-23. Cálculo A_{div} estação Elisa Correa

Usos (K=4)	Comércio e Serviços	Educativo	Residencial	Outros
Total (m2)	14.159,4	21.573,4	744.289,4	26.099,3
Proporção	0,02	0,03	0,92	0,03
Entropia		0,25		

Disponibilidade do transporte público: A disponibilidade do transporte público na zona, segundo as viagens da pesquisa Origem – Destino, apresenta tempos de

viagem altos com respeito à distância de caminhada, segundo apresentado na Tabela 7-24. Já a acessibilidade ao transporte público por ônibus apresenta tempos e distância menores, indicando uma capilaridade importante desse serviço na zona.

Tabela 7-24. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Elisa Correa

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)	Quarteirões antes (média)	Distância média em linha reta (m)
Metrô estação Elisa Correa	9,4	3,8	387,4
Ônibus ^a	3,0	1,0	
Automóvel	0,0	0,0	262,0

^a Alimentador ou Tronco

Desse modo, a disponibilidade do transporte público pode ser avaliada como boa. Porém, o alto tempo de acesso à estação pode ser associado como um fator causal que limita a escolha do transporte público.

Densidade urbana: Com uma população de 6.352 habitantes, o A_{dens} da zona TOD Elisa Correa atinge um valor de 8.087 pessoas por quilómetro quadrado, como mostrado a seguir. Esta densidade resulta similar à obtida no entorno da estação Lo Prado e, pelos mesmos motivos, define-se esse indicador como um possível fator causal a ser melhorado.

$$A_{dens} = \frac{6.352}{0,78} = 8.087 \frac{pessoas}{km^2}$$

7.2.5 Passo 5: Estratégias para o melhoramento da mobilidade

O último passo da metodologia consiste na geração de estratégias condizentes com os problemas da mobilidade identificados e com os fatores causais que geraram esses problemas. Assim, se requer um olhar em conjunto “sintoma – fator causal”, visando produzir estratégias adequadas. A aplicação no caso de estudo permitiu descobrir que a metodologia proposta nem sempre acusará fatores causais na própria área TOD de estudo, já que muitos problemas podem ser gerados pelo modelo de cidade, e não por determinadas condições locais. O especialista deve tomar cuidado, e acrescentar um olhar crítico aos métodos.

A Tabela 7-25 apresenta a síntese dos fatores causais estudados, ressaltando aqueles que devem ser aprimorados em cada estação (cor cinza) e uma breve explicação das estratégias que deveriam ser empreendidas nas zonas, visando corrigir as situações negativas.

Tabela 7-25. Fatores causais identificados e possíveis estratégias recomendadas

Zona TOD ^a	Atributo a melhorar	Fatores causais identificados					Estratégias
		D1	D2	D3	D4	D5	
Elisa Correa	Segura			x	x	x	Desenvolvimentos tipo TOD nas ZUS 460 e 562, disponibilizando maiores atividades geradoras de emprego, em comércio e serviços. Limitar a disponibilidade de vagas nos novos empreendimentos. Disponibilizar bicicletários na estação para facilitar a integração com esse modo.
	Inclusiva			x	x	x	
	Conveniente		x		x	x	
	Produtiva	x	x		x		
	Verde		x	x	x		
Lo Prado	Segura			x	x	x	Ligação com a infraestrutura cicloviária existente. Diversificar o uso do solo, criando mais atividades de comércio e serviços. Adensamento populacional no modelo TOD.
	Conveniente		x		x	x	
	Produtiva	x	x		x		
	Verde		x	x	x		
Pedro de Valdivia ^b	Segura			x	x	x	Aumentar a conectividade entre ruas através de passeios para pedestres. Revisar a prioridade semafórica e redefinir os tempos considerando o fluxo total de pessoas na interseção, e não só o fluxo de veículos motorizados.
	Conveniente ^c		x		x	x	
	Verde		x	x	x		
Neptuno ^d	Conveniente		x		x	x	Implantação de planos de revitalização, sob o padrão de “operação urbana” nos moldes do TOD.
	Produtiva	x	x		x		

^a Zonas TOD colocadas em ordem de necessidade de atuação, segundo o N_{TOD} .

^b A Densidade urbana, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo uma avaliação de 16.319 pessoas por quilômetro quadrado.

^c Os altos tempos de viagem em transporte público, que geram a avaliação ruim para a mobilidade conveniente, são gerados por pessoas não residentes da zona, precisam-se de políticas de cidade para o melhoramento e priorização do TP.

^d O Desenho urbano, não considerado fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo uma avaliação de 117 quarteirões por quilômetro quadrado.

7.2.5.1 Zona TOD Lo Prado

O desenho urbano foi referido como um fator causal, principalmente pela falta de infraestrutura cicloviária. O melhoramento dessa dimensão apresenta potencial benefício para a mobilidade segura, pela atração de usuários do veículo para a bicicleta, e a mobilidade verde e saudável por ser um modo ativo sem poluição. Na zona TOD não foi identificada nenhuma infraestrutura cicloviária, porém, a uma distância de entre 2 e 3 quilômetros da estação, existem ciclofaixas de boa abrangência nas avenidas Libertador Bernardo O'Higgins (Alameda) e Las Torres (ver Figura 7-7). Assim, a implantação de ciclofaixas na zona de estudo, orientadas a facilitar a conexão não motorizada com a infraestrutura existente, é uma estratégia interessante a ser abordada.

A acessibilidade ao destino, caracterizada pela pouca oferta de empregos na zona, gerando uma demanda maior de viagens externas e, portanto, mais longas pode ser tratada utilizando estratégias de diversificação do uso do solo, principalmente no uso comercial, já que esse uso pode funcionar como âncora para atrair outras atividades urbanas.

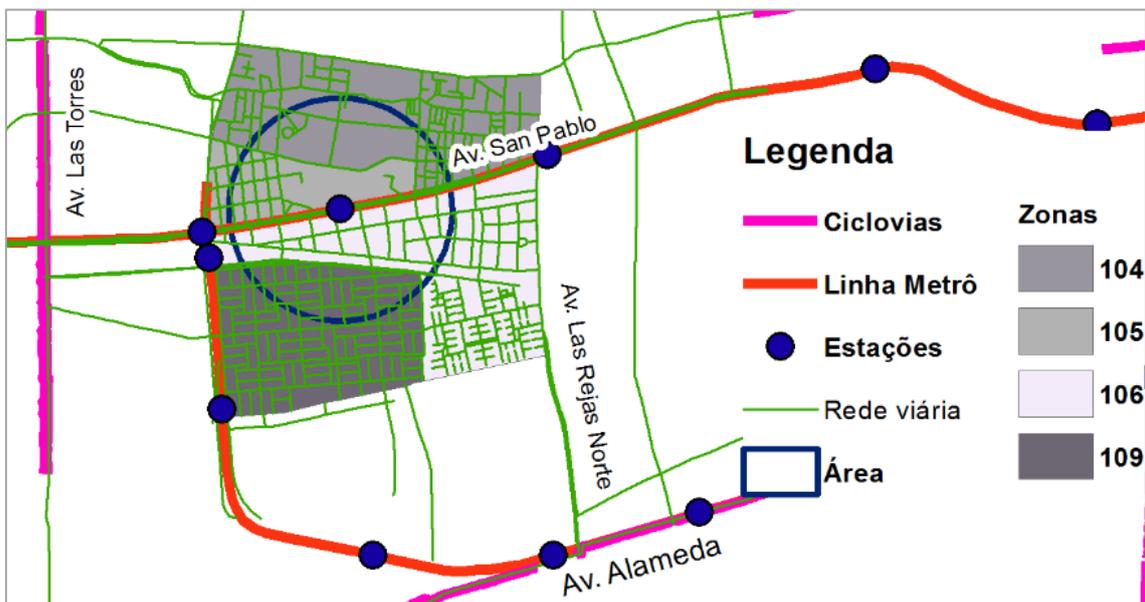


Figura 7-7. Infraestrutura cicloviária na Alameda e na Av. Las Torres, próximas à zona TOD Lo Prado

Paralelamente, para melhorar as dimensões Densidade e Diversidade de uso do solo, podem ser empregadas estratégias como o adensamento populacional e de atividades nos moldes do TOD. O que poderia ser feito principalmente na ao na parte norte da zona TOD Lo Prado, onde tem sido identificados equipamentos de grande área possivelmente públicos, que atualmente funcionam como quadras de futebol.

Essas condições indicam a área como potencial para verticalização e criação de projetos de moradia acessível, sendo indutores de renovação urbana no bairro.

Igualmente, empreendimentos privados poderiam ser executados em alguns usos privados na mesma área, como estacionamentos horizontais para autos, ônibus e caminhões existentes próximos às ruas Los Copichues e Necochea. Essas iniciativas teriam o potencial para melhorar os atributos de mobilidade conveniente, produtiva e verde.

7.2.5.2 Zona TOD Neptuno

Acredita-se que o maior problema desta zona é a falta de uma mistura de usos do solo mais balanceada, o que gera que as necessidades da população só possam ser atendidas por meio da realização de deslocamentos externos. O baixo desempenho do A_{dest} reforça essa hipótese. Por outro lado, a zona TOD Neptuno parece ser uma zona já consolidada em termos da sua infraestrutura urbana e aproveitamento do solo. Assim, qualquer empreendimento que vise disponibilizar maiores atividades na zona deverá necessariamente corresponder a um plano integral de renovação urbana, que abranja e desenvolva vários prédios em conjunto.

A densidade urbana, ao igual que os dois fatores causais anteriores, depende em grande medida da estratégia supracitada. Entretanto, o adensamento da população (que necessariamente provém do aumento nas unidades residenciais) poderia ocorrer com maior facilidade numa escala micro, de prédio a prédio. Isso desde que haja demanda imobiliária no setor e a regulação urbana permita esse tipo de empreendimentos. Apesar disso, esse padrão de adensamento acabaria por piorar a situação já que, mesmo para a população atual, a zona apresenta déficit de oportunidades. Nesse contexto, recomenda-se na futura revitalização da zona TOD a implantação de planos de operação urbana, que ditem as regras de crescimento da zona num conjunto que procure o balanceamento dos usos do solo e a criação de oportunidades para os residentes. Para isso, o desenvolvimento nos moldes do TOD se apresenta como modelo a ser espelhado.

7.2.5.3 Zona TOD Pedro de Valdivia

O único fator causal identificado nessa estação foi o desenho urbano. Isto devido ao tamanho dos quarteirões, que pode desestimular o uso de modos não motorizados a causa das grandes distâncias resultantes, inclusive para viagens internas. Como estratégia para melhorar essa situação, propõe-se revisar os pontos onde for possível aumentar a conectividade das ruas através da criação de novos links exclusivamente

para pedestres, o que parece difícil por ser um setor bastante consolidado na sua estrutura urbana. Portanto, as ações para favorecer o pedestre e ciclista na zona podem estar voltadas a revisar a prioridade semaforica e redefinir os tempos considerando o fluxo total de pessoas na interseção, e não só o fluxo de veículos motorizados.

Igualmente, devido a que a zona é um grande polo de atração de viagens, pela grande oferta de oportunidades em relação à demanda que pode ser aproveitada pelos próprios moradores, poderia se pensar em medidas para desencorajar o uso do automóvel por parte da população que vem de outros setores. Entre essas medidas está a limitação no número de vagas de estacionamento nos prédios e na rua, aumento no valor dos mesmos, e zonas de tráfego calmado para reduzir a velocidade de circulação e aumentar o convívio entre os modos.

7.2.5.4 Zona TOD Elisa Correa

Apesar de ter a maior demanda de passageiros na hora pico na estação, foi a zona TOD com maiores problemas. De fato, o comportamento de viagem precisa ser melhorado em todos os atributos da mobilidade. Também, todos os possíveis fatores causais resultaram com avaliação deficiente. Na zona TOD foram identificados alguns prédios que podem ser objeto de desenvolvimentos futuros. A administração local deve promover esses desenvolvimentos no sentido de torna-los polos de atração de viagens, aumentando as oportunidades disponíveis na zona. Através de planos reguladores locais pode se favorecer o aproveitamento do solo através da mistura balanceada.

Aproveitando essas oportunidades, deve se procurar um melhor desenho urbano, com uma malha urbana mais densa e com quarteirões de menores dimensões que facilitem a conectividade e os deslocamentos não motorizados. Acredita-se que a divisão modal da zona, com 36% das viagens em veículo motorizado individual pode se melhorar tanto com o desenho urbano quanto com o melhoramento da acessibilidade ao transporte público. Para diminuir o tempo de acesso à estação, além de uma melhor conectividade, pode se pensar em estimular a integração com modos de mais rápido acesso, como a bicicleta, o que poderia ser feito disponibilizando bicicletários no prédio da estação de metrô e com a demarcação de ciclofaixa na Av. Los Toros. Um erro definitivo na zona seria a construção de mais prédios no estilo de condomínio fechado, irrompendo nas rotas naturais e mais curtas para a caminhada.

A renovação da zona tem o potencial de aumentar as oportunidades para os moradores. Do total da população, estimasse que 23% não realizam viagens na

atualidade. Dentre dessa porção, mais de 50% pertence à população em idade de trabalho, entre 18 e 40 anos. Isto ressalta a necessidade de aumentar as oportunidades na zona.

Dessa maneira o estudo e implantação de projetos nos moldes do TOD nas ZUS 460 e 562 apresentaria o maior impacto como estratégia de ação na procura da mobilidade sustentável.

7.3 Metrô do Rio de Janeiro

O detalhamento deste caso de estudo será apresentado no Anexo 3 da dissertação. Entretanto, são trazidos aqui os resultados de cada passo da metodologia.

7.3.1 Passo 1: Caracterização da área de estudo

Este passo envolveu o levantamento de informações e apresentação do entorno das estações, conforme o Anexo 3.

7.3.2 Passos 2 e 3: Comportamento de viagem e necessidade do TOD

No Anexo 3 pode ser consultado o detalhamento dos cálculos para cada estação. Entretanto, a principal fonte de informações tanto para a caracterização da zona de estudo como para as análises subsequentes é o Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU), cuja última atualização foi encarregada no ano 2011. O plano teve como principal unidade geográfica a Zona de Análise de Trafego – TAZ – e agregações superiores a nível de bairro, zona de planejamento e município. Além disso, tanto o PDTU quanto a presente pesquisa, utilizou dados do Censo Nacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano 2010 (IBGE, 2012). O censo agrega as informações ao nível de setor censitário, cuja extensão (área) é menor do que a da TAZ. Isto é, uma TAZ agrega vários setores censitários, ao mesmo tempo em que um bairro agrega várias TAZ e assim por diante.

