



EFEITOS RELACIONAIS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES

Pedro Dias Geaquinto

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 Engenharia de Transportes.

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho
Guilherme de Castro Leiva

Rio de Janeiro
Abril de 2018

EFEITOS RELACIONAIS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE
TRANSPORTES

Pedro Dias Geaquinto

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. Rômulo Dante Orrico Filho, Dr.Ing.

Prof. Guilherme de Castro Leiva, D.Sc.

Prof. Ronaldo Balassiano, Ph.D.

Prof. Lino Guimarães Marujo, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

ABRIL DE 2018

Geaquinto, Pedro Dias

Efeitos relacionais no planejamento integrado de transportes / Pedro Dias Geaquinto. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2018.

X, 177 p.: il.; 29,7 cm.

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho

Guilherme de Castro Leiva

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2018.

Referências Bibliográficas: p. 151–160.

1. Tipologia do desenvolvimento orientado ao transporte sustentável. 2. Interação de uso do solo e transportes. 3. Policentralidade funcional. I. Orrico Filho, Rômulo Dante *et al.* II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer todos os amigos e os familiares que torceram pelo meu sucesso. Entretanto, as pessoas que estiveram pertinho, como pilar psicológico por todo esse processo de mudança, e merecem a maior das minhas homenagens são a minha namorada, Yasmin Getirana, e o meu irmão, Gabriel Geaquinto. Boa parte disso só aconteceu por causa do apoio e do carinho que recebi nessa jornada.

Em segundo lugar, queria agradecer todas as figuras parentais e fraternais que me ajudaram financeiramente, intelectualmente e emocionalmente. Mamãe, Daise, e papai, Baico. Tia Zilma, minha mãe no Rio. Obviamente aquelas entidades que colocaram comida no meu prato, as instituições de fomento tecnológico Capes e Coppetec, e mais tarde a Quanta, que principiou minha vida profissional fora da academia. Meus orientadores Rômulo Orrico e Guilherme Leiva, assim como os professores e as funcionárias do programa. Os amigos que fiz na UFRJ e na Quanta, que nunca deixarão de ser a primeira referência para um forasteiro nos transportes, principalmente aqueles que trabalharam perto, ajudaram diretamente e acreditaram no meu potencial como contribuidor no planejamento urbano – André, Bia, Brandão, Clara, Douglas, Guida, Guilherme, Igor, Lyvia, Marina, Sousa.

Finalmente, não posso deixar de saudar todos aqueles que observam, colaboram e se interessam pelo QUERO Metrô. Muito provavelmente eu não estaria aqui se não recebesse uma retribuição tão progressiva e rica, a ponto de contemplar um projeto inicialmente pessoal com uma gigantesca credibilidade coletiva e técnica. De certa forma, esse trabalho é um resultado dos debates acumulados nos sete anos de existência do projeto.

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

EFEITOS RELACIONAIS NO PLANEJAMENTO INTEGRADO DE TRANSPORTES

Pedro Dias Geaquinto

Abril/2018

Orientadores: Rômulo Dante Orrico Filho

Guilherme de Castro Leiva

Programa: Engenharia de Transportes

Práticas no planejamento de transportes e de uso do solo podem criar condições para o estabelecimento de ciclos viciosos de processos urbanos descontrolados e ocorrências históricas de dispersão urbana, exclusão socioespacial e maior uso de automóveis. Como resposta, é empregado um método que aparelha o desenvolvimento orientado pelo transporte coletivo com análises tipológicas do território, de forma a identificar oportunidades e fraquezas na forma urbana. Essa dissertação tem como objetivo avaliar os efeitos das relações regionais de perfis de indicadores e inserir essa investigação no contexto desse planejamento integrado. O método utilizado foi regressão múltipla para verificar o desempenho e análise de agrupamentos para formar categorias territoriais. Os índices selecionados para o Leste Metropolitano do Rio de Janeiro foram concebidos a partir de suas ordens relacionais – alcance territorial e normalização escalar – e classificados de acordo com as referências morfológicas ou funcionais – respectivamente, variáveis estáticas, do ambiente construído, ou variáveis dinâmicas, do desempenho do transporte coletivo. Apesar de uma amostra agregada, a coincidência espacial entre as categorias de agrupamentos foi razoavelmente perceptível. Além disso, as construções metodológicas que possibilitaram a confecção do estudo representam uma contribuição importante – sobretudo a base teórica em relações socioespaciais, que construiu os indicadores, e a topologia de rede, que representa detalhadamente o transporte coletivo e a caminhada, que proporcionou a determinação das áreas de ponderação que formam o alcance territorial.

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

RELATIONAL EFFECTS IN INTEGRATED TRANSPORT PLANNING

Pedro Dias Geaquinto

April/2018

Advisors: Rômulo Dante Orrico Filho

Guilherme de Castro Leiva

Department: Transport Engineering

Practices of transport and land use planning provide conditions for the establishment of vicious cycles of uncontrolled urban processes and historical occurrences of urban sprawl, sociospatial exclusion, and increased use of automobiles. A common reaction is to use methods that equip transit-oriented development approaches with typological analyses of the territory, in order to identify opportunities and weaknesses in the urban form. This dissertation aims to evaluate the effects of the regional relations of indicators and to introduce this assessment in the context of this kind of integrated planning. A multiple regression analysis was evaluated to verify the performance and cluster analysis was evaluated to form territorial categories. The indices selected for the Rio de Janeiro Metropolitan East were designed after their relational orders – territorial reach and scalar normalization – and classified according to their morphological or functional reference – respectively, static variables, the built environment, or dynamic variables, the transit performance. Despite a very aggregate sample, the spatial fit between the categories of clusters is reasonably discernible. In addition, the methodological constructs that produced the preparation of the study represent an important contribution – particularly, the theoretical basis on sociospatial relations, which constructed the indicators, and the network topology, which represents aspects of transit and walking in fine detail, that provided the areas that compose the territorial reach.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	PROBLEMÁTICA	3
1.1.1	Justificativa	4
1.1.2	Retórica	5
1.2	OBJETIVOS	6
1.3	DELIMITAÇÃO	7
1.4	ESTRUTURA	8
2	DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO INTEGRADO	10
2.1	ARGUMENTOS E FATORES	18
2.1.1	Argumentos para o planejamento	18
2.1.2	Fatores institucionais	21
2.1.3	Fatores individuais e sociodemográficos	22
2.1.4	Fatores do ambiente construído	24
2.1.5	Fatores relacionais	30
2.2	SISTEMAS E PROCESSOS	36
2.2.1	Sistemas de fatores	37
2.2.2	Estruturas e funções	38
2.2.3	Impactos nos padrões de deslocamento	41
2.2.4	Processos urbanos e mudanças do uso do solo	45
2.2.5	Tendências naturais e função institucional em processos cíclicos	47
3	PRESCRIÇÕES DO PLANEJAMENTO INTEGRADO	52
3.1	DESENVOLVIMENTO ORIENTADO PELO TRANSPORTE COLETIVO	56
3.1.1	Fundação conceitual e gênese	59
3.1.2	Adversidades e triagem espacial	62
3.2	TIPOLOGIA DA ORIENTAÇÃO PELO TRANSPORTE PÚBLICO	66
3.2.1	Tipologia territorial como instrumento do desenvolvimento orientado	66
3.2.2	Afinidade com a morfologia urbana	68
3.2.3	Oportunidades de aperfeiçoamento	69
4	METODOLOGIA	72
4.1	CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA	72
4.2	SISTEMATIZAÇÃO DA FORMA URBANA	73
4.3	INDICADORES	77
4.3.1	Indicadores do ambiente construído	77
4.3.2	Enraizamento territorial como indicador funcional	81

5	MODELAGEM	85
5.1	TOPOLOGIA DE REDE.....	91
5.1.1	Definição e relações de custos dos arcos	96
5.1.2	Operacionalização e agregação de custos	98
5.2	AGREGAÇÃO DE VARIÁVEIS	101
5.2.1	Definição de patamares territoriais.....	102
5.2.2	Especificação de métodos de agregação	104
5.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	107
5.3.1	Análise de desempenho	109
5.3.2	Análise tipológica.....	109
6	ENSAIOS.....	111
6.1	SÍNTESE DE INDICADORES SIMPLIFICADOS	112
6.2	DESEMPENHO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO.....	122
6.2.1	Discussão sobre resultados da análise de desempenho	125
6.3	TIPOLOGIA TERRITORIAL	129
6.3.1	Caracterização de agrupamentos de índices do ambiente construído	130
6.3.2	Relação com o desempenho e caracterização geográfica	137
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	146
7.1	SOBRE CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS	146
7.2	SOBRE SUGESTÕES AO EXERCÍCIO PRESCRITIVO.....	147
7.3	SOBRE PESQUISAS FUTURAS	148
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151
	APÊNDICE I: CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS	161
	APÊNDICE II: CARACTERIZAÇÃO DE GRUPOS.....	168

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1: Relação entre os modelos de demanda por viagens e os dados de entrada..	43
Figura 2-2: Relações das decisões domiciliares no modelo baseado em atividades	44
Figura 2-3: Interação de transportes, uso do solo e fatores exógenos	46
Figura 3-1: Tipologia do modelo nó-lugar	66
Figura 4-1: Fluxograma de procedimentos metodológicos	84
Figura 5-1: Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	85
Figura 5-2: Rede de transporte coletivo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	86
Figura 5-3: Pico matutino estendido da Região Metropolitana do Rio de Janeiro	88
Figura 5-4: Tipos de quadrícula estatística	89
Figura 5-5: Modelo simples de topologia de rede	92
Figura 5-6: Seção transversal do modelo topológico.....	93
Figura 5-7: Área de estudo – Leste Metropolitano e região de abrangência.....	99
Figura 5-8: Obliquidade e variância em médias crescentes de tempos de viagem.....	100
Figura 5-9: Obliquidade e variância de tempos de viagem do centro de São Gonçalo	101
Figura 5-10: Isócronas com origem nos únicos acessos ao Leste Metropolitano	103
Figura 5-11: Comparação entre índices funcionais para cada recorte modal.....	108
Figura 6-1: Colinearidade no grupo II – emprego e moradia.....	116
Figura 6-2: Colinearidade entre índices do grupo I em amostra desagregada	119
Figura 6-3: Valores de variáveis contextuais em cada grupo.....	130
Figura 6-4: Modelo nó-lugar para variáveis contextuais	131
Figura 6-5: Gráficos de dispersão de índices IRAQ*E nas variáveis contextuais	134
Figura 6-6: Comparação dos grupos gerados por variáveis independentes	134
Figura 6-7: Agrupamento de unidades gerado por variáveis estáticas	135
Figura 6-8: Dendrograma usando a ligação de Ward por variáveis estáticas	136
Figura 6-9: Diagrama de caixa para grupos coordenados por variáveis dinâmicas	137
Figura 6-10: Agrupamento de unidades gerado por variáveis dinâmicas	138
Figura 6-11: Comparação dos grupos gerados por variáveis estáticas e dinâmicas	139
Figura 6-12: Distribuição geográfica de agrupamentos em nível desagregado	141
Figura 6-13: Índices IRAQ*E de quadrículas inseridas em grupos de nível agregado	142
Figura 6-14: Índices IRAQ*E do agrupamento aproximado às variáveis estáticas	143
Figura 6-15: Ajuste em desempenho de variáveis apontadas na regressão	144

LISTA DE QUADROS

Quadro 3-1: Princípios do Novo Urbanismo concebidos por Calthorpe et al. (1991)....	60
Quadro 4-1: Categorias metodológicas do planejamento urbano.....	73
Quadro 4-2: Dimensões do sistema urbano.....	75
Quadro 4-3: Matriz de componentes principais de métricas de bem-estar urbano.....	80
Quadro 5-1: Componentes do banco de dados	91
Quadro 5-2: Variáveis independentes agregadas.....	107
Quadro 5-3: Variáveis dependentes agregadas.....	107
Quadro 6-1: Correlação no conjunto I – conectividade e fugacidade.....	113
Quadro 6-2: Correlação no conjunto II – urbanidade e diversidade.....	114
Quadro 6-3: Matriz de componentes principais de emprego e moradia	117
Quadro 6-4: Matriz de componentes principais de urbanidade e pluralidade	118
Quadro 6-5: Matriz de componentes principais desagregada do conjunto I.....	120
Quadro 6-6: Matriz de componentes principais desagregada do conjunto II.....	121
Quadro 6-7: Resultado das regressões iniciais	123
Quadro 6-8: Lista de variáveis independentes selecionadas para regressões.....	124
Quadro 6-9: Resumo de resultado das regressões finais	125
Quadro 6-10: Estatísticas da regressão final de enraizamento local.....	125
Quadro 6-11: Estatísticas da regressão final de integração imediata.....	126
Quadro 6-12: Estatísticas da regressão final de independência regional	126
Quadro 6-13: Recortes explorados por análise de agrupamentos.....	130
Quadro 6-14: Diferença entre grupos conduzidos por variáveis contextuais.....	131
Quadro 6-15: Diferença entre grupos conduzidos por variáveis estáticas	136
Quadro 6-16: Correlações usadas para aproximação de variáveis estáticas	141

1 INTRODUÇÃO

Diante do surgimento de novas estruturas urbanas ao longo das últimas décadas, pesquisadores se depararam com novos problemas de natureza complexa. Diversos motivos, como o avanço tecnológico nas telecomunicações e, em especial, o crescente uso de veículos privados, permitem que a determinadas interações, como as relacionadas ao trabalho, sejam mais independentes da proximidade física e estimulam a dispersão das atividades classicamente correlacionadas apenas ao único centro.

Esse fenômeno pôde ser constatado tanto em cidades de países mais desenvolvidos, sobretudo norte-americanas e europeias (Batten, 1995; Buchanan et al., 2006; Calthorpe, 1993; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Champion, 2001; Gordon et al., 1989, 1991; Guth et al., 2009; Limtanakool et al., 2009; Vasanen, 2013), quanto em países emergentes, ainda que em diferentes proporções (Asikhia & Nkeki, 2013; Fernández-Maldonado et al., 2014; Lin et al., 2015; Orrico Filho et al., 2015; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Wu, 1998; Zhang, 2007). A partir desse cenário, pesquisas começaram a avaliar as implicações dessas tendências. Por um lado, alguns autores alegam que o maior tamanho das cidades orienta uma propensão à inovação e criatividade (Batten, 1995) e que essas conurbações gozam de vias menos congestionadas (Asikhia & Nkeki, 2013; Fernández-Maldonado et al., 2014; Gordon et al., 1991; Lin et al., 2015; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012). Entretanto, estudos de caso exibem resultados contraditórios e revelam nesse modelo espacial tanto evidências positivas no tempo de viagem, devido a um formato de subúrbio mais compacto que o estritamente residencial, quanto negativas, possivelmente por conta do desencontro entre residências e locais de trabalho (Buchanan et al., 2006; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991; Gordon et al., 1989, 1991; Guth et al., 2009; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

An *et al.* (2014) teorizam que o espalhamento das cidades conforme o seu crescimento são evidências das vantagens líquidas das economias e deseconomias de aglomeração e que, com um nível suficiente de proximidade entre empregos e residência, esse tipo de crescimento reflete uma acomodação do aumento de escala. Bertaud (2003) argumenta que os polos de uma cidade policêntrica geram deslocamentos de toda a cidade e, por mais que políticas normativas regulem o uso do solo, de forma a equilibrar o número de

residências e postos de empregos, os fluxos dos subcentros não serão completamente internos – o conceito de vilas autocontidas permanece apenas teórico-conceitual. Portanto, deve-se levar em consideração que esse processo tem consequências com um nível de complexidade em conformidade com as complicadas relações urbanas, que dependem de múltiplas variáveis.

Há a associação do fenômeno de descentralização das atividades produtivas ao surgimento de subúrbios estritamente residenciais pouco densos, o que impulsiona o prolongamento da jornada de trabalho e o uso de veículos privados. Apesar de que esse processo de expansão urbana reflete uma procura por eficiência econômica setorial, a descentralização causa impactos negativos na sustentabilidade socioambiental, por estar associada com o consumo elevado de recursos não renováveis e altos níveis de segregação espacial (Asikhia & Nkeki, 2013; Buchanan et al., 2006; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991; Sinclair-Smith & Turok, 2012). Esse processo pode estar sujeito à natureza da cidade estudada – se o processo histórico resulta em uma predominância de pessoas de menor renda nas regiões periféricas, como nas cidades latino-americanas (Ford, 1996; Griffin & Ford, 1980), a desigualdade socioeconômica e a exclusão espacial substitui o uso de transporte individual, devido à dificuldade de compra de automóveis ou de aquisições residenciais adequadas (Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991; Pyrialakou et al., 2016; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Portanto, a dispersão das cidades se torna ainda mais problemática em países em desenvolvimento, já que, em diversos casos, sofreram de um processo de expansão urbana horizontal indiscriminada e de um descompasso subsequente na oferta de acesso a sistemas coletivos, o que estimula um crescimento em jornadas individuais motorizadas. Esse processo, que já acontece em parte devido à deterioração do transporte público, é agravado por políticas históricas de incentivo à indústria automobilística, como o subsídio no acesso ao automóvel e no custo de combustíveis. É notório que atualmente o isolamento socioespacial nas áreas urbanas brasileiras se traduz por tempos de deslocamento que atingem patamares que causam perdas socioeconômicas significativas (Orrico Filho et al., 2015; Vianna & Young, 2015).

Devido aos estágios já avançados desses problemas, os investimentos se tornam prioritariamente corretivos e tornam-se mais desafiadores os exercícios mais criativos,

como a articulação dos planejamentos setoriais dos transportes e do uso do solo, de modo a realizar uma mudança do regime de centralidade das cidades – a estrutura de regiões altamente populosas e espalhadas já é, por sua própria natureza, estável e difícil de ser revertida (Sales Filho, 1996, p.23; Wegener, 2004).

1.1 PROBLEMÁTICA

Um fundamento muito reconhecido é que a oferta de transportes, por meio da acessibilidade a origens e destinos, impactam os processos urbanos, em particular as mudanças do uso do solo (Hansen, 1959). Esse processo é circular, já que as alterações no uso do solo têm repercussões no desempenho do sistema de transportes, o que afeta o nível de serviço (Iacono et al., 2008; Shaw, 2009; Wegener, 2004). Esse ciclo pode ser interferido por políticas públicas, o que fortalece ou abranda as tendências. Então, a mera expansão de estruturas rodoviárias não é efetiva, porque a capacidade gerada é, em curto prazo, absorvida pela tripla convergência de demandas reprimidas (de outros modos, rotas e horários) e afeta continuamente, em longo prazo, a locação residencial (Calthorpe, 1993, p.35; Cervero, 2003; Levine, 1998; Sales Filho, 1996, p.12).

Uma vez que se admite que esses processos cíclicos não só são ineficazes como retratam parte do problema, por vezes reforçando as consequências e a intensidade do fenômeno de dispersão, os planejadores começaram a desviar dos modelos urbanos direcionados ao automóvel. A partir disso, há um debate sobre os instrumentos que devem ser usados e as intensidades de intervenção, se por ações diretas ao mercado imobiliário, como a construção de habitação popular, ou por práticas indiretas, como a regulação, a taxação e o investimento em infraestruturas adjacentes (Bertaud, 2003; Gordon et al., 1991; Levine, 1998; Lin et al., 2015).

A predileção por zoneamento monofuncional, como subúrbios restritamente residenciais ou áreas centrais de negócios restritamente comerciais, passou a compartilhar espaço com tentativas de equilibrar os usos do solo, e assim diminuir o isolamento entre emprego e moradia, por meio de regulações e renovação ou construção de bairros com uso misto (Bertaud, 2003; Buchanan et al., 2006; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991). Dentro desse contexto, há uma crescente aceitação de que os polos produtivos periféricos ao centro histórico terão uma presença duradoura e a assimilação

desses subcentros pelo planejamento urbano e tático-operacional de transportes (Bertolini, 1999; Brown & Thompson, 2012; Oliveira & Ribeiro, 2014).

De forma a enfrentar a desarticulação do uso do solo, começou a ser promovido um desenvolvimento mais compacto, por meio de controle de regiões periféricas, regulação e adensamento (Millward, 2006; Newman & Kenworthy, 1996; Way, 2016; Woodcock et al., 2011). Como o transporte individual tem um papel central nas consequências negativas da descentralização, por vezes o planejamento prezou por abordagens que explicitamente desfavorecem o uso de automóveis em relação ao transporte coletivo e não motorizado. As ações do chamado “gerenciamento de demanda” são então utilizadas para limitar as capacidades relativas desse modo, por meio de pedágios, diminuição do espaço dedicado e da articulação de planos para transportes e para uso do solo (Banister, 2008; Cervero, 2003; Ewing & Cervero, 2010; Giuliano, 1991).

Quando se reconhece que esses exercícios estimulam focos espaciais específicos, mesmo quando outra região tem seu desenvolvimento contido, há a oportunidade de direcionar a intensificação para localidades favoráveis – como é feito nas proximidades dos corredores de transporte coletivo, de modo a influenciar o desempenho desses modos (Calthorpe, 1993; Millward, 2006; Newman & Kenworthy, 1996; Woodcock et al., 2011). Nesse contexto, fatores do ambiente construído são estratégicos para a eficácia das intervenções perante o desempenho e a sustentabilidade econômica das operações (Ewing & Cervero, 2001; Kuby et al., 2004; Sales Filho, 1996, p.28; Walker, 2008). Essa combinação de seleções espaciais e uso da forma urbana direcionados a desempenhos específicos na rede de transportes são exploradas no Novo Urbanismo, especificamente em iniciativas de desenvolvimento orientado pelo transporte coletivo (Calthorpe, 1993; Grant, 2015; Shaw, 2009).

1.1.1 Justificativa

As intervenções que integram transportes e uso do solo são baseadas em resoluções tipológicas do território. A prescrição comum de favorecer o desenvolvimento nas proximidades dos troncos de transportes coletivos não aproveita todo o potencial do planejamento integrado, porque não prescreve mudanças no ambiente construído e torna o desenvolvimento meramente adjacente ao transporte sustentável (Renne, 2009; Zhang,

2007). Então, o desenvolvimento orientado pelo transporte coletivo, desde sua formalização (Calthorpe, 1993, pp.56–61) prescreve diferentes perfis morfológicos.

Dessa forma, o planejador deve buscar aquelas áreas com maior vocação para os perfis de uso do solo (ou desenho de rede) idealizados. Isso é natural quando existem áreas livres disponíveis para construção (Yang et al., 2016), o alcance territorial por modos não motorizados não são muito abrangentes (Cervero et al., 2013; Hägerstrand, 1970; Schlossberg & Brown, 2004; Vale, 2015) ou alguns locais são mais predispostos para conflitos com a comunidade (Banister, 2008; De Vos et al., 2014; Woodcock et al., 2011). Mais recentemente, como resultado colateral à ênfase inicial de análise de mudanças do uso do solo (Bertolini, 1999), análises mais sofisticadas se voltam para categorizar tipologias da forma urbana (Bertolini, 1999, 2008; Chorus & Bertolini, 2011; Kamruzzaman et al., 2014; Lyu et al., 2016; Reusser et al., 2008; Singh et al., 2014; Vale, 2015; Zemp et al., 2011), de forma a assistir o desenvolvimento integrado.

Nesse ponto, existe uma oportunidade de contribuição acadêmica. Alguns autores recomendam que se desenvolvam investigações sobre atributos mais complexos do desenho de rede (Derrible & Kennedy, 2010; Gonçalves et al., 2005; Zhong et al., 2014) e sobre capacidades de aproximação temporal dos fatores, oferecidas pelas redes de transportes (Zemp et al., 2011), já que as análises geralmente são aferidas por características locais. Em outro campo, há um imperativo por exploração conjugada de dimensões socioespaciais (Jessop et al., 2008). Salingeros (2005) aponta que problemas do urbanismo (perda de áreas públicas e orientação a grandes fluxos) remontam a problemas de conectividade.

1.1.2 Retórica

Questões nas fronteiras do avanço metodológico podem ser exploradas. Entender como os padrões de deslocamento se comportam de acordo com variações de qualidades do ambiente construído é, certamente, um pré-requisito para responder a problemas de transportes, seja o tratamento heurístico, seja extremamente analítico. Normalmente, o que se estuda é a geração de viagens, como aproximação da atividade socioeconômica, a escolha modal, para atacar os prejuízos do transporte individual, e a distância das viagens, para abrandar o isolamento e diminuir custos (Ewing & Cervero, 2001).

Quando se reconhece as limitações humanas e sociais sobre as possibilidades de deslocamento (Hägerstrand, 1970) e que alguns tipos de interação seriam mais rendosos (Vale, 2007), é possível considerar que o desempenho do sistema de transportes se divide em nichos territoriais com relevância a determinadas categorias de desenvolvimento social ou com propensão a serem fisicamente lesivos. Como resumir essa fundamentação em indicadores conceituais? E como parametrizar índices sintéticos que expressem adequadamente o desempenho e sejam sensíveis a avaliações empíricas?

Abordagens do planejamento que integra transportes e uso do solo, em especial o desenvolvimento orientado pelo transporte coletivo, classificam as áreas de intervenção de acordo com as variáveis disponíveis. Qual é o real impacto de haver pouca ou nenhuma atenção aos alcances relacionais dos fatores significantes ao desempenho? Ainda que muitas vezes a categorização seja feita em áreas adjacentes a estações, que têm áreas de alcance mais rígidas, esses fatores possivelmente têm repercussão em outras regiões. Além disso, isso se torna relevante quando cada vez mais as tipologias consideram as áreas mais afastadas do transporte troncal (cf. Kamruzzaman et al., 2014; Singh et al., 2014), e questões como desenho de rede, integração multimodal e transporte coletivo de baixa capacidade são levadas em consideração.

Por último, todo o raciocínio de aferir territorialidades distintas torna o exercício de interpretação muito complexo. Por exemplo, essa dissertação quadruplica o número de índices ao assumir quatro diferentes alcances territoriais. O desafio metodológico desse estudo passa a não ser apenas de categorizar as unidades geográficas da área de estudo, mas interpretar adequadamente a informação disponibilizada. Além disso, o exercício é dobrado – é necessário aferir o relacionamento do ambiente construído, nos termos territoriais definidos, com o desempenho, além de simplesmente classificar a distribuição das variáveis.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo principal desse estudo é avaliar a relação do ambiente construído com o desempenho do planejamento que integra transportes e uso do solo. Dentro desse escopo, um objetivo secundário será explorar a hipótese de que existem efeitos relacionais na composição de padrões de viagens. Desse modo, o desempenho será representado por padrões de deslocamento associados com diferentes territórios.

Os passos metodológicos para alcançar esses resultados são:

- Realizar um ensaio metodológico para conceber uma estruturação sistêmica de indicadores que afetem os processos urbanos, construída por argumentações teórico-conceituais da literatura;
- Parametrizar qualidades urbanas de interação espacial em índices quantitativos que levem em consideração alcances territoriais;
- Realizar um ensaio empírico para verificar as associações entre as variáveis territoriais selecionadas e o desempenho do sistema de transportes;
- Aplicar um método de morfologia territorial que expresse as dimensões estudadas, no Leste Metropolitano do Rio de Janeiro.

1.3 DELIMITAÇÃO

Esse trabalho é conduzido pelo planejamento integrado de uso do solo e transportes. Os temas principais são, portanto, amplos e intersetoriais e as fronteiras da pesquisa devem ser demarcadas, de forma a conservar uma qualidade narrativa e didática.

Primeiramente, a dissertação foi produzida junto a um programa de engenharia de transportes. Portanto, esse domínio já estabelece condições de contorno para a perspectiva escolhida para tratar assuntos que também são desenvolvidos por outras áreas, como urbanismo, geografia, planejamento territorial e economia. É certo que esses campos serão vigorosamente abordados, entretanto a visão final se insere em um ambiente de engenharia. Da mesma forma, diversas áreas oferecem questionamentos, modelagem e soluções que permeiam o tema, como ciência política, econometria, estatística, ciências sociais e matemática aplicada. Esses domínios também serão visitados de forma esporádica, de forma instrumental para a exploração dos assuntos relevantes.

O estudo é direcionado ao transporte urbano de passageiros, com maior ênfase nas modalidades coletivas e públicas; às dimensões dos processos urbanos, sobretudo os padrões de deslocamentos e de mudanças de uso do solo; aos atributos com influência significativa (teórica ou prática) nesse desempenho, como a forma e organização urbana e composição sociodemográfica; e às prescrições para intervenções na problemática da mobilidade urbana sustentável. Logo, são excluídas antes de tudo as questões de

transporte de carga e de sistemas organizacionais de escala territorial muito maior que a urbana.

Não haverá exploração endógena de questões tecnológicas dos transportes (e.g. geotecnia, engenharia civil e mecânica), de processos internos dos setores produtivos (e.g. indústria e agricultura), de consequências intersetoriais (e.g. energia, meio-ambiente e saúde) e de aprofundamento artístico ou epistemológico (e.g. arquitetura, filosofia e estética). Essas questões serão exploradas tangencialmente, apenas quando coincidirem com os assuntos principais.

As contribuições dessa dissertação são uma exploração sistemática das dimensões teóricas relevantes ao planejamento integrado, uma exploração empírica para selecionar índices com utilidade analítica e o desenvolvimento de um método de interpretação espacial. Por isso, sob um ponto de vista do planejamento prático, o potencial é muito mais investigativo do que resolutivo. É desejável, entretanto, que o avanço apresentado seja compatível a estudos paramétricos que embasem modelagens e soluções, bem como a interpretação desses exercícios. Logo, esse trabalho se insere na conjuntura do planejamento como facilitadores das primeiras fases, diagnósticos, e dos últimos estágios, interpretações de uma solução complexa.

Por fim, os ensaios dessa dissertação são delimitados por restrições do banco de dados, que determinam os níveis de agregação e detalhamento da modelagem e análise, dos equipamentos disponíveis e da capacidade de processamento, do tempo e dos recursos humanos. Pelas condições dos dados disponíveis, não há pretensão de demonstrar os potenciais explicativos com muito rigor estatístico. As relações exploradas entre ambiente construído e o desempenho dos transportes serão mais de tendências espaciais, obtidas por regressão linear múltipla, do que de construtos causais propriamente ditos. Esse estudo será complementado por técnicas como análises de agrupamento e de componentes principais, que facilitam explorações tipológicas. Portanto, a motivação desse trabalho é mais teórica e metodológica do que propriamente empírica.

1.4 ESTRUTURA

Após o primeiro capítulo, o estudo será direcionado para uma revisão bibliográfica com o intuito de construir um contexto teórico-conceitual que será assimilado no método de

análise produzido. Para isso, essa dissertação foi seccionada em sete passagens, inclusive a introdução.

O segundo capítulo, que foca nas dimensões relevantes ao planejamento integrado de uso do solo e transportes, é voltado inicialmente nos problemas contemporâneos na temática do transporte urbano, em especial nas causas, documentação e consequências da descentralização. Posteriormente, serão expostos os fatores de relevância ao planejamento integrado, de acordo com argumentos edificados pelos objetivos comuns ao planejamento e pelo real impacto no desempenho. O desfecho do capítulo é o entendimento da importância de sistematizar os fatores explorados e de como o desempenho pode ser indicado com uma modelagem adequada.