A Tabela 1 apresenta a relação das TAZ associadas a cada estação, a porcentagem de área de cada uma delas dentro da zona TOD. Além disso, apresenta o número estimado de habitantes, empregos e matrículas escolares de cada zona TOD de acordo com o percentual correspondente.

A estação Triagem (Figura 1) conta com boas oportunidades de emprego, em comparação à sua população, porém, possui também os menores números de matrículas escolares. A zona TOD Alfonso Pena (Figura 2) possui a segunda maior

quantidade de habitantes, além de uma grande quantidade de matrículas escolares em comparação às demais zonas. A zona TOD Coelho Neto (Figura 3) apresenta as menores oportunidades de emprego. Já a estação Botafogo (Figura 4), além de ter a maior população, possui também a maior quantidade de empregos, duplicando no número de oportunidades laborais às estações Triagem e Alfonso Pena. A única estação com disponibilidade de infraestrutura para a circulação cicloviária no entorno é a estação Botafogo.

Tabela apresenta o resumo com os indicadores normalizados e o valor final do N_{TOD} . Vale a pena citar que não foi possível acessar informações para o cálculo do indicador correspondente à mobilidade inclusiva (pela inexistência ou desconhecimento das mesmas).

Tabela 7-26. Resumo In_i e cálculo do N_{TOD} nas estações estudadas – caso Rio de Janeiro

Estação	In_{ms}	In_{cj}	In_{mp}	In_{vs}	N_{TOD}^a
Triagem	0,40	1,00	0,29	0,04	0,52
Alfonso Pena	0,98	1,00	0,74	0,32	0,87
Coelho Neto	0,86	0,43	0,76	0,52	0,68
Botafogo	0,85	0,41	1,00	0,23	0,69

^a Modificado para os indicadores disponíveis no Rio de Janeiro

Entre os resultados, a mobilidade segura foi bem avaliada em três dos quatro casos, sendo a zona TOD Triagem a única com um uso intensivo do veículo privado. Na mobilidade conveniente, preocupa as situações na estação Coelho Neto e Botafogo, que realçam altos tempos de viagem por motivo trabalho ou estudo. No caso de Botafogo, a situação pode ter sido “agravado” a causa da pesquisa O-D tomada como referência não ter incluído na amostragem moradores desse bairro. A mobilidade produtiva evolui com a demanda na estação, com duas estações próximas do limite aceitável para avaliação dos indicadores (0,75).

Por fim, a mobilidade verde e saudável ficou bem abaixo do valor de referência adotado em todos os casos, contrário ao esperado, já que em termos agregados, o Rio de Janeiro apresenta 31% das viagens como não motorizadas (SETRANS, 2013), esperando que as zonas TOD tivessem um comportamento ainda maior.

Já na hierarquização de estratégias, a zona TOD Triagem apresenta maiores necessidades de intervenção para avançar na mobilidade sustentável. No lado oposto, a estação Alfonso Pena foi caracterizada, de maneira agregada, como compatível com a mobilidade sustentável, e demandaria apenas alguns tratamentos na mobilidade

verde e saudável. Nesse caso, ficaria a critério do especialista avaliar também a mobilidade produtiva, que atingiu uma nota de 0,74, sendo 0,75 o padrão admissível.

7.3.3 Passo 4 e 5: Fatores causais na acessibilidade e Estratégias para o melhoramento da mobilidade

Conforme os passos anteriores para este estudo de caso, o cálculo detalhado dos fatores causais é apresentado no Anexo 3. Os fatores a serem estudados foram definidos pelas três principais dimensões indicadas como influentes em cada atributo da sustentabilidade, indicadas pelos especialistas na elaboração da Análise Relacional. A Tabela 7-27 apresenta, para cada estação, os atributos da mobilidade sustentável que devem ser melhorados, bem como as dimensões do ambiente construído que podem influir neles.

Dessa maneira, cada uma das dimensões foi levantada e analisada para cada estação, como pode ser visto no Anexo 3. As dimensões que apresentaram comportamentos ruins, isto é, foram confirmadas como fatores causais, são realçadas com cinza na Tabela 7-27. Dessa maneira, na zona TOD Triagem, por exemplo, foram buscados fatores causais nas cinco dimensões do ambiente construído, mas apenas foram identificados como fatores a serem melhorados a densidade e o desenho urbano.

Uma vez que foram identificados os problemas na mobilidade, bem como os seus fatores causais na acessibilidade, procedeu-se a indicar as estratégias de ação mais indicadas, conforme apresentado também na Tabela 7-27. Detalhamento de tais estratégias pode ser encontrado no Anexo 3.

Dessa maneira, completa-se a aplicação da metodologia para os casos de estudo no Rio de Janeiro.

Tabela 7-27. Fatores causais identificados e possíveis estratégias recomendadas

Estação	Atributo a melhorar	Fatores causais identificados					Estratégias
		D1	D2	D3	D4	D5	
Triagem	Segura			x	x	x	Intervenção no desenho urbano
	Produtiva	x	x		x		Adensamento populacional nos moldes do TOD.
	Verde		x	x	x		Ligações não motorizadas para atravessar os diversos sistemas sobre trilhos.
Alfonso Pena ^a	Produtiva	x	x		x		Restringir o adensamento unicamente a usos do solo diferentes à moradia.
	Verde		x	x	x		Implantação de infraestrutura cicloviária completa e promoção desse modal.
Coelho Neto ^b	Conveniente		x		x	x	Encorajar empreendimentos que considerem, além de maiores oportunidades de emprego no interior da zona, uma orientação ao uso do transporte público de alta capacidade e não motorizado.
	Verde		x	x	x		
Botafogo ^c	Conveniente		x		x	x	Melhoramento do desenho urbano baseado na conectividade para modos não motorizados.
	Verde		x	x	x		

^a A acessibilidade do destino, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo uma avaliação de 0,35 empregos por pessoa.

^b A Densidade urbana, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo 7.735 pessoas por quilômetro quadrado.

^c A Densidade urbana, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo 27.658 pessoas por quilômetro quadrado.

7.4 Considerações finais

O presente capítulo abordou com profundidade a aplicação da metodologia proposta, verificando a sua exequibilidade em todos os quesitos. Como foi visto dentre os casos de estudo, a disponibilidade de dados e informações tem um papel fundamental no nível de detalhamento que pode ser atingido ao aplicar a metodologia.

Infelizmente, o caso do Rio de Janeiro apresentou a limitação de dados para o cálculo da mobilidade inclusiva, um dos atributos em que foi estruturada a mobilidade sustentável e que foi indicada na consulta aos especialistas como o segundo atributo de maior importância. O problema foi gerado por dois fatores associados à pesquisa OD da cidade: (i) a metodologia de amostragem empregada na elaboração da pesquisa, que não selecionou domicílios individuais, mas setores censitários completos, e (ii) que a amostra foi expandida apenas para as pessoas que realizaram viagens, enquanto as pessoas que não viajaram não lhes foram associados fatores de expansão.

Entretanto, pesquisas sugerem altos graus de imobilidade na cidade (Mello, 2015; Motte-Baumvol e Nassi, 2012), o que poderia representar uma limitação importante nas análises empreendidas. Ainda no caso do Rio de Janeiro, há limitações pontuais para o cálculo de indicadores da mobilidade conveniente - justa e verde - saudável, que se tornaram visíveis no caso da estação de Botafogo.

Contudo, acredita-se que o balanço é positivo. Em ambos os casos de estudo foi possível chegar até o estágio final de formulação de estratégias, atingindo os objetivos propostos de tais estratégias serem embasadas tanto nos problemas identificados na mobilidade, quanto nos fatores causais associados. Dessa maneira, acredita-se fatível a aplicação da ferramenta em outras cidades latino-americanas, tornando-se um instrumento útil para planejadores, técnicos e tomadores de decisão elaborarem ações em prol da mobilidade sustentável.

Como aprimoramentos possíveis, sugere-se revisar os indicadores referentes à diversidade de uso do solo, já que a entropia se mostrou susceptível a dois fatores: em primeiro lugar, é equilibrada uma zona com porcentagem igual de área construída em todos os usos? Ou a zona requer maior área de comércio e serviços do que de educação ou indústria? Não pode se afirmar que o balanceamento necessário nas áreas dedicadas a cada uso corresponde a uma proporção equitativa entre eles. Ao respeito, Merlin *et al.*, (2013) recomendam tomar como referencial o balanceamento existente no uso do solo da região metropolitana.

Estas regiões tendem a estar balanceadas e dessa maneira pode se encontrar o equilíbrio respectivo nas áreas construídas (Merlin *et al.*, 2013). No entanto, isso pode ser bem menos acertado no caso das regiões metropolitanas latino-americanas, entre elas as brasileiras, devido a que nelas existe um grande déficit habitacional (BRASIL, 2013).

Além disso, reconhece-se a necessidade de considerar em etapas mais detalhadas a factibilidade das estratégias recomendadas em relação à articulação com outros projetos ou restrições urbanas, tais como projetos viários e de transportes já planejados, zonas históricas ou de patrimônio que não podem ser intervindas, ou existência de conflitos sociais e de ordem pública, entre outros.

A acessibilidade do destino mede a relação entre moradia e emprego, assumindo que uma maior quantidade de empregos na região necessariamente melhora o acesso ao emprego por parte dos residentes. Porém, a metodologia não analisa a compatibilidade entre a capacitação da pessoa e as habilidades requisitadas pelos empregos nessa região, o que pode influir no verdadeiro efeito dessas oportunidades de emprego disponibilizadas (Geurs e van Wee, 2004).

8 Conclusões e recomendações

A procura da mobilidade sustentável é um desafio mundial do qual já fazem parte pesquisadores, planejadores e a sociedade. Nas cidades em desenvolvimento, o desafio é ainda maior já que junto com as crescentes demandas de consumo, entre elas a demanda pelo transporte motorizado individual, devem se manter e melhorar os padrões históricos de transporte público e não motorizado, o que envolve grande esforço no melhoramento da sua qualidade.

Porém, atuar apenas nos sistemas de transportes levaria a continuar com o paradigma antigo de planejamento. A mobilidade sustentável precisa também tratar o problema de fundo, baseado nos quatro elementos da mobilidade (Necessidades de acesso às atividades, Capacidade de acesso e escolhas, Ocupação do território e Infraestrutura e sistemas de transportes) bem como atender não só alvos ambientais, mas de incentivo do desenvolvimento humano, social e produtivo. Nesse sentido, o planejamento urbano e de transportes deve ser abordado no intuito de criar cidades mais compactas, renovar as áreas centrais e aproximar as pessoas das oportunidades, melhorando a acessibilidade e, portanto, avançar em direção da mobilidade sustentável, tarefa na qual o TOD apresenta grande potencial.

Assim, o desenvolvimento de um procedimento metodológico para a aplicação do TOD requereu a estruturação da mobilidade sustentável, como alvo final, e da acessibilidade como ferramenta de ação, em atributos, dimensões e indicadores que facilitassem o seu estudo. Dessa maneira, a mobilidade sustentável foi estruturada em 5 atributos principais: *(i)* segura, *(ii)* inclusiva, *(iii)* conveniente – justa socialmente, *(iv)* produtiva e *(v)* verde – saudável. Acredita-se que estes elementos representam amplamente as necessidades e especificidades do contexto latino-americano.

Já o centro de atenção da acessibilidade como ferramenta de ação do TOD é colocado nas dimensões do ambiente construído. Por meio de intervenções nessas dimensões, seguindo as boas práticas do TOD, espera-se gerar condições mais favoráveis para o transporte público e não motorizado, tornando-os opções mais convenientes e por tanto na escolha mais conveniente para a população.

A partir desses dois conceitos foi concebida e desenvolvida a abordagem metodológica proposta. A visão em conjunto dos problemas da mobilidade e da acessibilidade permitem um melhor direcionamento das estratégias de ação, em comparação às metodologias atuais que estudam apenas a acessibilidade. A análise

das relações entre mobilidade sustentável e acessibilidade, agregando a percepção de especialistas, terminou por realçar a importância das dimensões sociais. Assim, atributos como mobilidade mais segura, conveniente – justa socialmente e inclusiva aparecem como prioridade na hierarquização da necessidade de aplicar o TOD.

Entretanto, a metodologia se mantém relativamente simples de aplicar, com apenas 5 passos e conservando uma ordem lógica, fazendo aproveitamento de dados que já são levantados atualmente pelos governos. Ainda, a atual dissertação contribui com informações para aplicações futuras da metodologia, apresentando uma análise relacional, bem como pesos dos atributos, que são representativos dos países latino-americanos em geral. Ainda, são propostos valores de referência para a normalização e avaliação dos indicadores.

Nesse sentido, surgiram também algumas oportunidades de aprimoramento da metodologia, principalmente no estudo das dimensões diversidade – uso do solo e acessibilidade do destino, conforme citado nas considerações finais do capítulo 7.

Como destaque, as estações de maior demanda de passageiros não necessariamente são as zonas TOD que apresentam comportamentos de viagem mais afins à sustentabilidade, nem as de menor demanda foram as zonas TOD menos sustentáveis. Nesse sentido, a metodologia efetivamente aproxima-se, de maneira abrangente, à questão da sustentabilidade na mobilidade, no qual a priorização da necessidade de ação, através do Índice de necessidade do TOD, N_{TOD} , se torna de grande utilidade. Além disso, as avaliações de cada atributo por separado também oferecem informações interessantes para o planejador.

Também foi visto que, quando há problemas em indicadores relacionados à mobilidade, nem todas as dimensões da acessibilidade incluídas como possíveis fatores causais efetivamente resultam ser isso, fatores causais. No foco dado na metodologia, a análise conjunta sintoma - fator causal permite um melhor direcionamento das estratégias do que apenas recomendar melhorar um fator causal, sem se ter certeza qual o problema que estaria se tratando com essa melhora.

Os resultados obtidos, especialmente na cidade de Santiago do Chile, onde houve maior confiabilidade nas fontes de informações utilizadas nas análises (particularmente na pesquisa OD), podem começar a ser usados como *benchmark* e se tornarem valores de referência para futuras aplicações da metodologia. Dessa maneira, recomenda-se realizar mais casos de estudo na cidade austral.

Referências bibliográficas

- Ahn, B. S., e Park, K. S. (2008) Comparing methods for multiattribute decision making with ordinal weights. *Computers and Operations Research*, 35, 1660–1670. doi:10.1016/j.cor.2006.09.026
- Aldred, R. (2013) Cycling and society. *Journal of Transport Geography*, 30, 180–182. doi:10.1016/j.jtrangeo.2013.04.009
- Amorim, L. C. de, Oliveira, G. M. De, e Silva, A. N. R. da. (2014) Uma visão de mobilidade urbana sustentável segundo o discurso de pesquisadores e técnicos/gestores. *XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET* (p. 1–12). Curitiba.
- Arrington, G., e Cervero, R. (2008) *Effects of TOD on Housing, Parking, and Travel. TCRP Report 128. Center for Transit Oriented Development.*
- Banister, D. (2008) The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*, 15(2), 73–80. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.005
- Barfod, M. B., e Salling, K. B. (2015) A new composite decision support framework for strategic and sustainable transport appraisals. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 72, 1–15. doi:10.1016/j.tra.2014.12.001
- Barron, F. H., e Barrett, B. E. (1996) The efficacy of SMARTER — Simple Multi-Attribute Rating Technique Extended to Ranking. *Acta Psychologica*, 93, 23–36. doi:10.1016/0001-6918(96)00010-8
- Bhat, C. R., e Gossen, R. (2004) A mixed multinomial logit model analysis of weekend recreational episode type choice. *Transportation Research Part B: Methodological*, 38, 767–787. doi:10.1016/j.trb.2003.10.003
- Boareto, R. (2003) A mobilidade urbana sustentável. *Revista dos Transportes Públicos*. Obtido de http://www.antp.org.br/_5dotSystem/download/dcmDocument/2013/01/10/15FBD5EB-F6F4-4D95-B4C4-6AAD9C1D7881.pdf
- Bocarejo, J. P., Portilla, I. J., e Pérez, M. A. (2013) Impact of Transmilenio on density, land use, and land value in Bogotá. *Research in Transportation Economics*, 40(1), 78–86. doi:10.1016/j.retrec.2012.06.030
- BRASIL. (2013) *Déficit Habitacional Municipal no Brasil 2010. Ministério das Cidades.*
- Buehler, R., e Pucher, J. (2011) Making public transport financially sustainable. *Transport Policy*, 18(1), 126–138. doi:10.1016/j.tranpol.2010.07.002
- CAF. (2011) *Desarrollo urbano y movilidad en América Latina*. (CAF Banco de Desarrollo de América Latina, Ed) *Banco de desarrollo de America Latina CAF*. Obtido de www.caf.com/publicaciones
- Campos, V. B. G. (2005) Mobilidade sustentável: Relacionando o transporte e o uso do solo.
- Campos, V. B. G., e Ramos, R. A. R. (2005) Proposta de Índice de Mobilidade Sustentável para Áreas Urbanas. *1o Congresso Luso-Brasileiro para o Desenvolvimento Urbano Regional, Integrado e Sustentável*. PLURIS 2005, São Carlos, SP.
- Cardoso, B. C. (2012) *Um procedimento para a transferência modal do usuário do ônibus para o trem*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

- Carlton, I. (2009) *Histories of Transit-Oriented Development: Perspectives on the development of the TOD concept*. Institute of Urban and Regional Development, California. Obtido de <http://www.iurd.berkeley.edu/publications/wp/2009-02.pdf>
- Carse, A. (2011) Assessment of transport quality of life as an alternative transport appraisal technique. *Journal of Transport Geography*, 19(5), 1037–1045. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.10.009
- Cervero, R. (2013) Linking urban transport and land use in developing countries. *The Journal of Transport and Land Use*, 6(2), 7–24. doi:10.5198/jtlu.v1.425
- Cervero, R., e Kockelman, K. (1997) Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2(3), 199–219. doi:10.1016/S1361-9209(97)00009-6
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gomez, L. F., e Neiman, A. (2009) Influences of Built Environments on Walking and Cycling: Lessons from Bogotá. *International Journal of Sustainable Transportation*, 3(4), 203–226. doi:10.1080/15568310802178314
- Combs, T. S., e Rodríguez, D. a. (2014) Joint impacts of Bus Rapid Transit and urban form on vehicle ownership: New evidence from a quasi-longitudinal analysis in Bogotá, Colombia. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69, 272–285. doi:10.1016/j.tra.2014.08.025
- Corcoran, J., Loo, L. Y. Le, Mateo-Babiano, D., e Zahnow, R. (2015) Transport mode choice in South East Asia: Investigating the relationship between transport users' perception and travel behaviour in Johor Bahru, Malaysia. *Journal of Transport Geography*, 46, 99–111. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.06.011
- Costa, M. da S. (2008) *Um índice de mobilidade urbana sustentável*. Universidade de São Paulo.
- Curtis, C. (2008) Planning for sustainable accessibility: The implementation challenge. *Transport Policy*, 15(2), 104–112. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.003
- Dalkmann, H., e Brannigan, C. (2007) Transport and Climate Change. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ) (Ed), *Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities* (p. 1–56). Eschborn.
- Delijaicov, A. (2013) Alternativas para a mobilidade urbana. *GVEXECUTIVO*, 50–53.
- Dell'Olio, L., Ibeas, Á., e Montequín, R. B. (2011) Citizen involvement in promoting sustainable mobility. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 475–487. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.01.005
- Delmelle, E. C., e Casas, I. (2012) Evaluating the spatial equity of bus rapid transit-based accessibility patterns in a developing country: The case of Cali, Colombia. *Transport Policy*, 20, 36–46. doi:10.1016/j.tranpol.2011.12.001
- Dijst, M., Ritsema van Eck, J., e Burghouwt, G. (2005) Lifestyles, spatial configurations and quality of life in daily travel: an explorative simulation study. *Journal of Transport Geography*, 13, 123–134. doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.04.013
- Edwards, W., e Barron, F. H. (1994) SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. doi:10.1006/obhd.1994.1087
- EMI. (2012) *A Strategic Knowledge and Research Agenda on Sustainable Urban Mobility*. The Hague. Obtido de <http://www.emi-network.eu/dsresource?objectid=6562&type=org>

- EPA Office of Sustainable Communities. (2013) *Infrastructure Financing Options for Transit-Oriented Development*. Washington DC.
- Evans, J. E., e Pratt, R. H. (2007) Transit Oriented Development. Transit Cooperative Research Program (Ed), *TCRP Report 95: Traveler Response to Transportation System Changes* (p. 17(1)–17(138)). Washington DC.
- Ewing, R., e Cervero, R. (2001) Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record*, 1780(01), 87–114. doi:10.3141/1780-10
- Ewing, R., e Cervero, R. (2010) Travel and the Built Environment. *Journal of the American Planning Association*, 76(3), 265–294. doi:10.1080/01944361003766766
- Ewing, R., Greenwald, M., Zhang, M., Walters, J., Feldman, M., Cervero, R., Frank, L., e Thomas, J. (2011) Traffic Generated by Mixed-Use Developments — Six-Region Study Using Consistent Built Environmental Measures. *Journal of Urban Planning and Development*, (September), 248–261. doi:10.1061/(ASCE)UP.1943-5444.0000068.
- Foro de Transporte Sostenible para América Latina. (2011) Declaración de Bogotá 2011-2020. Obtido 8 de setembro de 2014, de <http://www.uncrdlac.org/fts/declaracion.html>
- Frank, L., Andresen, M. A., e Schmid, T. L. (2004) Obesity relationships with community design, physical activity, and time spent in cars. *American Journal of Preventive Medicine*. doi:10.1016/j.amepre.4003.04.011
- Galelo, A., Ribeiro, A., e Martinez, L. M. (2014) Measuring and Evaluating the Impacts of TOD Measures – Searching for Evidence of TOD Characteristics in Azambuja Train Line. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 111, 899–908. doi:10.1016/j.sbspro.2014.01.124
- Geurs, K. T., e van Wee, B. (2004) Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. *Journal of Transport Geography*, 12(2), 127–140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2003.10.005
- Gonçalves, J. A. M., Andrade, G. T. De, e Portugal, L. D. S. (2014) Fatores intervenientes na relação entre a inclusão social e o trem considerando as favelas e as taxas de embarque observadas nas estações. *Journal of Transport Literature*, 8, 37–61.
- Gonçalves, J. A. M., Portugal, L. D. S., e Nassi, C. D. (2009a) Centrality indicators as an instrument to evaluate the integration of urban equipment in the area of influence of a rail corridor. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 43(1), 13–25. doi:10.1016/j.tra.2008.06.010
- Gonçalves, J. A. M., Portugal, L. D. S., e Nassi, C. D. (2009b) As potencialidades da estação metro-ferroviária na captação de passageiros. *XXIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes. Panorama Nacional da Pesquisa em Transportes* (p. 1–12). Vitória - ES.
- Gonçalves, J. A. M., Portugal, L. D. S., e Nassi, C. D. (2012) Investimentos no sistema ferroviário da Região Metropolitana do Rio de Janeiro: Inclusão social e captação de usuários nas comunidades carentes. *XXVI ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes* (p. 128–139).
- González, C. A. V., e Portugal, L. D. S. (2015) Mobilidade sustentável e o desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. *XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET*. Ouro Preto, MG.

- Gössling, S. (2013) Urban transport transitions: Copenhagen, city of cyclists. *Journal of Transport Geography*, 33, 196–206. doi:10.1016/j.jtrangeo.2013.10.013
- Governo do Rio de Janeiro. (2013) Atualização do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro. *Governo do Rio de Janeiro*. Obtido 10 de abril de 2014, de <http://www.rj.gov.br/web/setrans/>
- Greene, D. L., e Wegener, M. (1997) Sustainable Transport. *Journal of Transport Geography*, 5(3), 177–190.
- Grieco, E. P., Licínio da Silva Portugal, e Alves, R. M. (2015) Proposta de índice do ambiente construído orientado à mobilidade sustentável. *XXIX Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET* (p. 1–13). Ouro Preto, MG.
- Guerra, E. (2013) *The New Suburbs: Envolving travel behavior, the built environment, and subway investments in Mexico City*. University of California, Berkeley.
- Guerra, E. (2014) Mexico City's suburban land use and transit connection: The effects of the Line B Metro expansion. *Transport Policy*, 32, 105–114. doi:10.1016/j.tranpol.2013.12.011
- Guerra, E., Cervero, R., e Tischler, D. (2012) Half-Mile Circle Does It Best Represent Transit Station Catchments? *Transportation Research Record*, 2276, 101–109. doi:10.3141/2276-12
- Gutiérrez, J., Cardozo, O. D., e García-Palomares, J. C. (2011) Transit ridership forecasting at station level: An approach based on distance-decay weighted regression. *Journal of Transport Geography*, 19, 1081–1092. doi:10.1016/j.jtrangeo.2011.05.004
- Haghshenas, H., e Vaziri, M. (2012) Urban sustainable transportation indicators for global comparison. *Ecological Indicators*, 15(1), 115–121. doi:10.1016/j.ecolind.2011.09.010
- Hidalgo, D., e Huizenga, C. (2013) Implementation of sustainable urban transport in Latin America. *Research in Transportation Economics*, 40(1), 66–77. doi:10.1016/j.retrec.2012.06.034
- Hidalgo, D., Pereira, L., Estupiñán, N., e Jiménez, P. L. (2013) TransMilenio BRT system in Bogotá, high performance and positive impact – Main results of an ex-post evaluation. *Research in Transportation Economics*, 39(1), 133–138. doi:10.1016/j.retrec.2012.06.005
- Hull, A. (2008) Policy integration: What will it take to achieve more sustainable transport solutions in cities? *Transport Policy*, 15(2), 94–103. doi:10.1016/j.tranpol.2007.10.004
- Iacono, M., Krizek, K. J., e El-Geneidy, A. (2010) Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution. *Journal of Transport Geography*, 18(1), 133–140. doi:10.1016/j.jtrangeo.2009.02.002
- IBGE. (2012) *Censo 2010*. Obtido de <http://censo2010.ibge.gov.br/>
- ITDP. (2014) TOD Standard v2.1.
- ITDP Brasil. (2014) Ruas completas ao longo do Transcarioca: Oficina de desenho e segurança viária. ITDP Brasil, Rio de Janeiro, Brasil. Obtido de <http://itdpbrasil.org.br/oficinas-do-brt-transcarioca/>
- JLAA. (2009) *Avaliação comparativa das modalidades de transporte público urbano*. Curitiba, Brasil. Obtido de <http://www.ntu.org.br/novo/upload/Publicacao/Pub635109537433018893.pdf>

- Jones, T., e Novo de Azevedo, L. (2013) Economic, social and cultural transformation and the role of the bicycle in Brazil. *Journal of Transport Geography*, 30, 208–219. doi:10.1016/j.jtrangeo.2013.02.005
- Joumard, R., e Gudmundsson, H. (2010) *Indicators of Environmental Sustainability in Transport*. (R. Joumard & H. Gudmundsson, Eds). Les collections de l'INRETS. Obtido de http://cost356.inrets.fr/pub/reference/reports/Indicators_EST_May_2010.pdf
- Larrañaga, A. M. (2012) *Estrutura urbana e viagens a pé*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Lascano Kezič, M. E., e Durango-Cohen, P. L. (2012) The transportation systems of Buenos Aires, Chicago and São Paulo: City centers, infrastructure and policy analysis. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 46, 102–122. doi:10.1016/j.tra.2011.09.007
- Litman, T. (2014a) *Well Measured. Developing indicators for Sustainable and livable Transport Planning*. Victoria. Obtido de Victoria Transport Policy Institute
- Litman, T. (2014b) The Mobility-Productivity Paradox: exploring the negative relationships between mobility and economic productivity. *Vtpi*.
- Loo, B. P. Y., Chen, C., e Chan, E. T. H. (2010) Rail-based transit-oriented development: Lessons from New York City and Hong Kong. *Landscape and Urban Planning*, 97(3), 202–212. doi:10.1016/j.landurbplan.2010.06.002
- Lugo, A. E. (2013) CicLAvia and human infrastructure in Los Angeles: Ethnographic experiments in equitable bike planning. *Journal of Transport Geography*, 30, 202–207. doi:10.1016/j.jtrangeo.2013.04.010
- Lyons, T. ., Kenworthy, J. ., Moy, C., e dos Santos, F. (2003) An international urban air pollution model for the transportation sector. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 8(3), 159–167. doi:10.1016/S1361-9209(02)00047-0
- Machado, L. (2010) *Índice de Mobilidade Sustentável para avaliar a qualidade de vida urbana*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Machado, L., e Merino, E. (2013) Modelo matemático para avaliar a sustentabilidade da mobilidade. *XXVII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET*. Belém, Pará.
- Magalhães, M. T. Q., Aragão, J. J. G., e Yamashita, Y. (2013) Definições formais de Mobilidade e Acessibilidade apoiadas na teoria de sistemas de Mario Bunge. *Paranoá: Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, 1–14. Obtido de <http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa/article/view/12293/8579>
- Marcolini, S. (2012) *Ambiente urbano e geração de viagens: Niterói, um estudo de caso*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Mello, A. J. R. (2015) *A acessibilidade ao emprego e sua relação com a mobilidade e o desenvolvimento sustentáveis: O caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Merlin, L., Song, Y., e Rodriguez, D. (2013) Comparing measures of urban land use mix. *Computers, Environment and Urban Systems*, 42, 1–13. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2013.08.001
- Metz, D. H. (2000) Mobility of older people and their quality of life. *Transport Policy*, 7, 149–152. doi:10.1016/S0967-070X(00)00004-4
- Mishra, S., Cui, Y., e Welch, T. F. (2015) Estimating land use effects on bicycle ridership. *Transportation Research Board*.