O terceiro capítulo direciona o estudo para as medidas em resposta à problemática, de acordo com as dimensões explicadas no capítulo anterior e a disponibilidade da tecnologia desenvolvida. Essa seção destaca o desenvolvimento orientado pelo transporte coletivo, que será explorado em relação à sua evolução histórica e a documentação das categorias desenvolvidas e da sua efetividade. O capítulo é então orientado para um dos motivos da dissertação: a morfologia urbana como tipologia territorial e seu caso particular, a tipologia da orientação pelo transporte público.

O quarto capítulo organiza os conceitos explorados de uma forma sistemática. Primeiro, o contexto metodológico é apresentado, de forma que o trabalho seja inserido como uma continuação do avanço tecnológico. Dimensões conceituais utilizadas serão geradas para produzir indicadores dentro de um arcabouço teórico sólido. Esses indicadores, por sua vez, definirão o banco de variáveis que será avaliado de maneira empírica.

O quinto capítulo expõe a modelagem utilizada pelas análises desenvolvidas pelo estudo. Será descrito como o banco de variáveis foi agregado, de acordo com o desenvolvimento de um arcabouço topológico e as limitações dos dados disponíveis. Por fim, serão explicados os métodos utilizados para categorizar os territórios e aferir a relação entre as variáveis.

O sexto capítulo é dedicado para a discussão e apresentação dos resultados da aplicação dos métodos desenvolvidos e o último capítulo é reservado às conclusões consequentes, às recomendações para pesquisas futuras e derivadas e às declarações finais.

2 DIMENSÕES DO PLANEJAMENTO INTEGRADO

A transformação dos meios urbanos é um tema que inspira a análise dos comportamentos humanos, estimula a exploração das oportunidades conhecidas e norteia a tomada de decisão para o desenvolvimento de práticas e políticas que incorporem seus objetivos particulares. Dentro desse contexto, pesquisadores se atentaram a um processo comum a diversas concentrações urbanas – o desenvolvimento de múltiplos centros que se apropriam, pelo menos em parte, do papel dominante dos então únicos centros.

Notável na segunda metade do século XX na América do Norte e Europa Ocidental, esse fenômeno atraiu um debate entre acadêmicos sobre suas decorrências, sobretudo nessas regiões em que foi mais visível (Batten, 1995; Buchanan et al., 2006; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Gordon et al., 1989, 1991; Guth et al., 2009; Limtanakool et al., 2009; Vasanen, 2013). Transformações na estrutura urbana, nesse caso em especial, dos postos de empregos, naturalmente provocariam consequências nos padrões de locação de atividades urbanas – na escolha de moradia e no mercado imobiliário – e nos comportamentos relacionados a deslocamentos. Os pontos de interesse dessa discussão serão explorados no início dessa seção, a fim de que as circunstâncias que definam dimensões relevantes ao planejamento integrado sejam consequentemente apresentadas.

O contexto no qual se iniciou o processo de descentralização das atividades produtivas foi dominado por escolhas habitacionais de famílias com crianças pequenas, que eram o arquétipo domiciliar predominante dos anos 1960 e 1970 nos países mais desenvolvidos. Como eram numerosas devido ao crescimento populacional imediato ao fim da Segunda Guerra Mundial, havia uma tendência por escolhas por casas mais espaçosas em locais com baixa densidade populacional e terrenos baratos, como subúrbios e assentamentos menores, compreendidos então como mais adequados para o desenvolvimento das crianças (Calthorpe, 1993, p.15; Champion, 2001).

Calthorpe (1993) associa essa expansão residencial nos subúrbios a um equilíbrio entre impulsos opostos de comunidade e de exclusividade (Calthorpe, 1993, p.38) e ao embate da predominância entre a escala do carro e a do pedestre (Calthorpe, 1993, p.17) e relaciona os padrões de crescimento tanto a subsídios, políticas e regulações públicas

quanto a forças ambientais, tecnologia e inércia da cultura do mercado imobiliário (Calthorpe, 1993, p.10). O acesso facilitado ao uso de automóveis e à casa própria, bem como políticas governamentais e investimento em infraestruturas rodoviárias, proporcionaram um maior alcance de interações socioeconômicas que consolidou esse desenvolvimento mais disperso, tanto de firmas quanto de domicílios (Buchanan et al., 2006; Fernández-Maldonado et al., 2014; Levine, 1998; Lin et al., 2015; Orrico Filho et al., 2015; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Esse fenômeno de dispersão populacional ou suburbanização residencial – designado como “contraurbanização” por Champion (2001) – constituiu uma fragmentação da mão de obra, do capital humano e de mercados locais que, como forças promotoras de atividades produtivas, atraíram empresas e amenidades para regiões mais afastadas. Além disso, alguns pontos focais nos subúrbios, como aeroportos e destinos turísticos, tendem a ser mais preferidos economicamente devido aos investimentos acumulativos, enquanto outras localizações mais difusas aproveitam concentrações de mão de obra altamente qualificada ou mercado com alto poder de compra (Giuliano, 1991; Gordon et al., 1991; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Da mesma maneira que uma orientação por outras vantagens, como compartilhamento de suporte especializado, solidez institucional e estatutária e redes informais de inteligência de mercado, antes apenas presentes nos centros tradicionais, o processo representou uma aversão às desvantagens dos grandes centros urbanos, como valor da terra elevado, poluição, dano ao patrimônio, estoque imobiliário antiquado e retenções nos sistemas de transportes, resumidas por “custos de congestão” por Fernández-Maldonado *et al.* (2014), que, por vezes, excedem os benefícios da aglomeração espacial. Portanto, as tendências de realocação de atividades econômicas em concentrações descentralizadas são provocadas pela tensão entre custos e benefícios de aglomeração e são compreendidas teoricamente como resultados de múltiplos equilíbrios (An et al., 2014; Asikhia & Nkeki, 2013; Bertaud, 2003; Bertolini, 1999; Fernández-Maldonado et al., 2014; Giuliano, 1991; Gordon et al., 1989, 1991; Levine, 1998; Lin et al., 2015; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Ao contrário das estruturas urbanas monocêntricas muito hierárquicas, as conformações policêntricas são associadas com interconexões funcionais fortes e padrões de viagens complexos entre centros especializados e interdependentes (Limtanakool et al., 2007,

2009; Sinclair-Smith & Turok, 2012). Ao mesmo tempo em que o equilíbrio entre vantagens e desvantagens da aglomeração desencadeia novos centros em primeiro lugar, são atribuídos outros fatores para o processo de especialização espacial e setorial, como o avanço tecnológico nos campos de transporte e telecomunicação, que proporciona melhor interação entre centros, e o contexto histórico de maior competição internacional (Asikhia & Nkeki, 2013; Batten, 1995; Bertolini, 1996, 1999; Champion, 2001; Fernández-Maldonado et al., 2014; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012). Além disso, Batten (1995) indica que essas cidades mais amplas possibilitam maior diversificação e criatividade, o que pode atrair mais atividades, como a pesquisa, pelo maior potencial de inovação.

Esse processo, designado de “complementarismo” por Sinclair-Smith (2015), reflete intensidades de descentralização diferenciadas para cada setor, avaliadas por estudos empíricos. Os setores governamental, financeiro, segurador e imobiliário têm maior atração ao centro principal e os subcentros são associados com setores que demandam espaços intensivos, homogêneos e baratos, como pesquisa, administração, atendimento, atacado, varejo, logística, manufatura e agricultura, ou se beneficiam mais com economias de escopo do que com economias de escala, como a indústria criativa (Asikhia & Nkeki, 2013; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Wu, 1998). Essa estrutura urbana mais segmentada naturalmente resulta em diferentes padrões de viagens para cada setor (Lin et al., 2015).

Desse modo, enquanto o que regia o desenvolvimento no modelo monocêntrico eram as compensações entre o preço da terra e os custos de transportes, que podem ser conformadas em modelos tradicionais de mudança no uso do solo (Giuliano, 1991; Gordon et al., 1989; Shaw, 2009), no modelo policêntrico os custos de congestão são significativos e as demandas espaciais são desagregadas e complexas. Como resultado, a especialização, em conjunto com a descentralização, concebeu novos tipos de empreitadas produtivas concentradas em regiões dos subúrbios, como centrais de atendimento e processamento de dados, parques avançados de negócios e pesquisa, centros de entretenimento e *shopping centers* (Fernández-Maldonado et al., 2014; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Essas ocorrências de descentralização e especialização também são reforçadas quando políticas normativas são aplicadas com o fim deliberado de estimular configurações

policêntricas. Teoricamente, esse formato regional desfrutaria de vantagens da aglomeração ao mesmo tempo em que evitaria suas consequências negativas e corresponderia às tendências de coordenação entre polos especializados em setores complementares, e, por consequência, às demandas distribuídas mais homoganeamente no espaço. Essa fundamentação inicialmente foi estudada e aplicada em alguns contextos regionais de países desenvolvidos (Batten, 1995; Bertaud, 2003; Guth et al., 2009; Zhong et al., 2014), mas também tem sido utilizada ou sugerida em países em desenvolvimento, ainda que adaptada a atores e circunstâncias locais (Asikhia & Nkeki, 2013; Lin et al., 2015; Oliveira & Ribeiro, 2014; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Wu, 1998; Zhang, 2007).

Nas cidades norte-americanas e europeias que primeiramente vivenciaram esse fenômeno, as mudanças no âmbito espacial coincidiram com transformações nos regimes demográficos e produtivos. Em um momento posterior ao crescimento acelerado pós-guerra, houve um decréscimo na fertilidade e um aumento na expectativa de vida. Isso representou um envelhecimento da população e uma maior diversidade étnica, provinda de imigrantes com maior taxa de fertilidade (Champion, 2001). Além disso, a maior independência feminina levou a uma participação maior no mercado de trabalho (Cervero, 1989; Champion, 2001; Giuliano, 1991; Gordon et al., 1991; Levine, 1998) e uma maior renda domiciliar, que reforçou a proporção de domicílios de famílias monoparentais e agregados familiares sem crianças (Champion, 2001).

Essa variação demográfica é associada com mudanças evidentes nos sistemas produtivos urbanos, como a inclinação para um aumento da participação do setor terciário (Cervero, 1989; Champion, 2001; Fernández-Maldonado et al., 2014). Muitos autores defendem que a dispersão do setor secundário é anterior às mudanças demográficas, a começar da década de 1920 (Fernández-Maldonado et al., 2014). Debate à parte, é um fato que, nesses países, em especial nos anos 1980, foram consolidados um formato produtivo pós-industrial e uma composição demográfica distinta, além de gradativamente mais policêntrica. Por isso, nesses países, há um desencontro entre a forma urbana da suburbanização pós-guerra, moldada por preferências das famílias de então, e o surgimento de cenários distintos de sociodemografia e de distribuição das atividades (Calthorpe, 1993, p.18).

Champion (2001) discute como as tipologias demográficas sobressaídas durante esse período de transformações se relacionam com o surgimento das regiões policêntricas. O valor de terra menos variado dessas regiões em relação com as conformações monocêntricas condiciona maior possibilidade de escolha e, em consequência, nichos no mercado consumidor. Por outro lado, isso também representa menor concentração de capital, o que diminui a propensão à migração por moradores de áreas centrais aposentados, por exemplo. É apontado pelo autor que é provável que essa maior liberdade seja significativa apenas para grupos mais privilegiados economicamente. Além disso, como a acessibilidade aos empregos é o que teoricamente rege a locação habitacional pelos aglomerados familiares sem crianças, o grupo que maior representa a mudança demográfica, apenas proporciona um reforço passivo dos centros existentes, seja monocêntrico ou policêntrico. Logo, ainda que a descentralização de aglomerações produtivas coincida com o encadeamento histórico de mudanças demográficas e setoriais, não há consenso sobre a causalidade entre os processos.

Em países em desenvolvimento, é notável um processo de descentralização, apesar de que as cidades ainda retêm parte de seu perfil monocêntrico relativo, devido suas particularidades. Na América Latina, são mais significativas as estratégias de empreiteiras e atores do mercado imobiliário, que oferecem atrações nos subúrbios, direcionadas para famílias privilegiadas insatisfeitas com o estilo de vida dos centros urbanos (Fernández-Maldonado et al., 2014). Na Nigéria, o crescimento econômico acelerado, e o consequente investimento privado nos centros de negócios, pressionam residentes e atividades adjacentes, como funções públicas e comércio, a se realocarem para áreas mais afastadas e baratas (Asikhia & Nkeki, 2013). Na África do Sul, os centros históricos sofreram grandes perdas de mercados e recursos humanos devido às remoções forçadas durante o apartheid, que não foram recuperadas posteriormente mesmo com a migração maciça após as restrições do regime (Sinclair-Smith & Turok, 2012). Na China, como nas demais economias pós-comunistas, o controle do uso do solo centralizado pelo governo, que resultava numa uniformidade social e orientação pelos postos de empregos, foi substituída por uma lógica de mercado, que fomentou a concessão de terras rurais e orientação pelo investimento privado (Wu, 1998).

Ao contrário dos países mais desenvolvidos, as manufaturas ainda não deixaram de ser grandes setores empregadores nos países em desenvolvimento e, devido a uma

proporção maior de pessoas de baixa renda na população, há menor uso de automóveis e as cidades são mais compactas que as norte-americanas, já que são orientadas por modos de menor alcance, como a caminhada (Asikhia & Nkeki, 2013; Fernández-Maldonado et al., 2014). Pode-se afirmar, portanto, que apesar de que a contraurbanização e a descentralização de atividades produtivas serem reflexos de um processo global de câmbio econômico, demográfico e tecnológico, vigoram distintos mecanismos regionais mediante ao contexto histórico e cultural de cada cidade (Lin et al., 2015). Isso pode ser verificado ainda que haja lacunas na literatura e dificuldades metodológicas devido a bancos de dados inadequados que possibilitem avaliações em países em desenvolvimento (Asikhia & Nkeki, 2013; Fernández-Maldonado et al., 2014; Sinclair-Smith & Turok, 2012), já que existem diferenças também entre as cidades dos países mais desenvolvidos.

Cidades europeias tendem a ser menores e mais velhas que as norte-americanas e são orientadas por políticas espaciais que visam evitar o espraiamento. Como resultado, a Europa tem menores graus de posse, uso e dependência de automóveis e maiores taxas de uso de transporte ativo. Já políticas norte-americanas têm grande foco no desenvolvimento de subúrbios, as cidades exibem densidade baixa e infraestrutura rodoviária abundante e o transporte individual é a escolha modal dominante (Lin et al., 2015). Entretanto, até nos Estados Unidos existe uma variação perceptível. Dentro daquelas cidades que sofreram dispersão, algumas apresentam uma concentração em centros suburbanos e outras têm seu território muito homogêneo (Fernández-Maldonado et al., 2014).

Devido a essas diferenças, são caracterizadas duas versões de configurações urbanas policêntricas. A categoria relacionada à realidade europeia é a de uma região caracterizada por uma rede de cidades (e.g. Randstad, na Holanda), sem necessariamente uma relação de dominância (Batten, 1995; Limtanakool et al., 2009). Aquela articulada a um contexto norte-americano é a de uma cidade dispersa com subcentros rivais ao centro histórico, com uma clara relação hierárquica onde a área central original é dominante (Champion, 2001).

Portanto, a escolha da escala é relevante nesse tipo de avaliação, já que as relações aludidas são intraurbanas no estereótipo norte-americano e interurbanas (ou até inter-regionais) no estereótipo europeu. Evidências demonstram que as dependências

espaciais são cada vez mais policêntricas quanto menor a escala observada e, da mesma forma, variam mediante o tipo de interação (Cervero, 1989; Levine, 1998; Limtanakool et al., 2007, 2009; Vasanen, 2013). Por exemplo, viagens com motivo de estudo e compras geralmente acontecem localmente enquanto redes dentro de uma empresa podem se estender até internacionalmente (Vasanen, 2013).

É válido notar que interações de escalas diferentes não são mutuamente excludentes e podem se mesclar em aglomerações complexas, notavelmente na literatura o Vale do Reno, na Alemanha, a região de Kansai, no Japão, e a megalópole Boston-Washington, nos Estados Unidos (Batten, 1995; Champion, 2001). Essas regiões têm em comum o modo de evolução espacial, em que assentamentos anteriormente independentes se fundem (ou são incorporados, caso haja disparidade nas escalas) à medida que suas áreas de influência crescem. Essa conjuntura se contrapõe com a evolução a partir do conflito de forças centrífugas com forças de aglomeração, após um processo de espraiamento avançado, o modo mais relacionado às cidades americanas policêntricas (Champion, 2001). Nesse ponto de vista, as regiões latino-americanas se inserem nesse modo tipicamente norte-americano, já que são associadas à expansão acelerada de subúrbios residenciais e à consequente dispersão de centros produtivos (Fernández-Maldonado et al., 2014; Orrico Filho et al., 2015).

Essa problemática estimulou um debate sobre o impacto da forma urbana nas ocorrências relacionadas ao comportamento, no deslocamento e nas escolhas imobiliárias, e ao desempenho social, econômico e ambiental. Ainda que avaliações mostrem que a dispersão das atividades foi eficaz na redução dos custos de congestão, não fica claro se foram mantidas as vantagens das aglomerações produtivas, uma vez que dependem das interações proporcionadas pela disposição espacial e pela infraestrutura de transporte e telecomunicação. Enquanto há uma crença em que a conformação policêntrica diminuiria distâncias e tempos de viagem, já que haveria mais empregos nos locais afastados onde a cidade se expande, estudos empíricos exibem resultados conflitantes (Asikhia & Nkeki, 2013; Buchanan et al., 2006; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991; Guth et al., 2009; Lin et al., 2015).

Explicações corriqueiras para essa incerteza são que em regiões com atividades dispersas há maior possibilidade de não haver territórios com equilíbrio entre moradia e emprego (Buchanan et al., 2006; Cervero & Wu, 1997; Guth et al., 2009; Sinclair-Smith

& Turok, 2012) e que, mesmo que não haja esse desencontro, os fluxos serão intrinsecamente mais complexos e existirão viagens para subcentros mais afastados (Bertaud, 2003; Lin et al., 2015).

Geralmente, conformações policêntricas são relacionadas com a fragmentação espacial causada pela suburbanização residencial e pelo uso do automóvel. Por isso, as externalidades socioambientais negativas dessas ocorrências também são atribuídas à descentralização das aglomerações produtivas: o uso indiscriminado de automóveis poluentes e ineficientes; complicações na operação de serviços de utilidade pública, como o transporte coletivo; desigualdade e segregação socioespacial de classes vulneráveis (Asikhia & Nkeki, 2013; Buchanan et al., 2006; Calthorpe, 1993; Cervero, 1989; Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991; Levine, 1998; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Zhang, 2007). Há também o argumento de que a disposição espacial diretamente gera ineficiências econômicas, já que são desperdiçadas ou debilitadas as interações com localizações menos privilegiadas. Isso representa potenciais perdidos de poder de compra e de recursos humanos que poderiam ser unificados em lugares centrais (Bertaud, 2003; Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Lin *et al.* (2015) demonstram que o comportamento nas viagens pode ser explicado, por vezes mais significativamente, por fatores socioeconômicos de cada cidade. Características que expressem o desencadeamento histórico, cultural, econômico e institucional podem influenciar os deslocamentos tanto diretamente quanto indiretamente, através dos processos que construíram a distribuição de residências e de empregos. Por exemplo, a localização histórica de um assentamento, conduzidas pelo contexto da época, pode provocar limitações na capacidade e no investimento de infraestruturas, devido a restrições relacionadas a acidentes geográficos e corpos d'água (Sinclair-Smith & Turok, 2012).

Além desses fatores urbanos gerais, Lin *et al.* (2015) ressaltam que com a consideração de fatores sociodemográficos na identificação da causa de indicadores de transportes, os impactos da estrutura urbana parecem ser altamente reduzidos. Portanto, os autores sugerem que devem ser avaliadas todas as trajetórias históricas nos níveis individual e urbano para que seja feita uma análise mais fidedigna dos fatores significantes aos padrões de viagens, por mais que as comparações sejam abstratas e que ocorram possíveis dificuldades para serem obtidas estimativas. A grande quantidade de fatores,

que dificulta as avaliações empíricas dos impactos sociais, econômicos e ambientais, e o nível atual do debate teórico, ainda transiente e inconclusivo, divide os estudiosos entre críticos e defensores do desenvolvimento policêntrico (Sinclair-Smith, 2015).

A ascensão das conformações policêntricas é, portanto, uma narrativa que, ao mesmo tempo em que é explorada e documentada por muitos acadêmicos, tem a natureza entrelaçada de processos complexos e múltiplos fatores significativos. O restante desse capítulo é destinado ao exame mais específico dessas dimensões. Uma vez que alusões às ocorrências da segunda metade do século XX são muitas vezes designadas por termos espaciais gerais – tais como descentralização, suburbanização e dispersão – a partir desse ponto, esse fenômeno será tratado apenas como um evento histórico, em vez de um fator particular para impactos nos comportamentos.

2.1 ARGUMENTOS E FATORES

Como proposto por Florian *et al.* (1988), a especificação de um problema de planejamento é composto simultaneamente por dois componentes. O primeiro é a identificação da sofisticação apropriada dos modelos e suas relações, diante das condições de contorno, limitações e dos objetivos almejados. O segundo é a categorização das variáveis como exógenas, determinadas fora dos modelos, ou endógenas, determinadas dentro dos modelos. De acordo com o autor, a resolução de um problema passa pela escolha específica de relações que produzam uma resposta aceitável para o cenário em questão.

Essa seção busca revisar fatores considerados pela literatura, em primeiro lugar aqueles que conduzem os motivos de políticas públicas e posteriormente aqueles que impactam o desempenho dos deslocamentos. Já a seção subsequente é, por fim, reservada ao agrupamento teórico desses fatores em sistemas e processos.

2.1.1 Argumentos para o planejamento

Uma vez que os problemas da mobilidade urbana têm um nível elevado de complexidade, é provável que existam objetivos conflitantes no planejamento, já que geralmente são resolvidos, em situações democráticas, por um consenso negociado entre os envolvidos ou por uma visão de indivíduos indicados com líderes (Doi & Kii, 2012). Esse conflito é exemplificado com a mudança de paradigmas no planejamento de

transportes. O enfoque convencional é direcionado ao tráfego de veículos e às questões de engenharia do sistema, enquanto novas abordagens são direcionadas às pessoas, motorizadas ou não motorizadas (Banister, 2008).

Dessa forma, se o planejamento convencional provém um caráter autocontido e meramente instrumental às demandas exógenas, as alternativas podem também ser integradas a visões mais abrangentes de planejamento urbano. Banister (2008), por intermédio de uma alegoria, demonstra que objetivos são às vezes conflitantes: o objetivo tradicional de minimização de tempo de viagens, que usa de maior velocidade ou de menor congestão, é contraditório com o reconhecimento de um possível menor número de viagens motorizadas propiciado por tecnologias de informação ou estímulo ao transporte ativo, ou com o requerimento por um nível aceitável de congestão em regiões residenciais ou escolares.

Walker (2008) apresenta um conflito entre os resultados de redes de transporte coletivo que buscam uma maior cobertura de rede e os que buscam um maior faturamento. Quando o objetivo é a cobertura de rede, o nível de serviço é, de forma aproximada, linearmente proporcional com a densidade demográfica. Já quando se persegue o maior faturamento, baixas densidades demográficas não são servidas, devido à baixa demanda por transporte. Além disso, a partir de uma densidade média, a oferta aumenta de forma vertiginosa conforme a densidade aumenta, até que essa é tão grande que o transporte ativo é cada vez mais proveitoso do que o transporte coletivo para o atendimento da demanda, o que desacelera o aumento do nível de serviço.

Essa última fundamentação coincide com a noção de modalidades economicamente mais adequadas mediante o volume de passageiros e as distâncias de viagem demandadas, como explorado por Sales Filho (1996, pp.28–32). Dessa maneira, diferentes objetivos presentes no planejamento urbano refletirão em abordagens distintas e, em consequência, distribuições territoriais desiguais de níveis de serviços de utilidade pública e de uso e ocupação do solo.

Um exercício que suporta a definição de princípios normativos é a classificação de territórios relevantes ao planejamento estratégico, como estações de transporte coletivo. Comumente na prática, esse tipo de avaliação deriva primariamente de indicadores diretamente relacionados ao desempenho, especialmente a frequência de passageiros.

Ainda que essas métricas possam ser, por vezes, razoavelmente relacionadas a metas de custo-benefício e sejam necessárias para corroborar a significância de fatores gerais assimilados em prescrições, elas são insuficientes para comparar isoladamente o funcionamento e contexto de territórios (Zemp et al., 2011).

Enquanto a literatura convencional apresenta estudos associados com o desempenho técnico e financeiro, determinado pelas dimensões do próprio sistema de transportes (Banister, 2008), são mais raras as investigações dos impactos sociais, que são por sua vez também influenciadas por processos sociológicos e antropológicos (Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011; Pyrialakou et al., 2016). Por outro lado, avaliações intersetoriais, sobretudo aquelas que envolvem questões monetárias e ambientais, são motivos mais comuns na pesquisa e na prática (Jones & Lucas, 2012). Um exemplo é a modelagem da previsão de indicadores econômicos indiretamente relacionados com o desempenho dos deslocamentos, como o estudo de Vianna e Young (2015), uma estimativa do desperdício na produção econômica devido aos tempos de deslocamento ao trabalho nas cidades brasileiras.

Jones e Lucas (2012) exploraram as consequências no âmbito social dos transportes – na acessibilidade, na saúde, nas finanças e nas redes sociais – e ponderaram que esses impactos têm efeitos potencialmente distributivos (nas dimensões espaciais, temporais e sócio-demográficas) ou cumulativos, sobretudo nas questões de saúde e inclusão social. Portanto, pode-se dizer que as desigualdades e acumulações desses impactos podem afetar diferentemente cada setor produtivo ou classe demográfica. Esses efeitos distributivos foram avaliados em uma revisão abrangente feita por Markovich e Lucas (2011).

Pyrialakou *et al.* (2016) destacam, nessa questão, a importância da definição de equidade pelos responsáveis por intervenções e políticas públicas. Ao mesmo tempo em que não existe uma determinação unificada, os autores legitimam duas abordagens, de acordo com o reconhecimento de necessidades diferenciadas de cada grupo populacional. Aquela que diferencia classes conforme suas características socioeconômicas e demográficas é a “equidade vertical”, enquanto aquela que ignora essa diferenciação é a “equidade horizontal”. Os procedimentos que respondem a desvantagens de transportes, como exclusão social e desencontro entre moradia e

emprego, que são conduzidas tanto por fatores sociológicos quanto geográficos, refletem exatamente a abordagem selecionada pelo planejador.

Além de objetivos que podem ser traduzidos por indicadores calculados pelas dimensões do sistema de transportes, diretamente (maximizar o nível de serviço) ou indiretamente (atenuar algum impacto intersetorial causado pelos padrões de deslocamentos), algumas finalidades teórico-conceituais mais complexas podem ser concebidas como diretrizes de planejamento. Orrico Filho (2013) afirma que o desafio metodológico na concepção de uma rede de transportes é apresentado no equilíbrio dos objetivos de atendimento a demandas diversas: de espacialidade e articulação com as atividades; de economia e minimização de custos operacionais; de racionalidade e não imposição de barreiras desnecessárias; de solidariedade às camadas menos privilegiadas da sociedade; e de simplicidade, de modo que não imponha dificuldade de uso.

2.1.2 Fatores institucionais

Uma vez que existe multiplicidade, complexidade, por vezes sobreposição e por vezes embate nos objetivos de planejamento, o ambiente institucional – aquele que se dispõe nos últimos estágios do processo decisório – se torna um fator regularmente predominante na execução de políticas públicas e intervenções diretas. Em comparações entre cidades, autores apontam que as dimensões de continuidade e consistência de planejamento são determinantes na construção histórica da rede de transportes e da estrutura espacial (Bertolini, 2008; Calthorpe, 1993, p.34; Lin et al., 2015; Orrico Filho, 2013) e que um formato menos controlado de regulação é associado a menores níveis de simplicidade e confiabilidade no transporte público (Nielsen et al., 2006).

Por vezes como contestação ao histórico de regimes políticos sistematicamente rígidos, um planejamento permissivo contribui para o processo de fragmentação espacial e setorial de aglomerações produtivas. Em países emergentes, onde isso é comum, seguem as lógicas do mercado imobiliário, e, como é corriqueira a aversão do mercado aos locais com percepção de crime e baixa renda, há uma propensão ao acréscimo da segregação socioespacial. Essa fragmentação pode ou não beneficiar o desempenho socioeconômico, dependendo da facilidade de interação pela distância e conectividade, que dá acesso às mesmas vantagens da aglomeração física (Fernández-Maldonado et al., 2014; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Wu, 1998).

Portanto, há a recomendação de um sistema de planejamento para efetivamente coordenar o desenvolvimento econômico e a acomodação de populações crescentes, de modo que evite efeitos negativos de mudanças não coordenadas (An et al., 2014; Sinclair-Smith, 2015; Sinclair-Smith & Turok, 2012; Wu, 1998). Essas intervenções podem ser indiretas aos processos urbanos, como estímulos ao desenvolvimento do uso do solo, ou diretas, como as ações de “gerenciamento de demanda” que limitam a circulação de automóveis (Banister, 2008; Cervero, 2003; Ewing & Cervero, 2010; Giuliano, 1991).

Entretanto, há limitações da dimensão institucional do planejamento integrado de transportes e uso do solo. Sinclair-Smith (2015) alerta sobre a incerteza sobre a transferência de atributos em diferentes contextos (em específico, de vantagens de aglomeração em conurbações policêntricas, inicialmente evidentes em regiões monocêntricas) e sobre a importância da adaptação local de iniciativas desenvolvidas em países europeus para circunstâncias de países emergentes. Way (2016) reporta que oportunidades e desafios são diversos em tamanhos diferentes e que muitas vezes políticas geradas em contextos de cidades globais são reescaladas de maneira caricata em cidades menores, o que resulta em resultados inadequados às questões locais de identidade, governança, cidadania, escala geográfica, ecologia e produção.

Além disso, as ferramentas utilizadas nas intervenções devem ser ao mesmo tempo sofisticadas, para produzir previsões efetivas, e simples o suficiente para que haja entendimento e uso pelos muitos atores envolvidos nas decisões democráticas (Bertolini, 2008; Zemp et al., 2011). Isso é reforçado por Marcovich e Lucas (2011), que reportam potenciais dificuldades de autoridades públicas responderem às novas legislações, devido à dependência de abordagens normativas do governo para uma comunicação efetiva.

2.1.3 Fatores individuais e sociodemográficos

Além do impacto de fatores institucionais e do contexto particular de cada cidade, características individuais e domiciliares podem ser muito mais significantes que a estrutura espacial na causa de padrões de viagens, já que podem explicar mecanismos de causalidade, por serem relacionadas diretamente com a perspectiva dos tomadores de decisão (Lin et al., 2015). Ewing e Cervero (2001) reúnem evidências de que, enquanto

o ambiente construído é mais correlacionado com a extensão dos deslocamentos, fatores socioeconômicos são tão importantes na divisão modal e mais significantes na frequência de viagens. Lu e Pas (1999) argumentam que a sociodemografia pode influenciar os padrões de viagens tanto por efeitos diretos quanto indiretos, por intermédio de interferências na capacidade de participação em atividades, e verificam empiricamente as relações causais dessas características com o número, tempo, modo e segmentação de viagens, com uso de modelagem de equações estruturais.