- Motte-Baumvol, B., e Nassi, C. D. (2012) Immobility in Rio de Janeiro, beyond poverty. *Journal of Transport Geography*, 24, 67–76. doi:10.1016/j.jtrangeo.2012.06.012
- Nykvist, B., e Whitmarsh, L. (2008) A multi-level analysis of sustainable mobility transitions: Niche development in the UK and Sweden. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(9), 1373–1387. doi:10.1016/j.techfore.2008.05.006
- OCDE. (2001) Strategy for Integrating Environment and Sustainable Development into the Transport Policy. Obtido 9 de abril de 2015, de <http://corporate.skynet.be/sustainablefreight/trans-counci-conclusion-05-04-01.htm>
- OECD. (2008) Handbook on Constructing Composite Indicators. Obtido de <http://www.oecd.org/std/42495745.pdf>
- Páez, A., Scott, D. M., e Morency, C. (2012) Measuring accessibility: Positive and normative implementations of various accessibility indicators. *Journal of Transport Geography*, 25, 141–153. doi:10.1016/j.jtrangeo.2012.03.016
- Papa, E., e Bertolini, L. (2015) Accessibility and Transit-Oriented Development in European metropolitan areas. *Journal of Transport Geography*, 47, 70–83. doi:10.1016/j.jtrangeo.2015.07.003
- Peñalosa, E. (2005) *The Role of Transport in Urban Development Policy. Sustainable Transport: A Sourcebook for Policy-makers in Developing Cities*. Obtido de <http://www.itdp.org/wp-content/uploads/2014/07/1A-UDP-EN.pdf>
- Peralta-Quirós, T., e Mhndiratta, S. R. (2015) Accessibility analysis of growth patterns in Buenos Aires, density, employment and spatial form. *Transportation Research Board*.
- Pooley, C. G., Horton, D., Scheldeman, G., Mullen, C., Jones, T., Tight, M., Jopson, A., e Chisholm, A. (2013) Policies for promoting walking and cycling in England: A view from the street. *Transport Policy*, 27, 66–72. doi:10.1016/j.tranpol.2013.01.003
- Prefeitura do Rio de Janeiro. ([s.d.]) Crescimento da área urbanizada 1920-2009. Obtido 11 de novembro de 2015, de http://portalgeo.rio.rj.gov.br/armazenzinho/web/Aplicativos_Novos/rio_mapas/principal.html
- Preston, J., e Rajé, F. (2007) Accessibility, mobility and transport-related social exclusion. *Journal of Transport Geography*, 15(3), 151–160. doi:10.1016/j.jtrangeo.2006.05.002
- Pucher, J., Buehler, R., e Seinen, M. (2011) Bicycling renaissance in North America? An update and re-appraisal of cycling trends and policies. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 45(6), 451–475. doi:10.1016/j.tra.2011.03.001
- Rajagopalan, L., Sudhakaran, S., PAge, N., e Mahendra, A. (2015) Evaluating the impact of urban form on transportation in gated communities in Bangalore, India. *Transportation Research Board*, 1–17.
- Rodrigues, A. R. P. (2013) *A mobilidade dos pedestres e a influência da configuração da rede de caminhos*. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Rodrigues, A. R. P., Flórez, J., Frenkel, D. B., e Portugal, L. D. S. (2014) Indicadores do desenho urbano e sua relação com a propensão a caminhada. *Journal of Transport Literature*, 8, 62–88.
- Rodrigues da Silva, A. N., e Costa, M. da S. (2010) Development and Application of I_SUM an index of Sustainable Urban Mobility. *Transportation Research Board*.

- Rodrigues da Silva, A. N., e Miranda, H. D. F. (2012) Benchmarking sustainable urban mobility: The case of Curitiba, Brazil. *Transport Policy*, 21, 141–151. doi:10.1016/j.tranpol.2012.03.009
- Rodrigues de Deus, L. (2008) *A influência da forma urbana no comportamento de viagem das pessoas: Estudo de caso em Uberlândia, MG*. Universidade Federal de São Carlos.
- Rodríguez, D. A., e Estupiñán, N. (2008) The relationship between urban form and station boardings for Bogotá's BRT. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 42, 296–306. doi:10.1016/j.tra.2007.10.006
- Sagaris, L., e Ortuzar, J. D. D. (2015) Reflections on citizen-technical dialogue as part of cycling-inclusive planning in Santiago, Chile. *Research in Transportation Economics*, 53, 20–30. doi:10.1016/j.retrec.2015.10.016
- Schlossberg, M., Dill, J., Ma, L., e Meyer, C. (2013) *Measuring the performance of transit relative to livability*.
- SETRANS. (2013) Plano Diretor de Transportes Urbanos.
- Singh, Y. J., Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M., e Maarseveen, M. Van. (2014) Measuring transit oriented development: a spatial multi criteria assessment approach for the City Region Arnhem and Nijmegen. *Journal of Transport Geography*, 35, 130–143. doi:10.1016/j.jtrangeo.2014.01.014
- Singh, Y. J., Lukman, A., He, P., Flacke, J., Zuidgeest, M., e Maarseveen, M. Van. (2015) Planning for Transit Oriented Development (TOD) using a TOD index. *Transportation Research Board 94th Annual Meeting* (p. 1–20). Washington DC.
- Souza, F. C. De, e Orrico, R. D. (2014) Características de viagens em dois bairros de baixa renda no rio de janeiro. *XXVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes ANPET*. Curitiba.
- Spinney, J. E. L., Scott, D. M., e Newbold, K. B. (2009) Transport mobility benefits and quality of life: A time-use perspective of elderly Canadians. *Transport Policy*, 16, 1–11. doi:10.1016/j.tranpol.2009.01.002
- Steg, L., e Gifford, R. (2005) Sustainable transportation and quality of life. *Journal of Transport Geography*, 13, 59–69. doi:10.1016/j.jtrangeo.2004.11.003
- United Nations. (2013) Urban and Rural Population by Age and Sex, 1980 - 2015. Obtido 30 de março de 2014, de <http://www.un.org/en/development/desa/population/publications/dataset/urban/urbanAndRuralPopulationByAgeAndSex.shtml>
- United States Census Bureau. (2010) 2010 Census Urban Lists Record Layouts. Obtido 1 de fevereiro de 2016, de https://www.census.gov/geo/reference/ua/uallists_layout.html
- WalkScore. (2015) TransitScore. Obtido 11 de maio de 2015, de <https://www.walkscore.com/transit-score-methodology.shtml>
- Wey, W. M. (2015) Smart growth and transit-oriented development planning in site selection for a new metro transit station in Taipei, Taiwan. *Habitat International*, 47, 158–168. doi:10.1016/j.habitatint.2015.01.020
- Zegras, P. C. (2005) *Sustainable Urban Mobility: Exploring the Role of the Built Environment*. Massachusetts Institute of Technology.
- Zhang, L., e Nasri, A. (2014) The analysis of transit-oriented development (TOD) in Washington, D.C. and Baltimore metropolitan areas. *Transport Policy*, 32, 172–179. doi:10.1016/j.tranpol.2013.12.009

- Zhang, L., Nasri, A., Baghaei, B., e Mahapatra, S. (2014) Comparative Analysis of the Effect of Transit-Oriented Development on Trip Generation , Distribution , and Mode Share in the Washington , D . C . and Baltimore Metropolitan Areas. *Transportation Research Board*.
- Zhang, L., Nasri, A., Hong, J. H., e Shen, Q. (2012) How built environment affects travel behavior: A comparative analysis of the connections between land use and vehicle miles traveled in US cities. *Journal of Transport and Land Use*, 5(3), 40–52. doi:10.5198/jtlu.v5i3.266

Anexo 1

Formato de consulta aos especialistas. Primeira fase

Consulta a Especialistas

Esta consulta visa contemplar a sua percepção sobre o papel da acessibilidade local como promotora da mobilidade sustentável. A acessibilidade local, compreendendo áreas no entorno das estações de sistemas de transporte de alta capacidade, é representada pelas dimensões do ambiente construído (Built Environment). A mobilidade sustentável é representada por cinco atributos especialmente relevantes no contexto latino-americano.

Metodologia:

Nas perguntas 1 a 5 deverá indicar sua percepção sobre a Contribuição que a acessibilidade local e suas respectivas dimensões exercem na promoção dos atributos da Mobilidade Sustentável. A pergunta 6 requer uma avaliação quanto a importância dos atributos propostos para a representação da mobilidade sustentável. Maior informação sobre as dimensões do ambiente construído pode ser encontrada no seguinte link: <https://goo.gl/tRCweG>.

*Required

1. 1. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Segura *

A segurança na mobilidade representa o respeito à vida dos cidadãos, o que inclui tanto a segurança viária quanto a pessoal. Avalie, numa escala de 1 a 10, sendo 10 a nota máxima, a contribuição das dimensões do ambiente construído na Mobilidade Segura

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Densidade urbana	<input type="radio"/>									
Diversidade - Uso misto do solo	<input type="radio"/>									
Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	<input type="radio"/>									
Disponibilidade do Transporte Público	<input type="radio"/>									
Acessibilidade do destino	<input type="radio"/>									

2. 2. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Verde - Saudável *

O uso dos modos não motorizados e dos mais eficientes energeticamente contribui para melhorar a qualidade ambiental e a saúde das pessoas. Avalie, numa escala de 1 a 10, sendo 10 a nota máxima, a contribuição das dimensões do ambiente construído na Mobilidade Verde - Saudável

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Densidade urbana	<input type="radio"/>									
Diversidade - Uso misto do solo	<input type="radio"/>									
Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	<input type="radio"/>									
Disponibilidade do Transporte Público	<input type="radio"/>									
Acessibilidade do destino	<input type="radio"/>									

<https://docs.google.com/forms/d/1G8FEW-1WYoAme0zOii1-1Sk7b4kuDhIMM-3AnHkY4w/edit>

3. 3. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Inclusiva *

Considerar as pessoas de condições físicas ou socioeconômicas mais desfavoráveis no sistema de transportes gera padrões de viagens mais dinâmicos e uma população mais ativa. Avalie, numa escala de 1 a 10, sendo 10 a nota máxima, a contribuição das dimensões do ambiente construído na Mobilidade Inclusiva

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Densidade urbana	<input type="radio"/>									
Diversidade - Uso misto do solo	<input type="radio"/>									
Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	<input type="radio"/>									
Disponibilidade do Transporte Público	<input type="radio"/>									
Acessibilidade do destino	<input type="radio"/>									

4. 4. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Conveniente - Justa Socialmente *

Uma mobilidade baseada em viagens curtas em tempo e distância permite às pessoas realizarem mais atividades ao longo do dia, o que melhora sua qualidade de vida. Avalie, numa escala de 1 a 10, sendo 10 a nota máxima, a contribuição das dimensões do ambiente construído na Mobilidade Conveniente

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Densidade urbana	<input type="radio"/>									
Diversidade - Uso misto do solo	<input type="radio"/>									
Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	<input type="radio"/>									
Disponibilidade do Transporte Público	<input type="radio"/>									
Acessibilidade do destino	<input type="radio"/>									

5. 5. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Produtiva *

Uma mobilidade que expresse o equilíbrio entre a demanda e a oferta de infraestrutura urbana e sistemas de transporte promove uma taxa de retorno positiva, social e economicamente, para os investimentos públicos nesses sistemas, promovendo uma Mobilidade Produtiva. Avalie, numa escala de 1 a 10, sendo 10 a nota máxima, a contribuição das dimensões do ambiente construído na Mobilidade Produtiva

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Densidade Urbana	<input type="radio"/>									
Diversidade - Uso misto do solo	<input type="radio"/>									
Desenho Urbano - Qualidade da caminhada	<input type="radio"/>									
Disponibilidade do Transporte Público	<input type="radio"/>									
Acessibilidade do destino	<input type="radio"/>									

6. Se tiver comentários sobre as perguntas 1 a 5, por favor, indique-os aqui

.....
.....
.....
.....
.....

Pergunta 6. Importância dos atributos da mobilidade sustentável

Esta pergunta requer classificar os atributos da mobilidade sustentável nas áreas próximas a estações de transporte de alta capacidade. Por gentileza, indique a ordem de importância que considere mais adequada, sendo 1 o atributo de maior importância e 5 o de menor importância.

7. *

Mark only one oval per row.

	1	2	3	4	5
Mobilidade Segura	<input type="radio"/>				
Mobilidade Verde - Saudável	<input type="radio"/>				
Mobilidade Inclusiva	<input type="radio"/>				
Mobilidade Conveniente - Justa socialmente	<input type="radio"/>				
Mobilidade Produtiva	<input type="radio"/>				

8. Se tiver comentários sobre a pergunta 6 ou deseje incluir outro atributo de importância, por favor, indique-os aqui

.....
.....
.....
.....
.....

Finalização

Antes de terminar, favor indique as seguintes informações.

https://docs.google.com/forms/d/1G8FEW_IWYcAme0zOiielII_Sp0M4vDhIMM-3AnHLY4w/edit

9. País de residência *

Mark only one oval.

- Argentina
- Brasil
- Chile
- Colômbia
- México
- Outro

10. Nível de escolaridade

Mark only one oval.

- Graduação
- Mestrado
- Doutorado

11. Campo de atuação *

Tick all that apply.

- Acadêmico
- Planejamento - Administração pública
- Setor privado, ONG, internacional
- Other:

12. Familiaridade com o Desenvolvimento Orientado ao Transporte (TOD) *

Mark only one oval.

- Alta (aplicação)
- Média (estudo do tema)
- Pouca

13. Contato

Caso deseje conhecer os resultados finais da pesquisa ou colaborar em futuras etapas, por gentileza indique o seu correio de contacto:

.....

Após o envio do formulário será disponibilizado um link a uma consulta - opcional e complementar a esta - na qual serão selecionados os indicadores mais adequados para representar cada atributo da mobilidade sustentável. Fica o convite para participar!