Lin *et al.* (2015) apresentam como as medidas sociodemográficas alteram certos mecanismos relacionados aos padrões de viagens: maiores rendas afetam as relações de custo-benefício nas escolhas, proporcionam o acesso ao transporte motorizado e possibilitam escolhas por residências mais próximas ao trabalho e empregos especializados mais afastados; pessoas de meia-idade têm viagens mais longas que as mais velhas e as mais jovens; o nível de escolaridade tem correlação com a distância viajada e a quantidade de viagens motorizadas; as responsabilidades domiciliares, estipuladas por normas sociais, criam diferenças nos padrões de viagens para cada gênero e, por isso, mulheres têm menores tempos e distâncias de viagem.

Outro fator sociodemográfico importante são as preferências e as atitudes no nível individual e domiciliar, uma vez que expressam os motivos que provocam comportamentos individuais e possivelmente afetam a aceitação de políticas públicas e, por consequência, a efetividade dos fatores institucionais (Banister, 2008; Bohte *et al.*, 2009). As atitudes são tendências psicológicas representadas por escolhas baseadas em avaliações afetivas, cognitivas e comportamentais que são explicadas por percepções de valor ou utilidade, hábitos, emoções, desejos, intenções e convicções morais (Bohte *et al.*, 2009).

Por exemplo, Mokhtarian e Salomon (2001) atribuem aos fatores comportamentais, como afinidade aos deslocamentos, o aumento de viagens não direcionais ou de distâncias e tempos de viagem de maneira deliberadamente excedente. Cao *et al.* (2009) estudaram a influência do ambiente residencial na geração dessas viagens com caráter mais autotélico, já que alguns aspectos utilitários, ambientais, estéticos ou ameaçadores do desenho urbano podem as encorajar ou as desestimular.

Os efeitos do ambiente construído nos padrões de viagens, que serão tratados a seguir, são amplamente estudados por acadêmicos, uma vez que a exploração dessas dimensões espaciais está presente no estado da prática. Entretanto, uma ocorrência que pode exagerar as estimativas dessas influências é a autosseleção residencial. Esse viés provém da preferência dos domicílios por localizações residenciais que correspondem a determinados comportamentos ou diretamente por atitudes individuais nos deslocamentos (Bohte et al., 2009; De Vos et al., 2014; Ewing & Cervero, 2001, 2010; Kamruzzaman et al., 2014; Lin et al., 2015). Uma revisão abrangente feita por Bohte *et al.* (2009) explora a metodologia e as reflexões teóricas sobre o impacto das atitudes na forma da autosseleção residencial.

Dessa forma, enquanto os padrões podem ser explicados menos diretamente pelo ambiente construído com o reconhecimento da autosseleção, há uma melhor interpretação das capacidades e restrições dessa associação. A partir do amadurecimento desse entendimento, é possível identificar públicos específicos compatíveis com políticas normativas e ajustes para persuadir domicílios associados com práticas pouco sustentáveis nos deslocamentos (Bohte et al., 2009).

2.1.4 Fatores do ambiente construído

Ribeiro e Ribeiro (2013, p.8) afirmam que “a reprodução da vida dos indivíduos e das coletividades, em suas múltiplas dimensões, depende estreitamente dos recursos e condições fornecidos pelo meio ambiente construído”. Em geral, quando a pesquisa voltada a essa interação é focada no planejamento integrado de transportes, há uma motivação para o desenvolvimento de complementos tecnológicos em medidas que impliquem na diminuição de viagens realizadas por automóvel e favoreçam o uso de modos sustentáveis, como o transporte coletivo e ativo (Deus & Sanches, 2009; Ewing & Cervero, 2001).

A caracterização do espaço urbano também pode influenciar as escolhas de locação de unidades habitacionais e de postos de emprego, que, por sua vez, afetam indiretamente os deslocamentos. Assim como para os padrões de deslocamento, existe variação da influência nos padrões de locação dessas características entre classes sociodemográficas. Por exemplo, as desvantagens percebidas a partir da densidade são

mais relevantes para os grupos de maior renda nas escolhas residenciais do que para os de menor renda (Levine, 1998).

Densidades elevadas são tradicionalmente vistas como os pré-requisitos para a presença de linhas de transporte coletivo, uma vez que é necessária uma quantidade de usuários que gerem uma ocupação que componha a demanda sustentável e adequada à oferta (Banister, 2008; Cervero & Kockelman, 1997; Kuby et al., 2004; Mello & Portugal, 2017; Newman & Kenworthy, 1996; Woodcock et al., 2011). Esse é o caso principalmente naquelas redes orientadas ao faturamento (Walker, 2008). Além da geração de viagens, a densidade também é relacionada com escolhas modais propensas ao transporte coletivo e com deslocamentos com menor efeito colateral de poluição e de energia, por desestimular a expansão urbana aludida pelo uso dos automóveis (Cervero & Kockelman, 1997; Mello & Portugal, 2017; Millward, 2006; Newman & Kenworthy, 1996).

Por essas relações sinérgicas, é instintivo que condições mínimas de densidade demográfica sejam determinadas em diretrizes espaciais orientadas ao transporte público. Kamruzzaman *et al.* (2014) documentam normas provinciais australianas com parâmetros mínimos de entre 30 a 100 domicílios por hectare, dependendo do contexto. Newman e Kenworthy (1996) comentam que as cidades que tiveram seu desenvolvimento naturalmente orientado por tecnologias do transporte coletivo, no final do século XIX, se organizavam com entre 50 e 100 pessoas por hectare.

Uma vez que a densidade tem esses efeitos significantes no funcionamento das cidades, exercícios referentes às implicações do arranjo espacial são geralmente feitas de acordo com a verificação das concentrações absolutas ou relativas ao entorno, comumente na forma de densidade de empregos, para determinar subcentros (Fernández-Maldonado et al., 2014). Essas verificações, quando relacionadas ao desempenho nos deslocamentos, podem ser fundamentadas na premissa de que densidades mais elevadas são positivas porque tornam origens mais próximas dos destinos e, por conseguinte, estimulam viagens com distâncias menores e o maior uso do transporte não motorizado (Cervero & Kockelman, 1997; Deus & Sanches, 2009; Mello & Portugal, 2017; Mokhtarian & Salomon, 2001; Newman & Kenworthy, 1996) ou provocam uma conseqüente redução dos preços imobiliários, mediante aumento da oferta habitacional, o que facilita a locação residencial próxima aos postos de trabalho (Cervero, 1989).

A despeito dessas vantagens, densidades residenciais e comerciais podem ser barreiras às escolhas de locação, devido às associações com a congestão e a menor qualidade de vida (Fernández-Maldonado et al., 2014; Gordon et al., 1989; Levine, 1998; Sinclair-Smith, 2015). Além disso, quando as maiores densidades são o resultado de limitações espaciais, seja por pretextos geográficos ou institucionais, os valores das propriedades aumentam (Levine, 1998; Millward, 2006). O efeito das densidades industriais pode ser contrário a essa tendência, já que suas desvantagens particulares, como a poluição, podem diminuir os valores das terras adjacentes, a ponto de serem atrativas para os trabalhadores do setor (Gordon et al., 1989). Portanto, as regiões com alta densidade são paradoxalmente associadas com padrões desejáveis aos deslocamentos ao mesmo tempo em que são relacionadas com o desencontro entre emprego e moradia, por causa das percepções de características negativas que superam as vantagens no deslocamento.

O combate, por meio de maiores densidades, contra o isolamento entre emprego e moradia necessita, além das maiores intensidades, de real proximidade entre esses usos de solo. Por exemplo, subcentros grandes, densos e sem habitação, que tendem a sofrer graves condições viárias, são reportados como problemas nas cidades norte-americanas (Cervero, 1989) e a concentração da oferta de trabalho em uma área simultânea ao crescimento do número de habitantes em regiões muito periféricas é uma ocorrência que agrava as dificuldades de acesso ao emprego na realidade brasileira (Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.40).

Logo, o uso misto – geralmente calculado pela razão entre postos de trabalho e trabalhadores residentes, ou domicílios – é mencionado na literatura como promotor de deslocamentos mais curtos e fator de redução de demandas por viagens motorizadas e de suas consequências negativas, como congestão, consumo energético e decadência ambiental (Cervero, 1989; Giuliano, 1991; Mokhtarian & Salomon, 2001). Além disso, devido ao encurtamento na extensão dos deslocamentos, há maior tendência para o uso do transporte coletivo e, em determinada escala, de modos não motorizados (Cervero, 1989; Levine, 1998).

O conceito de um equilíbrio entre emprego e moradia, no sentido de usos do solo otimamente distribuídos, é, entretanto, abstrato e difícil de mensurar (Cervero, 1989). Ainda que parte da repercussão esperada nos deslocamentos seja desempenhada, a razão entre esses usos de solo não tem a capacidade de reduzir integralmente as distâncias

viajadas – ou seja, porções das distâncias percorridas não são explicadas por esse fator. A literatura resume essa fundamentação pelo termo *viagem supérflua* (Giuliano, 1991; Levine, 1998) ou *excedente* (Zhang et al., 2017). Nesse raciocínio, uma componente *excedente* mede quão ineficientes são as extensões reais de viagens comparadas com situações ideais, de maximização da utilidade, que podem ser obtidas por programação matemática.

Levine (1998) enuncia que parte dessas viagens excedentes é superestimada, já que o valor da terra distorce o acesso real a propriedades próximas ao local de emprego. Por isso, o autor destaca a importância da divisão de grupos ocupacionais nesse tipo de análise. Desse modo, além de proximidade entre atividades e residências, características do estoque, principalmente os preços, afetam a caracterização dos deslocamentos.

Além disso, Giuliano (1991) afirma que mesmo quando o número de empregos e de trabalhadores é aproximadamente igual, a extensão das viagens pode ser longa devido a empregos e unidades habitacionais incompatíveis. A autora destaca as diferenças entre o tamanho do domicílio, participação como força de trabalho e características sociodemográficas fazem com que o equilíbrio emprego-moradia não tenha uma definição trivial.

Cervero (1989) atribui que o nível de provisão de faixas acessíveis de habitação próximos às concentrações de empregos produz impactos às condições de acesso a oportunidades de carreira para a classe trabalhadora. Além de abranger uma questão socioeconômica, isso afeta a separação espacial entre a função e o funcionário, e, conseqüentemente, níveis de congestão e proporções de viagens prolongadas. Para o autor, além da paridade numérica entre empregos e moradia ou a coincidência da renda dos trabalhadores e dos preços residenciais, também deve haver uma correspondência entre as habilidades dos residentes e das oportunidades de emprego. Em resumo, o desencontro que aumenta a necessidade e a distância de deslocamentos é afetado pelo nível de pluralidade ocupacional.

Há relevância a outros tipos de diversidade além da proximidade entre emprego e moradia. Já que o trabalho não é a única motivação que gera viagens, essa relação pode ser sujeita a questionamentos (Giuliano, 1991). Sinclair-Smith e Turok (2012) afirmam que a diversidade de densidades e de preços de propriedades, presente em centros

históricos, contribui para a permanência de sua atratividade e resistência a mudanças econômicas estruturais. Bertolini (1996) comenta um consenso de que a multifuncionalidade no desenvolvimento urbano, além de propiciar um uso mais eficiente do sistema de transportes, é essencial para manter um ambiente agradável, fortalecer a base socioeconômica, estabilizar valores imobiliários, manter a segurança pública por meio de comportamentos de autopolicimento. Portanto, a diversidade, mesmo se não fosse muito relevante às viagens, é importante ao planejamento e deve ser explorada pelo menos como uma qualidade intersetorial.

Bem como a densidade e a diversidade de usos, que expressam o elemento que diretamente causam as viagens, a distribuição de origens e destinos, existem fatores que propiciam condições para deslocamentos com melhores qualidades. Essas características podem ser medidas absolutas de qualidades e disposições desses componentes condicionantes ou relativas perante segmentos do sistema de transportes, como modos e motivos. Há, na literatura, um notável receio sobre a promoção ao transporte individual em relação a outros modos, cujas consequências são menos nocivas (e.g. Banister, 2008; Calthorpe, 1993; Cervero, 1989; Deus & Sanches, 2009; Ewing & Cervero, 2010; Giuliano, 1991; Newman & Kenworthy, 1996; Orrico Filho, 2013; Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.40). Entretanto, esse é mais um fator institucional, o gerenciamento de demanda, que é determinado por grandezas do ambiente construído, do que propriamente uma dimensão da forma urbana.

Dessa forma, o ambiente construído se aproxima do conceito de bem-estar, no sentido de satisfação das necessidades e desejos dos indivíduos (Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.10). Devido à variedade de dimensões das cidades, é possível imaginar que essas funcionalidades urbanas possam ser diretamente relacionadas às dimensões do transporte, indiretamente relacionadas, de forma que influenciam a forma urbana que condiciona os deslocamentos, ou em construtos afastados dos processos ligados aos transportes.

Desde a estruturação das linhas recentes do planejamento que integra transportes e uso do solo, há o argumento do papel do desenho arquitetônico em condicionar práticas mais sustentáveis de convivência, com a motivação de que, em relação ao modernismo, estilos tradicionais são mais organicamente vinculados às funções e necessidades intrínsecas do ser humano (Calthorpe, 1993, p.21). Ribeiro e Ribeiro (2013, p.10)

articulam que mesmo a moradia, que geralmente é avaliada como um bem privado, pode ostentar um caráter coletivo e impacta, fora os habitantes, aqueles que se insiram em sua proximidade.

Nesse sentido, a caracterização da forma urbana, seja pelas estruturas individuais, seja pela disposição das infraestruturas e dos serviços coletivos, mostra uma face pública importante para as interações humanas. Calthorpe (1993, p.37) aponta que parte do isolamento tocante à ascensão do automóvel é resultado de um ciclo retroativo de “pobreza pública”, ou seja, desvalorização das relações públicas ou inclinação às instituições privadas. Ou seja, isso pode ser traduzido pela supressão de equipamentos potencialmente públicos, como áreas verdes, ao acesso comum (Salingaros, 2005).

Mais adiante nesse trabalho, serão utilizados componentes de uma medida dessa intensidade pública, instrumentalizada pelo Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia Observatório das Metrópoles (INCT-OM), de forma a verificar os ativos urbanos públicos como condições para o bem-estar e indutores do crescimento econômico. Essa métrica, o Índice de Bem-Estar Urbano (IBEU), é composta por grandezas de condições ambientais, habitacionais, infraestruturais e de atendimento de serviços coletivos e é documentada por Ribeiro e Ribeiro (2013).

Dentre os elementos do ambiente urbano examinados, aqueles com maior propensão a impactar a maneira de deslocamento são as qualidades e as intensidades das próprias dimensões de transportes. Ribeiro e Ribeiro (2013, p.9) resumem esse raciocínio ao afirmar que o deslocamento apenas tem a capacidade de ocorrer mediante a provisão das estruturas coletivas de transportes, que são a infraestrutura, os equipamentos e os serviços.

A literatura nomeia esses determinantes simplesmente como “desenho” (Cervero & Kockelman, 1997; Ewing & Cervero, 2001, 2010), porém essa dimensão é ampla e pode ser subdivida em diferentes enfoques. Primeiramente, a estrutura é declarada por um desenho geométrico e, desse modo, implica em condições para o uso de determinados modos de transportes. A facilidade ou a impedância de deslocamentos não motorizados podem ser traduzidas por métricas – topologias viárias revelam a área acessada a pé em relação ao máximo possível (Cervero et al., 2013; Ewing & Cervero, 2001; Kuby et al., 2004; Schlossberg & Brown, 2004; Vale, 2015; Walker, 2008), o número de interseções

demonstra a interação dos trajetos de modos motorizados e não motorizados (Cervero & Kockelman, 1997; Deus & Sanches, 2009; Ewing & Cervero, 2001, 2010; Kamruzzaman et al., 2014; Renne, 2009; Schlossberg & Brown, 2004) e a concentração de paradas do transporte coletivo em um caminho determina a distância de um lugar à rede pública de transportes regionais (Bohte et al., 2009; Chowdhury et al., 2014; De Vos et al., 2014; Deus & Sanches, 2009; Ewing & Cervero, 2010; Mello & Portugal, 2017; Schlossberg & Brown, 2004).

Em segundo lugar, as vias podem possuir intrinsecamente, ou absorver de seu entorno, diversas qualidades. Essas características podem ser abstratas, como percepções de informação, segurança pública e estética, ou podem ser concretas, como o pavimento e suas condições (Cao et al., 2009; Chowdhury et al., 2014; Deus & Sanches, 2009; Ewing & Cervero, 2001, 2010; Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011; Renne, 2009; Schlossberg & Brown, 2004; Vale, 2015; Zhang, 2007). Quando associadas ao transporte coletivo, características como confiabilidade e tarifa também são inclusas (Chowdhury et al., 2014). Naturalmente, as vias, como espaço público, permeiam questões além dos transportes, tanto que no IBEU características como pavimentação, calçada, meio-fio e rampa para cadeirantes são tratadas como condições ou infraestruturas urbanas gerais (Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.21).

2.1.5 Fatores relacionais

Os fatores do ambiente construído que impactam o desempenho de processos urbanos podem ser tanto fundamentados em características físicas de apenas um lugar, quanto determinados a partir de relações entre mais de uma referência. Por exemplo, Levine (1998), que estudou a locação residencial, comenta que fatores significantes ao processo podem ser os atributos do local e da comunidade imediata, como a idade e a ocupação do empreendimento e a densidade do entorno, ou fatores de interação com outras comunidades, como o valor da terra e tempo de deslocamento a outros locais.

Vale (2007, p.76) afirma que as relações socioeconômicas, especificamente as empresariais, não se limitam a conexões locais – dessa maneira, vínculos externos podem ser também fortes e a proximidade física não garante que as relações não sejam fracas. A autora comenta que, em um contexto de avaliação social, a representação dos aspectos relacionais em formato de rede é uma abordagem adequada porque, da mesma

forma que os relacionamentos quase ubíquos podem ser retratados de forma regular, é possível relatar formalmente a estrutura e suas restrições (Vale, 2007, p.98).

Dentre outras propriedades, o próprio espaço pode ser determinado de acordo com seu ordenamento em formato de rede (Jessop et al., 2008). Dessa maneira, é razoável tratar as vias, bem como os serviços análogos, e suas capacidades e qualidades, como a maior expressão, na esfera pública, dos componentes da estrutura relacional do espaço. Com isso, a natureza das vias é explorada de forma mais complexa, porque deixa de ser uma manifestação trivial de um ativo afixado em um lugar de referência para assimilar notações que envolvam múltiplos lugares e suas relações.

Nesse contexto, a acessibilidade compreende a noção dos transportes como um meio de articulação aos lugares. Esse conceito é normalmente traduzido por uma medida do potencial de oportunidades de interação (Hansen, 1959). Logo, esse é um fundamento intersetorial representado tanto pelas características de facilidade de deslocamento físico quanto pela distribuição de atividades de origem e destino, na forma das densidades de oportunidades que promovem atração (emprego, comércio, lazer) e de moradia (Sales Filho, 1996, p.11). Uma exploração teórico-conceitual abrangente sobre definições de acessibilidade pode ser consultada na tese de Sales Filho (1996, pp.32–39), bem como a sua quantificação em índices (Sales Filho, 1996, pp.39–80).

Perante um ponto de vista espacial, a acessibilidade é um fundamento que abrange distintas extensões geográficas. Por isso, ainda que as medidas de acessibilidade sejam impactadas por restrições em todos os recortes espaciais, é feita uma segmentação de acordo com a escala territorial adequada aos objetivos da análise (Jones & Lucas, 2012; Mello & Portugal, 2017). Dessa forma, é possível avaliar separadamente a microacessibilidade e a mesoacessibilidade, que estão inseridas em uma abrangência mais local que a acessibilidade estratégica ou macroacessibilidade.

A microacessibilidade se insere em um contexto não motorizado, já que trata das menores grandezas territoriais (Mello & Portugal, 2017). As grandezas de microacessibilidade são determinadas pelas capacidades físicas de desimpedimento ao movimento na escala humana. Por isso, esse é um campo muito estudado por aqueles preocupados com o transporte na perspectiva das pessoas com deficiência (Jones & Lucas, 2012). Dessa forma, o fundamento é definido tanto pelo ajuste dos equipamentos

de elementos imediatos ao transporte motorizado, como as plataformas, e do próprio desenho industrial dos veículos, quanto pelos fatores do ambiente construído que facilitam o movimento (Jones & Lucas, 2012; Mello & Portugal, 2017).

Ao contrário dessa cobertura mais pontual, direcionada a locais particulares, a mesoacessibilidade foca no nível dos bairros (Jones & Lucas, 2012; Mello & Portugal, 2017). A partir dessa extensão mais larga, essa dimensão pode expressar a densidade e qualidade das redes de ruas utilizadas pelos pedestres e de serviços de transporte coletivo (Mello & Portugal, 2017). Logo, a mesoacessibilidade se manifesta pelo desenho urbano e pela facilidade de acesso ao transporte regional.

Em contraste, a macroacessibilidade é associada com todo o circuito de articulação do uso do solo com a rede de transportes (Jones & Lucas, 2012). Dessa forma, as métricas de mesoacessibilidade servem para quantificar os desimpedimentos de rotas ou conjuntos de vias específicas para finalidades intermediárias (e.g. distância às paradas, oferta localizada de linhas), enquanto a macroacessibilidade expressa a facilidade de acesso a destinos onde possam ser realizadas atividades (Jones & Lucas, 2012; Mello & Portugal, 2017). Por isso, as medidas gravitacionais, semelhantes às exploradas por (Hansen, 1959), são mais adequadas para demonstrar a macroacessibilidade como um potencial entre oportunidades. Essa espécie de índice foi avaliada por Sales Filho (1996, pp.43–49).

Vale ressaltar que a macroacessibilidade diverge das medidas de separação espacial (Sales Filho, 1996, pp.40–42) que refletem apenas os aspectos propiciados pela rede de transportes (i.e. infraestrutura e serviços) que facilitam o movimento. Essa fundamentação se alinha mais com a mobilidade, que é a habilidade de se mover entre lugares (Pyrialakou et al., 2016) não necessariamente de forma direcionada. Portanto, ao mesmo tempo em que a mobilidade se revela um conceito mais particular que a macroacessibilidade, ela certamente é componente da acessibilidade. Pyrialakou *et al.* (2016) comentam que a distinção entre os dois fundamentos nem sempre é clara e a categorização se torna uma questão de semântica. Por exemplo, as medidas de facilidade de caminhada exploradas por Schlossberg e Brown (2004) são simultaneamente índices de mesoacessibilidade e de mobilidade, porque medem as impedâncias e facilidades da infraestrutura viária em uma área designada à caminhada.

Os conceitos de mobilidade e acessibilidade claramente se aproximam mais do potencial contextual para o deslocamento do que o comportamento e o desempenho ou as ações reveladas (Jones & Lucas, 2012; Pyrialakou et al., 2016; Sales Filho, 1996, p.10). Esse raciocínio remete ao contraste de estudos de policentralidade funcional (e.g. Limtanakool et al., 2007, 2009; Vasanen, 2013; Zhang et al., 2017; Zhong et al., 2014), que exploram o desempenho efetivo dos processos urbanos, com abordagens mais morfológicas, que se embasam na caracterização dos territórios (Fernández-Maldonado et al., 2014). Por outro lado, a acessibilidade pode ser associada fortemente com aspectos do desempenho de transportes, como a distâncias percorridas (Ewing & Cervero, 2010) e transetorial, na forma de atributos de produção econômica, inclusão e justiça social, segurança e impacto ambiental (Mello & Portugal, 2017). Portanto, é possível esperar que outras fundamentações relacionais, como explorações da topologia de rede e noções de centralidade, possam ser fatores sensíveis ao desempenho.

Santos e Gutierrez (2014) demonstram que diferentes topologias de rede de transportes, na forma de malhas reticuladas de transporte coletivo, proporcionam condições conectivas distintas para o estímulo do desenvolvimento urbano. Dessa forma, enquanto redes radioconcêntricas propiciam uma concentração de pontos de conexões em áreas centrais, composições de arcos reorientam esses pontos para regiões mais periféricas.

Derrible e Kennedy (2010) investigam os atributos da topologia de rede de sistemas de metrô, por meio da conversão dos atributos topológicos em objetos de um grafo e geração de índices derivados dessa organização discreta. Com esse tipo de análise, as próprias características do desenho de rede avaliadas demonstram se a cidade tem vocação para deslocamentos mais diretos ou com mais transferências e se o transporte coletivo tem uma cobertura mais local ou mais regional.

Já que as redes de comunicação formadas pelo sistema estrutural de transportes podem ser representadas formalmente em um grafo, os vértices formados podem ser caracterizados por atributos de centralidade, de acordo com sua importância, prestígio e influência de atuação (Gonçalves et al., 2005). Enquanto Gonçalves et al. (2005) exploram índices mais tradicionais da teoria dos grafos, baseados na rede de serviços de transportes, Zhong *et al.* (2014) expandem para o uso de índices mais sofisticados, baseados no comportamento dos passageiros, conjugados com análise de agrupamentos.

Uma propriedade da acessibilidade, como um atributo transetorial da essência relacional do transporte, é a capacidade de provocar efeitos distributivos. Os transportes, por desempenharem espacialidades específicas, causam uma interferência na isonomia do alcance territorial em função do gradiente de acessibilidade. Isso é mais visível com os transportes motorizados, que além de exercerem maiores velocidades, são dependentes de infraestruturas especializadas. Por isso, as condições espaciais para a realização de processos socioeconômicos, como o mercado de trabalho e as redes sociais, se torna desigual para diferentes segmentos espaciais, temporais e sociodemográficos (Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011). Dessa forma, a disponibilidade da acessibilidade é importante para objetivos ligados à justiça social, como a diminuição da exclusão social ou a distribuição igualitária do bem-estar urbano (Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011; Pyrialakou et al., 2016; Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.10).

Pelo poder distributivo dos transportes, são relevantes as desvantagens diferenciais causadas nas interações sociais e no desenvolvimento econômico (Jones & Lucas, 2012), que, por sua vez, impactam os processos urbanos. Um conceito de enraizamento territorial, que provém da sociologia econômica, pode resumir a caracterização do desenvolvimento local (Vale, 2007, pp.45–47). Essa fundamentação se embasa no fato de que as instituições e transações econômicas se enraízam nas redes sociais (Vale, 2007, p.46). Isso pode se converter em capital de várias espécies investido e acessível no grafo relacional (Vale, 2007, p.99) – tanto o capital financeiro e o capital humano nos vértices e o capital social nos laços (Vale, 2007, p.83). Dessa forma, vínculos mais densos provocariam a união de determinados atores de forma mais intensa que, se tiverem interesse, podem produzir ações sinérgicas (Vale, 2007, p.82). Ainda assim, o desempenho de um forte nível de enraizamento local traz, contraditoriamente, maiores possibilidades de inovação e maior risco de dependência externa demasiada (Vale, 2007, p.47). Há tentativas de uso desse conceito em análises teórico-conceituais (Vale, 2007, pp.97–126) e, recentemente, em políticas normativas no planejamento integrado de transportes (Quanta-Lerner, 2016b, p.114).

Independente do crescimento das cidades e suas redes análogas, os indivíduos serão restritos por limites físicos e compromissos sociais (Hägerstrand, 1970). Portanto, além das redes, o alcance territorial se torna uma dimensão relacional relevante ao desempenho dos deslocamentos. As pessoas são sujeitas a restrições de capacidade, que

são relacionadas às funções biológicas e/ou ao ferramental disponível (inclusive a acessibilidade), a restrições conjugadas, que se referem às possibilidades de encontros sociais ao dispor do indivíduo, que dependem de outros atores, e a restrições de autoridade, relacionadas ao controle de ações e recursos imputado ao indivíduo (Ben-Akiva & Bowman, 1998; Hägerstrand, 1970).

Hägerstrand (1970) complementa esse raciocínio ao atribuir aos indivíduos um prisma espaço-temporal no qual os indivíduos estão confinados, de acordo com seu alcance territorial e às restrições impostas por suas rotinas – necessidades fisiológicas, como ir e voltar para casa para dormir, e acordos sociais, como trabalhar e estudar. Dentro desse prisma, é possível conjecturar que os deslocamentos estejam mais alinhados às restrições conjugadas, uma vez que são relacionadas com as atividades socioeconômicas. Entretanto, o comportamento é mais complexo de se modelar do que as limitações que definem o alcance territorial.

Nesse contexto, existem demandas que acontecem em escopos minúsculos que são desprezadas em análises agregadas e, por conseguinte, também nas respostas aos problemas urbanos (Hägerstrand, 1970; Salingaros, 2005). Salingaros (2005) critica o desprezo por conexões curtas que prevaleceu nas abordagens modernistas para construção de sistemas de transportes, uma vez que essa desconsideração ignora o fato de que as interações humanas são dispostas de forma fractal e existem em todas as escalas. Dessa forma, o autor argumenta que mecanismos urbanos só podem funcionar se dispostas inteligentemente para concatenar usos complementares – o que alude à diversidade – e conectadas de forma adequada à rede acessível por pedestres.

O espaço se manifesta mediante outras dimensões relacionais além das redes e do alcance territorial. No contexto socioespacial no planejamento integrado, destacam-se as relações de nível e tamanho. Way (2016) comenta que o uso da palavra “escala” para ambas as relações causa confusão, já que a primeira expressa um ordenamento hierárquico e a segunda é uma medida horizontal de extensão.

Logo, pode-se declarar formalmente que o tamanho é fundamentalmente intrínseco, que tem materialidade ontológica, enquanto a escala é um termo abstrato e relacional por essência (Way, 2016). Desse modo, a escala serve como parâmetro comparativo entre grandezas, o que na prática se concretiza em métodos de normalização. Essas técnicas

são muito comuns para a avaliação de diferentes recortes espaciais (cf. Ribeiro & Ribeiro, 2013, p.31) ou avaliação de múltiplas variáveis simultaneamente (cf. Chowdhury et al., 2014; Kamruzzaman et al., 2014; Lyu et al., 2016; Singh et al., 2014; van Niekerk et al., 2016), porque por meio delas é possível avaliar tamanhos e faixas diferentes.

Em antecipação à seção seguinte, que narra as investidas dos pesquisadores em categorizar e sistematizar os fatores e atributos do espaço urbano de uma maneira racional, Jessop *et al.* (2008) ressaltam que apesar do reconhecimento crescente que os lugares são construídos de maneira relacional, por meio de escalas, redes e alcances territoriais, há uma insistência em abordar assuntos socioespaciais de maneira unidimensional. Desse modo, perdura a ideia do lugar como uma unidade fixa e autocontida. Diante disso, os autores criticam o uso de exercícios caóticos na inovação conceitual e clamam por uma exploração desse polimorfismo de forma mais sistemática, em substituição do reducionismo que é prevalente.