Anexo 2

Formato de consulta aos especialistas. Segunda fase

Consulta a Especialistas

Esta consulta visa determinar o papel da acessibilidade local como promotora da mobilidade sustentável em áreas urbanas atendidas por sistemas de transporte de alta capacidade. Para isso é contemplada a percepção de especialistas em mobilidade provenientes de vários países da América Latina. A acessibilidade local é representada pelas dimensões do ambiente construído (Built Environment). A mobilidade sustentável é representada por cinco atributos especialmente relevantes no contexto latino-americano.

Metodologia:

Nas perguntas 1 a 5 deverá indicar sua percepção sobre as dimensões da acessibilidade local de maior contribuição na prática da Mobilidade Sustentável. A pergunta 6 requer uma avaliação quanto a importância dos atributos propostos para a representação da mobilidade sustentável.

Por favor, considere:

- Os elementos avaliados nesta consulta são localizados espacialmente nas áreas próximas de estações de sistemas de transporte de alta capacidade
- Maior informação sobre as dimensões do ambiente construído pode ser encontrada no seguinte link: <https://goo.gl/tRCweG>.

*Required

1. 1. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Segura

A segurança na mobilidade representa o respeito à vida dos cidadãos, o que inclui tanto a segurança viária quanto a pessoal. Selecione no máximo 3 dimensões do ambiente construído que, por meio do seu melhoramento, promovam uma mobilidade Segura. Avalie a importância das dimensões selecionadas, sendo 1 a mais importante.

Mark only one oval per row.

	Densidade urbana	Diversidade - uso misto do solo	Desenho urbano - qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

2. 2. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Verde - Saudável

O uso dos modos não motorizados e dos mais eficientes energeticamente contribui para melhorar a qualidade ambiental e a saúde das pessoas. Selecione no máximo 3 dimensões do ambiente construído que, por meio do seu melhoramento, promovam uma mobilidade Verde - Saudável. Avalie a importância das dimensões selecionadas, sendo 1 a mais importante.

Mark only one oval per row.

	Densidade urbana	Diversidade - uso misto do solo	Desenho urbano - qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

3. 3. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Inclusiva

Considerar as pessoas de condições físicas ou socioeconômicas mais desfavoráveis no sistema de transportes gera padrões de viagens mais dinâmicos e uma população mais ativa. Selecione no máximo 3 dimensões do ambiente construído que, por meio do seu melhoramento, promovam uma mobilidade Inclusiva. Avalie a importância das dimensões selecionadas, sendo 1 a mais importante.

Mark only one oval per row.

	Densidade urbana	Diversidade - uso misto do solo	Desenho urbano - qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

4. 4. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Conveniente - Justa socialmente

Uma mobilidade baseada em viagens curtas em tempo e distância permite às pessoas realizarem mais atividades ao longo do dia, o que melhora sua qualidade de vida. Selecione no máximo 3 dimensões do ambiente construído que, por meio do seu melhoramento, promovam uma mobilidade Conveniente - Justa socialmente. Avalie a importância das dimensões selecionadas, sendo 1 a mais importante.

Mark only one oval per row.

	Densidade urbana	Diversidade - uso misto do solo	Desenho urbano - qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

5. 5. Contribuição do ambiente construído na Mobilidade Produtiva

Uma mobilidade que expresse o equilíbrio entre a demanda e a oferta de infraestrutura urbana e dos sistemas de transporte promove taxas de retorno positivas para os investimentos públicos nesses sistemas. Selecione no máximo 3 dimensões do ambiente construído que, por meio do seu melhoramento, promovam uma mobilidade Produtiva. Avalie a importância das dimensões selecionadas, sendo 1 a mais importante. *Mark only one oval per row.*

	Densidade urbana	Diversidade - uso misto do solo	Desenho urbano - qualidade da caminhada	Disponibilidade do transporte público	Acessibilidade do destino
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

6. Se tiver comentários sobre as perguntas 1 a 5, por favor, indique-os aqui

.....

.....

.....

.....

.....

Pergunta 6. Importância dos atributos da mobilidade sustentável

Esta pergunta requer classificar os atributos da mobilidade sustentável nas áreas próximas a estações de transporte de alta capacidade. Por gentileza, indique a ordem de importância que considere mais adequada, sendo 1 o atributo de maior importância e 5 o de menor importância.

7. * *Mark only one oval per row.*

	1	2	3	4	5
Mobilidade Segura	<input type="radio"/>				
Mobilidade Verde - Saudável	<input type="radio"/>				
Mobilidade Inclusiva	<input type="radio"/>				
Mobilidade Conveniente - Justa socialmente	<input type="radio"/>				
Mobilidade Produtiva	<input type="radio"/>				

8. Se tiver comentários sobre a pergunta 6 ou deseje incluir outro atributo de importância, por favor, indique-os aqui

.....

.....

.....

.....

.....

Finalização

Antes de terminar, favor indique as seguintes informações.

9. País de residência *

Mark only one oval.

- Argentina
- Brasil
- Chile
- Colômbia
- México
- Outro

10. Nível de escolaridade

Mark only one oval.

- Graduação
- Mestrado
- Doutorado

11. Campo de atuação *

Tick all that apply.

- Acadêmico
- Planejamento - Administração pública
- Setor privado, ONG, internacional
- Other:

12. Familiaridade com o Desenvolvimento Orientado ao Transporte (TOD) *

Mark only one oval.

- Alta (aplicação)
- Média (estudo do tema)
- Pouca

13. Contato

Caso deseje conhecer os resultados finais da pesquisa ou colaborar em futuras etapas, por gentileza indique o seu correio de contacto:

.....

Após o envio do formulário será disponibilizado um link a uma consulta - opcional e complementar a esta - na qual serão selecionados os indicadores mais adequados para representar cada atributo da mobilidade sustentável. Fica o convite para participar!

Powered by



ne://docs.google.com/forms/d/1t1R7WEXivOS1KSlcl1Gz-fu6s7MQD0H6L1leE1lVT4ADlIa4t

Anexo 3

Estudo de caso do Rio de Janeiro

Passo 1: Caracterização da área de estudo

A principal fonte de informações tanto para a caracterização da zona de estudo como para as análises subsequentes é o Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU), cuja última atualização foi encarregada no ano 2011. O plano teve como principal unidade geográfica a Zona de Análise de Trafego – TAZ – e agregações superiores a nível de bairro, zona de planejamento e município. Além disso, tanto o PDTU quanto a presente pesquisa, utilizou dados do Censo Nacional realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística no ano 2010 (IBGE, 2012). O censo agrega as informações ao nível de setor censitário, cuja extensão (área) é menor do que a da TAZ. Isto é, uma TAZ agrega vários setores censitários, ao mesmo tempo em que um bairro agrega várias TAZ e assim por diante.

A Tabela 1 apresenta a relação das TAZ associadas a cada estação, a porcentagem de área de cada uma delas dentro da zona TOD. Além disso, apresenta o número estimado de habitantes, empregos e matrículas escolares de cada zona TOD de acordo com o percentual correspondente.

A estação Triagem (Figura 1) conta com boas oportunidades de emprego, em comparação à sua população, porém, possui também os menores números de matrículas escolares. A zona TOD Alfonso Pena (Figura 2) possui a segunda maior quantidade de habitantes, além de uma grande quantidade de matrículas escolares em comparação às demais zonas. A zona TOD Coelho Neto (Figura 3) apresenta as menores oportunidades de emprego. Já a estação Botafogo (Figura 4), além de ter a maior população, possui também a maior quantidade de empregos, duplicando no número de oportunidades laborais às estações Triagem e Alfonso Pena. A única estação com disponibilidade de infraestrutura para a circulação cicloviária no entorno é a estação Botafogo.

Tabela 1. Informações de caracterização das zonas TOD escolhidas no Rio de Janeiro

Estação	Zona TAZ	Área TAZ (m ²)	Área TOD (m ²)	Porcentagem	Habitantes	Empregos	Matriculas
Triagem	201	665.867	105.654	30%	2.530	5.223	
	202	774.857	318.453	41%	1.856	1.415	667
	280	614.396	86.768	14%	888	833	408
	281	1.056.704	273.021	26%	3.940	2.278	
Alfonso	127	471.453	387.870	82%	8.560	3.237	3.689
Pena	128	219.999	201.904	92%	7.946	2.888	5.028
	133	269.647	145.427	54%	5.171	1.697	90
Coelho	252	1.561.459	177.150	11%	1.884	211	957
Neto	259	1.096.627	53.725	5%	911	84	117
	309	1.603.670	523.036	33%	6.761	2.071	522
Botafogo	65	102.033	59.308	58%	1.860	2.862	
	66	814.880	111.722	30%	3.377	5.778	
	72	1.448.432	221.555	50%	8.968	5.745	687
	73	753.884	63.589	8%	1.135	446	244
	74	529.776	89.392	17%	1.555	566	65
	75	731.701	238.101	33%	5.404	4.363	7

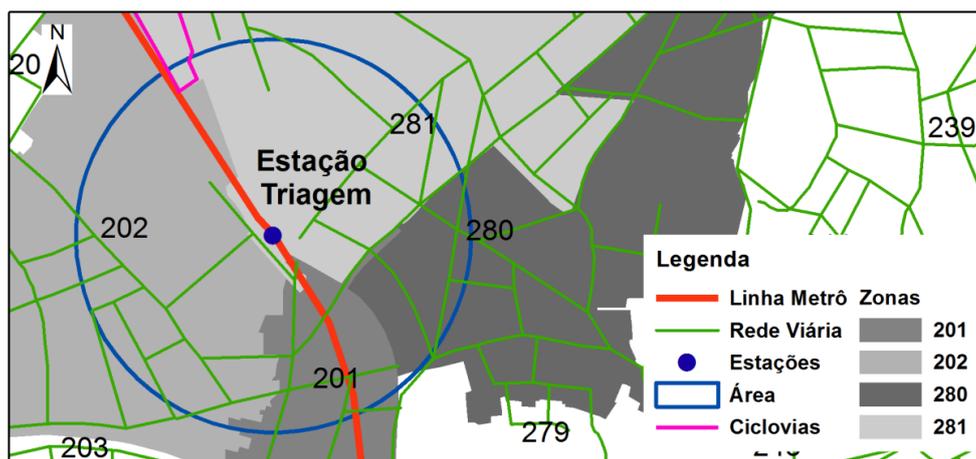


Figura 1. Estação Triagem

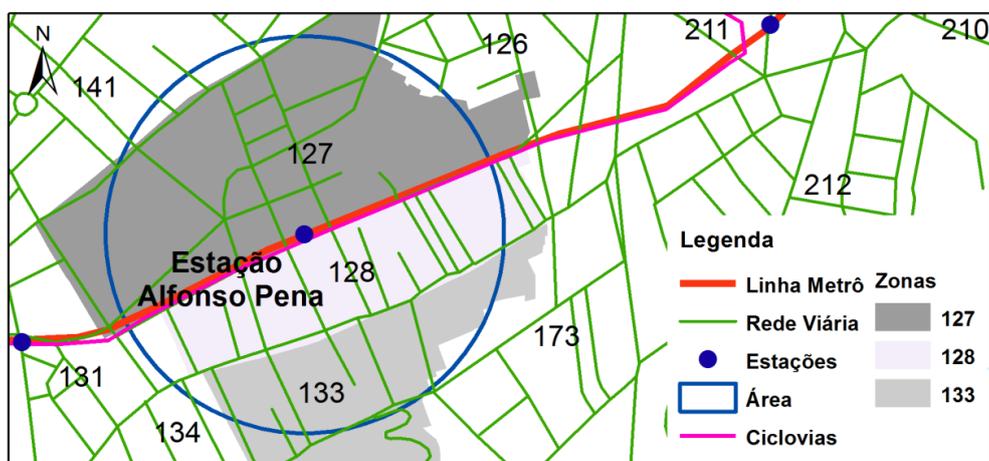


Figura 2. Estação Alfonso Pena

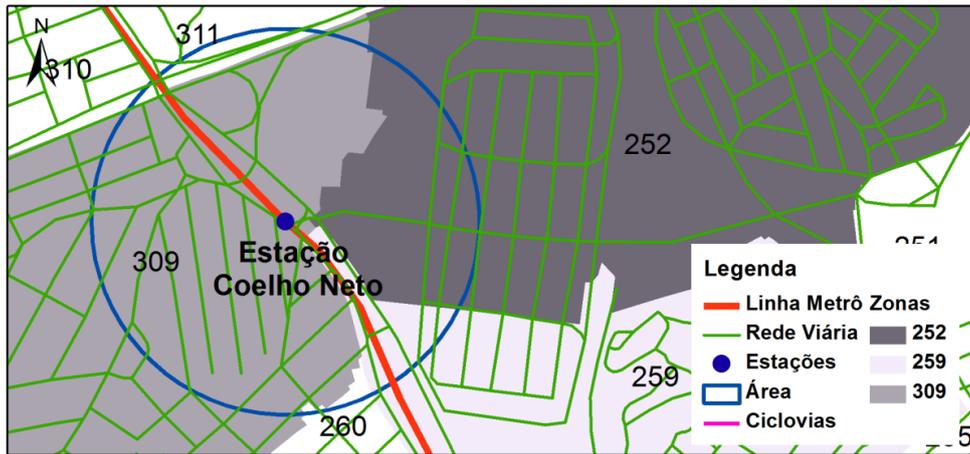


Figura 3. Estação Coelho Neto

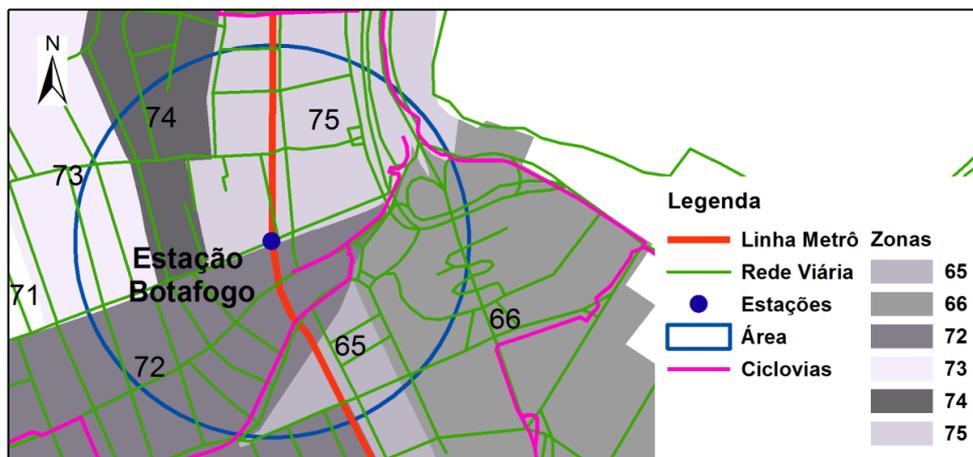


Figura 4. Estação Botafogo

Um fator comum entre as diferentes zonas TOD estudadas, conforme pode ser visto nas figuras respectivas, é a falta de um traçado urbano uniforme ou com algum padrão definido de orientação das ruas. Além disso, em todos os casos nota-se a tendência da estrutura urbana estar composta por um grande número de ruas sem saída, o que provavelmente decorrerá em avaliações ruins no desenho urbano.