2.2 SISTEMAS E PROCESSOS

Como discutido até agora, os problemas contemporâneos que integram uso do solo e transportes destacam fatores contextuais, referentes a processos complexos, de teor histórico e cultural. Além disso, fatores institucionais, relacionados aos objetivos das políticas públicas, e fatores individuais, relacionados a processos psicológicos, sociológicos e mercadológicos, participam em uma parcela da construção dessa conjuntura. Em certa escala, esses fatores refletem contextos históricos, políticos, culturais, filosóficos e tecnológicos em que se inserem, e constroem em um formato enredado o ambiente urbano, cuja repercussão também influencia as escolhas das instituições e dos indivíduos.

Lima e Kós (2014) sugerem que a introdução de abordagens essencialmente sistêmicas, orientada pela linguagem do “pensamento algorítmico”, aos projetos urbanos representaria melhores pontos de partida para configurações urbanas eficientes. O projeto convencional é limitado pela estética como o meio e as formas como o fim, enquanto esse paradigma substituto empregaria, respectivamente, parâmetros como o meio e o desempenho como o fim. Dessa forma, a maior capacidade computacional poderia ser aproveitada para transcender limitações cognitivas e conceber resultados por

meio de sistemas generativos, como técnicas de simulação ou otimização. Os autores ressaltam que o projetista ainda tem a função de codificar a modelagem, por meio de algoritmos e regras lógicas, geométricas e paramétricas, de acordo com o entendimento de sistemas, processos, objetivos e restrições.

Diante disso, o restante desse capítulo converge para a verificação de uma linguagem paramétrica sistematizada na literatura. É possível dizer que os elementos discutidos até agora podem ser agrupados de forma sistêmica, de forma a sintetizar argumentos em um formato dimensional que facilite a transferência de conhecimento teórico-conceitual e a geração de vínculos lógicos. Esses vínculos muitas vezes se relacionam e modificam juntamente, de forma complexa, em processos coordenados (Lima & Kós, 2014). Logo, após a apresentação das dimensões organizadas pela literatura, a porção final dessa seção é reservada para uma breve discussão sobre a modelagem desses processos.

2.2.1 Sistemas de fatores

O estudo de Zemp *et al.* (2011) exemplifica uma abordagem sistêmica. Os autores estruturaram um arcabouço metodológico para eleger fatores contextuais de interesse, que são derivados, em sequência, em indicadores e métricas indiretas, de acordo com os dados disponíveis. Os fatores, e as funções viabilizadas por eles, foram identificados por meio de entrevistas com especialistas, feitas com um roteiro padronizado que atendia critérios pré-determinados.

De modo a conduzir meta-análises de pesquisas que relacionem o ambiente construído e padrões de viagens, Ewing e Cervero (2010) organizaram essas influências em sete dimensões: densidade, quantidades por área; diversidade, diferenças de uso do solo; desenho, características da rede viária; acessibilidade a destinos, facilidade de acesso a atrações; distância ao transporte coletivo, presença de paradas e rotas mínimas; gerenciamento de demanda, condições para uso do transporte individual; e demografia.

Essas dimensões, denominadas variáveis D (letra inicial das palavras em inglês), foram originalmente concebidas para serem aferidas na análise fatorial de Cervero e Kockelman (1997), na forma das três primeiras categorias, e incrementada pela discussão oriunda de outros resultados empíricos (Ewing & Cervero, 2001). Nota-se que, enquanto parte dos indicadores relacionados às dimensões são essencialmente territoriais (e.g. densidade domiciliar), o ambiente construído pode ser descrito por

dimensões transversais ao próprio setor (e.g. composição demográfica) ou transetoriais (e.g. acessibilidade a domicílios).

A relação entre o ambiente e os padrões de deslocamento revela uma ambivalência do espaço – ao mesmo tempo em que é território para as atividades humanas acontecerem, é conexão com as vizinhanças na rede de transportes. Esse aspecto, especificamente em estações ferroviárias, foi examinado por Bertolini (1996), que definiu que esses espaços têm tanto o caráter de nós das redes de transportes, de consumo e de negócios, quanto o caráter de lugares de uma cidade, expressos pelas suas atividades. Posteriormente, cada uma dessas duas dimensões foi operacionalizada quantitativamente por variáveis que expressam a presença da oferta de transportes e das atividades urbanas (Bertolini, 1999).

A perspectiva inicial dessa relação entre as intensidades do uso do solo e da rede de transportes foi expandida para também incluir outras influências do ambiente construído. Zemp *et al.* (2011) usaram análise de componentes principais para identificar um terceiro fator além de “nó” e “lugar”, denominado “uso”, que indica se há inclinação para viagens a trabalho ou para outros motivos. Vale (2015) incorporou o alcance das caminhadas no modelo nó-lugar de Bertolini (1996, 1999), o que inclui a distância ao transporte coletivo como um terceiro fator. Lyu *et al.* (2016) adicionaram o fator “orientação” ao modelo, cuja composição agrupa os fatores transetoriais de acessibilidade, desenho urbano e distância ao transporte coletivo.

2.2.2 Estruturas e funções

Zemp *et al.* (2011) segmentam os sistemas urbanos em três elementos: contexto, funções e estruturas. O contexto é composto pelas restrições e fatores de impacto existentes no ambiente construído que sejam relevantes ao sistema (e.g. quantidade de passageiros). Esse contexto gera uma demanda por diversas funções, que são processos que servem a propósitos específicos (e.g. trânsito de passageiros). As estruturas são as dimensões que são necessárias para que essas funções sejam realizadas (e.g. sistema de transporte de passageiros), que são condicionadas pelas oportunidades e restrições proporcionadas pelo contexto.

O arcabouço do polimorfismo de relações socioespaciais serve como um ponto de partida para a discussão dos efeitos relacionais das estruturas espaciais. Jessop *et al.* (2008) definem essa composição pelas quatro dimensões das relações socioespaciais:

território, que constrói a noção de divisão entre interno e externo (Vale, 2007, p.30; Zhong et al., 2014); lugar, especificado pelos atributos da proximidade, que se aproxima das limitações territoriais discutidas por Hägerstrand (1970); escala, que expressa os conceitos de hierarquia (Way, 2016); e rede, que ilustra as conexões e dependências. Os autores exploram a combinação desses elementos, de forma a enriquecer as análises geográficas, políticas e econômicas com conceitos mais complexos.

Uma vez que as estruturas de transportes são dispostas em redes espaciais, existe aqui um desafio de parametrização de dimensões relacionais. Embora seja possível considerar relações das variáveis contextuais em redes de vínculos sociais e econômicos (Vale, 2007) ou em arcabouços transeitoriais, como a acessibilidade, esse arranjo é mais aparente na ordenação (estrutural) e no desempenho (funcional) de sistemas de transportes. Ao mesmo tempo em que o desempenho do sistema não fornece parâmetros suficientes para uma caracterização abrangente do contexto territorial e das estruturas, o argumento baseado apenas nos demais fatores (contextuais e/ou estruturais) representa somente o potencial desse desempenho ser realizado, mediante um arcabouço teórico-conceitual (Pyrialakou et al., 2016).

Os elementos estruturais e funcionais específicos das redes de transportes se revelam, respectivamente, nas dimensões do arranjo espacial e do desempenho. A estrutura é caracterizada pelos componentes que são alocados pelos fatores contextuais em deslocamentos: modos de viagem; características do deslocamento (custos, rotas, distâncias, tempos, qualidade); e coesão com destinos (Bohte et al., 2009; Hägerstrand, 1970).

As relações estruturais podem ser tipificadas de acordo com uma perspectiva da teoria dos grafos. Gonçalves *et al.* (2005) explanam quatro tipos de centralidade: de informação, que expressa o número de conexões diretas ao vértice; de proximidade, que expressa a proximidade do vértice para todo o grafo; de intermediação, que expressa a coincidência do vértice como ponto intermediário de rotas; e autovalor, uma combinação linear de todas as relações hierárquicas bipolares. Derrible e Kennedy (2010) caracterizam redes de transporte coletivo por três dimensões: estado, que traduz o nível de complexidade do sistema; forma, que demonstra a integração com o ambiente construído; estrutura de rede, que caracteriza a inclinação do sistema a viagens regionais ou locais.

Zhong *et al.* (2014) estendem o conceito de centralidade para definirem diferenças entre hubs, calculados por centralidade de intermediação, e centros, calculados por um índice mais rebuscado (*PageRank*). A diferença com aqueles que estudam as relações estruturais é o uso do desempenho efetivo. Do mesmo modo, os estudos de policentralidade funcional de Limtanakool *et al.* (2007) conceberam as dimensões S (letra inicial das palavras em inglês) que caracterizam fluxos: força, a intensidade de fluxos do mesmo tipo, que caracterizam transmissão de ideias, inovações e mudanças; simetria, a razão entre os fluxos direcionais de uma aresta, que apontam relações de dependência bipolar; estrutura, o ajuste a uma organização hierárquica, logo demarca se há dominância de um vértice perante ao resto do grafo. Como as dimensões não podem ser parametrizadas facilmente, os autores geraram índices para caracterizar os fluxos e mais tarde expandiram para análises longitudinais (Limtanakool *et al.*, 2009).

A fundamentação dos efeitos relacionais em termos funcionais é natural para relações sociais, porque são baseadas em relacionamentos humanos. Isso é aferido por Vale (2007, pp.106–126) ao construir índices a partir de conexões empresariais: densidade, a quantidade de contatos; amplitude, a diversidade das empresas contatadas; adensamento, a estabilidade da intensidade de conexões; enraizamento, a centralidade na propagação intersetorial ou permanência temporal; desempenho empresarial, a extensão do impacto de um produto novo na rede empresarial.

Em contrapartida à estrutura, as funções são caracterizadas por resultados de processos e vínculos entre o contexto e a estrutura. Portanto, há uma disposição da literatura em modelar as consequências do planejamento de transportes. Os impactos das intervenções e políticas urbanas são tradicionalmente associados pela literatura com um, e somente um, dos elementos do tripé da sustentabilidade: ou são impactos ambientais, ou são impactos econômicos, ou são impactos sociais (Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011). Um exemplo dessa abordagem são os cenários produzidos por Doi e Kii (2012), que assumem resultados ótimos para um, e somente um, de três objetivos, análogos a cada uma das *bottom lines* do tripé.

Entretanto, pode haver dificuldades para a categorização de problemas, seja por sobreposição ou por incompatibilidade dos impactos a uma dessas dimensões. Por isso, é importante reconhecer que as métricas ambientais, econômicas e sociais podem ser convertidas umas às outras, em vez de classificá-las em categorias discretas e

inequívocas, e enfatizar a identificação do impacto em seus termos primários, para só então classificar a grandeza nas dimensões do tripé da sustentabilidade (Jones & Lucas, 2012).

Outras inserções em sistemas de impactos podem também ser feitas, em vez da divisão convencional por *bottom lines*. Por exemplo, a categorização pode ser feita de acordo com a procedência dos problemas (Markovich & Lucas, 2011), ou seja, se foi pela provisão ou pelo uso da infraestrutura; e pelo tipo de efeito distributivo (Jones & Lucas, 2012), isso é, espacial, temporal ou sociodemográfico.

Quando os estudos que buscam verificar os impactos de fatores contextuais urbanos nas dimensões dos transportes, geralmente se dirigem à explicação de quatro tipos de variáveis: frequências de viagem; extensões de viagem; divisão modal; e produtos derivados das primeiras variáveis, estimados por unidades individuais como veículos ou pessoas (Ewing & Cervero, 2001). Essa abordagem, que é desenvolvida inicialmente com essa referência monosssetorial nos transportes, será discutida a seguir.

2.2.3 Impactos nos padrões de deslocamento

Impactos podem ser previstos por meio de entrevistas ou observações empíricas. Preferências declaradas em entrevistas alcançam motivos subjetivos em processos e escolhas. Preferências reveladas em observações produzem resultados confiáveis e detalhados. Entretanto, as conjecturas enunciadas pelos entrevistados e as ocorrências observadas podem ser invalidadas em projeções não desempenhadas. Por esse motivo, Wegener (2004) apresenta os modelos matemáticos baseados nessas avaliações empíricas como uma terceira alternativa, já que são as únicas que podem transferir a representação estimada do comportamento humano para situações desconhecidas àquelas que calibraram o modelo e determinar o efeito singular de cada fator.

Comumente, estudos que avaliam o impacto de fatores do ambiente construído nos deslocamentos usam modelos diretos, que usam testes que determinam a significância de vários efeitos (Ewing & Cervero, 2010). A maioria dos estudos usa controle estatístico de fatores socioeconômicos, já que esses têm uma influência nos padrões de viagens consideravelmente mais significativa do que a forma urbana (Ewing & Cervero, 2010; Lin et al., 2015).

Apesar de que esses modelos são satisfatórios para apontar efeitos associativos entre fatores da forma urbana e o desempenho, nem sempre há explicações particulares, ou relações causais, para determinados elementos do sistema. Bohte *et al.* (2009), por exemplo, aponta que métodos de maximização de utilidade podem ser eficazes em gerar estimativas a partir das preferências reveladas e das características estruturais e demográficas, mas não reproduzem avaliações afetivas ou cognitivas, que são incorporadas no erro aleatório. Uma possível abordagem é o uso de modelagem de equações estruturais, que pode capturar interações mais complexas e efeitos indiretos (Ewing & Cervero, 2010; Lu & Pas, 1999). Portanto, quanto mais complexo for o conjunto de processos avaliado e quanto mais detalhado for o requerimento por relações causais, maior será a necessidade por sistematização do modelo e sequenciamento de processos.

A abordagem sequencial tradicionalmente escolhida para a análise e previsão de padrões de viagem é o Modelo de Quatro Etapas. Esse conjunto de procedimentos foi a princípio desenvolvido pelo *Chicago Area Transportation Study*, no início da década de 1950, como um método analítico tão abrangente que foi institucionalizado na década seguinte pelo governo federal americano. Como consequência, o modelo se tornou consagrado como um sistema de análise de transportes, ainda que muitas vezes tenha sido alterado conforme desenvolvimento de atualizações (McNally, 2008). Antes da concepção desse modelo, métodos diretos geralmente usavam abordagens como fatores de crescimento, modelos gravitacionais e regressão para dimensionar o desempenho do sistema de transportes (Shaw, 2009).

O Modelo de Quatro Etapas pode ser visualizado essencialmente em dois estágios: o primeiro se destina a avaliação, calibragem e validação do banco de dados em seus submodelos e o segundo se destina à atribuição nas dimensões da rede de transportes pelas demandas projetadas pelos submodelos validados na etapa anterior. Portanto, dados de entrada do sistema de atividades urbanas e do sistema de transportes, responsáveis, respectivamente, pela demanda e pelo desempenho, são recebidos exogenamente e integrados num processo de equilíbrio que resultará nos fluxos relacionados às dimensões da rede. Os resultados desse processo podem ser integrados com procedimentos de alocação de atividades e de oferta de transportes, como ilustrado na Figura 2-1, mas geralmente essas iterações são incomuns e os dados de entrada

geralmente não sofrem interferências geradas pelo modelo (Florian et al., 1988; McNally, 2008; Ortúzar & Willumsen, 2011).

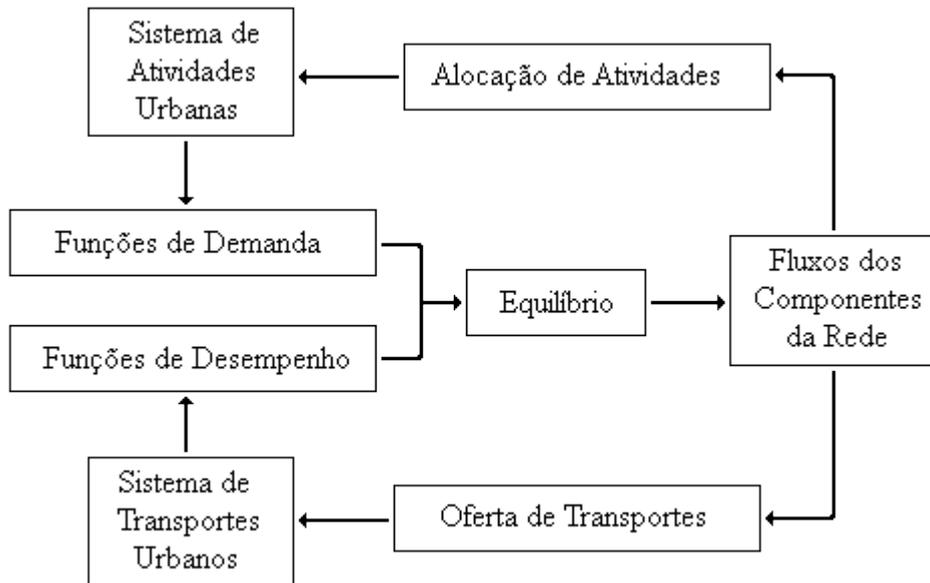


Figura 2-1: Relação entre os modelos de demanda por viagens e os dados de entrada Adaptado de McNally (2008).

Esse modelo é composto por quatro procedimentos, ou submodelos, sequenciais em uma área de estudos subdividida em zonas de tráfego. O primeiro submodelo, produção de viagens, utiliza do sistema de atividades urbanas para prover a propensão de viagens atraídas e produzidas por cada zona, enquanto os demais modelos utilizam do sistema de transportes para designar os fluxos nos componentes da rede. Esses três últimos procedimentos são: distribuição de viagens, onde são determinados os fluxos de cada par de origens e destinos, de acordo com as impedâncias de viagem; escolha modal, onde são determinadas as proporções de cada modo, de acordo com cada utilidade; e alocação de viagens, onde os fluxos são associados a rotas. É comum, apesar de não haver formalidade, que os fluxos calculados no final dos procedimentos retroalimentem os modelos de distribuição de viagens ou escolha modal, em um processo iterativo (McNally, 2008; Ortúzar & Willumsen, 2011).

Outra possível abordagem, denominada Modelo Baseado em Atividades, deriva a demanda por viagens diretamente da demanda por atividades, as quais determinadas por variáveis de planejamento. Esse método considera que as atividades são motivadas por

desejos básicos relacionados a cada tipo de domicílio e limitadas por restrições institucionais, fisiológicas, tecnológicas e sociais. O modelo, resumido na Figura 2-2, é reconhecido pela etapa de roteirização de atividades e viagens, que designa a interlocução das atividades por cada membro do domicílio. Essa etapa é precedida pela influência dos atributos domiciliares, que são modificados por processos muito mais lentos de mobilidade e estilo de vida, e influencia um submodelo de execução e reprogramação, que é diretamente relacionada com o equilíbrio com o desempenho do sistema de transportes, da mesma forma que o submodelo de alocação de viagens do Modelo de Quatro Etapas (Ben-Akiva & Bowman, 1998).

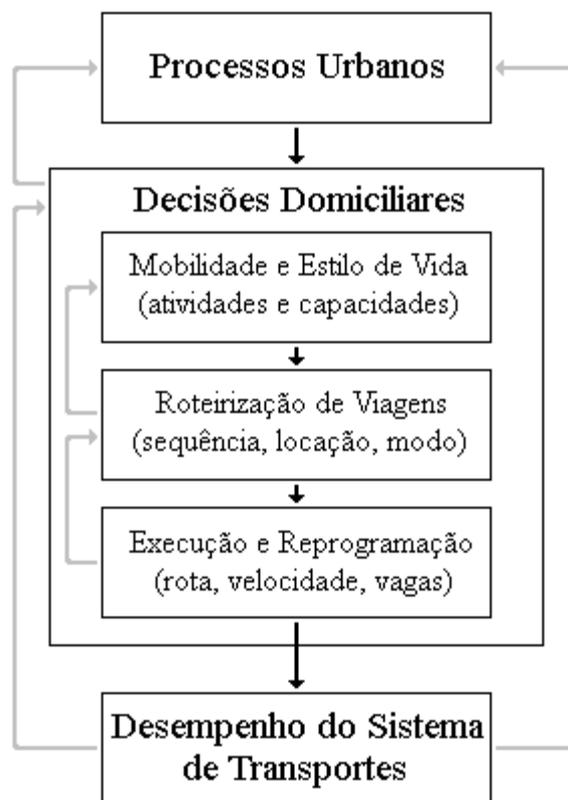


Figura 2-2: Relações das decisões domiciliares no modelo baseado em atividades
Adaptado de Ben-Akiva e Bowman (1998).

Um princípio central no Modelo Baseado em Atividades é de que viagens são demandas derivadas (Ben-Akiva & Bowman, 1998; Lu & Pas, 1999; Mokhtarian & Salomon, 2001). Esse conceito de que deslocamentos são essencialmente utilitários ou instrumentais para realização de atividades, e retratam impedâncias que buscam ser minimizadas para o aproveitamento da utilidade da atividade, é globalmente reconhecido e presente desde a origem do transporte como ciência. Entretanto, existem reflexões acerca do valor intrínseco ou autotélico das viagens, atividades podem ser

realizadas durante os deslocamentos e o próprio transporte pode representar uma atividade valorosa para certos indivíduos (Banister, 2008; Mokhtarian & Salomon, 2001). Podem ser consultadas investigações teóricas sobre o assunto por Mokhtarian e Salomon (2001) e avaliações empíricas por Cao *et al.* (2009).

O Modelo Baseado em Atividades replica escolhas discretas muito desagregadas e, por isso, demanda especificações mínimas rigorosas de dados e de processamento. Para simplificar esse problema combinatório, simulações híbridas e modelos econométricos, como a regressão logística aninhada, são utilizadas para representar as escolhas em uma estrutura hierárquica. Os modelos econométricos podem ser identificados por três classes: baseados em viagens, que produzem o número de cada classe de viagem, de forma semelhante a modelos diretos de geração (Lu & Pas, 1999); baseados em turnês, que produzem um número de grafos fechados de viagens sequenciadas; e baseados em roteiros, que produzem todas as viagens do dia, sequenciadas de acordo com as limitações diárias (Ben-Akiva & Bowman, 1998; Ortúzar & Willumsen, 2011).

2.2.4 Processos urbanos e mudanças do uso do solo

Como visto na Figura 2-2, as etapas das decisões domiciliares podem se retroalimentar e se correlacionam com o desempenho na rede de transportes, assim como as etapas do Modelo de Quatro Etapas. Além disso, subsistemas gerais que expliquem processos urbanos (por exemplo, as mudanças do uso do solo e a alocação das residências e dos postos de trabalho) podem ser influenciados pelo desempenho do sistema de transportes e integrados com os processos domiciliares que provocam a demanda e a caracterização das viagens.

Wegener (2004), que intitula esses subsistemas de “processos de mudanças urbanas”, os classifica em oito categorias, de acordo com a velocidade de mudança, e uma nona categoria sem um comportamento temporal particular: distribuição da rede de infraestrutura e do uso do solo, mudanças muito lentas; construção de postos de emprego e de habitação, mudanças lentas; locação do emprego e da população, mudanças rápidas; padrões de deslocamentos e de transporte de cargas, mudanças imediatas; e o ambiente urbano (isso é, sistemas climáticos, energéticos e ecológicos), que tem relações transientes complexas e vinculadas com os demais subsistemas.

Alguns desses subsistemas fornecem variáveis de planejamento, tipicamente população, emprego, posse de automóveis e renda, que são endógenas aos modelos de previsões de viagens e necessitam de uma estimativa em todo o recorte temporal modelado. Na maior parte dos casos métodos relativamente simples são utilizados, como o uso de previsões oficiais e a extrapolação ou consideração de tendências (Ortúzar & Willumsen, 2011). Para um maior refinamento, estudos empíricos longitudinais (cf. Le Berre et al., 2016), avaliações de perfis transversais para estimar o potencial de crescimento (cf. van Niekerk et al., 2016) e métodos mais sofisticados de interação do uso do solo e transportes podem ser utilizados.

A mutualidade entre processos de evolução do uso do solo e de desempenho do sistema de transportes é um motivo presente em modelos tradicionais de locação do uso do solo, que assumiam territórios uniformes e emulavam os processos a partir da maximização da utilidade, onde o único fator exógeno eram os custos de transportes (Hansen, 1959). Esses modelos foram influentes na difusão das atribuições da segmentação produtiva e dos efeitos da aglomeração e da cadeia logística na economia espacial, entretanto não protocolaram completamente o funcionamento cíclico das dependências entre os processos de transportes e de uso do solo (Shaw, 2009). Quando apenas outros fatores são exógenos à análise, os sistemas de transportes e uso do solo exibem uma relação recursiva, ilustrada na Figura 2-3, apenas parcialmente descrita por esses modelos clássicos.

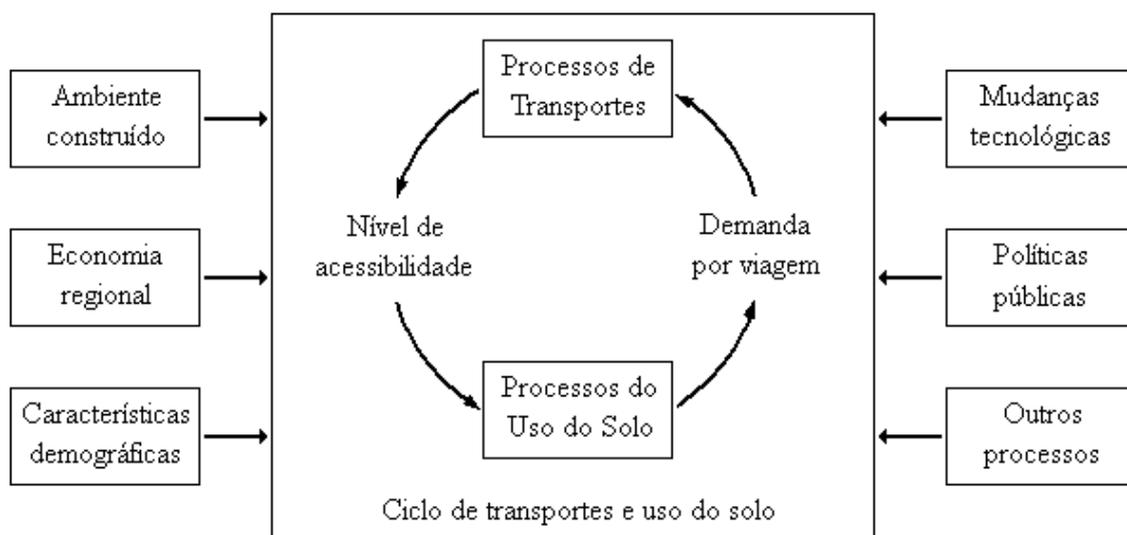


Figura 2-3: Interação de transportes, uso do solo e fatores exógenos
Adaptado de Shaw (2009) e Wegener (2004).

A componente central na interação de transportes e uso do solo é um processo circular em que as funções do sistema de transportes fornecem um nível de acessibilidade, que influencia a atratividade do uso do solo, e em que as funções do uso do solo determinam a demanda por viagem, que influencia os comportamentos no sistema de transportes. Esse processo – o ciclo de transportes e uso do solo – inspirou os primeiros modelos de interação de transportes e uso do solo, que se sofisticaram e inspiraram outros de estudos com motivações tecnológicas, econômicas, sociológicas e comportamentais (Iacono et al., 2008; Shaw, 2009; Wegener, 2004). Wegener (2004) cataloga os principais modelos, de acordo com as variações metodológicas, e Iacono *et al.* (2008) descrevem detalhadamente um histórico das inovações metodológicas.

Como nos modelos setoriais de previsão de viagens, os modelos de interação entre transportes e uso do solo direcionam-se para abordagens cada vez mais desagregadas, como o uso de modelos baseados em atividades, técnicas de microsimulação, como o método de Monte Carlo, e escolhas discretas (Ben-Akiva & Bowman, 1998; Iacono et al., 2008; Wegener, 2004). Um exemplo desse tipo de abordagem é o estudo de Shi *et al.* (2012), que usam autômatos celulares para simular alternativas futuras, por meio de perfis diferentes de políticas vigentes, lógicas de mercado e infraestrutura.

Esses métodos desagregados trouxeram sucesso em prever padrões urbanos por meio da interação entre uso do solo e transportes, ao contrário de muitos dos modelos agregados anteriores (Iacono et al., 2008). Entretanto, existem limitações que devem ser exploradas, como a admissão de submodelos ambientais (Wegener, 2004) e de efeitos das economias de aglomeração, nas previsões de longo prazo, na conversão para políticas e na incorporação de mudanças dinâmicas no sistema de transportes (Iacono et al., 2008), e, por definição, as abordagens mais desagregadas e complexas exigem custos computacionais elevados e uso de dados mais detalhados. Essa exigência dificulta a calibragem de módulos dinâmicos e longitudinais até de modelos agregados, como reportado por Lopes *et al.* (2010), que usaram o modelo MARS em Porto Alegre.

2.2.5 Tendências naturais e função institucional em processos cíclicos

Uma vez que o ciclo de transportes e uso do solo é essencial nos modelos de interação, torna-se relevante na determinação dos padrões de deslocamentos o embate entre a premissa da demanda por transportes derivada da demanda por atividades e as ocasiões

de significância do valor intrínseco das viagens (Cao et al., 2009; Mokhtarian & Salomon, 2001). No lado oposto do ciclo, algumas tendências da locação imobiliária são destacadas pela literatura. Nessa pesquisa, foram constantes as menções aos efeitos das atitudes na efetividade de políticas, na forma da autosseleção (Bohte et al., 2009; De Vos et al., 2014), e aos supostos rebalanceamentos territoriais.

Bertolini (1999), que partiu de seu ensaio sobre oportunidades possibilitadas por estações ferroviárias, publicado então há poucos anos (Bertolini, 1996), destacou a correlação entre parâmetros relacionados à oferta de transportes e aqueles relacionados à intensidade do ambiente construído, especificamente à densidade e à diversidade do uso do solo. De acordo com essa ocorrência, foi especulada uma tendência natural de rebalanceamento entre as duas dimensões naqueles territórios desequilibrados, que pode ser aferida em estudos longitudinais (Bertolini, 2008).

Essa argumentação é coerente com a influência da acessibilidade no ciclo de transportes e uso do solo e representa um processo de fortalecimento da dimensão relativamente mais desenvolvida ou de enfraquecimento da dimensão relativamente menos desenvolvida, ou uma combinação de ambos (Bertolini, 1999, 2008). A trajetória que é de fato desempenhada é condicionada por fatores exógenos ao quadro territorial de transportes e uso do solo, como a coordenação das forças de mercado e de governo que moldam o crescimento desses fatores, a topografia da região e a morfologia da rede de transportes (Bertolini, 1999). Por exemplo, Bertolini (2008) verificou que os potenciais de desenvolvimento nem sempre refletem as realizações previstas e que redes mais radiais enviesam a expansão urbana para as áreas centrais. Portanto, o delineamento de processos urbanos por características territoriais são distorcidas por relações regionais.

Outro rebalanceamento é a hipótese de colocalização imobiliária, ou seja, de que os processos de locação de unidades de habitação e de postos de trabalho se direcionam a uma aproximação para prevenir custos relacionados aos deslocamentos, o que configura um suposto equilíbrio territorial. Esse raciocínio foi principiado por Gordon *et al.* (1989) e Gordon *et al.* (1991) e parte da discussão, realçada nas ocorrências de descentralização, sobre o desencontro entre emprego e moradia como causa de problemas de transportes, como congestão e maiores tempos de viagem. Alguns processos corroboram essa visão, como a dispersão das aglomerações produtivas que persegue o processo de suburbanização residencial em segundas ondas migratórias

(Cervero, 1989; Giuliano, 1991). Portanto, a colocalização é, de certa forma, economicamente natural e é buscada por produtores competitivos que buscam uma mão de obra cada vez mais dispersa (Giuliano, 1991; Gordon et al., 1991).

Entretanto, a colocalização nem sempre se aplica, já que existem outros fatores que influenciam os processos de locação. Se, por um lado, os benefícios de menores deslocamentos, proporcionados pela proximidade entre trabalho e residência, são apenas relevantes para as escolhas residenciais quando as diferenças são extremas (Levine, 1998), por outro lado o custo e a disponibilidade das unidades estão dentro dos fatores mais importantes que influenciam as escolhas residenciais.

A escassez de habitação financeiramente acessível próxima a áreas com muitos empregos obriga trabalhadores, principalmente os de menor renda, a procurarem casas em locais mais afastados. Por essa busca por terras baratas, os subúrbios mais afastados sempre estarão desbalanceados, com mais moradias, enquanto, no outro extremo, as áreas centrais permanecerão desbalanceadas, com mais empregos (Giuliano, 1991). O zoneamento, quando for orientado exclusivamente para os usos que geram mais arrecadação e demandam menos serviços públicos (e.g. comércio e indústria), pode incentivar o desequilíbrio por limitar a oferta de habitação e aumentar o preço da terra. Com isso, o planejamento se direciona, ao invés do interesse público, a demandas particulares, como o lucro privado e refletem vieses excludentes contemporâneos, como a repulsão à habitação social e o uso de automóveis (Cervero, 1989; Giuliano, 1991; Levine, 1998; Lin et al., 2015).

O impacto do valor das propriedades próximas aos postos de emprego é menor para os grupos sociodemográficos com maior renda: primeiro porque têm maior acesso ao automóvel e podem se deslocar com maior velocidade; segundo porque têm maior condição de adquirir propriedades maiores em áreas mais afastadas para compensar os custos de viagem, que se tornam relativamente menores com o aumento da renda. Além disso, a isonomia territorial propiciada pelo uso do transporte individual e da descentralização de atividades produtivas determina que os custos de viagem sejam menos relevantes nas locações, já que se tornam consideravelmente homogêneos no espaço urbano. Portanto, para muitas pessoas, especialmente as de maior renda, a redução dos custos de viagem é priorizada cada vez menos (Giuliano, 1991; Gordon et al., 1989; Levine, 1998).

Existem outros fatores mais particulares que influenciam as decisões da locação residencial – por exemplo, alguns atributos podem ser mais valorizados, como qualidade do bairro e de escolas, pluralidade étnica, presença de parques e microclima (Giuliano, 1991; Gordon et al., 1989) e postos de emprego industrial apenas beneficiam os trabalhadores desse setor, enquanto repelem os demais devido a efeitos colaterais negativos (Cervero, 1989; Gordon et al., 1989). O processo de locação também varia mediante ao setor produtivo. Por exemplo, empresas pequenas e autônomas, de ramo como arquitetura, engenharia e assistência técnica, podem ter maior preferência por proximidade às residências (Sinclair-Smith & Turok, 2012).

O potencial desse balanceamento existe, porém é claramente limitado, seja por uma elasticidade realmente fraca, como avaliado empiricamente por Levine (1998), seja pela sujeição a novas relações de trabalho que tornam a locação residencial menos trivial, quando os domicílios aumentam o número de trabalhadores – fenômeno impulsionado pela maior participação feminina na renda familiar (Cervero, 1989; Giuliano, 1991; Gordon et al., 1991; Levine, 1998) – ou quando as mudanças de empregos são mais frequentes, devido à transição para o setor terciário (Cervero, 1989; Levine, 1998).

Ainda que existam esses impedimentos comportamentais, socioeconômicos, institucionais e mercadológicos, é possível dizer que os domicílios fazem esforço, em alguma proporção, para economizar os custos de viagem por meio da locação residencial, já que as viagens a trabalho são muito menores do que se fossem completamente aleatórias (Gordon et al., 1989). Além disso, por mais que práticas excludentes sejam amplamente utilizadas, elas possivelmente não são efetivas para alcançar homogeneidade completa e as cidades se desenvolvem, por certo nível, por meio da colocalização de empregos e moradia (Giuliano, 1991).

Como visto na Figura 2-3, políticas públicas alteram o ciclo de transportes e uso do solo. É relevante, portanto, para o planejador reconhecer que as intervenções podem fomentar um processo circular e trabalhar com a compreensão das grandezas da repercussão que atravessa o ciclo. Cervero (2003) julgou as consequências da expansão rodoviária e demonstrou por análise empírica que é significativa a demanda gerada ou redistribuída, por consequência da própria capacidade criada, em curto prazo, ou do crescimento do uso do solo induzido pelas maiores velocidades, em longo prazo. O autor mostra que esse aumento de demanda é tão expressivo que, em menos de uma

década, estimula novamente iniciativas orientadas ao transporte individual, em um ciclo vicioso de investimentos induzidos. Para Calthorpe (1993, p.35), “resolver a congestão por meio da construção de mais vias rápidas é tão autodepreciativo quanto ineficaz”, uma vez que essa congestão resulta do uso do solo mal gerido.

Portanto, a alegoria do ciclo de transportes e uso do solo exemplifica o potencial do planejamento urbano integrado em ativar a parcela institucional de circuitos cumulativos. Resta ao planejador adotar políticas baseadas nos objetivos que não apenas confirmam utilidade ou valor ao sistema urbano, de acordo com seus objetivos, mas que gerem menos decorrências negativas em processos cíclicos. O bom conhecimento das relações entre os sistemas de transportes e o uso do solo facilita essas escolhas, entretanto, as dimensões são complexas e numerosas. Dessa forma, é fundamental haver, além da abordagem sistêmica retratada nesse capítulo, a disposição de bons métodos de análise.

No próximo capítulo, serão apresentadas intervenções para combater os problemas na mobilidade urbana e para reduzir encadeamentos negativos dos processos do transporte e do uso do solo. Por fim, será constituída uma revisão sobre a tipologia territorial, de forma que um método de análise dos sistemas de fatores, já expostos, seja concebido para a investigação final.

3 PRESCRIÇÕES DO PLANEJAMENTO INTEGRADO

Uma vez que o planejamento pode compor ciclos cumulativos, é delegada uma importância às reações institucionais aos problemas e processos viciosos. Nesse capítulo, será feita uma apresentação das respostas, análises e fundamentos que o planejamento pode se basear. Em particular, serão comentados três componentes: a constância do planejamento; as dimensões gerais que poderão ser instrumentalizadas; e, em maior parte da seção, dimensões e prescrições específicas.

A presença institucional é um responsável predominante para a consolidação do caráter do planejamento urbano – se é contínuo ou desconectado, se é subjetivo ou analítico, se é regulador ou não interferente. Bertolini (2008) chama a atenção para dois tipos de abordagens: o desenvolvimento coordenado e o desenvolvimento retomado. A primeira, aplicada em Estocolmo, Copenhague e Munique, é um planejamento continuado por longos períodos e embasado em modelos rígidos urbanísticos; a segunda, aplicada em Karlsruhe, Nápoles e na região de Roterdã e Haia, é uma recuperação do planejamento em uma urbe criada organicamente e com poucas interferências, geralmente baseada no chamado “oportunismo estratégico”, onde os projetos são incrementais uns aos outros mais do que organizados em uma hierarquia.

No Brasil, uma comparação semelhante é destacada por Orrico Filho (2013), que aproxima Belo Horizonte do primeiro modelo – a “cidade planejada”, caracterizada pela continuidade do planejamento rígido do poder público – e o Rio de Janeiro do segundo modelo – a “cidade intuitiva”, que delegou o planejamento à iniciativa privada e tem como referências históricas estruturas viárias pontuais em vez de planos de mobilidade. Reservadas as particularidades históricas, se o segundo modelo perde grande capacidade de resposta aos problemas, o primeiro modelo pode ter problemas, se não tiver uma capacidade de renovação que evite uma estrutura urbana com pouca possibilidade de transigência. Estocolmo, por exemplo, firmou-se em uma morfologia radial ao seu centro de negócios e se depara com o desafio da descentralização (Bertolini, 2008).

Nielsen *et al.* (2006) associaram o modelo de planejamento mais desregulado, ilustrado pelo sistema de Bangkok, a serviços com adversidades ausentes de modelos com maior controle do poder público, ilustrado pelo sistema de Zurique. Sistemas em ambientes desregulados são associados a níveis de maior complexidade e à orientação por

demandas de grupos específicos em vez da disponibilidade de ofertas generalizadas. Com menores níveis de confiabilidade e simplicidade, esses sistemas têm menor competitividade frente ao uso de automóveis e têm maiores dificuldades de coordenar porções independentes do sistema (por exemplo, linhas) em locais delicados (em especial, regiões de transbordo), justamente por se encontrarem neste ambiente institucional que não preza por cooperação.

Para responder a problemas, ou pretender a realização de metas, devem ser definidas aquelas dimensões que poderão ser instrumentalizadas pelo planejamento, de forma que predigam resultados. Para que haja coesão e correspondência aos processos urbanos nas políticas públicas, é prudente evitar as abordagens de curto prazo, que não reconheçam ciclos de vida útil em sua totalidade (Calthorpe, 1993, p.29) e a visão estratégica do planejamento urbano (Kamruzzaman et al., 2014), e as perspectivas demasiadamente setoriais, de forma a criar sinergias rendosas à mobilidade sustentável (Geaquinto & Orrico Filho, 2015; Mello & Portugal, 2017; Sales Filho, 1996, p.22) e a tratar problemas em sua fonte, ao invés de seus sintomas (Calthorpe, 1993, p.34).

Portanto, as dimensões transeitoriais naturalmente sintetizam uma área de ação abrangente. Por exemplo, mudanças na acessibilidade a atividades podem ser realizadas por meio de intervenções tanto na perspectiva dos transportes ou quanto do uso do solo. Em conformidade, Tong *et al.* (2015) demonstra que a acessibilidade pode ser melhorada de três formas: pela construção ou expansão de infraestruturas; mudanças nas solicitações para participação de atividades (substituições de horários que exijam deslocamento e na duração de atividades); e mudanças na distribuição e densidade do uso do solo gerador de atividades.

Outras dimensões podem ser acionadas para conceber soluções a problemas específicos. Por exemplo, quando os padrões de viagens são considerados derivações de maximização de utilidade, políticas direcionadas à congestão localizada buscam reduzir viagens pelo aumento do custo de viagem (Mokhtarian & Salomon, 2001). Cervero (2003) sugere medidas para quebrar o ciclo vicioso de investimentos orientados ao transporte individual por meio do aumento da impedância ao uso desacompanhado do carro, absoluto ou relativo a modos sustentáveis, na forma de pedágios, faixas exclusivas para ônibus ou carros partilhados nas novas estruturas, e sincronia da expansão dos transportes com o uso do solo.

Uma vez que um cenário não regulado pode criar problemas espaciais, há a sugestão de se gerenciar e alocar o estoque imobiliário, com respeito às premissas assumidas (Lin et al., 2015). Entretanto, intervenções diretas às propriedades são, por vezes, criticadas, quando se reconhece que forças do mercado podem ser mais efetivas ou menos dispendiosas, e são prescritas iniciativas que causam impactos indiretos (Bertaud, 2003; Gordon et al., 1991; Levine, 1998; Lin et al., 2015). Por exemplo, Bertaud (2003) indica a regulação, o investimento primário em infraestruturas, taxaço de propriedades como ferramentas de estratégias espaciais e a supervisão das respostas do mercado ao contexto criado, em vez do controle mais direto no mercado imobiliário. Levine (1998) argumenta que, uma vez que a redução da congestão pode compor processos cíclicos (cf. seção 2.2.4), intervenções diretas são pouco eficazes como reações a problemas de transportes e, por isso, políticas indiretas de uso do solo, como o uso de regulações que distorçam positivamente as escolhas de locação, têm mais potencial de promover mudanças. An *et al.* (2014) destaca que é possível que práticas institucionais estimulem o desempenho pretendido, mas as escolhas individuais continuarão a ser independentes de autoridades centrais e comportamentos benéficos estarão sempre disponíveis.

Existem, portanto, dois argumentos contraditórios: metas podem ser alcançadas por intervenções e o mercado, por si só, não é confiável para essa coordenação; e políticas urbanas podem não melhorar efetivamente indicações normativas, ou essas abordagens pouco afetam o desempenho, em primeiro lugar (Lin et al., 2015). Por isso, para uma melhor efetividade institucional, é prudente que haja aperfeiçoamento de estudos teóricos explorando fatores e processos que afetem os resultados, de análises empíricas para mensurar a grandeza dos efeitos e de adaptações contextuais e de diretrizes normativas, na forma de ferramentas concisas e de políticas prescritivas.

As tomadas de decisão do planejamento podem desenvolvidas por programação matemática. Farahani *et al.* (2013) fez uma revisão de soluções, por abordagens de pesquisa operacional, de problemas de desenho de rede de transporte urbano (UTNDP, sigla do inglês) no nível estratégico. Nesse tipo de problema, há uma grande versatilidade de objetivos e variáveis de interesse, como: minimização de impedâncias para o usuário (tempo de viagem ou espera, superlotação e número de transferências ou paradas); minimização de custos de operação, que envolve frota e ciclo de viagem; minimização de custos de construção; garantia de cobertura de rede; ou maximização de

aspectos mais abstratos como a previsibilidade. Abordagens trans- ou intersetoriais são possíveis, como a maximização da acessibilidade a atividades por ajustes na rede física, por Tong *et al.* (2015), e, dada uma rede fixa, a geração de cenários ótimos para cada um dos elementos do tripé da sustentabilidade, por Doi e Kii (2012).

Ainda que sejam soluções analíticas, o foco da programação e a modelagem de objetivos e restrições retêm um papel importante, assim como referido por Lima e Kós (2014) para sistemas generativos. Os UTNDP são modelados em problemas binivelados, em que o nível superior é designado aos líderes que gerenciam as redes de transportes e o nível inferior é designado aos seguidores que usam a rede (Farahani et al., 2013; Tawfik & Limbourg, 2015). Como soluções exatas para esse tipo de problema são difíceis, as reações dos seguidores/usuários (i.e. demanda e alocação de viagens) são simplificadas na maioria das abordagens (Farahani et al., 2013). Por isso, apesar de que os métodos simulam a representação natural de decisões discretas e produz resultados eficientes, a inflexibilidade e a limitação permanecem dominantes, o que dispõe um nível de subotimização aos provedores de serviços (Tawfik & Limbourg, 2015).

Ainda que não sejam políticas ótimas como as obtidas por programação matemática, há uma propensão a mudanças no planejamento de redes de transportes motivada por variações nos padrões de viagens, cada vez mais frequentes por causa do fenômeno de descentralização. Brown e Thompson (2012) compararam o resultado de políticas diferentes em duas cidades americanas semelhantes e relataram que houve maior produtividade econômica naquela que reestruturou a rede de transportes a favor da cobertura de um espaço mais diverso do que o centro principal, com aproveitamento da ocupação cada vez mais espalhada.

Portanto, apesar de que o planejamento muitas vezes conserve a inércia de técnicas desatualizadas, seja pelo contexto institucional ou histórico, é possível observar o uso desse tipo de reflexo às tendências de ordenamento policêntrico. No Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado de Belo Horizonte, por exemplo, foi assumida a prática de estruturação articulada das centralidades periféricas, de modo que a região se desenvolva mais homoganeamente (Oliveira & Ribeiro, 2014).

O planejamento urbano convergiu, notavelmente nos anos 1990, a um estilo cada vez mais unificado dos subterfúgios com motivos espaciais e com instrumentos no ambiente

construído – a combinação de fundamentos de estímulo a cidades mais compactas, de orientação à escala humana e ao espaço público e de adoção de formas urbanas associadas com comportamentos mais sustentáveis nos deslocamentos, como o uso misto (Calthorpe, 1993, p.41). Essa estratégia se consolidou nomeadamente como Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Coletivo (DOT). As duas próximas seções desse capítulo serão destinadas à revisão dessa prática.

3.1 DESENVOLVIMENTO ORIENTADO PELO TRANSPORTE COLETIVO

A forma urbana é um dos elementos recorrentes em prescrições para incentivar um desempenho mais sustentável. Banister (2008) destaca o uso do solo misto e denso como medidas para diminuição de distâncias e a orientação espacial do desenvolvimento urbano a regiões próximas a corredores com prioridade ao transporte coletivo, com distâncias compatíveis com modos não motorizados, para estimular preferências a modos sustentáveis. Ao estudarem o efeito de variáveis do ambiente construído nos padrões sustentáveis de deslocamentos, Ewing e Cervero (2010) recomendaram a combinação das dimensões disponíveis, uma vez que as elasticidades individuais são baixas, porém cumulativas.

Uma tentativa de diminuir os efeitos do desencontro entre residência e trabalho é a pretensão por um equilíbrio entre o número de moradias e empregos localmente. Isso pode ser feito por zoneamento condicional, ou seja, regulações que impedem alteração ou construção de usos que desvirtuem o equilíbrio entre moradia e emprego (Cervero, 1989), como em Estocolmo (Bertaud, 2003) e no sul da Califórnia (Cervero & Wu, 1997; Giuliano, 1991); pelo planejamento de cidades satélites, como em Xangai e em Seul (Bertaud, 2003), ou de subcentros suburbanos com uso misto, como em Christchurch, na Nova Zelândia (Buchanan et al., 2006); e por outras técnicas, como as trocas de zoneamento, onde as classificações de lotes são cruzadas para aumentar a mistura entre atividades, ou os incentivos de áreas de uso misto, por meio de aumento de área edificável (Cervero, 1989).

As comunidades idealizadas pelo balanceamento entre moradia e emprego seriam autocontidas e independentes, onde as pessoas possam tanto morar e trabalhar quanto consumir bens e desfrutar do lazer (Cervero, 1989; Giuliano, 1991). Esse tipo de

raciocínio elabora cenários ideais desde bolsões de 3 a 5 milhas de distâncias máximas a trabalho, onde o tráfego dos bairros seria segregado do tráfego regional (Cervero, 1989), até especulações extremas de “não-transporte”, com redução drástica de transporte motorizado e orientação ao transporte ativo (Sales Filho, 1996, p.15).

É importante que esse balanceamento seja feito por meio de políticas com alcance abrangente na distribuição sociodemográfica, por meio do enfrentamento ao isolamento espacial entre competências dos trabalhadores e postos de empregos adequados ou entre faixas de renda e oferta de unidades habitacionais financeiramente acessíveis, e com sensibilidade ao contexto sociodemográfico, uma vez que o número de trabalhadores por domicílio é variável (Cervero, 1989; Giuliano, 1991; Levine, 1998). Segundo Giuliano (1991), o único modo para garantir o desencontro persistente entre origens e destinos é um controle maior das escolhas residenciais – abordagens diretas para manter os trabalhadores próximos aos seus postos de trabalho devem ser tomadas, como a priorização de contratação de residentes locais, os *campi* corporativos e prioridade aos trabalhadores de empresas locais nas concorrências por unidades de habitação.

A crítica mais comum a essa idealização é de que os deslocamentos regionais e mais prolongados continuarão acontecendo, seja pela compensação de demandas reprimidas, seja pela eficácia fracamente impactada pelos processos complexos que regem as escolhas de locação e de distribuição de viagens (Bertaud, 2003; Giuliano, 1991; Gordon et al., 1991; Levine, 1998; Lin et al., 2015; Sinclair-Smith, 2015). Sales Filho (1996, p.17) argumenta que a implantação de comunidades autocontidas internaliza premissas irreais de participação da iniciativa privada e que o fracionamento causaria exclusão social. Levine (1998) ilustra o impacto real dessas iniciativas com um paradoxo: ao mesmo tempo em que intervenções ao mercado imobiliário são identificadas como causas do desencontro entre origens e destinos, por meio da valorização artificial das propriedades, o balanceamento do emprego e moradia é indicado como tática para aumentar a acessibilidade. Portanto, as políticas têm que ser estruturadas e efetivas o suficiente para compensar o investimento e os pontos negativos.

Nas intervenções na forma urbana, é natural que haja direcionamento em determinadas áreas tomadas como estratégicas. Esse argumento parte do reconhecimento das desvantagens geradas pela redistribuição espacial da expansão urbana, estimulada pelo

domínio do transporte individual no planejamento (Newman & Kenworthy, 1996), e da preservação do uso do solo para determinadas práticas, como a agricultura (Millward, 2006). A partir do momento em que há dificuldades para acessar atividades acima de um limite de conveniência, é gerado um menor aproveitamento dos benefícios das aglomerações urbanas (An et al., 2014; Newman & Kenworthy, 1996). Esse limite geralmente determina o tamanho das cidades, de acordo com a distância que pode ser percorrida em meia hora com o modo dominante – 5 km com caminhada, 30 km com trens e 50 km com carros –, e os problemas acontecem quando a distribuição espacial se torna muito espalhada ou o do uso do solo se torna muito desarticulado (Newman & Kenworthy, 1996).

Por isso, políticas no planejamento urbano enfatizam comunidades com tamanhos mais compactos, por meio de contenção da expansão via regulação, adensamento de áreas existentes ou controle de características das novas empreitadas em cidades-satélites e nos subúrbios (Calthorpe, 1993, p.31; Millward, 2006; Newman & Kenworthy, 1996; Way, 2016). As diferenças nas estratégias de contenção refletem as diferentes preocupações. Por exemplo, apesar de seguirem intensidades de controle semelhantes, os japoneses têm motivações práticas, como a proteção de terras agriculturáveis; enquanto preocupações estéticas são proeminentes no Reino Unido, sobretudo a ameaça à paisagem rural (Millward, 2006). Experiências de contenção urbana foram revisadas por Millward (2006), para os casos britânicos, japoneses e canadenses, e por Woodcock *et al.* (2011), para o caso australiano.

Uma cidade mais compacta e a contenção da expansão podem ser pretendidas por uma variedade de medidas disponíveis em um contínuo do mais para o menos restritivo (Millward, 2006). A primeira iniciativa é o desestímulo ao desenvolvimento urbano em áreas rurais na forma de fronteiras administrativas e cinturões verdes funcionais (Calthorpe, 1993, p.20; Millward, 2006; Woodcock et al., 2011). Se o contexto institucional assim o permitir, esses cinturões podem ter atribuições específicas além da preservação ambiental, como as áreas de promoção à agricultura, no Japão, e para uso recreativo, cultural e hidráulico, no Reino Unido (Millward, 2006).

A segunda iniciativa é o reconhecimento da contenção de uma região como incentivo ao desenvolvimento de outras áreas, e assim estimular o adensamento em locais existentes, em especial em sinergia com corredores de transporte (Calthorpe, 1993, p.31; Millward,

2006; Newman & Kenworthy, 1996; Woodcock et al., 2011). Essa regulação pode produzir três padrões espaciais: compacto, em uma única mancha de ocupação urbana; estelar-radial, ao longo de corredores modelados por restrições geográficas, cinturões verdes e corredores de transportes; cidade-e-satélites, com assentamentos planejados independentes e separados por área não urbanizada (Millward, 2006). Esse raciocínio de coincidência entre políticas de adensamento e de orientação às linhas de transporte coletivo acabou se concentrando em subterfúgios mais estruturados, como o Novo Urbanismo e o DOT. A origem dessas estratégias será resumida a seguir.

3.1.1 Fundação conceitual e gênese

O processo de suburbanização foi muito intenso nas cidades norte-americanas, onde foram reproduzidas, como prática dominante do mercado e do planejamento urbano, as influências do movimento da Cidade Jardim e adaptações de conceitos modernistas como segregação setorial e orientação pelos automóveis e pelo espaço privado (Calthorpe, 1993, p.33; Grant, 2015; Shaw, 2009). Justamente nessa região, respostas conceituais foram desenvolvidas, no final do século XX, a fim de que fossem revertidas a redução da qualidade de vida e as consequências negativas decorrentes dos padrões existentes de planejamento suburbano, como a intensidade cultural perdida e o uso pouco sustentável dos recursos econômicos (Grant, 2015; Shaw, 2009).

Contrapropostas imediatas ao Modernismo, representadas pela arquitetura pós-moderna dos anos 1970, foram de fato estabelecidas nas práticas, porém ainda reforçaram as tendências modernistas de segregação e especialização e, por isso, as tentativas de reaver a escala humana e a identidade urbana não alcançaram seu potencial (Calthorpe, 1993, p.11). A nova doutrina que efetivou essa réplica teórico-conceitual, e se destacou pelo sucesso comercial na concepção de comunidades muito distintas ao planejamento convencional à época, só foi unificada, com a alcunha de Novo Urbanismo, no início da década de 1990, por meio da declaração de seus princípios e da criação de um congresso (Grant, 2015). Calthorpe *et al.* (1991) desenvolveram os *Princípios Ahwahnee*, que fundou o novo movimento urbanístico com uma descrição inicial no formato de diretrizes, resumidas no Quadro 3-1, para políticas comunitárias e regionais e estratégias para implementação, que valoriza diversidade de usos, de tipos e de demografia, formatos compactos e menor área de ocupação, desenho urbano que favoreça o

transporte não motorizado, pouca distância a paradas do transporte público e consonância com o planejamento regional.

Quadro 3-1: Princípios do Novo Urbanismo concebidos por Calthorpe et al. (1991)

<i>Princípios Ahwahnee</i>	Descrição
Princípios regionais	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integração do uso do solo com a rede regional de transporte coletivo, em vez do transporte individual ▪ Regiões delimitadas por um sistema contínuo de corredores naturais ▪ Serviços e instituições regionais dentro do perímetro urbano
Princípios comunitários	<ul style="list-style-type: none"> ▪ “Comunidades completas” que contenham moradias, lojas, empregos, escolas, parques e facilidades cívicas ▪ Escalas com orientação ao acesso por caminhada ▪ Atividades próximas a paradas de transporte coletivo ▪ Diversidade de tipos residenciais para acesso de diversas camadas sociodemográficas ▪ Empregos como oportunidades a residentes ▪ Comunidade caracterizada em coerência com a rede regional de transporte coletivo ▪ Centros comunitários que combinam usos comerciais, cívicos, culturais e recreativos ▪ Oferta ampla de espaços abertos especializados e designados para uso frequente ▪ Espaços públicos para uso em qualquer hora do dia ▪ Divisas físicas definidas por conservação ambiental ▪ Rede que contribua com o transporte ativo e desestime o tráfego de alta velocidade ▪ Terreno natural, drenagem e vegetação preservada ▪ Conservação de recursos e minimização de rejeitos ▪ Uso eficiente de água por meio de drenagem natural, paisagem tolerante à seca e reciclagem ▪ Uso eficiente de energia por meio da orientação viária, localização de prédios e uso de sombreamento ▪ Materiais e métodos de construção específicos ao contexto cultural, histórico, climático e identitário

Sob muitos nomes, a noção da interação do planejamento do uso do solo e de transportes como um método relevante para desenvolver cidades decorreu simultaneamente ao processo que culminou na unificação do Novo Urbanismo (Grant,

2015; Shaw, 2009). Em pouco tempo após a concepção dos *Princípios Ahwahnee*, o conceito, dentro desse arcabouço urbanístico, foi formalizado como Desenvolvimento Orientado pelo Transporte Coletivo, notavelmente com a obra de Calthorpe (1993), que cristalizou os elementos do DOT em diretrizes normativas.

As propostas de Calthorpe (1993) se baseiam em analogias da ecologia – princípios de diversidade, de interdependência, de escala e de descentralização (Calthorpe, 1993, p.11) no contexto urbano – e recorrem ao planejamento neotradicional para buscar o desenho urbano mais organicamente relacionado com demandas humanas, como diversidade de usos do solo e identidade comunitária (Calthorpe, 1993, p.21). A alternativa propõe o pedestre como o elemento central do planejamento urbano e desvaloriza o desenho urbano que impeça possibilidades de caminhada (Calthorpe, 1993, p.17). Para isso, o autor prescreve que, uma vez que os componentes do ambiente construído devem seguir os requisitos do modo de transportes indicado como dominante pelo planejamento, a construção da forma urbana deve substituir as exigências do uso do carro para ser orientada pelos atributos requeridos pelo transporte coletivo e ativo (Calthorpe, 1993, p.27).

O autor internaliza princípios do Novo Urbanismo como a valorização dos espaços abertos – o condicionamento às restrições de ecossistemas e às lógicas ambientais regionais e o aproveitamento de oportunidades da natureza para gerar funcionalidade e originalidade (Calthorpe, 1993, pp.23–26) – e a retomada da identidade pública dos bairros, por meio de centros completos que combinem múltiplos usos (Calthorpe, 1993, p.22). Desse modo, é possível reforçar a cultura, a diversidade e a integração comunitária e amparar aqueles que não têm escolha econômica a não ser a vida pública, cada vez mais decadente quando o planejamento é direcionado pelo domínio privado (Calthorpe, 1993, p.37).

Dessa forma, Calthorpe (1993) sintetiza o resgate da escala humana em práticas de planejamento urbano com orientação ao pedestre. Essa construção resultou na adoção de “bolsões de pedestres” como os blocos unitários do planejamento, de forma em que a construção do ambiente construído, como um todo, esteja ao alcance do pedestre – em contrapartida às tendências estimuladas pelo uso dos automóveis (Calthorpe, 1993, p.45). Portanto, as práticas do planejamento, como o adensamento e o uso misto, devem evitar escalas orientadas ao carro, que segregam o acesso por caminhada e hierarquizam

o espaço urbano de acordo com as necessidades do transporte individual, e desenhos urbanos que isolem o pedestre e o espaço público (Calthorpe, 1993, pp.42–43), de acordo com o os impactos no desempenho dos padrões nos deslocamentos entendido e desenvolvido no estado da arte (Calthorpe, 1993, p.46).

É válido notar que o DOT é um processo em que variados atributos, particularmente o desenho urbano e arquitetônico, são direcionados para interações mais próximas e padrões mais sustentáveis de deslocamento e não aquele em que simplesmente o desenvolvimento urbano, sem obrigações tipológicas, é alocado em corredores de transporte – esse arquétipo mais superficial é denominado Desenvolvimento Adjacente ao Transporte (DAT) (Renne, 2009).

Além disso, aspectos do DOT aos poucos foram desenvolvidos independentemente de formalidade e esse conceito, como muitos princípios do Novo Urbanismo, foi assumido simplesmente como boa prática, em vez de apenas uma norma dentro de um arcabouço estilístico (Grant, 2015). Desde a concepção do termo em 1993, diversas cidades adotaram esse tipo de intervenção mais ou menos padronizada. Entretanto, diversos conceitos precedem à formalização, como já mostravam Newman e Kenworthy (1996).