Passo 2: Comportamento de viagem

O cálculo dos indicadores relativos ao comportamento de viagem nas zonas TOD selecionadas foi feito com base em informações da última pesquisa OD da cidade, de maneira similar ao caso de estudo em Santiago do Chile. Porém os dados desta pesquisa (pelo menos na forma que foram encontrados para a elaboração desta dissertação) não estão georreferenciados, contando apenas com a indicação de um local de referência próximo à origem da viagem. Além disso, o relatório desses locais de referência não foi padronizado (por exemplo, o shopping center Rio Sul aparece como “Shop Rio Sul”, “Rio Sul” ou “Shopping Rio Sul”, entre outros), impossibilitando dar um ponto georreferenciado para as viagens segundo o local de referência indicado

na pesquisa. Essa limitação faz com que não possam ser diferenciadas as viagens que, sendo geradas numa TAZ próxima à estação, estejam a uma distância menor ou maior do que 500 m da mesma, conforme foi feito no caso de estudo do Santiago do Chile.

Tentando tratar esse problema, a base de dados “domicílios”, que contém o setor censitário de cada prédio, foi cruzada com os setores censitários alocados dentro das zonas TOD estudadas. No entanto, das quatro zonas foram obtidos apenas 8 domicílios, dentro da zona TOD Coelho Neto. Sendo assim, adotou-se trabalhar com todas as viagens geradas nas TAZ relacionadas com a estação, independentemente se estas tiveram início dentro da zona TOD.

Mobilidade Segura

No cálculo desse indicador são utilizados dados de todas as viagens com início em alguma das TAZ vinculadas às estações estudadas. A Tabela 2 apresenta os resultados do I_{ms} e do In_{ms} . A estação Triagem apresentou o menor desempenho, já que aproximadamente 50% das viagens originadas nas suas TAZ são feitas em modos motorizados individuais. As demais estações apresentam comportamentos próximos aos aceitáveis, especialmente nas TAZ da estação Alfonso Pena. As estações Coelho Neto e Botafogo são favorecidas pelo desempenho de zonas como a TAZ 75, em Botafogo, em que das 95 mil viagens ali originadas, apenas 11,9% são motorizadas individuais. Essa TAZ contém importantes infraestruturas como a estação do Metrô Botafogo, o Botafogo Praia Shopping, o hospital Memorial Infantil e a FGV, além de ser uma importante zona de negócios da cidade.

Tabela 2. Cálculo do I_{ms} para as viagens ao longo do dia – caso Rio

Estação	Número total de viagens ^a	I_{ms}	In_{ms}
Triagem	21.995	50,3%	0,40
Alfonso Pena	36.498	20,5%	0,98
Coelho Neto	69.529	23,1%	0,86
Botafogo	210.828	23,7%	0,85

^a considerando todos os modos

Mobilidade Verde e Saudável

O desempenho no indicador de mobilidade verde e saudável foi baixo para todas as zonas TOD analisadas, conforme indicado na Tabela 3. Com o pior desempenho, as TAZ da estação Triagem apresentaram apenas 1,8% das viagens não motorizadas, totalmente afastadas dos 40,0% das viagens não motorizadas consideradas como desejáveis nessa pesquisa. O melhor comportamento geral correspondeu às TAZ da estação Coelho Neto, que com 20,9% das viagens não motorizadas, ainda está a meio

caminho da menta, refletindo-se no In_{vs} de 0,52. Estranhamente nas TAZ da estação Botafogo não foram identificadas viagens em bicicleta, o que poderia ser explicado pela falta de representatividade da pesquisa devido a que a amostra não teve viagens de residentes desse mesmo setor, segundo explicado no início da presente seção.

Tabela 3. Cálculo do I_{vs} nas zonas TOD – caso Rio de Janeiro

Estação	Caminhada	Bicicleta	Número de viagens	I_{vs}	In_{vs}
Triagem	395		21.995	1,8%	0,04
Alfonso Pena	4.741		36.498	13,0%	0,32
Coelho Neto	2.316	12.196	69.529	20,9%	0,52
Botafogo	19.440		210.828	9,2%	0,23

Mobilidade inclusiva

A pesquisa OD do Rio de Janeiro contém dados de pesquisas domiciliares apenas nas estações Triagem e Coelho Neto, já que nem nas zonas TOD Botafogo ou Alfonso Pena, nem nas TAZ completas dessas duas estações, tais pesquisas foram realizadas. Porém, apresentou-se uma situação atípica nessa pesquisa, já que não foram dados fatores de expansão às pessoas que não realizaram viagens.

Assim, no momento de expandir a amostra para identificar o número de pessoas que não viajam em relação à população estimada da zona, só se consegue fazer a expansão para as pessoas que realizaram mais de uma viagem no dia da pesquisa. Portanto, o cálculo desse indicador nesse caso de estudo não foi possível de se realizar.

Mobilidade Conveniente e Justa socialmente

A Tabela 4 apresenta os resultados para o cálculo desse indicador. Diferentemente do caso do Santiago de Chile, o cálculo não foi feito para as zonas TOD, mas para as TAZ associadas a cada estação, segundo as limitações já comentadas. Nos casos das estações Triagem e Coelho Neto não foram identificadas viagens com motivo estudo, fator que novamente retira representatividade aos resultados obtidos para o Rio de Janeiro.

Tabela 4. Cálculo do I_{cj} nas zonas TOD – caso Rio de Janeiro

Estação	Todas as viagens geradas na zona TAZ			
	\bar{t}_v trabalho	\bar{t}_v estudo	I_{cj}	In_{cj}
Triagem	26,3		26,3	1,00
Alfonso Pena	28,0	35,2	30,1	1,00
Coelho Neto	69,6		69,6	0,43
Botafogo	78,4	41,6	73,4	0,41

Em relação aos tempos obtidos, os menores deles foram para as estações Triagem e Alfonso Pena, em ambos os casos inferiores ou iguais que 30 minutos, pelo que o In_{cj} foi igual a 1. Já as estações Coelho Neto e Botafogo apresentaram, em ambos os casos, tempos de viagem maiores que uma hora para o motivo trabalho. Os fatores causais desses altos tempos de viagens são discutidos no Passo 4 da metodologia.

Mobilidade produtiva

No caso do Rio de Janeiro, o I_{mp} foi calculado com base no período de pico entre as 7:00 e as 9:00 horas, e o período de fora do pico entre as 9:00 e as 11:00 horas. Foi calculada a demanda total nessas faixas de horário, assim como o 75º percentil das demandas da linha correspondente, visando calcular o fator de utilização, fu . Os dados empregados foram da base de dados de contagens do Metrô utilizados na elaboração do PDTU da cidade. A Tabela 5 apresenta os resultados.

Tabela 5. Cálculo do I_{mp} nas zonas TOD – caso Rio de Janeiro

Estação	Linha	Demanda 7:00 - 9:00	Demanda 9:00 - 11:00	75º percentil da linha	fu	I_{mp}	In_{mp}
Triagem	L2	905	717	3.527	0,26	0,20	0,29
Alfonso Pena	L1	2.170	1.855	3.569	0,61	0,52	0,74
Coelho Neto	L2	4.253	2.271	3.527	1,00	0,53	0,76
Botafogo	L1/L2	5.437	5.596	3.569	1,00	1,03	1,00

Na estação Triagem, de demanda baixa, existe um equilíbrio entre as demandas das horas pico e fora do pico, porém, o fu é baixo, já que a demanda na estação é muito inferior ao 75º percentil de demanda da linha. Desse modo, o In_{mp} resulta igual a 0,29. Os casos das estações Alfonso Pena e Coelho Neto mostram como o indicador reflete tanto a importância do balanceamento da demanda como de uma ótima utilização da capacidade da estação. No primeiro caso, existe um bom balanceamento da demanda entre a hora pico e fora do pico, o que indica, possivelmente, uma zona de boa atividade ao longo do dia, com ruas mais vivas e ocupadas. Porém, a demanda na estação é ainda um pouco baixa em relação às demais estações dessa linha.

Já na estação Coelho Neto, a demanda na hora pico é alta, quase duplicando a demanda do horário fora do pico. Ainda, a estação apresenta uma demanda superior ao 75º percentil das demandas das estações da linha 2, indicando um adequado uso da infraestrutura de transporte de alta capacidade. A estação Botafogo obteve In_{mp} igual a 1, pontuação perfeita. Tanto o balanceamento da demanda nos períodos avaliados quanto a utilização da estação em relação à capacidade da linha são boas.

Passo 3: É necessária a aplicação do TOD na zona de estudo

De acordo aos resultados da seção anterior, todas as estações precisam melhorar pelo menos em um dos comportamentos de viagem apresentados, considerando a falta de compatibilidade de com os atributos da mobilidade sustentável. Diferentemente do caso de Santiago, onde todos os indicadores puderam ser calculados, a falta de dados impossibilitou a obtenção do I_{mi} . Desse modo, os pesos levantados para o N_{TOD} , usados na Equação 6-1, foram reformulados para o caso de quatro indicadores, utilizando o mesmo ranking gerado na consulta a especialistas. Os pesos modificados são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Ranking e pesos dos atributos para o caso de estudo do Rio de Janeiro

Atributo da Mobilidade	Ranking i	Peso w_i
Segura	1	0,400
Verde	4	0,100
Inclusiva	-	-
Conveniente	2	0,300
Produtiva	3	0,200

Utilizando novos pesos, calcula-se o N_{TOD} . A Tabela 7 compila os resultados de cada indicador normalizado, assim como o resultado final do Índice. No caso de querer priorizar ações, pode se observar que a estação Triagem seria a que precisa intervenções em maior medida, já que o comportamento de viagem dos habitantes e da população flutuante dessa zona apresenta, entre as estações estudadas, a menor proximidade com a sustentabilidade. A avaliação obtida nessa estação ($N_{TOD} = 0,52$) é promovida pelo baixo desempenho nos indicadores de mobilidade segura, mobilidade produtiva e mobilidade verde.

Tabela 7. Resumo In_i e cálculo do N_{TOD} nas estações estudadas – caso Rio de Janeiro

Estação	In_{ms}	In_{cj}	In_{mp}	In_{vs}	N_{TOD}^a
Triagem	0,40	1,00	0,29	0,04	0,52
Alfonso Pena	0,98	1,00	0,74	0,32	0,87
Coelho Neto	0,86	0,43	0,76	0,52	0,68
Botafogo	0,85	0,41	1,00	0,23	0,69

^a Modificado para os indicadores disponíveis no Rio de Janeiro

Entretanto, é possível que a sua proximidade geográfica com o centro de negócios da cidade reduza notavelmente os tempos de viagem. No extremo oposto, a estação Alfonso Pena apresenta, de forma geral, a maior compatibilidade com a prática da mobilidade sustentável. De fato, pode se dizer que nessa estação o único comportamento de viagem que precisaria ser melhorado corresponde às viagens não motorizadas. Assim, a estação fica no último lugar no referente à prioridade de intervenção.

As estações Coelho Neto e Botafogo apresentaram avaliações muito próximas entre elas e, em ambos os casos, abaixo do valor aceitável do N_{TOD} . Essas avaliações são geradas pelo desempenho pobre dos indicadores de mobilidade conveniente e mobilidade verde e saudável, principalmente. Porém, acreditasse que a origem dos problemas em ambas as estações seja diferente. O resultado do índice N_{TOD} indica que essas estações têm o mesmo nível de necessidade de intervenção e, portanto, devem se estudar os fatores causais que explicam esses comportamentos de viagem, em busca de gerar estratégias de atuação, conforme o passo 4 a seguir.

Passo 4: Fatores causais na acessibilidade

A Tabela 8 apresenta o resumo dos indicadores a melhorar e as dimensões associadas, conforme a análise relacional levantada.

Tabela 8. Dimensões do ambiente construído a serem avaliadas em cada estação – caso Rio de Janeiro

Estação	Atributo a melhorar	Possíveis fatores causais				Destino
		Densidade	Diversidade	Desenho	Disponibilidade	
Triagem	Segura			x	x	x
	Produtiva	x	x		x	
	Verde		x	x	x	
Alfonso Pena	Produtiva	x	x		x	
	Verde		x	x	x	
Coelho Neto	Conveniente		x		x	x
	Verde		x	x	x	
Botafogo	Conveniente		x		x	x
	Verde		x	x	x	

Zona TOD Triagem

Densidade Urbana: a densidade urbana foi calculada com base nos dados do último censo demográfico (IBGE, 2012), o qual agrega a população a nível de setor censitário. Assim, foram utilizados apenas os setores censitários correspondentes à zona TOD de cada estação. Para serem definidos esses setores foi realizado um procedimento com auxílio do software ArcGis. Tal procedimento consistiu em criar um buffer de 500 m no entorno da estação, extraindo os setores censitários de cada zona TOD.

Porém, devido a que a delimitação física da zona TOD e dos setores não coincide, foram mantidos apenas aqueles setores censitários com mais do que 20% da área dentro da zona TOD ou com mais de 10.000 m² de sobreposição. Para os setores censitários mantidos, o número de habitantes foi ajustado de acordo à sua porcentagem da área dentro da zona TOD, assumindo uma distribuição uniforme dos

habitantes na área do setor censitário. Após este procedimento, a população foi somada para obter o total de moradores da zona TOD.

A população da zona TOD Triagem foi estimada em 3.961 pessoas, para uma densidade urbana de 5.043 pessoas por quilômetro quadrado, considerada muito baixa em relação ao potencial de zonas no entorno a sistemas de transporte de alta capacidade, de acordo com o especificado na Tabela 5-4.