O estímulo a tais exercícios de integração no planejamento urbano foi intensificado por fatores como os avanços tecnológicos no setor de transportes, como a expansão de ferrovias de alta velocidade no transporte regional e de ferrovias leves no transporte urbano, as práticas de aproveitamento do aumento de acessibilidade, como a captura do potencial imobiliário, tradicionais em cidades asiáticas e motivadas por maior participação de provedores de serviço e infraestrutura privados, e a busca geral por cidades sustentáveis que valorizem o bem-estar dos seus residentes por meio de padrões de viagem mais eficientes (Bertolini, 2008).

3.1.2 Adversidades e triagem espacial

Alguns problemas são relacionados com as práticas integradas de transportes e uso do solo. Por exemplo, Millward (2006) indica alguns efeitos colaterais negativos nas estratégias de adensamento e contenção como o aumento exacerbado dos valores imobiliários devido à menor competição. Além disso, a contenção por cinturões verdes pode encorajar o desenvolvimento periférico em áreas ainda mais remotas e, por consequência, o uso de automóveis. Como respostas, o autor apresenta a captura de

valor dos benefícios súbitos aos proprietários de imóveis valorizados com as intervenções, abordagens mais flexíveis, com preferência ao adensamento para que as economias geradas aos serviços públicos compensem, e, de forma mais extrema, uma política nacional que regularize a competitividade do mercado imobiliário regional, segundo o exemplo do Reino Unido.

Desafios políticos permeiam a implantação de determinados perfis de ambiente construído. Esse tipo de aversão é comum em locais onde existe autosseleção, uma vez que os habitantes escolheram suas residências conscientemente que o uso rotineiro dos automóveis seria favorecido (Bohte et al., 2009; De Vos et al., 2014). Os principais fatores de oposição geralmente citados por acadêmicos e pela mídia são os movimentos NIMBY (do inglês *not in my backyard*) por residentes com maior status socioeconômico, devido à disponibilidade de tempo e aos recursos intelectuais e financeiros, e seus representantes no governo com atitudes provincianas (Grant, 2015; Woodcock et al., 2011). Elementos do zoneamento e atributos morfológicos desfavoráveis, como um sistema viário consolidado orientado ao automóvel, podem tornar as intervenções ainda mais complicadas e custosas (Calthorpe, 1993, p.32).

Woodcock *et al.* (2011) estudaram o caso de Melbourne, na Austrália, onde esse tipo de conflito é muito comum, e comentam que apesar de que essas atitudes de autointeresse serem responsabilizadas pela oposição, outros fatores ofuscados não são considerados. Os autores indicam que devido a uma inadequação regulatória, os desenvolvedores contestam por propostas diferentes do protocolado. Por vezes, mesmo sendo aceitas, não são desenvolvidas porque os projetos não alcançam as vendas esperadas, devido a um mercado disperso. Com isso, os residentes com maior engajamento emocional a esses locais se tornam cada vez mais cínicos e conservadores devido às frequentes empreitadas que são contraditórias à agenda da cidade compacta. Portanto, esse sistema encoraja práticas de contestação, ceticismo e especulação que impedem negociações mais pacíficas entre residentes, conselhos locais e desenvolvedores.

Calthorpe (1993, p.36) argumenta que estratégias como o DOT necessitam de grande articulação política, a ponto de demandar coalizões entre grupos muito diversos, como ambientalistas, desenvolvedores e ativistas urbanos, para que propostas adaptadas sejam efetivas. Pelo mesmo motivo, Bohte *et al.* (2009) alerta que o ambiente construído adotado deve, na medida do possível, agradar mesmo aqueles domicílios com atitudes

mais extremas de autosseleção. Banister (2008) discorre sobre práticas que podem promover a aceitação do público como educação, promoção de benefícios, envolvimento da comunidade, agrupamento de medidas, adoção gradativa, consistência intersetorial e adaptabilidade.

Como nessas áreas os residentes são mais cativos ao uso do carro de passeio, é mais provável que haja uma oposição ao uso de modalidades mais sustentáveis de transporte e há, portanto, uma necessidade de readaptação cultural além de todos os processos de viabilização do DOT (De Vos et al., 2014; Grant, 2015; Woodcock et al., 2011). Portanto, há uma maior facilidade em oferecer esse tipo de iniciativa a áreas densas ou bairros completamente novos, já que pode haver uma objeção em adaptar regiões pouco densas.

Por outro lado, o uso de terras livres para DOT se torna plausível quando o adensamento não suporta politicamente ou financeiramente o crescimento da área urbana (Calthorpe, 1993, p.32) ou quando a venda de terras se traduz em maior aproveitamento financeiro (Wu, 1998; Yang et al., 2016). Calthorpe (1993, p.33) alerta, entretanto, que esse crescimento deve se afastar de desenhos desfavoráveis aos transportes sustentáveis, com a lição de tentativas negativas do urbanismo modernista.

Esse tipo de desenvolvimento é muito comum na China e é um fator significativo para edição chinesa de descentralização (Wu, 1998; Yang et al., 2016; Zhang, 2007). Yang *et al.* (2016) avalia de forma abrangente o conflito entre o desenvolvimento em áreas centrais e o desenvolvimento em áreas livres na China e explica que essa preferência é praticável por causa de um governo com poucas preocupações com questões comunitárias e uma proporção urbana pequena, de aproximadamente metade da população nacional.

Existem limitações físicas no alcance territorial do transporte coletivo, como já teorizado por Hägerstrand (1970) como restrições de capacidade. Desse modo, em contraste às categorias de territórios integrados ao transporte, se torna quase natural a concepção de áreas secundárias, que são áreas impróprias para a aplicação do DOT, mas que podem dar suporte econômico adicional (Calthorpe, 1993, p.60). Apesar de que idealmente uma rede poderia ser densa o suficiente para suprimir essas zonas, existem alternativas que podem potencializar o alcance não motorizado e hibridizar as áreas

secundárias, como as facilidades para uso de bicicleta (Cervero et al., 2013) e as estratégias de distritos-doca exploradas por Zhang (2007), que aumentam o nível de serviço de caminhada em faixas com alcance territorial intermediário.

Há, seguramente, desafios relacionados à localização do emprego do DOT, bem como problemas na especificação de parâmetros de projeto. Bertaud (2002) demonstra que Curitiba, uma das cidades precursoras do adensamento de corredores (que acompanhou o então primeiro sistema BRT do mundo), tem um perfil espacial de densidades que proporciona longas viagens. O autor atribui isso ao fato de que o planejamento ignorou as tendências de adensamento da região noroeste, a fim de aperfeiçoar parâmetros de transportes através de um DOT em sua estrutura específica, causando um desvio do centro de gravidade da cidade para o sul e diminuindo a acessibilidade dos territórios.

Portanto, métodos que caracterizem os territórios e dotem o planejador de noções tipológicas nas dimensões endógenas aos modelos urbanos podem ser ferramentas poderosas para que intervenções no regime integrado de transportes e uso do solo sejam efetivas mediante suas finalidades. Na narrativa de análise da descentralização, por exemplo, é possível encontrar na literatura modelos analíticos para identificação de centralidades e abordagens heurísticas para hierarquização de redes (Fernández-Maldonado et al., 2014; Geaquinto & Orrico Filho, 2015). Entretanto, para uma estruturação adequada, ou até ideologicamente ótima, da rede de transportes e das atividades humanas, devem ser considerados padrões do uso do solo, que denunciem centralidades latentes, e análises morfológicas da rede, para que potencialidades numa escala macroespacial sejam evidenciadas (Geaquinto & Orrico Filho, 2015).

Após realizarem inferências empíricas sobre padrões urbanos, pesquisadores eventualmente fazem análises críticas, que são emparelhadas por conjecturas para as causas dessas tendências e propostas de métodos de planejamento de acordo com o que foi reconhecido. Ewing e Cervero (2001) notavelmente constataram a necessidade de elasticidades de demanda em modelos de planejamento conceitual e ampliaram a capacidade explicativa das relações exploradas entre o ambiente construído e os padrões de deslocamento, mais tarde complementada por Ewing e Cervero (2010).

Esses incrementos normativos às avaliações empíricas, as quais propiciam bons métodos de previsão de tendências específicas na geografia dos deslocamentos,

conceberam um campo importante, que ganhou momento na última década, para análise dos territórios: a tipologia de orientação pelo transporte público. O restante desse capítulo se refere à revisão de tipologias territoriais inseridas no domínio do planejamento integrado.

3.2 TIPOLOGIA DA ORIENTAÇÃO PELO TRANSPORTE PÚBLICO

A concepção do modelo nó-lugar, por Bertolini (1996, 1999), correspondeu a uma ferramenta analítica com a capacidade de dimensionar a classificação hierárquica das localidades de acordo com o predomínio do uso do solo ou das infraestruturas de transportes naquele território. A função inicial seria identificar tipos de espaços perante valores normalizados dessas duas dimensões, de acordo com um equilíbrio linear hipotético entre as dimensões de “nó” ou de “lugar”. Serão territórios “em equilíbrio” aqueles próximos à linha média e “nós ou lugares desequilibrados”, aqueles que tiverem uma das duas dimensões relativamente grandes. Outras duas categorias de localidades, equilibradas em relação à linha média, também foram observadas: áreas “em conflito”, onde há competição por espaço, porque a intensidade do uso do solo e a oferta de transportes são grandes; áreas “em dependência”, onde há competição mínima, porque o contrário acontece. Essa tipologia é ilustrada na Figura 3-1.

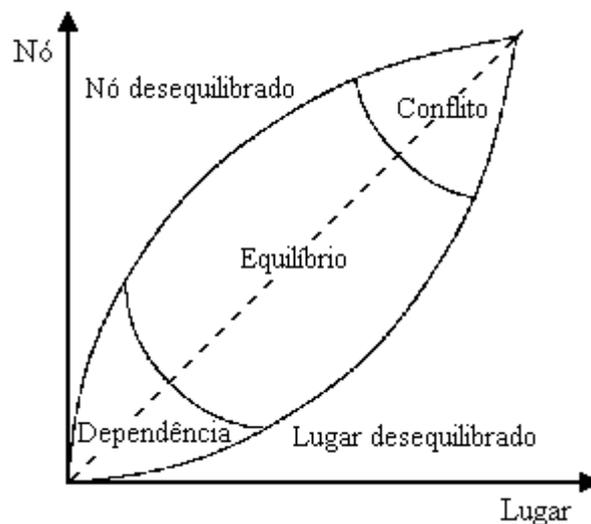


Figura 3-1: Tipologia do modelo nó-lugar
Adaptado de Bertolini (1999).

3.2.1 Tipologia territorial como instrumento do desenvolvimento orientado

Desde então, esse tipo de análise foi aperfeiçoado por outros estudos, sobretudo para identificação de tipologias de estações e para acompanhamento de ações intersetoriais

de planejamento urbano (Bertolini, 2008). O enfoque teórico-conceitual inicial na análise da interdependência entre as intensidades de uso do solo e de oferta de transportes foi amplificado para o estudo da influência dos demais atributos do ambiente construído (Lyu et al., 2016; Vale, 2015), de acordo com a recomendação de utilizar aquelas variáveis de interesse com impacto no desempenho do sistema de transportes (Kamruzzaman et al., 2014; Singh et al., 2014; Zemp et al., 2011). Apesar de que o fundamento que originou esse campo de estudo seja um suposto equilíbrio natural entre transportes e uso do solo, análises longitudinais são raras e limitadas (Bertolini, 1999, 2008; Chorus & Bertolini, 2011; Zemp et al., 2011).

Outra motivação comum é a concepção de ferramentas metodológicas que auxiliem prescrições para intervenções em territórios distintos (De Vos et al., 2014; Kamruzzaman et al., 2014; Singh et al., 2014), algo continuamente explorado desde a consolidação do conceito de DOT (Calthorpe, 1993, p.53; Renne, 2009). Zemp *et al.* (2011) destacam as classificações territoriais como ferramentas de identificação de potenciais de desenvolvimento, que simultaneamente requerem e suportam objetivos normativos, com o poder de criar cenários referenciais.

Além disso, aperfeiçoamentos metodológicos foram desenvolvidos. Novos critérios para classificar os territórios (De Vos et al., 2014; Kamruzzaman et al., 2014; Lyu et al., 2016; Reusser et al., 2008; Singh et al., 2014; Vale, 2015; Zemp et al., 2011) foram considerados. A espacialização feita por Bertolini (1999) – o entorno de 700 metros de cada estação ferroviária – geralmente se mantém, porém houve inclusão de estações de outros modos, como as hidroviárias por Vale (2015), ou dos territórios de toda a área de estudo, com a justificativa de que todas as regiões têm o potencial de serem desenvolvidas, seja pela divisão por setores censitários em Kamruzzaman *et al.* (2014) ou por malha quadricular e janelas móveis em Singh *et al.* (2014). Técnicas analíticas mais sofisticadas foram utilizadas para interpretar a relação entre as variáveis (Chorus & Bertolini, 2011; Reusser et al., 2008; Singh et al., 2014; Zemp et al., 2011) e validar indicadores selecionados (Chorus & Bertolini, 2011; Kamruzzaman et al., 2014; Lyu et al., 2016; Reusser et al., 2008; Zemp et al., 2011), geralmente por tratamento de um banco de variáveis obtido por especialistas ou pela literatura. Destacam-se os estudos de Lyu *et al.* (2016) que levantaram 94 indicadores de interesse e de Zemp *et al.* (2011) que construíram um arcabouço conceitual para a classificação de fatores contextuais em

relação aos indicadores e a suas possíveis funções, com auxílio de entrevistas a especialistas.

3.2.2 Afinidade com a morfologia urbana

Esse gênero de tipologia territorial pode ser considerado um caso particular na classificação exposta por Gauthier e Gilliland (2006) para a morfologia urbana, que a divide em métodos cognitivos, que são contribuições semelhantes às dos autores de tipologia de orientação pelo transporte público, onde são feitas descrições dos sistemas urbanos para formar arcabouços explanatórios ou ferramentas teóricas, opostos aos métodos normativos, que especulam visões de futuro e dotam a literatura de prescrições de abordagens para o planejamento.

A morfologia urbana é um domínio mais geral, fundamentado na avaliação da forma urbana, estudado por arqueólogos, arquiteto-urbanistas, geógrafos, historiadores e sociólogos. Em consequência, é habitualmente direcionado ao estudo de motivos arquitetônicos e planos urbanos (Gauthiez, 2004; Moudon, 1997). Apesar de que o espaço urbano possa também ser analisado pelas dimensões da propriedade imobiliária, do investimento e do uso, as únicas características que podem ser lidas em campo sem ambiguidade são a construção arquitetônica e o desenho, e, por isso, são mais frequentemente incluídas nas análises morfológicas (Gauthiez, 2004). Dessa forma, os métodos de tipologia da orientação pelo transporte público se destacariam se incluídos nesse grupo, por serem especializados em dimensões da geografia dos deslocamentos, como uso do solo e atributos demográficos.

Essas avaliações morfológicas geralmente focam em características territoriais devido ao próprio objeto tradicional de estudo, que é a forma física que pode ser diretamente interpretada: as construções, as ruas e os espaços abertos relacionados (Lima & Kós, 2014; Moudon, 1997). Ainda assim, há uma preocupação persistente na história da morfologia urbana de que a natureza da cidade e do planejamento é motivada pelas demandas históricas e sociais (Gauthiez, 2004). Entretanto, as abordagens por perspectivas relacionais são raras nesse campo, diametralmente ao contrário das análises econômicas e organizacionais de aglomerações produtivas, que abordam justamente as relações das dimensões geográficas, técnicas e institucionais (Vale, 2007, p.50). Isso se deve em parte pelas limitações do desenvolvimento acadêmico, fragmentado em

terminologias descoordenadas de escolas e linguagens distintas, o que gerou a tendência de muitas contribuições documentais com poucos vínculos aos processos sociais (Gauthiez, 2004), parte pelas limitações tecnológicas para analisar grandes escalas espaciais e temporais.

O espaço e o tempo, tão importantes quanto às formas urbanas para as análises morfológicas, foram mais explorados recentemente com o advento dos sistemas de informação geográfica (SIG) e da tecnologia da informação, como bem previsto por Moudon (1997). Exemplos recentes são o estudo de Ye e van Nes (2014), que avalia uma influência da integração da rede viária em parâmetros espaciais e socioeconômicos, e o estudo de Gil *et al.* (2012), que incorpora indicadores de centralidade na rede viária para abranger a escala de bairro e usa técnicas de análise de agrupamento para caracterização dos territórios, de forma semelhante a métodos recentes de tipologia de orientação pelo transporte público (Kamruzzaman *et al.*, 2014; Lyu *et al.*, 2016; Reusser *et al.*, 2008; Vale, 2015; Zemp *et al.*, 2011). Contudo, apesar de utilizar atributos relacionais, esse tipo de estudo tem como foco os territórios e não as relações.

3.2.3 Oportunidades de aperfeiçoamento

A literatura demonstra que alguns problemas nas redes e regiões urbanas não são esclarecidos completamente apenas com análise morfológica territorial. Curitiba e Mumbai, cidades notavelmente densas nas regiões com melhor oferta de transporte coletivo, apresentam deslocamentos prolongados devido suas redes de transportes com caráter predominantemente linear e radial (Bertaud, 2002). A distribuição de densidades em uma região é um fator importante para determinar o custo de deslocamento e de implantação de redes de transportes, como demonstrado em simulações feitas por Bertaud (2003). Apesar de não explorar muito o assunto, Calthorpe (1993), que concebeu o termo DOT, indica que o planejamento integrado essencialmente envolve questões regionais sobre a rede de transporte coletivo, muitas vezes como analogia a sistemas ecológicos (Calthorpe, 1993, p.23).

As indicações da necessidade de uma análise morfológica mais criteriosa estão nas próprias análises explicativas e tipológicas do território. Kamruzzaman *et al.* (2014) ressaltam a importância da previsão das dinâmicas no uso do solo para validar as políticas escolhidas após a análise do território, já que a caracterização futura dos

territórios não é conhecida. Zemp *et al.* (2011) observam que é importante considerar em pesquisas futuras os efeitos da localização relativa à rede de transportes, já que funções demandadas localmente podem ser satisfeitas mediante integração com sua vizinhança. Há recomendação, por exemplo, de concepção de redes de transportes com caráter mais transversal do que radial, com a utilização de linhas orbitais (ou seja, periféricas, circunferenciais, tangenciais), por estarem associados a deslocamentos simultaneamente menos desconectados e menos sinuosos (Derrible & Kennedy, 2010) e por aparentemente estimularem mudanças no regime de integração entre uso do solo e transportes não apenas no centro de maior expressão, como também reportado por Bertolini (1999, 2008) na comparação entre o desenvolvimento urbano de Amsterdã e o de Utreque.

Salingaros (2005) argumenta que, da mesma forma que as maiores demandas têm sua importância, o urbanismo tem que ser ergonômico, de forma a integrar as conexões físicas na escala humana, incitar os desenvolvimentos e interações espontâneos e tornar acessível publicamente as atividades urbanas. Dessa forma, o autor indica que, pelo menos, deve ser orquestrada uma combinação de intervenções normativas, do desenvolvimento orgânico e de uma restrição para a competitividade entre novos sistemas de transportes e os sistemas anteriores, como a rede de caminhada, em especial. Certamente, há um desafio para integrar estruturas que atendam todas as escalas da configuração fractal que é natural nas demandas das cidades (Hägerstrand, 1970; Salingaros, 2005).

Vale (2007, p.81) indica que objetivos específicos são mais ou menos favorecidos por topologias de rede particulares, dependem da intensidade e da localização dos vínculos e, pelo menos quando são baseadas em relações sociais, são efêmeras e dependem da participação dos atores racionais que compõem a rede. A autora também demonstra que o desempenho pode ser benéfico para um ator isolado, mas simultaneamente inoportuno para os demais atores. No planejamento integrado, isso se traduz prontamente como as possíveis desvantagens provocadas pelos efeitos distributivos da acessibilidade (Jones & Lucas, 2012; Markovich & Lucas, 2011; Pyrialakou et al., 2016).

É necessário ponderar as complicações de quando existe, de certa forma, desconsideração das repercussões regionais das relações urbanas nessas avaliações. Por natureza, a estrutura de corredores de transporte extravasa a escala local, já que é

organizada em linhas e redes. A partir disso e do reconhecimento que as estruturas urbanas podem ser transientes e condicionadas por processos, é possível elaborar uma conduta mais proativa dos planejadores urbanos para deliberadamente conduzir tendências regionais por meio da rede de transportes ou de mudanças no regime do uso do solo.

Por outro lado, Way (2016) indica que o planejamento pode ser problemático quando questões relacionadas às escalas e aos tamanhos não são avaliadas corretamente. Nesse contexto, o autor alerta sobre o risco de localidades menores servirem apenas a propósitos regionais ou globais, ou de uma tradução equivocada de lições de outros contextos, praticadas por imitações grosseiras ou provincianismo.

Como é comum a transição de contribuições descritivas para um caráter mais prescritivo, como reportado para a escola de Birmingham de morfologia urbana (Gauthier & Gilliland, 2006), reações imediatas a bons métodos caracterizadores de território permitem gerar boas heurísticas. Mas, como é possível representar com fidelidade as dinâmicas urbanas, se torna interessante explorar abordagens que resultem em soluções ótimas, como os métodos analíticos de desenho de rede revisados por Farahani *et al.* (2013), que contenham processos que contenham as dimensões do desenvolvimento urbano e dos transportes. A partir disso, soluções derivadas podem ser avaliadas como referências espaciais para a construção de métodos de planejamento.

Nesse estudo, algumas das lacunas metodológicas destacadas serão consideradas, sobretudo a preocupação dos efeitos relacionais e das repercussões regionais. No próximo capítulo, será apresentado um ordenamento progressivo de contribuições metodológicas ao planejamento integrado, que assimile essas oportunidades constatadas na literatura e se insira na abordagem sistêmica concebida para facilitar os ensaios empíricos. Em seguida, serão retratados os indicadores, o banco de dados e o método utilizado nesses ensaios.

4 METODOLOGIA

Uma etapa anterior à modelagem é a sistematização dos fatores, de forma a serem compatíveis com o “pensamento algorítmico”, citado por Lima e Kós (2014), que, além de organizar o atual trabalho, pode ser aproveitado em derivações futuras, em esquematizações teóricas e em procedimentos generativos, como simulação e otimização. Essa abordagem sistêmica foi gerada por contemplações estimuladas pela revisão bibliográfica e, apesar de ter sido realizada por reflexões cognitivas, procura especular sobre relações sem uma pretensão inicial de quantificar escalas.

Uma vez que o método pode ser utilizado em políticas públicas e essas intervenções são condicionadas pelo ambiente urbano, a avaliação das dimensões deve se sujeitar, respectivamente, a duas condições: da inserção no contexto do desenvolvimento metodológico; e da natureza do sistema urbano. Essas condições serão explicadas nas próximas subseções de forma a contextualizar e embasar a concepção dos indicadores e dos índices derivados utilizados nos ensaios, que serão relatados no final do capítulo.

4.1 CONTRIBUIÇÃO METODOLÓGICA

Pode-se classificar o planejamento de transportes pelo seu patamar de sofisticação de suas avaliações territoriais. O primeiro nível é o “oportunismo estratégico” retratado por Nielsen *et al.* (2006), Bertolini (2008) e Orrico Filho (2013), onde o planejamento é pontual e fragmentado, em oposição aos demais patamares de planejamento mais contínuo e abrangente. Esses podem desprezar as dinâmicas intersetoriais dos transportes, com a configuração do segundo nível, ou possuírem uma visão sistêmica do regime espacial de transportes e uso do solo – por exemplo, a tipologia principiada pelos estudos de Bertolini (1999) – e atingir o terceiro nível. O quarto patamar é aquele que têm preocupação com o desempenho dos indicadores de acordo com objetivos e funções, estudado por muitos (Ewing & Cervero, 2001, 2010) e aparelhado por Zemp *et al.* (2011) na tipologia de orientação pelo transporte público.

Existem ainda adições a serem feitas ao planejamento, como a iteração das políticas selecionadas com as características territoriais previstas para o futuro, destacada por Kamruzzaman *et al.* (2014), e, paralelamente, uma maior preocupação com as repercussões regionais de acordo com mudanças no regime urbano, que são importantes nos estudos de aglomerações produtivas e podem ser parametrizadas em variáveis

relacionais (Vale, 2007, p.76). Esses dois elementos compõem um quinto patamar de sofisticação. Com o reconhecimento desses processos, o patamar final poderia dispor de métodos mais eficientes para processar relações de sistemas complexos de transportes e para gerar soluções ótimas, como nas modelagens revisadas por Farahani *et al.* (2013).

Cada patamar adquire, portanto, novos fatores de comprometimento institucional, em uma capacidade crescente de refinamento nas antecipações e de adequação nas respostas. Essas dimensões, nomeadas como fatores E (da letra inicial dos substantivos adquiridos), compõem, em conjunto com as divergências que concebem esses aprimoramentos, um arcabouço tipológico de procedimentos no planejamento urbano, ilustrado no Quadro 4-1.

Quadro 4-1: Categorias metodológicas do planejamento urbano

Nível de desenvolvimento metodológico	Aquisição	Divergências
(1) Oportunismo estratégico	Existência	Nulo – Reativo
(2) Planejamento continuado	Estabilidade	Intermitente – Regular
(3) Interação de transportes e uso do solo	Escopo	Setorial – Sinérgico
(4) Desempenho eficaz	Eficácia	Normativo – Cognitivo
(5a) Iteração com políticas de longo prazo	Estratégia	Circular – Preditivo
(5b) Reconhecimento de repercussão estrutural	Escala	Territorial – Abrangente
(6) Otimização de alternativas	Eficiência	Subaproveitado – Ideal

Os ensaios empíricos aplicarão um método de tipologia territorial inserida em dimensões do planejamento integrado, com índices previamente selecionados por meio de uma avaliação empírica das relações entre a rede de transportes e o ambiente construído. Portanto, claramente o presente estudo representa avanços tecnológicos aos níveis (3) e (4) de planejamento. Além disso, existe uma preocupação com os efeitos relacionais das dimensões estudadas, o que apresenta contribuições para o nível (5b) de planejamento.

4.2 SISTEMATIZAÇÃO DA FORMA URBANA

Além da inserção no contexto metodológico, a sistematização das dimensões deve se sujeitar à natureza do sistema urbano. Portanto, as características do ambiente urbano são condicionantes a essa concepção teórico-conceitual. Essa caracterização foi segmentada em três princípios.

O primeiro princípio é derivado da consideração de Bertolini (1996) de que os sistemas urbanos são caracterizados por uma *dualidade do espaço*. Ao mesmo tempo em que o espaço urbano é interconectado, na forma de redes discretas, composto por conexões e suas capacidades, ele também é hiperplanar, na forma de regiões contínuas, composto por lugares e suas ocupações.

O segundo princípio provém da multidimensionalidade das interações urbanas. Uma vez que o sistema urbano pode ser dividido em um conjunto de pontos no espaço, pode-se dizer que ele é caracterizado por uma *interlocação de territórios individuais*. Logo, é possível dividir os elementos que compõem o sistema urbano em nucleares, no sentido de serem contextos condicionantes de um ambiente individual (Zemp et al., 2011), ou em relacionais, no sentido de representarem um vínculo entre mais de um ambiente.

O terceiro princípio deriva da complexidade da organização dos elementos urbanos. Quanto mais abstrato um conceito, maior é a possibilidade de que ele seja caracterizado por uma *justaposição interdimensional*. Apesar de que alguns fatores sejam puramente escalares, e expressam intensidades ou magnitudes de uma dimensão, outros podem assumir uma sobreposição de mais de uma dimensão: ou são transeitoriais (como a acessibilidade) e representam uma sinergia entre transportes e uso do solo e são capazes de sintetizar o alcance de mais de um setor; ou são transversais à composição de uma dimensão (como a diversidade) e parametrizam amplitude e abrangência distributiva (Vale, 2007, p.113).

Esses princípios poderão ser sobrepostos na forma de matrizes, que podem ser observadas no Quadro 4-2, na qual as células das combinações entre os protótipos definidos podem conceber dimensões mais refinadas, na matriz (1) x (2), e fatores, na matriz (1) x (3). Esses fatores, por sua vez, serão diretamente relacionados com as métricas utilizadas no estudo de caso.

A matriz (1) x (2) gera novas dimensões coerentes com abordagens da literatura. A dimensão *estrutural* se refere às conexões de uma rede e suas capacidades, enquanto a dimensão *potencial* resume os vínculos ou processos entre elementos individuais. Essas dimensões, em conjunto com as dimensões nucleares, estão presentes na visão sistêmica de Zemp et al. (2011), construída para facilitar classificações espaciais. Essa dimensão nuclear pode ser dividida, da mesma forma que o modelo nó-lugar de Bertolini (1996,

1999), em uma dimensão *nodal*, de acordo com as capacidades daquele ponto espacial, e uma dimensão *local*, de acordo com os valores localizados.

Quadro 4-2: Dimensões do sistema urbano

		(1) Dualidade do espaço	
		Rede	Região
(2) Interlocação de territórios individuais	Qualidade nuclear	Nodal	Local
	Qualidade relacional	Estrutural	Potencial
(3) Justaposição interdimensional	Fator de intensidade	Conectividade	Densidade
	Fator de alcance	Acessibilidade	Urbanidade
	Fator de amplitude	Fugacidade	Pluralidade

Como a tipologia de interesse não é voltada a conexões e vínculos, mas territórios individuais, todos os fatores relacionais nesse estudo serão, na verdade, versões parametrizadas na dimensão nuclear. No esquema retratado por Jessop *et al.* (2008), a escala seria constituída como campo de operação e o lugar como princípio estruturante. De certa forma, se não forem análises infinitesimais, os fatores nucleares em estudos territoriais também serão inseridos nessa dimensão relacional parametrizada, já que é necessário definir uma área de ponderação obtida por maneira relacional (ou seja, o território como princípio estruturante). Portanto, na tipologia territorial, há um desafio tanto de achar a paridade nuclear/relacional em apenas uma categoria, quanto de conceber arcabouços espaciais multidimensionais.

Vale ressaltar que a matriz (1) x (2) não é perfeita em refletir muitas circunstâncias. Por exemplo, nas redes sociais, as relações são limitadas por restrições pessoais, ambientais e temporais e dependem de comprometimento e engajamento para serem mantidas fortes (Vale, 2007, p.74). Logo, a dimensão potencial e a estrutural se confundem em relações desse tipo. O uso do solo isoladamente não compõe eixos (a não ser de forma abstrata) e a dimensão estrutural se misturam com as dimensões regionais. Redes de

transportes muito densas, como as de transporte ativo, dissolvem estruturas e nós em conexões ubíquas que tenderão a ser uma dimensão única e contínua de rede, principalmente em abordagens agregadas. Portanto, é muito importante que essa matriz seja utilizada em avaliações mais abrangentes e intersetoriais que esses casos particulares.

Dentro das variáveis reveladas pela matriz (1) x (3), a *conectividade* e a *densidade* claramente remetem à escala das capacidades das redes e dos sistemas regionais. A escala, por sua natureza ontológica, é ambígua em seus termos horizontais e verticais (Way, 2016). Ou seja, a conectividade de território pode ser expressa tanto pela intensidade de oferta de transportes ou mobilidade em um ponto, quanto na centralidade desse nó em relação a sua rede; enquanto a densidade de um território pode ser aferida tanto restrita em seu território, quanto em sua grandeza em relação à conjuntura hierárquica.

A *acessibilidade* e a *urbanidade* se referem a dimensões que, apesar de serem nitidamente embasadas em uma das componentes da dualidade do espaço, expressam a interação com a região ou com a rede. A acessibilidade apresenta as capacidades de uma rede em atingir origens e destinos (ou seja, desempenhar demandas derivadas do território) e a urbanidade exprime as condições do ambiente para a realização dos deslocamentos. Vale ressaltar que, nitidamente, a acessibilidade aqui apontada é nitidamente a macroacessibilidade, enquanto a mesoacessibilidade seria mais relacionada à conectividade, por exprimir a oferta localizada. A microacessibilidade, associada com a natureza condicionante do ambiente construído (Mello & Portugal, 2017), seria exatamente a urbanidade – porém mais inclinada semanticamente aos transportes do que ao uso do solo.

A *pluralidade* e a *fugacidade*¹ expressam relações dos componentes que constituem as dimensões setoriais. As faixas sociodemográficas e os usos que se dão ao espaço podem ser distribuídos de forma uniforme ou não. Essa relação de diversidade das regiões é

¹ A inspiração da palavra *fugacidade* parte de uma propriedade homônima na termodinâmica química, utilizada em problemas de equilíbrio de fases e de equilíbrio de reações. Nesse contexto, ela é análoga à pressão em misturas que contenham gases reais, que se comportam de forma menos previsível do que os gases ideais, de acordo com seu potencial químico (cf. Smith et al., 2007, cap.11). Da mesma forma que na termodinâmica, a versão da fugacidade conjecturada para os transportes expressa as forças (pressões) que condicionam o fenômeno do deslocamento (equilíbrio), em quantidades distribuídas de forma complexa e heterogênea (misturas reais).

manifestada na dimensão da pluralidade. Da mesma forma, na medida em que os transportes motorizados quebram a isonomia espacial da caminhada, são formadas desigualdades de proximidade que compõem a dimensão da fugacidade.

4.3 INDICADORES

Como já discutido a partir da matriz (1) x (2) do Quadro 4-2, deve ser estabelecido um território como princípio estruturante do lugar. O território pode ser traduzido por uma área de vizinhança que compõe um conjunto de lugares, cujos limites podem ser definidos por custos de viagem (c_{ij} ou c_{ji}), entre o lugar de referência (i) e os demais lugares da rede (j), menores que um patamar territorial ou borda (b). Dessa forma, os indicadores são formados por um modelo espacial concentra escala, lugar e território, nessa ordem, como campos estruturados da rede. O território pode ser definido tanto de acordo com os custos com origem no lugar de referência, gerando um conjunto de lugares na isócrona a jusante (T), ou com os custos com destino no lugar de referência, gerando um conjunto de lugares na isócrona a montante (T*).

Se for desejado estudar as relações entre esses indicadores parametrizados e o desempenho de deslocamentos sustentáveis, naturalmente a rede é utilizada para concertar a análise será dos modos coletivo e ativo. A topologia dessa rede, que é mais complexa em relação ao transporte individual devido seu funcionamento, será modelada no próximo capítulo.

4.3.1 Indicadores do ambiente construído

Os indicadores do ambiente construído concebidos nesse trabalho são baseados nas dimensões concebidas pela matriz (1) x (3) do Quadro 4-2. Cada uma das dimensões resultará em um número de espécies de indicadores, limitados, para todas as dimensões, em 12 nesse trabalho. Os índices derivados serão sempre resultados da tendência central entre os valores dos lugares nos territórios a jusante e a montante. Para explorar os efeitos relacionais de uma forma abrangente para cada espécie de indicador, os índices derivados serão construídos para diferentes patamares territoriais.

A conectividade pode ser expressa em dois indicadores: a *centralidade de proximidade*, que expressa o inverso do custo médio para os demais lugares inseridos no território, e a *oferta de área* (ou mobilidade), que é o número de lugares acessíveis no território. As

componentes a jusante dos índices derivados são definidas, respectivamente para cada um dos indicadores, pelas Equações 4-1 e 4-2.

$$\text{con}_1(i, b) = \frac{|T(i, b)|}{\sum_{j \in T(i, b)} c_{ij}} \quad \text{Equação 4-1}$$

$$\text{con}_2(i, b) = |T(i, b)| \quad \text{Equação 4-2}$$

A densidade pode ser expressa em dois indicadores: a *densidade espaço-temporal de emprego* e a *densidade espaço-temporal de moradia*, que é o número de postos de trabalho (emp) e de habitantes (res) acessíveis nos lugares estruturados pelo território. As componentes a jusante dos índices derivados são definidas, respectivamente, pelas Equações 4-3 e 4-4.

$$\text{den}_1(i, b) = \sum_{j \in T(i, b)} \text{emp}_j \quad \text{Equação 4-3}$$

$$\text{den}_2(i, b) = \sum_{j \in T(i, b)} \text{res}_j \quad \text{Equação 4-4}$$

A acessibilidade é semelhante à densidade quando são estruturadas por um território gerado por uma área de vizinhança por custos de viagem. A diferença é a ponderação pelos custos de viagem, como na acessibilidade gravitacional concebida por Hansen (1959). Dessa forma, é possível gerar dois novos indicadores: a *acessibilidade ao emprego* e a *acessibilidade à moradia*. As componentes a jusante dos índices derivados são definidas, respectivamente, pelas Equações 4-5 e 4-6.

$$\text{ace}_1(i, b) = \sum_{j \in T(i, b)} \frac{\text{emp}_j}{c_{ij}} \quad \text{Equação 4-5}$$

$$\text{ace}_2(i, b) = \sum_{j \in T(i, b)} \frac{\text{res}_j}{c_{ij}} \quad \text{Equação 4-6}$$

Nesse trabalho, a urbanidade é expressa por dois indicadores: a *facilidade de caminhada* e a *qualidade do ambiente construído*. O índice escolhido para facilidade de caminhada foi a média dos valores de *pedshed* (ou a proporção da área percorrida em relação à máxima estabelecida) (ped) em todos os lugares inseridos no patamar territorial. As componentes a jusante do índice podem ser conferidas na Equação 4-7. Em pesquisas

futuras, outros índices de qualidade de caminhada também poderiam ser incluídos, como, por exemplo, o número de interseções viárias ou métricas qualitativas (Schlossberg & Brown, 2004).

$$\text{urb}_1(i, b) = \frac{\sum_{j \in T(i, b)} \text{ped}_j}{|T(i, b)|} \quad \text{Equação 4-7}$$

A qualidade do ambiente construído foi baseada nas componentes II e V do IBEU: “condições ambientais urbanas” e “infraestrutura urbana” (Ribeiro & Ribeiro, 2013, pp.18–23). Originalmente, as métricas são obtidas pela média simples de, respectivamente, três e sete variáveis: as proporções de moradores com entorno com arborização (arb), sem esgoto a céu aberto (eca) e sem lixo acumulado nos logradouros (lix); e as proporções de moradores com entorno com iluminação pública (ilu), pavimentação (pav), calçada (cal), meio-fio (mfi), bueiro (bue), rampa para cadeirante (ram) e identificação de logradouro (ilg).

Uma análise de componentes principais foi realizada com o intuito de testar essa divisão e obter pesos que retenham melhor a variância da amostra de interesse. No caso, foi analisada a amostra de 19.769 setores censitários do Censo Demográfico (IBGE, 2010), localizados em áreas urbanas da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, que será o objeto de estudo. Foi utilizada uma rotação *varimax* e foram suprimidos os pesos menores que 0,25. Os resultados revelaram que a arborização se adéqua melhor na outra categoria e explicam 66,3% da variância (ver Quadro 4-3).

Dessa forma, o indicador de qualidade do ambiente construído pode ser demonstrado pelos índices de bem-estar urbano modificados de condições ambientais e de infraestrutura, com uma média ponderada de valores próximos aos pesos obtidos pela análise de componentes principais. Como nos demais índices, todos os lugares do território devem ser ponderados. As componentes a jusante dos índices derivados são definidas, respectivamente, pelas Equações 4-8 e 4-9.

$$\text{urb}_{2-1}(i, b) = \frac{\sum_{j \in T(i, b)} (\text{eca} + \text{lix})}{2|T(i, b)|} \quad \text{Equação 4-8}$$

$$\text{urb}_{2-2}(i, b) = \frac{\sum_{j \in T(i, b)} (\text{mfi} + \text{pav} + \text{cal} + 0,9\text{bue} + 0,9\text{ilu} + 0,8\text{ilg} + 0,7\text{arb} + 0,3\text{ram})}{6,6|T(i, b)|} \quad \text{Equação 4-9}$$

Quadro 4-3: Matriz de componentes principais de métricas de bem-estar urbano

	Componente (% de variância)	
	Infraestrutura (49,9%)	Condições ambientais (16,4%)
Meio-fio	0,914	
Pavimentação	0,909	
Calçada	0,901	
Bueiro	0,861	
Iluminação	0,822	
Indicação de logradouro	0,748	
Arborização	0,663	
Rampa para cadeirante	0,281	
Esgoto a céu aberto		0,860
Lixo no logradouro		0,857

A pluralidade pode ser expressa em dois indicadores: o *equilíbrio emprego-moradia*, que é a razão entre postos de trabalho e habitantes, e a *entropia econômica*, que expressa a variação das classes socioeconômicas. As componentes a jusante dos índices derivados são definidas, respectivamente, pelas Equações 4-10 e 4-11.

$$plu_1(i, b) = \frac{\sum_{j \in T(i, b)} emp_j}{\sum_{j \in T(i, b)} res_j} \quad \text{Equação 4-10}$$

$$plu_2(i, b) = \frac{-\sum_{r \in R} fren(r, i, b) \ln(fren(r, i, b))}{\ln(|R|)} \quad \text{Equação 4-11}$$

Em que $fren(r, i, b)$ é a fração de pessoas (pre_n^r) de cada classe econômica r dentro da isócrona $T(i, b)$, calculada pela Equação 4-12, e R é o conjunto das classes socioeconômicas.

$$fren(r, i, b) = \frac{\sum_{j \in T(i, b)} pre_n^r}{\sum_{j \in T(i, b)} res_j} \quad \forall r \in R \quad \text{Equação 4-12}$$

A fugacidade é a distribuição da facilidade de deslocamentos, parametrizada a uma referência. O indicador gerado é a fugacidade estrutural, que traduz essa distribuição de facilidades desiguais pela avaliação da variação de custos de viagem. Define-se, portanto, a *fugacidade estrutural* pela entropia da mobilidade, ou seja, a diversidade de categorias de separação espacial em termos de custos de viagens da rede de transportes. A medida de separação espacial, ou de mobilidade, utilizada é da mesma espécie que representa a oferta de área (Equação 4-2). O índice final de entropia, demonstrado na

Equação 4-13, é calculada de forma análoga à Equação 4-11, em que as categorias são recortes espaciais alcançados por intervalos discretos múltiplos de um valor δ (nesse trabalho, 5 minutos) dentro do patamar territorial b .

$$fug(i, b) = \frac{-\sum_{n=1}^{b/\delta} fc(\delta n, i, b) \ln(fc(\delta n, i, b))}{\ln(b/\delta)} \quad \text{Equação 4-13}$$

Em que δn é o limite superior de cada uma das n categorias de custos e $fc(\delta n, i, b)$ é a fração de lugares acessíveis a um custo entre δn e $\delta(n-1)$ dentro da isócrona de custo b . A Equação 4-14 resume o cálculo de fc . Nota-se que δ deve ser um divisor comum a b , para que n seja um número inteiro. Logo, o denominador pode ser substituído por $|T(i, b)| + |T^*(i, b)|$. Vale também ressaltar que, por representar a variação de custos individuais em vez de uma média entre valores, esse índice já abrange tanto a componente a jusante quanto a componente a montante.

$$fc(\delta n, i, b) = \frac{(|T(i, \delta n)| + |T^*(i, \delta n)|) - (|T(i, \delta(n-1))| + |T^*(i, \delta(n-1))|)}{\sum_{n=1}^{b/\delta} (|T(i, \delta n)| + |T^*(i, \delta n)|) - (|T(i, \delta(n-1))| + |T^*(i, \delta(n-1))|)} \quad \text{Equação 4-14}$$

Outro indicador análogo à fugacidade estrutural poderia ser concebido – a *fugacidade potencial*, que expressaria a diversidade da acessibilidade a postos de trabalho. Entretanto, como será comentado no capítulo 5, o banco de dados disponível para empregos é muito agregado e não gerou uma amostra grande o suficiente para demonstrar variações em territórios gerados com patamares baixos de custos de viagem para a maioria das referências.

4.3.2 Enraizamento territorial como indicador funcional

As definições dos doze índices do ambiente urbano, bem como a renda média dos habitantes (ren), representam um contexto urbano que é composto por elementos localizados captados pelas relações, na forma de focos nodais das redes e focos locais das regiões, e por elementos relacionais parametrizados nos lugares, na forma das estruturas das redes e potenciais das regiões. Esse contexto condiciona as múltiplas funções urbanas (Zemp et al., 2011). Portanto, é de se esperar que essa dimensão nuclear/relacional proporcione funções igualmente híbridas no espaço. Os deslocamentos – em sua função derivada de demandas entre dois pontos fixos e segregados no espaço – são, por natureza, consequências de fenômenos híbridos de separação (potenciais em estruturas) e de residência (lugares em nós).

Esse estudo busca encontrar a associação das métricas do ambiente urbano (as variáveis independentes) com indicadores funcionais proferidos pelos deslocamentos (as variáveis dependentes). Os indicadores dos deslocamentos, então, devem parametrizar essas funções híbridas da melhor forma possível. Como visto nos capítulos anteriores, dentro do planejamento integrado de transportes e uso do solo, objetivos comuns podem ser mais variados (ver seção 2.1.1) que aqueles comumente encontrados na literatura: redução de frequências de viagens motorizadas; menor inclinação ao uso de automóveis particulares; e menores distâncias percorridas (Ewing & Cervero, 2001).

Em vista disso, procura-se explorar o conceito de enraizamento territorial, já estruturado em análises teórico-conceituais e empíricas (cf. Vale, 2007) e como argumento de prescrições do planejamento integrado de transportes, especialmente pela possibilidade de incorporar variáveis do desempenho da rede de transportes (Quanta-Lerner, 2016b, p.114). Logo, é desejado conhecer quais condições urbanas têm associações com interações mais intensas, não necessariamente com notações causais, e em quais tipos de patamares territoriais (b) ou segmentos de caracterização horária e modal (h).

Mantendo h constante, é possível descrever patamares territoriais: a *borda local* (T1), a *borda de vizinhança* (T2), a *borda de influência* (T3) e, a partir disso, os deslocamentos são caracterizados cada vez mais por relações de dependência socioeconômica, até um extremo: a *borda de lesão* (T4), acima da qual os deslocamentos são altamente nocivos e devem ser desencorajados. Os indicadores são análogos às demandas por deslocamentos (d_{ij}^h) entre os lugares dentro do território delimitado pela borda local – o território de referência – e os lugares dentro dos demais territórios (ou a si mesmos).

Os índices referentes a cada um desses patamares são definidos pelas Equações 4-15 a 4-18. Já que são relacionadas com deslocamentos, as componentes relacionadas à atração têm o território a montante como referência e aquelas relacionadas à produção têm o território a jusante. Todos os índices são referentes ao pico da manhã. Em um arcabouço construído para o pico da tarde, os territórios e as direções se invertem.

$$\text{enr}(i, h) = \frac{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T1)} d_{uv}^h + \sum_{u \in T^*(i, T1)} \sum_{v \in T^*(i, T1)} d_{uv}^h}{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in A} d_{uv}^h + \sum_{u \in A} \sum_{v \in T^*(i, T1)} d_{uv}^h} \quad \begin{array}{l} \text{Equação} \\ 4-15 \end{array}$$

$$\text{int}(i, h) = \frac{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T2)} d_{uv}^h - \sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T1)} d_{uv}^h}{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in A} d_{uv}^h} \quad \text{Equação 4-16}$$

$$\text{art}(i, h) = \frac{\sum_{u \in T^*(i, T3)} \sum_{v \in T^*(i, T1)} d_{uv}^h - \sum_{u \in T^*(i, T2)} \sum_{v \in T^*(i, T1)} d_{uv}^h}{\sum_{u \in A} \sum_{v \in T^*(i, T1)} d_{uv}^h} \quad \text{Equação 4-17}$$

$$\text{dep}(i, h) = 1 - \frac{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T4)} (d_{uv}^h)^2 - d_{uv}^h + \sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T3)} d_{uv}^h}{\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in A} d_{uv}^h} \quad \text{Equação 4-18}$$

A, nessas equações, é o conjunto de todas as zonas de tráfego. A taxa de *enraizamento local* (Equação 4-15) é determinada pela proporção da demanda da esfera local ($c_{ij} \in [0, T1]$) que se desloca para ela mesma em relação a toda a atração e toda a produção. A taxa de *integração imediata* (Equação 4-16) é determinada pela proporção da demanda da esfera local ($c_{ij} \in [0, T1]$) que se desloca para a esfera de vizinhança ($c_{ij} \in]T1, T2]$) em relação a toda a produção. A taxa de *articulação intrarregional* (Equação 4-17) é determinada pela proporção da demanda da esfera de influência ($c_{ij} \in]T2, T3]$) que se desloca para a esfera local ($c_{ij} \in [0, T1]$) em relação a toda a atração.

A taxa de *dependência inter-regional* (Equação 4-18) é determinada pela proporção da demanda da esfera local ($c_{ij} \in [0, T1]$) que se desloca para a esfera de dependência ($c_{ij} \in]T3, \infty[$) em relação a toda a produção. A título de esclarecimento, o componente 1, fora da fração, foi disposto dessa forma para maior compactação e compunha o numerador original ($\sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in A} d_{uv}^h - \sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T4)} d_{uv}^h + \sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T4)} d_{uv}^h - \sum_{u \in T(i, T1)} \sum_{v \in T(i, T3)} d_{uv}^h$). O expoente quadrático proporciona um peso maior às demandas com custo acima da borda de lesão ($c_{ij} \in]T4, \infty[$) e o expoente do denominador serve para equilibrar o índice, evitando que ultrapasse 1.

Diferente dos demais índices, a taxa de dependência inter-regional é uma medida para medir exclusivamente aspectos negativos dos deslocamentos. Uma métrica derivada, a taxa de *independência regional*, com a conotação inversa, pode ser calculada pelo seu complemento (Equação 4-19).

$$\text{ind}(i, h) = 1 - \text{dep}(i, h) \quad \text{Equação 4-19}$$

Após uma breve documentação da área de estudo e dos dados disponíveis, o próximo capítulo será voltado para descrever os ensaios empíricos que servirão como método de

verificação dos efeitos do ambiente construído nas variáveis funcionais. Primeiramente, haverá uma apresentação do modelo topológico utilizado para o cálculo das áreas de vizinhança. Em seguida, o método será descrito mais detalhadamente na forma dos critérios para agregação das variáveis, das técnicas utilizadas para a análise multivariada e para a geração e a interpretação do agrupamento. Esses procedimentos, bem como a manipulação dos índices, são resumidos pela Figura 4-1.

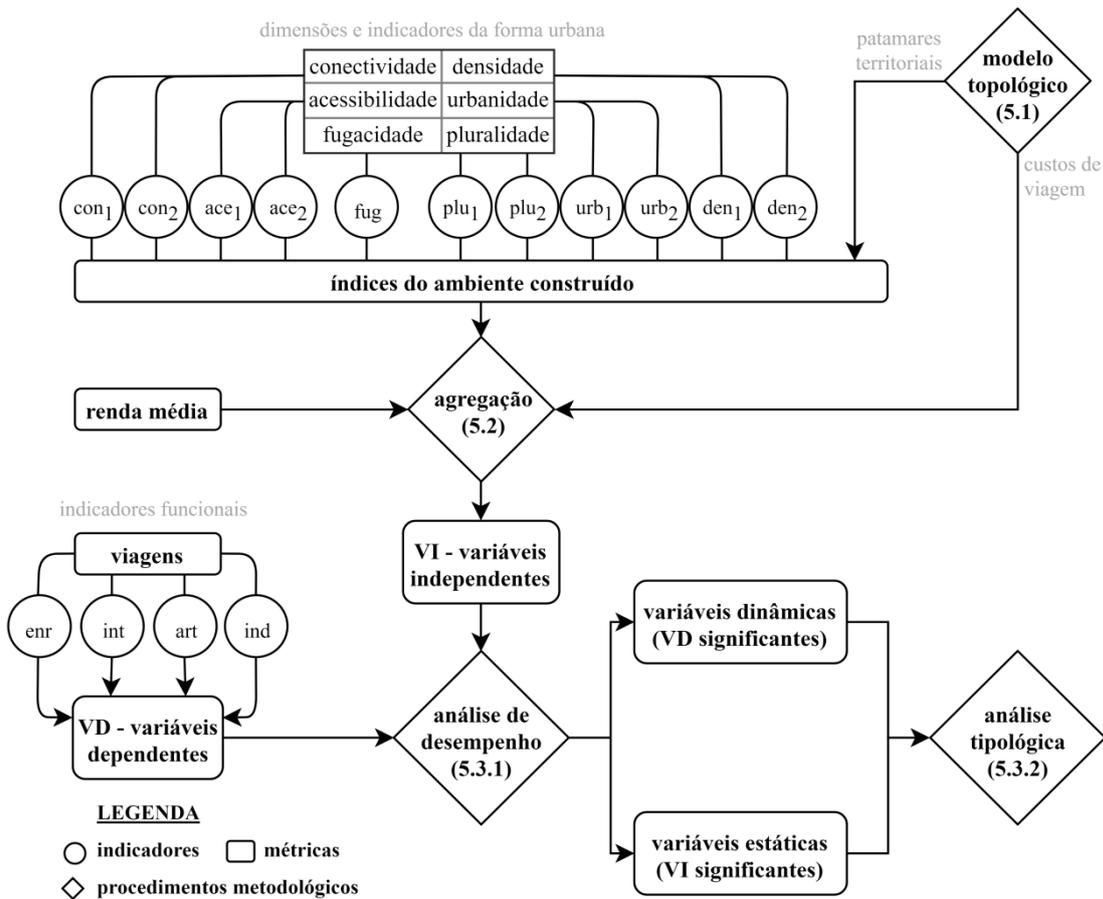


Figura 4-1: Fluxograma de procedimentos metodológicos

5 MODELAGEM

A Região Metropolitana do Rio de Janeiro (RMRJ), objeto do estudo de caso desse trabalho, abrange uma área total de 6745 km² e tinha 12.026.014 moradores em domicílios particulares permanentes durante o Censo Demográfico de 2010 (IBGE, 2010). Essa região metropolitana foi delimitada pela Lei Complementar 20/1974 e posteriormente modificada por diversas leis complementares, sendo a mais recente a Lei Complementar 158/2013, que incluiu os municípios de Cachoeiras de Macacu e Rio Bonito aos então componentes: Rio de Janeiro, Belford Roxo, Duque de Caxias, Guapimirim, Itaboraí, Itaguaí, Japeri, Magé, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paracambi, Queimados, São Gonçalo, São João de Meriti, Seropédica e Tanguá.

O escopo foi reduzido desses 21 municípios para cinco municípios do Leste Metropolitano (LMRJ) – Niterói, São Gonçalo, Itaboraí, Tanguá e Maricá – que podem ser vistos destacados, em sentido horário, na Figura 5-1. Esses municípios compõem 19% da população da RMRJ. A área de estudo foi ainda reduzida apenas para as áreas de ocupação urbana, que segundo o censo, contêm 99% da população na RMRJ e 98% da população no LMRJ (IBGE, 2010). A principal justificativa para essa decisão foram limitações de memória para processar o grafo muito complexo concebido no modelo topológico e realizar o cálculo de custos de viagens desagregados. A documentação dessa redução se encontra no final da seção 5.1 e as implicações para a agregação de variáveis serão discutidas na seção 5.2.



Figura 5-1: Municípios da Região Metropolitana do Rio de Janeiro

O banco de dados dos anexos dos relatórios do Plano Diretor de Transportes Urbanos da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU/RMRJ) compuseram as informações de transportes para esse trabalho. A rede de transportes fornecida é composta pela situação em 2012 – um sistema complexo de ônibus municipais e intermunicipais, e algumas linhas troncais de trens urbanos (duas rotas operadas pela empresa MetrôRio e oito rotas operadas pela empresa SuperVia) e de barcas (quatro rotas) (Halcrow-Sinergia-Setepla, 2012). Esse sistema é ilustrado pela Figura 5-2. Alguns modos estão ausentes desse banco de dados, como o bonde histórico de Santa Teresa, os teleféricos do Alemão e o transporte complementar composto por vans.

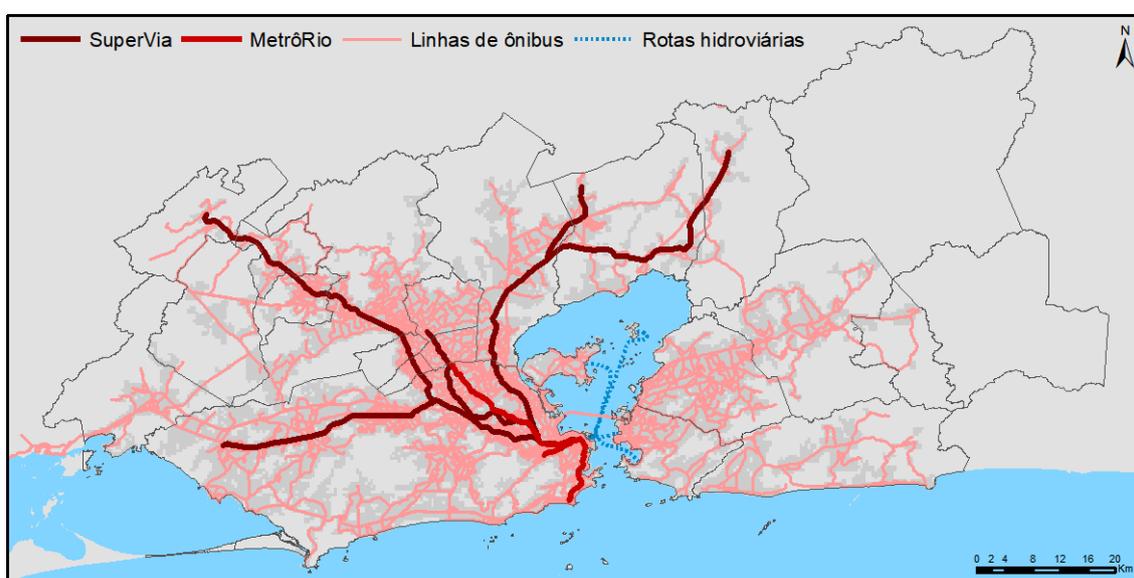


Figura 5-2: Rede de transporte coletivo da Região Metropolitana do Rio de Janeiro
Adaptado de PDTU/RMRJ (2012).

É possível dizer que, no banco de dados disponível, a maioria dos serviços de ônibus são linhas simples paradoras. Existem, entretanto, instâncias como linhas expressas, principalmente nas rodovias urbanas; sistemas com linhas expressas e paradoras, notavelmente na faixa seletiva da Avenida Brasil, na zona norte do município do Rio de Janeiro, e no Corredor Metropolitano, uma faixa seletiva na zona norte de Niterói; e faixas prioritárias para ônibus, por vezes com certa organização das paradas, como os corredores BRS da região sudeste do município do Rio de Janeiro. Após o tratamento dos dados e eliminação de arquivos deficientes ou corrompidos, foram incluídas no estudo 1002 linhas municipais, dessas 62,5% na capital e 16,9% no LMRJ, e 521 linhas intermunicipais.

Uma deficiência do banco de dados é a ausência do número de paradas de cada linha de ônibus em cada quadrícula. Como a única porção da rede de transportes que disponibilizaria essa informação de forma fidedigna seria a rede municipal do Rio de Janeiro, uma simplificação foi feita em nome de uma regularidade para toda a RMRJ. Os modos de transporte coletivo de capacidade elevada (metrô, trem e barcas, em 2012) tiveram a listagem feita manualmente e para as demais modalidades, praticamente a rede de ônibus, considerou-se que todas as quadrículas por onde os ônibus passassem haveria uma parada.

Vale ressaltar que, desde 2012, principalmente pelo fato de que a capital sediou grandes eventos, como a Copa do Mundo de Futebol e a Olimpíada, a metrópole expandiu o seu sistema de transportes e que isso possivelmente modifica os padrões de viagem. Contudo, a caracterização dos deslocamentos utilizada nesse estudo de caso pertence à mesma base de dados que a rede de transportes. A análise, portanto, seria distorcida se realizada se consideradas as mudanças na rede. Uma discussão sobre os padrões de viagem e as consequências de projetos executados e projetados para a área central de negócios da capital pode ser verificada em Geaquinto *et al.* (2018).

Essas mudanças aconteceram acima de tudo no município do Rio de Janeiro. A prefeitura construiu três corredores BRT no centro-sul do município, ligando a baixada de Jacarepaguá, onde a maioria dos eventos olímpicos foi realizada, com as zonas norte e oeste. O governo estadual, nesse intervalo, expandiu o sistema de metrô em 13 km, ligando essa região olímpica à zona sul do município. Na área central de negócios, a operação urbana consorciada Porto Maravilha proporcionou a construção de um sistema de veículos leves sobre trilhos, a reforma de calçadas e a substituição da infraestrutura viária. Fora da capital, Niterói construiu dois mergulhões em seu centro e um corredor de ônibus exclusivo ligando a estação de barcas de Charitas à região oceânica, no sudeste do município. O sistema de ônibus passou por reconfigurações intensas nesse período, sobretudo nas regiões que foram afetadas por essas obras.

Como os dados referentes aos deslocamentos são muito limitados, o recorte horário deve englobar o maior número de viagens possível, ao mesmo tempo em que o contexto dessas viagens seja semelhante e concentrado, de forma que as métricas de desempenho funcionem de acordo com os territórios de referência predominantes. Por isso, o período escolhido, entre as 5 e 10 da manhã, é um pouco mais prolongado do que é

compreendido como pico matutino, já que se entende que as viagens periféricas ao horário mais crítico ainda preservam um caráter semelhante. As 4.930 entradas do questionário do PDTU/RMRJ para esse período podem ser ilustradas pela Figura 5-3, que mostra a quantidade de viagens realizadas, por transporte coletivo e ativo ou por todos os modos, em toda a Região Metropolitana do Rio de Janeiro no período.