Diversidade de uso solo: Os dados de uso do solo foram extraídos do portal de dados online “Bairros Cariocas” (Instituto Pereira Passos, 2011). A base de dados contém cadastro dos imóveis segundo o seu uso, apresentados em número de imóveis e área construída. Como os dados são agregados no nível de bairro, foi aplicada uma correção de acordo com o percentual de área de cada bairro dentro da zona TOD. Essa simplificação assume que os prédios estão uniformemente distribuídos em toda a área do bairro, o que não necessariamente é verdade. Porém, os dados foram utilizados em ordem de continuar ilustrando a aplicação da metodologia, toda vez que não há disponibilidade de fontes mais confiáveis.

Em comparação ao caso de estudo do Chile, para as estações do Rio de Janeiro não foi possível distinguir o uso “educação” de outros tipos de serviços. De fato, a base de dados do portal “Bairros Cariocas” separa os dados em quatro grupos: Residencial, Comércio e serviços, Industrial e Outros, sendo que não é fácil diferenciar o que contém as três últimas categorias. Assim, para simplificar o problema e evitar a obtenção de resultados que não possam ser interpretados, o uso do solo foi dividido apenas em duas categorias: Residencial e Não Residencial (que inclui comércio, serviços, indústria e outros). Conseqüentemente, a Entropia é calculada com $K = 2$. A Tabela 9 apresenta o comupto do $A_{div} = Entropia$.

Tabela 9. Cálculo A_{div} zona TOD Triagem

Usos (K=2)	Residencial	Não residencial
Total (m2)	152.619,7	178.019,5
Proporção	46%	54%
Entropia	1,0	

Os resultados indicam que esta zona TOD possui uma boa mistura de usos, já que a Entropia adota o seu valor máximo. Os dois principais usos são Moradia (46%) e Comércio e serviços (37%) da área construída, encontrando boas oportunidades próximas ao local residência.

Desenho urbano: no estudo do desenho urbano foram mantidos os dois indicadores empregados no caso de estudo do Santiago do Chile. Estes são a

Densidade de quarteirões, dq , e a Densidade de ciclovias, dc . O dq foi calculado por inspeção visual no arquivo digital da zona TOD, com apoio de imagens do Google Maps e Google Earth, enquanto o dc foi calculado com a extensão da infraestrutura de circulação cicloviária (ciclovias, ciclofaixas ou vias compartilhadas) que passam dentro da zona TOD, o que foi feito nas bases cartográficas utilizando a ferramentas de ArcGis.

Desenho urbano: A área urbana no entorno da estação Triagem se caracteriza por ser uma área disforme, sem uma estrutura urbana que possa ser padronizada. Quarteirões de diferentes dimensões estão presentes no entorno. Em total, a área possui apenas 15 quarteirões, valor que é extremamente baixo em comparação à estrutura urbana definida como padrão desejável para promover a realização de viagens mais sustentáveis, segundo a Tabela 5-4. A seguir é apresentado o cálculo do dq :

$$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{área (km}^2\text{)}} = \frac{15}{0,78} = 19 \text{ quarteirões/km}^2$$

No quesito de Densidade cicloviária, não foi identificada nenhuma infraestrutura desse tipo na zona TOD Triagem, pelo que o indicador toma o valor de 0, conforme indicado a seguir:

$$dc = \frac{\sum \text{ciclovias+ciclofaixa (km)}}{\text{área (km}^2\text{)}} = 0 \frac{\text{km}}{\text{km}^2}$$

Disponibilidade do transporte público: Na pesquisa OD do Rio de Janeiro foi perguntado às pessoas informação sobre o tempo de acesso, em minutos, até o local onde embarcam o modo principal da viagem. Essa informação, disponível na base de dados “Deslocamentos.xlsx” foi analisada visando estabelecer o tempo de acesso aos modos metrô, ônibus municipal e auto (condutor ou passageiro). Entre os dados disponíveis na base de dados não foi possível obter informações de acesso espacial (quarteirões ou distância de acesso em metros). Portanto, o cálculo deste indicador foi feito apenas com a média dos tempos de acesso, necessariamente ponderada com os fatores de expansão da amostra indicados no arquivo. A Tabela 10 apresenta os resultados.

Tabela 10. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Triagem

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)
Metrô estação Triagem	2,4
Ônibus municipal	3,6
Automóvel	0,0

Para a zona TOD Triagem, o tempo médio de acesso ao modo metrô é menor do que o acesso ao ônibus, sendo que em ambos os casos o tempo é menor do que 5 minutos. O que não permite concluir sobre nenhuma vantagem ou problema nessa dimensão do ambiente construído. Já para o automóvel, o tempo de acesso é zero, indicando facilidade de estacionamento no próprio local de residência o de realização das atividades.

Acessibilidade do destino: A pesquisa OD do Rio de Janeiro fornece diretamente o número de empregos por zona TAZ. Portanto, apenas foi necessário um ajuste de acordo ao percentual de área da TAZ alocado dentro da zona TOD, assumindo uma distribuição uniforme dos postos de trabalho. A população foi extraída do cálculo da densidade urbana. Assim, o A_{dest} é calculado conforme a expressão a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{9.749}{3.960} = 2,46$$

Dessa maneira, a zona TOD Triagem possui mais de um emprego por morador, apresentando boas oportunidades para as pessoas acessarem ao emprego na sua própria região de moradia e incentivando, ainda, a atração de viagens provenientes de outras zonas. Esta característica pode ser explicativa do tempo de viagem curto para essa zona, que foi o menor entre as quatro zonas TOD estudadas no Rio de Janeiro.

Zona TOD Alfonso Pena

Densidade Urbana: A zona TOD Alfonso Pena conta com uma das maiores densidades de população entre as zonas TOD estudadas, tanto em Santiago do Chile quanto no Rio de Janeiro, conforme calculado a seguir.

$$A_{Dens} = \frac{\sum \text{residentes}}{\text{área}} = \frac{22.263}{0,78} = 28.346 \frac{\text{pessoas}}{\text{km}^2}$$

Essa densidade é extremamente favorável para o sistema de transporte de alta capacidade, facilitando o balanceamento da demanda ao longo do dia. Contudo, a demanda na estação continua na faixa de demanda média para essa linha, segundo visto no I_{mp} . Portanto, devem se buscar outros fatores que estejam gerando o relativo baixo uso da estação.

Diversidade de uso solo: A diversidade no uso do solo na zona TOD Alfonso Pena recebeu uma avaliação média, $A_{div} = 0,81$, conforme apresentado na Tabela 11. O principal uso da zona é o residencial (75%), confirmando o colocado no A_{Dens} como uma das zonas de maior densidade populacional entre as já estudadas. Assim, este

indicador se apresenta como um possível fator causal dos problemas encontrados nessa estação em relação à mobilidade produtiva e verde e saudável.

Tabela 11. Cálculo A_{div} zona TOD Alfonso Pena

Usos (K=2)	Residencial	Não residencial
Total (m2)	418.102,9	141.100,0
Proporção	75%	25%
Entropia	0,81	

Desenho Urbano: Quanto à estrutura urbana, o indicador Densidade de quarteirões apresenta um comportamento ainda afastado do ideal. Fazendo a extrapolação a uma zona de 1 km² de área com a mesma dq da zona TOD Alfonso Pena, obteve-se apenas 30,5 quarteirões por km², indicando um desenho urbano pouco amigável para a caminhada pela extensão dos quarteirões e, possivelmente, a consequente falta de rotas de caminhada mais diretas e curtas até a estação.

$$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{área (km}^2\text{)}} = \frac{24}{0,78} = 30,5 \text{ quarteirões/km}^2$$

Em relação à Densidade cicloviária, a zona TOD Alfonso Pena atualmente não tem nenhuma infraestrutura como ciclofaixas, ciclovias ou demarcações de vias compartilhadas. Portanto, o dc é igual a zero. Contudo, no planejamento cicloviário da cidade encontra-se a ligação para ciclistas entre a Praça Saens Peña com a Praça XV. Especificamente, na zona TOD, essa ciclovia pode passar pela Rua Dr. Satamini (Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2015), com a qual a zona TOD ganharia entre 550 e 990 m de nova infraestrutura cicloviária.

Disponibilidade do transporte público: Esta zona, além de ser atendida pelo metrô, conta com uma rede de ônibus capilar que proporciona um bom atendimento. Assim, o tempo de acesso ao ônibus nas TAZ associadas resultou menor do que o tempo de acesso ao metrô. A Tabela 12 apresenta o resumo dos tempos de acesso aos diferentes modos de transporte na região.

Tabela 12. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Alfonso Pena

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)
Metrô estação Alfonso Pena	3,7
Ônibus municipal	2,0
Automóvel	0,1

O maior tempo de acesso ao metrô do que ao ônibus pode ser um fator causal da demanda na estação não ser mais concordante com a alta densidade populacional. Além disso, a zona esta próxima ao centro de negócios da cidade, em uma distância na qual tanto ônibus como metrô apresentam tempos de viagem aceitáveis. Portanto,

facilitar o acesso ao metrô é um problema a resolver nessa estação, melhorando a disponibilidade de transporte público.

Acessibilidade do destino¹⁶: A zona TOD Alfonso Pena, além de ter uma boa densidade populacional, gera aproximadamente 7.822 empregos. Assim o indicador é calculado a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\Sigma \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{7.822}{22.263} = 0,35$$

O valor de referência é de 1,5 empregos por moradia, o que poderia se traduzir de maneira aproximada em 0,5 empregos por pessoa (assumindo uma média de 3 pessoas por domicílio). Dessa maneira, o A_{dest} é baixo, indicando a necessidade dos residentes realizarem viagens externas à zona TOD para acessarem suficientes oportunidades de emprego.

Zona TOD Coelho Neto

Diversidade de uso solo: A zona TOD da estação Coelho Neto tem um bom balanceamento entre a área construída nos usos residencial versus não residencial. Assim, a avaliação da Entropia é positiva ($A_{div} = 1$), conforme indicado na Tabela 13. O anterior indica que há um equilíbrio “saudável” entre os usos do solo presentes na zona, onde o morador tem bom acesso a empregos, compras de produtos básicos, e serviços.

Tabela 13. Cálculo A_{div} zona TOD Coelho Neto

Usos (K=2)	Residencial	Não residencial
Total (m2)	110.861,0	120.530,3
Proporção	48%	52%
Entropia	1,00	

O principal polo comercial da zona é a Central de Abastecimentos do Estado do Rio de Janeiro (CEASA-RJ). Contudo, esse balance das áreas de cada tipo de uso do solo não é tão evidente em campo, já que ambos os tipo de uso do solo estão separados pelos trilhos do metrô. Assim, o lado leste da estação é principalmente comercial e logístico, enquanto o lado oeste é caracterizado pelo uso residencial.

Desenho Urbano: A zona possui apenas 20 quarteirões completos, ou com a maior parte da sua área contida dentro da zona TOD, o que produz um $dq = 25,5$ quarteirões/km². Portanto, apresenta a mesma tendência apresentada em outras zonas TOD do Rio de Janeiro, com uma malha urbana disforme.

¹⁶ Não indicada na análise relacional, porém estudada de maneira complementar.

Além disso, a zona carece totalmente de infraestrutura amigável com os modos não motorizados, especialmente com a bicicleta, obtendo-se um dc igual a zero.

Disponibilidade do transporte público: A Tabela 14 apresenta os resultados do tempo de acesso a diferentes modos de transporte nas zonas TAZ associadas à estação Coelho Neto. Para calcular o tempo de acesso ao metrô foi necessário eliminar alguns registros que indicaram tempo de acesso à estação Colégio, e não à estação Coelho Neto, todos eles na TAZ 259. Em resumo, o tempo médio de acesso à estação é baixo, e se ajusta aos padrões do TOD. O tempo de acesso ao ônibus foi apenas um pouco maior do que o tempo de acesso ao metrô. Essa pequena diferença não permite inferir uma preferência entre ambos os modos por causa desta dimensão do ambiente construído.

Tabela 14. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Alfonso Pena

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)
Metrô estação Coelho Neto	1,8
Ônibus municipal	2,7
Automóvel	0,0

Acessibilidade do destino: A zona TOD possui aproximadamente 2.366 empregos, conforme calculado com dados da pesquisa OD e seguindo os mesmos procedimentos das zonas anteriores. De acordo com isso, o indicador A_{dest} é calculado a seguir:

$$A_{dest} = \frac{\sum \text{empregos na zona}}{\text{Habitantes}} = \frac{2.366}{6.075} = 0,39$$

O resultado ainda é baixo com respeito ao padrão desejável de 1,5 empregos por moradia ou 0,5 empregos por pessoa, indicando uma quantidade de oportunidades regular.

Densidade urbana¹⁷: Segundo o censo demográfico de 2010, os setores censitários da zona TOD Coelho Neto, após a correção por área, somam uma população de 6.075 pessoas, para uma densidade média de 7.735 pessoas por quilômetro quadrado. Essa cifra parece baixa para a demanda da estação (considerada alta), o que leva a pensar que a maioria da demanda dessa estação pertence a sistemas alimentadores.

¹⁷ Não indicada na análise relacional, porém estudada de maneira complementar.

Zona TOD Botafogo

Diversidade de uso solo: No caso da zona TOD Botafogo o equilíbrio entre os usos do solo definidos para este caso de estudo é mantido, com o uso residencial apresentando uma área construída um pouco maior. Em geral, a Entropia da zona é um, segundo apresentado na Tabela 15. Entretanto, a zona TOD Botafogo é a zona com a maior área construída em relação à área de terreno ocupada, o que deve ser considerado também na hora de avaliar este indicador como um possível fator causal entre os sintomas de mobilidade não sustentável na zona.

Tabela 15. Cálculo A_{div} zona TOD Botafogo

Usos (K=2)	Residencial	Não residencial
Total (m2)	511.449,6	459.022,2
Proporção	53%	47%
Entropia	1,00	

Desenho Urbano: A avaliação dessa dimensão do ambiente construído para a zona TOD Botafogo foi ruim para o indicador dq , mas boa para o indicador dc . A malha urbana é caracterizada por quarteirões de grandes dimensões, motivo pelo qual há apenas 28 quarteirões com toda – ou na maioria da – sua área dentro da zona TOD. Assim, a densidade urbana correspondente é de 35,6 quarteirões por quilômetro quadrado, longe do padrão adotado de 84 quarteirões por quilômetro quadrado, que já foi atingido e superado no caso do Santiago do Chile, por exemplo.

$$dq = \frac{\text{Quarteirões}}{\text{área (km}^2\text{)}} = \frac{28}{0,78} = 35,6 \text{ quarteirões/km}^2$$

Já o indicador de densidade cicloviária, dc , apresenta um comportamento ótimo nessa zona TOD já que ela é servida pela ciclovia Lagoa - Botafogo, com 1.135 m de extensão dentro da zona TOD, e pela Copacabana - Centro, com 258 m, sendo que ambas as ciclovias atendem diversos bairros e destinos. O cálculo da densidade cicloviária é apresentado a seguir:

$$dc = \frac{1.135+258}{0,78} = 1,77 \frac{\text{km}}{\text{km}^2}$$

Disponibilidade do transporte público: Os resultados para este indicador são apresentados na Tabela 16. O maior tempo de acesso foi para o Metrô, com média de 4,9 minutos e tempo máximo de 15 minutos. Ainda que o tempo médio resulte justo no limite normalmente aceitado para o planejamento TOD, houve grandes tempos de acesso, o que ressalta as possíveis dificuldades no deslocamento até a estação desde locais mais afastados devido à falta de uma malha urbana mais interligada.

Tabela 16. Disponibilidade do transporte público na zona TOD Botafogo

Acesso a:	Tempo médio de acesso (min)
Metrô estação Botafogo	4,9
Ônibus municipal	0,9
Automóvel	0,8

Os demais modos analisados, ônibus municipal e automóvel, apresentaram tempos de acesso de 0,9 e 0,8 minutos, respectivamente. Esse resultado se justifica devido à estrutura capilar das linhas de ônibus que atendem as ruas da zona, que contam inclusive com medidas de prioridade como o BRS. Contudo o tempo máximo de acesso ao ônibus foi também de 15 minutos, indicando a existência de alguns casos com necessidade de deslocamentos consideráveis. Entretanto, usuários do automóvel encontram as maiores facilidades de acesso. Nesse sentido, usuários com possibilidade de utilizar o veículo em ambos os extremos da viagem (tanto na origem quanto no destino) vão continuar escolhendo esse modo.

Acessibilidade do destino: Segundo o processamento dos dados da pesquisa OD, o percentual das zonas TAZ contidas na zona TOD Botafogo somam aproximadamente 19.759 empregos. Portanto, conforme indicado a seguir, há aproximadamente 0,9 empregos por pessoa na zona TOD, oferta que suficientemente boa e que, conseqüentemente, torna a zona TOD um importante polo de atração de viagens desde outras zonas da cidade.

$$A_{dest} = \frac{19.759}{21.722} = 0,9$$

Densidade urbana¹⁸: O bairro de Botafogo é um dos bairros mais tradicionais do Rio de Janeiro, caracterizado por uma alta demanda pelo solo. A população da área TOD foi estimada em 21.722 pessoas, o que soma para uma densidade de 27.658, conforme indicado a seguir:

$$A_{Dens} = \frac{\sum \text{residentes}}{\text{área}} = \frac{21.722}{0,78} = 27.658 \frac{\text{pessoas}}{\text{km}^2}$$

De igual forma que na zona TOD Alfonso Pena, esta densidade é favorável para gerar ambientes urbanos mais vivos e um balanceamento da demanda ao longo do dia. Com respeito ao valor mínimo de referência adotado no presente trabalho, a densidade urbana da estação Botafogo está 42% acima desse valor.

¹⁸ Não indicada na análise relacional, porém estudada de maneira complementar.

Passo 5: Estratégias para o melhoramento da mobilidade

Nessa seção são analisados conjuntamente os resultados de sintomas e fatores causais da mobilidade nas zonas de estudo do Rio de Janeiro. A Tabela 18 apresenta um compilado dos atributos da mobilidade a melhorar, assim como das dimensões do ambiente construído associadas, identificando a avaliação recebida por estas últimas: dimensões com avaliação ruim ressaltadas na cor cinza da célula. Adicionalmente, é apresentado um resumo das estratégias de ação resultantes em cada zona TOD, as quais são explicadas nos parágrafos seguintes.

Zona TOD Triagem

Antes de se começar com a formulação de estratégias para essa zona, vale a pena apresentar um pouco do desenvolvimento que têm acontecido nela nos últimos anos. Parte da TAZ 202 recebeu no período 2012-2014¹⁹ investimentos do programa Minha Casa Minha Vida. Em total foram entregues 2.240 unidades habitacionais no novo Bairro Carioca, provendo moradia para mais de 10.000 pessoas (Prefeitura do Rio de Janeiro, 2014). A Figura 12 mostra a zona no entorno da estação Triagem antes e depois do projeto supracitado. À esquerda observa-se, delimitada, a zona de renovação que era antigamente ocupada por depósitos da empresa Light. Essas melhoras urbanas, conhecidas na literatura internacional como “*Brownfield redevelopment*” têm a grande vantagem na promoção do transporte sustentável ao estarem alocadas próximas de uma estação de transporte de alta capacidade (UN-Habitat, 2013).



Figura 12. Entorno estação Triagem antes (esquerda) e depois (direita) do projeto Bairro Carioca

Fonte: Elaboração própria com imagens de Google Earth

¹⁹ Após a realização da pesquisa OD que embasa as análises apresentadas nesta dissertação.

Tabela 18. Fatores causais identificados e possíveis estratégias recomendadas

Estação	Atributo a melhorar	Fatores causais identificados					Estratégias
		D1	D2	D3	D4	D5	
Triagem	Segura			x	x	x	Intervenção no desenho urbano
	Produtiva	x	x		x		Adensamento populacional nos moldes do TOD.
	Verde		x	x	x		Ligações não motorizadas para atravessar os diversos sistemas sobre trilhos.
Alfonso Pena ^a	Produtiva	x	x		x		Restringir o adensamento unicamente a usos do solo diferentes à moradia.
	Verde		x	x	x		Implantação de infraestrutura cicloviária completa e promoção desse modal.
Coelho Neto ^b	Conveniente		x		x	x	Encorajar empreendimentos que considerem, além de maiores oportunidades de emprego no interior da zona, uma orientação ao uso do transporte público de alta capacidade e não motorizado.
	Verde		x	x	x		
Botafogo ^c	Conveniente		x		x	x	Melhoramento do desenho urbano baseado na conectividade para modos não motorizados.
	Verde		x	x	x		

^a A acessibilidade do destino, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo uma avaliação de 0,35 empregos por pessoa.

^b A Densidade urbana, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo 7.735 pessoas por quilômetro quadrado.

^c A Densidade urbana, não considerada fator causal segundo a consulta com especialistas, foi estudada, obtendo 27.658 pessoas por quilômetro quadrado.

Já voltando para a aplicação da metodologia, o primeiro atributo em receber avaliação ruim nessa zona TOD foi mobilidade segura. Como principais fatores causais desse atributo, encontra-se o péssimo desenho urbano, que se manifestou na densidade de quarteirões e de infraestrutura cicloviária.

Esses grandes quarteirões tornam o ambiente desconfortável, alongando a conexão entre pontos de interesse para possíveis trajetos não motorizados, promovendo assim a eleição do veículo motorizado ou mesmo a não realização da viagem. Além disso, nota-se que tanto as vias do metrô quanto as do trem se tornam um grande divisor da mancha urbana. Portanto, no desenvolvimento de novos empreendimentos imobiliários, como o Bairro Carioca, deve ser considerada a geração de um melhor tecido viário, que permita a maior conectividade.

Além disso, a densidade urbana, segundo fator a melhorar na zona, deve ganhar ainda mais espaço, no intuito de aumentar a mobilidade produtiva através de uma maior demanda no sistema de transporte. Dessa maneira, o desenvolvimento de projetos nos moldes TOD, inclusive de moradia social, constitui a estratégia mais recomendável nessa zona, visando melhorar tanto a mobilidade Segura como a Produtiva. Nesse sentido, áreas como as instalações militares no sudoeste da estação, que ocupam mais de 58 mil metros quadrados, poderiam ser reaproveitadas para gerar um maior benefício social. Se bem não é o melhor cenário, se apresenta como o mais fatível caso se visar o adensamento populacional e urbano.

Pensando em incentivar a mobilidade verde, a disponibilidade de ciclovias deve ser tratada. A zona carece de conexão cicloviária com qualquer bairro e com destinos importantes como o centro da cidade. Em primeiro lugar, deveria se verificar com pesquisas *in loco* a demanda potencial para esse modal, já que a pesquisa OD não refletiu participação desse modal nas viagens realizadas. A partir dela, procurar a ligação cicloviária e pedestre com polos de geração e atração de viagens, como a Avenida Brasil, através da Rua Prefeito Olímpio de Melo, ou à região do Maracanã criando uma conexão com a Avenida São Francisco Xavier. Por fim, acredita-se que a melhorar a qualidade urbana, através de uma revitalização das zonas (inclusive limpeza, acabamentos nas calçadas e melhoramentos nos cruzamentos) favoreceriam a mobilidade verde e saudável na região.

Zona TOD Alfonso Pena

As estratégias nessa zona devem estar voltadas à melhora de ambos os atributos mobilidade produtiva e mobilidade verde e saudável, com ênfase no último. No primeiro deles, a zona possui já uma densidade de pessoas importante, porém,

essa densidade não se manifesta da mesma forma nas atividades disponíveis, como visto no indicador A_{div} .

O crescimento da zona deve ser centrado na disponibilização de atividades, não só para continuar facilitando o acesso dos próprios moradores, mas para incentivar a atração de viagens desde outras zonas da cidade através da rede de transporte público, especialmente do Metrô. Dessa maneira, a tanto a demanda de metrô, quanto o balanceamento da mesma ao longo do dia poderiam ser maiores, promovendo um melhor desempenho da mobilidade produtiva.

Na área da mobilidade verde e saudável, foram determinados como fatores causais tanto a diversidade como o desenho urbano. Com uma baixa densidade de quarteirões, a zona TOD Alfonso Pena é uma zona altamente consolidada. Portanto, propor estratégias que incluam novas ligações na rede viária para viagens motorizadas e não motorizadas parece inviável. Com isso, deslocamentos a pé ficam restringidos apenas aos locais mais próximos, já que a estrutura urbana gera grandes distâncias a serem percorridas entre pares de origens e destinos dentro da zona.

Portanto, considerando a pouca viabilidade de modificar a rede de caminhos, e que os destinos inevitavelmente se espalham ao longo da zona TOD, a estratégia principal deve estar voltada a promover o uso da bicicleta. Esta modalidade permite cobrir distâncias maiores em tempos razoáveis. A infraestrutura cicloviária deve ser aprimorada, não só com o atual projeto de ligação entre a Praça Saens Peña e a Praça XV, mas também ao interior da zona TOD. Ainda, esse desenvolvimento da infraestrutura cicloviária não deve se limitar apenas à implantação da ciclovias, mas deve-se pensar também na instalação de bicicletários, oficinas de manutenção e atividades de divulgação e promoção do modal, tais como disponibilização de planos de viagem com os pontos acessíveis para esse modo.

Zona TOD Coelho Neto

Os principais problemas da zona TOD no referente aos atributos levantados da mobilidade sustentável foram identificados na mobilidade conveniente, devido aos altos tempos de viagem, e na mobilidade Verde e Saudável já que poucas pessoas utilizaram modos não motorizados para as suas atividades. Já nos fatores causais estudados, a acessibilidade a destinos na área TOD mostrou-se abaixo do desejável, com $A_{dest} = 0,39$. Assim, a tendência fica mais inclinada a que as pessoas devam realizar deslocamentos externos para acessar às oportunidades. Incrementar o número de postos de trabalho na zona deve ser utilizado como estratégia direta para

intervir nesse atributo. De forma paralela ao adensamento de empregos, o adensamento populacional ajudaria na promoção da produtividade.

Referente aos problemas na área do transporte não motorizado, o desenho urbano se apresenta como o único fator causal associado que apresentou avaliação ruim. Além da baixa densidade de quarteirões, é possível observar no mapa da zona que as ruas do costado sudoeste foram principalmente orientadas ao nó da Av. Brasil com a Av. Pastor Martin Luther King Junior. Contudo, ao invés da zona TOD anterior (Alfonso Pena), a estrutura urbana no entorno da estação Coelho Neto pode se ver beneficiada com intervenções de renovação, especialmente na área nordeste da estação, vincula atualmente ao setor logístico e de comércio atacadista, com presença do CEASA-RJ.

Essa zona conta com um percentual importante de áreas desocupadas que, através de parcerias público-privadas - ppp's -, poderiam ser reaproveitadas em novos empreendimentos comerciais. Dessa maneira, pode se preencher a necessidade de maior emprego na zona. Também é importante nesses possíveis desenvolvimentos cumprir a função como orientadores do uso do transporte público e não motorizado, através de um desenho urbano adequado a padrões em que a caminhada se faz não só mais agradável, mas conveniente.

Zona TOD Botafogo

Dois problemas foram associados a esta zona TOD no passo 2: mobilidade pouco conveniente, ressaltada por tempos médios de viagem superiores a 1 hora, e baixa utilização dos modos não motorizados, gerando problemas na mobilidade verde e saudável. O primeiro dos problemas possivelmente é causado por moradores de outras zonas da cidade, ou mesmo da Região Metropolitana, que se deslocam até a zona de estudo por motivos de trabalho.

Essa hipótese resulta reforçada pelo fato da zona possuir um desequilíbrio entre a quantidade de empregos e a sua população, conforme expressado pelo A_{dest} , e similar ao que acontece na zona TOD Pedro de Valdivia, no caso de estudo do Chile. Porém, diferentemente do caso chileno, esse acesso desde zonas afastadas está se dando principalmente por transporte público, já que a mobilidade segura foi bem avaliada. Dessa maneira, mas do que políticas locais para melhorar a mobilidade conveniente, o melhoramento desse atributo vai depender de políticas metropolitanas para a priorização e o aprimoramento do serviço de transporte público, assim como da distribuição das oportunidades no território metropolitano.

No âmbito local, medidas para incentivar a melhora no atributo mobilidade verde e saudável podem ser tomadas em relação ao tempo médio de acesso à estação, A_{disp} , e no indicador de desenho urbano, dq . A zona é caracterizada por ter quarteirões grandes, com uma malha viária que poderia estar mais bem articulada. Porém, ao ser um setor da cidade altamente consolidado, apenas a prolongação da Rua Fernando Guimarães entre ruas General Polídoro e Prof. Álvaro Rodrigues parece factível (pelo menos como link não motorizado), o que reduziria o comprimento da caminhada para quem se desloca desde o sul da zona TOD em direção à estação.

Considerando então que a maioria da malha urbana seria mantida, a zona TOD deve ser planejada para percorrer distâncias consideráveis em pouco tempo, o que pode ser feito utilizando, principalmente, a bicicleta. Portanto, a zona deve ser foco de estratégias para a divulgação desse modo de transporte, recebendo também maiores medidas de aprimoramento para a circulação nesse modo, como definição de Zonas 30 e eliminação de estacionamento lateral para implantar ciclofaixas, como já foi feito no bairro vizinho de Laranjeiras.