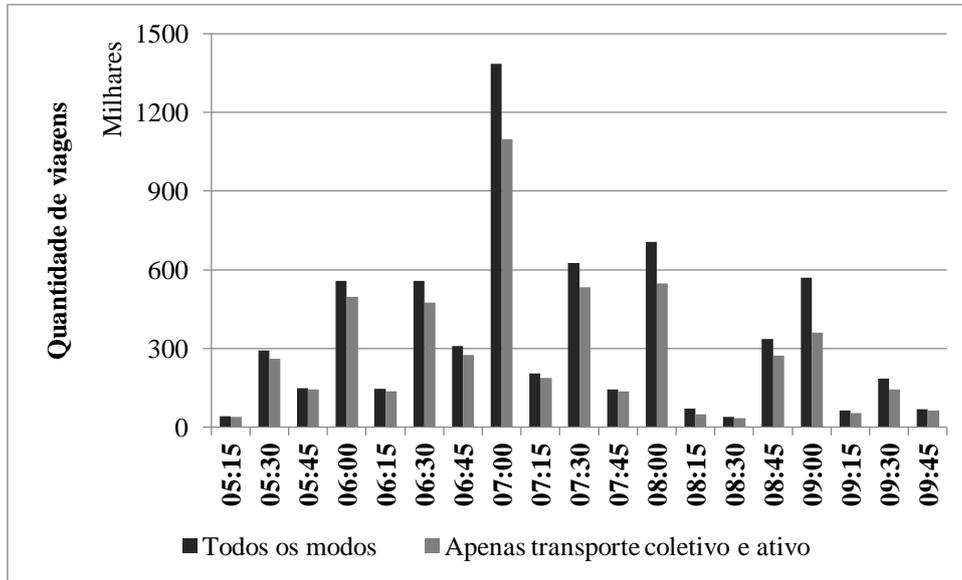


Figura 5-3: Pico matutino estendido da Região Metropolitana do Rio de Janeiro
Adaptado de PDTU/RMRJ (2012).

As unidades geográficas utilizadas, além dos municípios, são as unidades metropolitanas de informação (UMI), definidas pelo Estudo de Centralidades realizado pelo Instituto de Estudos do Trabalho e Sociedade (Petraglia & Leite, 2017, p.28), as zonas de tráfego (ZT/PDTU), delimitadas pelo PDTU/RMRJ (Halcrow-Sinergia-Setepla, 2016), os setores censitários (SC), delimitados no Censo Demográfico pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), e quadrículas estatísticas (QE), quadrados com lados de 400 metros de comprimento, geradas pela função *fishnet* do software Esri ArcGIS.

Esse último recorte foi concebido com o intuito de calcular custos de viagem desagregados em um zoneamento geometricamente regular. As quadrículas servem como zonas de tráfego do modelo topológico reportado na seção 5.1. Após a geração dessas unidades, foram selecionadas apenas aquelas intersectadas pela área de ocupação urbana, por linhas de transporte coletivo, da base do PDTU/RMRJ em 2012, e/ou pelo sistema viário, da base de mapeamento OpenStreetMap (OSM, 2017). Posteriormente, foram eliminadas, manualmente, as quadrículas referentes às vias e áreas ocupadas

isoladas. As quadrículas resultantes (15.639 na RMRJ e 3.559 na área urbana do LMRJ) podem ser conferidas na Figura 5-4.

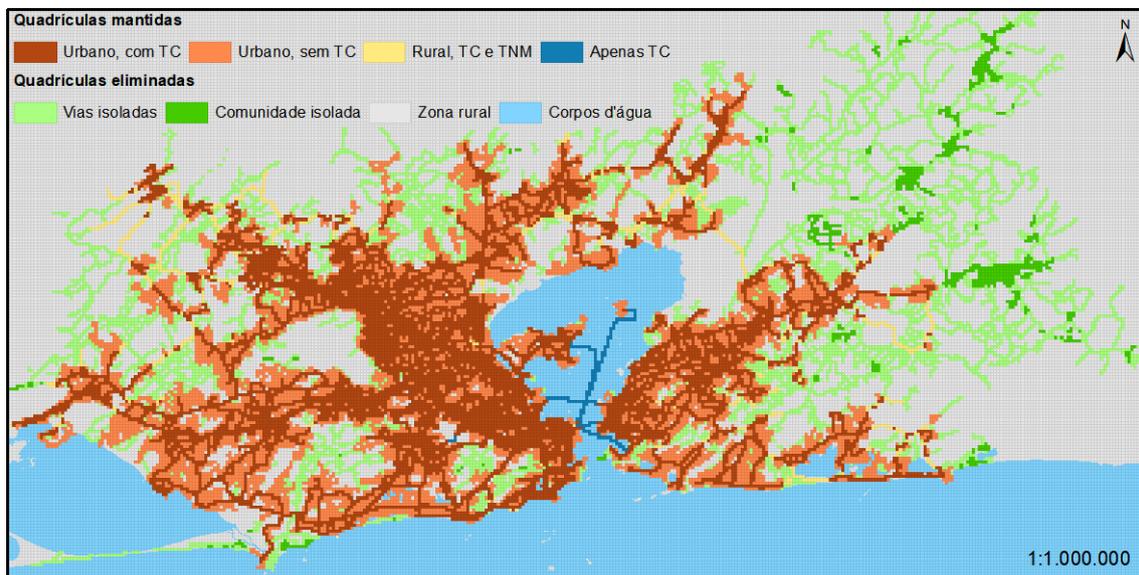


Figura 5-4: Tipos de quadrícula estatística

O número de quadrículas na RMRJ é 22% menor que o de setores censitários, ao passo que aquelas inseridas na mancha de ocupação urbana no LMRJ são menores em apenas 1,4%. Pode-se dizer que ambas estão em um nível semelhante de agregação na área de estudo, com mudanças apenas na regularidade. Por esse motivo, as informações dos setores podem ser transferidas para as quadrículas por ponderação de área de interseção.

A grande variedade de unidades espaciais se deve ao fato de que os dados disponíveis para transportes, uso do solo e características sociodemográficas têm diferentes níveis de agregação. Enquanto as métricas derivadas da rede de transporte (c_{ij} , ped_i) podem ser alocadas nas quadrículas estatísticas, de modo que sejam facilmente calculadas, outras variáveis estão disponíveis em divisões com níveis diferentes de agregação e regularidade.

As características da população residente (res_i , $pre_n_i^r$, ren) e do entorno dos domicílios (componentes de urb_{2-1} e urb_{2-2}) são designadas nos setores censitários, unidades mais irregulares e desagregadas, e as características efetivas dos deslocamentos (d_{ij}^h) nas zonas de tráfego do PDTU/RMRJ, que são agregados de setores censitários (Halcrow-Sinergia-Setepla, 2016). Apesar de que a maioria das variáveis reside nesse patamar de agregação, a última variável necessária para produzir os índices de interesse, a

quantidade de postos de trabalho (emp_i), em seu nível mínimo de desagregação, é disponibilizada para cada UMI, que são unidades muito maiores.

As informações sobre empregos foram coletadas pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS), organizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que tem um banco de dados geograficamente contínuo, em nível de endereço de todos os CNPJ dos estabelecimentos. Entretanto, com a justificativa de preservação de privacidade, esses dados são abertos somente a nível municipal, com exceção dos municípios do Rio de Janeiro, São Paulo e Fortaleza, que são divididos por bairros. Mediante acordo com o ministério, foi disponibilizado acesso aos dados contínuos da RAIS de 2014 para realizar um estudo sobre centralidades (IETS, 2016), encomendado pela Câmara Metropolitana de Integração Governamental do Rio de Janeiro (CMIG/RJ), que foram agregados no nível de UMI (Petraglia & Leite, 2017, p.18). Os dados agregados foram cedidos à equipe do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDUI/RMRJ), também encomendado pela CMIG/RJ, que teve participação do autor dessa dissertação.

Os setores censitários, as zonas de tráfego do PDTU/RMRJ e as unidades metropolitanas de informação são compatíveis em um nível crescente de agregação, ao mesmo tempo em que as quadriculas estatísticas proporcionam uma regularidade entre distâncias euclidianas e uma desvinculação entre as divisas e as vias, o que é conveniente para o cálculo dos custos de viagem entre os lugares de referência e, por conseguinte, dos territórios que definirão as métricas. O Quadro 5-1 resume a proveniência, ou método de cálculo, e a agregação de cada componente do banco de dados, bem como as variáveis que são derivadas. Fica claro que, com um banco de dados tão diverso, existe a necessidade de um processo de agregação entre as variáveis.

Essa manipulação será relatada na seção 5.2, após a exposição do método topológico (seção 5.1) que define os custos de viagem entre quadriculas, o qual, por sua vez, fundamenta o cálculo das métricas que condicionam os ensaios finais (seção 5.3) – a análise multivariada (seção 5.3.1), para determinar as relações das variáveis do ambiente urbano entre si e entre as variáveis de desempenho, e a análise de agrupamento (seção 5.3.2), para determinar a distribuição de tipologias na região estudada.

Quadro 5-1: Componentes do banco de dados

Componente	Fonte (ou método)	Agregação	Derivações
Rede viária	OSM (2017)	Contínua	ped_i
Rede de transporte coletivo	PDTU/RMRJ (2012)	Contínua	c_{ij}
Custos de viagem (c_{ij})	Seção 5.1	QE	T, T*, con_1 , ace_1 , ace_2
Territórios (T, T*) ¹	Seção 5.2	QE, UMI	con_1 , con_2 , urb_1 , urb_2 , fug
<i>Pedshed</i> (ped_i) ²	<i>Service Area</i> ³	QE	urb_1
Habitantes (res_i)	IBGE (2010)	SC	den_2 , ace_2 , plu_1 , plu_2
Pessoas por faixa de renda (pre_n_i) ⁴	IBGE (2010)	SC	plu_2
Renda média (ren)	IBGE (2010)	SC	–
Características do entorno	IBGE (2010)	SC	urb_{2-1} , urb_{2-2}
Demanda por viagens (d_{ij}^h)	PDTU/RMRJ (2012)	ZT/PDTU	enr , int , art , dep , ind
Postos de trabalho (emp_i)	RAIS/MTE (2014) ⁴	UMI	den_1 , ace_1 , plu_1

¹ os territórios fundamentam as variações de todas variáveis independentes e dependentes

² para 400 metros de caminhada (valor do lado de uma quadrícula estatística)

³ função do pacote de ferramentas *Network Analyst* do software ESRI ArcMap

⁴ *apud* IETS (2016)

5.1 TOPOLOGIA DE REDE

Assimiladas as informações provenientes do banco de dados, é possível realizar o primeiro passo da modelagem dos ensaios – conceber o modelo topológico de rede cuja lógica resultará nos custos de viagem entre zonas de tráfego.

Em um modelo simples, ilustrado na Figura 5-5, as linhas de transporte coletivo seriam sobrepostas a uma rede de arcos de caminhada e reduzidas a arestas que ligariam as zonas de tráfego, estas reduzidas a nós, por onde passam. Entretanto, os dados disponíveis permitem um grafo mais elaborado, no qual informações do intervalo das linhas e do território podem ser aproveitadas. Um caminho típico é composto não apenas da viagem motorizada, mas também dos custos de espera pelos veículos e a porção da viagem por caminhada, inclusive acesso e saída das áreas de parada (Chowdhury et al., 2014).

É possível, portanto, decompor a topologia de rede em três planos paralelos – transporte não motorizado (P1); ingresso ao transporte coletivo (P2); transporte coletivo (P3) – divididos pelas mesmas zonas de tráfego. Os arcos do grafo formado podem ser categorizados em seis categorias:

- Arcos de caminhada (c), que ligam as zonas de tráfego vizinhas no plano P1, por transporte não motorizado;
- Arcos de acesso (a), que ligam as zonas de tráfego vizinhas do plano P1 ao plano P2, para acesso por transporte não motorizado às paradas de transporte coletivo;
- Arcos de espera (e), que ligam o plano P2 ao plano P3 em uma zona de tráfego, com diferentes custos inerentes ao ingresso a cada linha de transporte coletivo;
- Arcos de viagem (v), que ligam as zonas de tráfego vizinhas no plano P3, por transporte coletivo;
- Arcos de saída (s), que ligam as zonas de tráfego vizinhas do plano P3 ao plano P1, para acesso ao destino ou continuação de parte ou da totalidade do resto da viagem por transporte não motorizado;
- Arcos de transbordo (t), que ligam as zonas de tráfego vizinhas no plano P3 para acesso, por transporte não motorizado, a outras linhas de transporte coletivo.

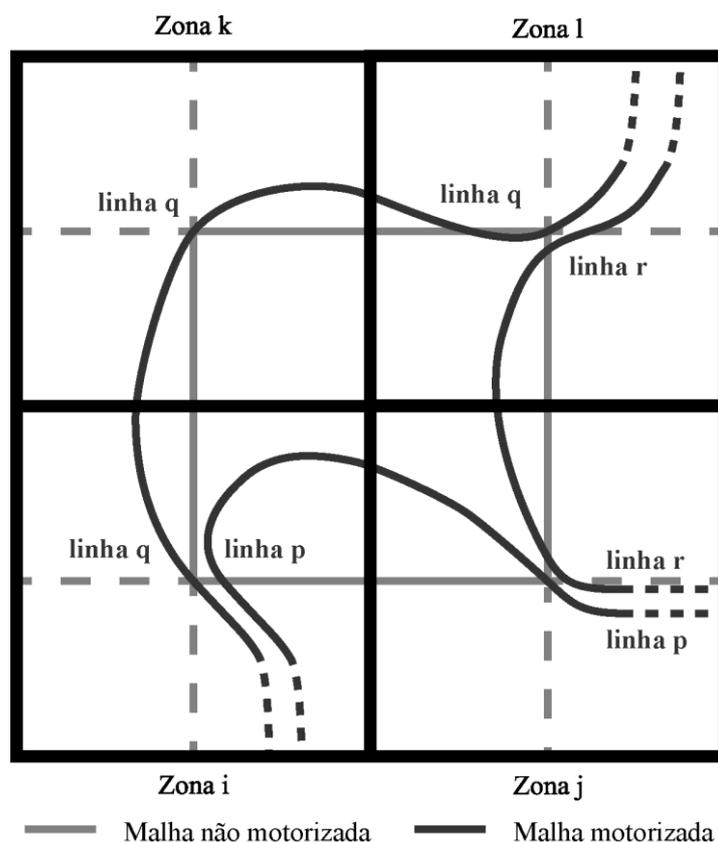


Figura 5-5: Modelo simples de topologia de rede

A viagem pode ser categorizada em três momentos: a porção intermediária da viagem, quando todos os arcos são pertinentes para a escolha de rota, e as porções inicial e final

da viagem, quando apenas são pertinentes os arcos orientados a partir do local de origem e os arcos orientados para o local de destino, respectivamente. Apesar de estarem em um arcabouço topológico para transporte coletivo, os momentos inicial e final da viagem se caracterizam por arcos de transporte ativo (caminhada, acesso e saída).

Esses fragmentos da viagem podem ser ilustrados na Figura 5-6, que exibe uma seção transversal dos planos P1 a P3, centrados nas zonas de tráfego que caracterizam cada momento – respectivamente origem i para o momento inicial, destino j para o momento final e uma zona de tráfego genérica k para o momento intermediário – e as respectivas zonas de tráfego vizinhas. O terceiro plano foi segmentado em dois subplanos (P3-p e P3-q), um para cada linha de transporte coletivo (p e q) apresentada no exercício.

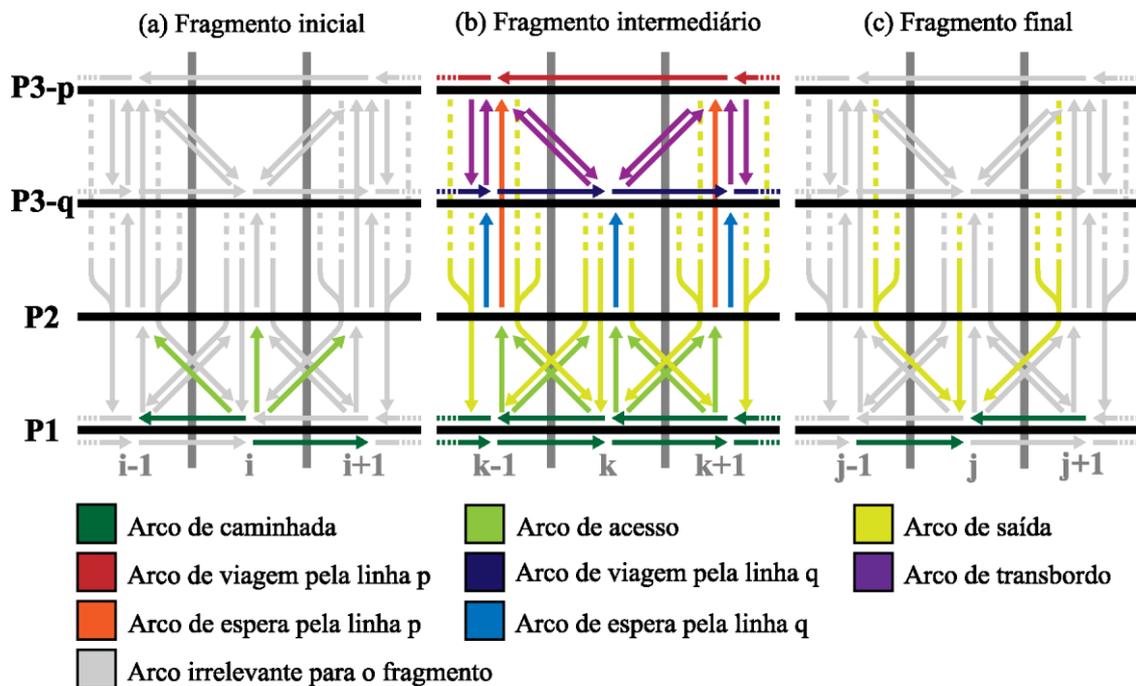


Figura 5-6: Seção transversal do modelo topológico

A partir dessa especulação sobre topologia, é possível configurar um modelo de problema de caminho mínimo. Os termos referentes às restrições de fluxo podem ser definidos:

- A: conjunto de zonas de tráfego;
- M: conjunto de linhas de transporte coletivo;
- i, j : zonas de tráfego de origem e de destino na rota, pertencentes ao conjunto A;
- k, l, m : zonas de tráfego, pertencentes ao conjunto A;

- p, q : linhas de transporte coletivo, pertencentes ao conjunto M ;
- $V(k)$: conjunto de zonas adjacentes a k , inclusive k ;
- $w(p, k)$: variável binária para validade de parada em k pela linha p ;
- $y(p, k, l)$: variável binária para validade da ligação de k para l presente na linha p ;
- $x_c^{ij}(k, l)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de caminhada entre as zonas de tráfego k e l ;
- $x_a^{ij}(k, l)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de acesso da zona k para o plano de acesso ao transporte coletivo na zona l ;
- $x_e^{ij}(p, k)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de espera pela linha p na zona k ;
- $x_v^{ij}(p, k, l)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de viagem por meio da linha p da zona k para zona l .
- $x_s^{ij}(p, k, l)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de saída da viagem pela linha p na zona k para continuação do deslocamento por transporte não motorizado na zona l ;
- $x_t^{ij}(p, q, k, l)$: variável binária para validade, na rota entre i e j , de transbordo da linha p na zona k para a linha q na zona l .

As restrições de fluxo do momento inicial e do momento final (representados nos fragmentos a e c da Figura 5-6) podem ser descritos, respectivamente, pela Equação 5-1 e pela Equação 5-2:

$$\sum_{k \in V(i)} x_c^{ij}(i, k) + \sum_{k \in V(i)} x_a^{ij}(i, k) = 1 \quad \forall (i, j) \in A \quad \text{Equação 5-1}$$

$$\sum_{k \in V(j)} x_c^{ij}(k, j) + \sum_{\substack{k \in V(j); \\ p \in M}} x_s^{ij}(p, k, j) = 1 \quad \forall (i, j) \in A \quad \text{Equação 5-2}$$

Os demais nós dos grafo se referem à porção intermediária da viagem (representada no fragmento b da Figura 5-6), dominados por viagens motorizadas ou não motorizadas e as devidas impedâncias por transferências.

$$\sum_{l \in V(k)} x_c^{ij}(l, k) + \sum_{\substack{l \in V(k); \\ p \in M}} x_s^{ij}(p, l, k) = \sum_{l \in V(k)} x_c^{ij}(k, l) + \sum_{l \in V(k)} x_a^{ij}(k, l) \quad \text{Equação 5-3}$$

$\forall \{i, j\} \in A; \forall k \in A - \{i, j\}$

$$\sum_{l \in V(k)} x_a^{ij}(l, k) = \sum_{p \in M} x_e^{ij}(p, k) \quad \forall \{i, j, k\} \in A \quad \text{Equação 5-4}$$

$$x_e^{ij}(p, k) + \sum_{(q,l) \in (M, V(k))} x_t^{ij}(q, p, l, k) = \sum_{l \in V(k)} x_v^{ij}(p, k, l) \quad \text{Equação 5-5}$$

$$\forall \{i, j, k\} \in A; \forall p \in M$$

$$x_v^{ij}(p, k, l) = \sum_{\substack{(q,m) \in \\ (M, V(l))}} x_t^{ij}(p, q, l, m) + \sum_{m \in V(l)} x_s^{ij}(p, l, m) + \sum_{m \in V(l)} x_v^{ij}(p, l, m) \quad \text{Equação 5-6}$$

$$\forall \{i, j, k\} \in A; \forall l \in V(k); \forall p \in M$$

$$x_v^{ij}(p, k, l) \leq y(p, k, l) \quad \forall \{i, j, k\} \in A; \forall l \in V(k); \forall p \in M \quad \text{Equação 5-7}$$

$$x_t^{ij}(p, q, k, l) \leq w(p, k) \quad \forall \{i, j, k\} \in A; \forall l \in V(k); \forall \{p, q\} \in M \quad \text{Equação 5-8}$$

$$x_t^{ij}(p, q, k, l) \leq w(q, l) \quad \forall \{i, j, k\} \in A; \forall l \in V(k); \forall \{p, q\} \in M \quad \text{Equação 5-9}$$

$$x_s^{ij}(p, k, l) \leq w(p, k) \quad \forall \{i, j, k\} \in A; \forall l \in V(k); \forall p \in M \quad \text{Equação 5-10}$$

$$x_e^{ij}(p, k) \leq w(p, k) \quad \forall \{i, j, k\} \in A; \forall p \in M \quad \text{Equação 5-11}$$

A Equação 5-3 garante que o fluxo seja contínuo em cada nó do plano P1, a Equação 5-4 garante que o fluxo seja contínuo em cada nó do plano P2 e as Equações 5-5 e 5-6 garantem que o fluxo seja contínuo para entrada e saída, respectivamente, nos plano P3 (em cada linha de transporte coletivo). A Equação 5-7 garante que a rota sempre passe por ligações válidas do transporte coletivo e as Equações 5-8 a 5-11 garantem que a rota só tenha transferências entre transporte coletivo e um modo não motorizado (seja caminhada ou acesso a outras linhas) em zonas em que o veículo interrompa seu deslocamento para fazer parada.

Nesse arcabouço topológico, a função objetivo de um problema de caminho mínimo seria restringida pelas Equações 5-1 a 5-11 e definida pela Equação 5-12:

$$\begin{aligned} \min c_{ij} = & \sum_{\substack{(k,l) \in (A,V(k)); \\ n \in \{c,a\}}} (c_n(k,l) x_n^{ij}(k,l)) + \sum_{\substack{(k,l) \in (A,V(k)); \\ p \in M}} (c_s(p,k,l) x_s^{ij}(p,k,l)) + \\ & \sum_{\substack{k \in A; \\ p \in M}} (c_e(p,k) x_e^{ij}(p,k)) + \sum_{\substack{(k,l) \in (A,V(k)); \\ p \in M}} (c_v(p,k,l) x_v^{ij}(p,k,l)) + \\ & \sum_{\substack{(k,l) \in (A,V(k)); \\ \{p,q\} \in M}} (c_t(p,q,k,l) x_t^{ij}(p,q,k,l)) \end{aligned} \quad \begin{array}{l} \text{Equação} \\ 5-12 \end{array}$$

Na qual os novos termos são:

- n: categoria genérica para arcos de deslocamento por transporte não motorizado, ou seja, pode ser representado pelas categorias de caminhada (c) e de acesso (a);
- $x_n^{ij}(k,l)$: variável binária para validade, na rota de i para j, de deslocamento por transporte não motorizado de categoria n;
- $c_n(k,l)$: custo genérico de deslocamento por transporte não motorizado de categoria n entre zonas k e l;
- $c_s(p,k,l)$: custo de saída da linha p da zona k para zona l, que é assumido o mesmo valor que $c_n(k,l)$, para toda linha p do conjunto M;
- $c_e(p,k)$: custo de espera pela linha p na zona k;
- $c_v(p,k,l)$: custo de viagem por meio da linha p da zona k para zona l;
- $c_t(p,q,k,l)$: custo de transbordo da linha p na zona k para a linha q na zona l.

5.1.1 Definição e relações de custos dos arcos

O custo de deslocamento por transporte não motorizado ($c_n(k,l)$) é definido pela Equação 5-13:

$$c_n(k,l) = \begin{cases} c_c^*(k,l), & \text{se } k \neq l \\ c_a^*(k), & \text{se } k = l \end{cases} \quad \text{Equação 5-13}$$

Define-se que $c_c^*(k,l)$ é o custo de caminhada entre as zonas k e l, demonstrado na Equação 5-14, e que $c_a^*(k)$ é a penalidade média de deslocamento interno da zona k, demonstrada na Equação 5-15.

$$c_c^*(k,l) = \frac{D(k,l)}{\eta_g(k,l) v_c} \quad \text{Equação 5-14}$$

$$c_a^*(k) = \frac{1}{2(|V(k)| - 1)v_c} \sum_{l \in V(k)} \left(\frac{D(k,l)}{\eta_g(k,l)} \right) \quad \text{Equação 5-15}$$

Onde:

- $D(p, k)$: distância euclidiana entre zonas k e l ;
- v_c : velocidade de caminhada;
- $\eta_g(k, l)$: eficiência da geometria da viagem entre as zonas k e l , assumido 1 nesse trabalho, porém pode ser adaptado para métricas de facilidade de caminhada (cf. Schlossberg & Brown, 2004).

O custo de espera ($c_e(p, k)$) é descrito pelas impedâncias de ingresso ao veículo, ou seja, de acordo com o intervalo de cada linha ($c_h(p)$) e com a barreira tarifária da linha na zona ($c_i(p, k)$). Nesse estudo, esse cálculo é simplificado para apenas o tempo de espera ser levado em consideração, como se pode ver na Equação 5-16:

$$\begin{aligned} c_e(p, k) &= c_h(p) + c_i(p, k) \\ c_e(p, k) &\approx c_h(p) \end{aligned} \quad \text{Equação 5-16}$$

O intervalo (ou *headway*) é calculado pelo inverso da capacidade veicular da linha (Vuchic, 2007, p.161). Ou seja, assumindo um momento de capacidade em estado estacionário, o *headway* médio será a razão entre o tempo de viagem total da linha (ou ciclo) e a frota $z(p)$. Já que o custo de espera é o único nesse esquema topológico que depende não apenas das estruturas viárias, mas também da coincidência das chegadas do passageiro e do veículo, o ideal seria adicionar a dimensão temporal ao modelo, como no prisma de espaço-tempo de Hägerstrand (1970). Entretanto, além de que isso tornaria a estrutura da modelagem mais complexa, o quadro de horário das linhas de transporte coletivo não está disponível no banco de dados para determinar o desalinhamento de chegada dos veículos e não há desagregação suficiente para que o horário de partida e de atividades dos passageiros seja explícito. Portanto, o custo de espera poderá ser aproximado para a metade do *headway*, como descrito na Equação 5-17:

$$c_h(p) = \frac{1}{2z(p)} \sum_{\{k,l\} \in A} (y(p, k, l) c_v(p, k, l)) \quad \text{Equação 5-17}$$

O custo de transbordo de linhas em regiões adjacentes ($c_t(p, q, k, l)$) definido pelo custo de deslocamento não motorizado entre as linhas e pelo custo de uma nova entrada em outra linha, no qual é descontado o subsídio tarifário de integração entre as linhas p e q

($s_i(p, q)$). Da mesma forma que o custo de espera, o cálculo pode ser simplificado para desconsiderar a tarifa, como visto na Equação 5-18:

$$\begin{aligned} c_t(p, q, k, l) &= c_n(k, l) + c_e(q, l) - s_i(p, q) \\ c_t(p, q, k, l) &\approx c_n(k, l) + c_h(q) \end{aligned} \quad \text{Equação 5-18}$$

O custo de viagem por transporte coletivo ($c_v(p, k, l)$) é obtido pelo tempo de viagem entre as zonas e as penalidades no tempo de viagem, caso haja parada na zona de partida ($w(p, k) = 1$) ou na zona de chegada ($w(p, l) = 1$). Isso é ilustrado na Equação 5-19.

$$c_v(p, k, l) = \frac{D(k, l)}{\eta_v(k, l) v_m(p)} + w(p, k) c_r(p, k) + w(p, l) c_p(p, l) \quad \text{Equação 5-19}$$

Onde:

- $v_m(p)$: velocidade do modo da linha p;
- $\eta_v(k, l)$: eficiência da viagem motorizada, dada pela geometria e congestão das vias entre as zonas k e l, que nesse trabalho será simplificada no valor de 1;
- $c_p(p, l)$: penalidade de parada da linha p, de acordo com modo da linha p na zona k.
- $c_r(p, k)$: penalidade de retomada da linha p, de acordo com modo da linha p na zona k;

5.1.2 Operacionalização e agregação de custos

O modelo topológico foi simplificado para um grafo direcionado a partir da conversão em cada um dos nós, especificados por essa seção e limitados pelo banco de dados, em um sistema de coordenadas (x,y,z) semelhante à Figura 5-5. As coordenadas x e y se referem à latitude e à longitude da quadrícula e a coordenada z se refere aos planos {P1, P2, P3-p, P3-q...}. Em anexo a esse grafo, uma matriz de adjacência foi gerada, de acordo com as entradas dos pesos das arestas que conectam cada ligação possível. O grafo foi gerado pela função *digraph* do MATLAB. Para calcular os custos de cada par origem-destino, ou seja, resolver a Equação 5-12 para todo par (i,j), foi usado um algoritmo de Dijkstra (função *distances* do MATLAB) iterado para cada par.

Inicialmente, era esperado calcular esses custos desagregados para toda a RMRJ. Por exigir especificações indisponíveis de processamento e memória, o escopo foi reduzido

para LMRJ e uma região de abrangência. A área foi delimitada por uma matriz preliminar de custos agregados por UMI, calculada pela ferramenta *OD Cost Matrix* do pacote *Network Analyst* do software ESRI ArcMap.

Esses custos foram calculados pelo grafo derivado da base OSM (2017), em que as velocidades eram de 60 km/h nas vias principais e 40 km/h nas demais. A isócrona de 60 minutos abrangeu, além das 29 UMI do LMRJ, outras 50 no restante da região metropolitana. Como pode ser observado na Figura 5-7, a região atinge 45 unidades na capital, duas no município de Duque de Caxias e uma para cada um dos outros três municípios atingidos: Guapimirim, Magé e São João de Meriti. O grafo resultante desse corte tem 98.816 nós e 1.021.095 arcos.

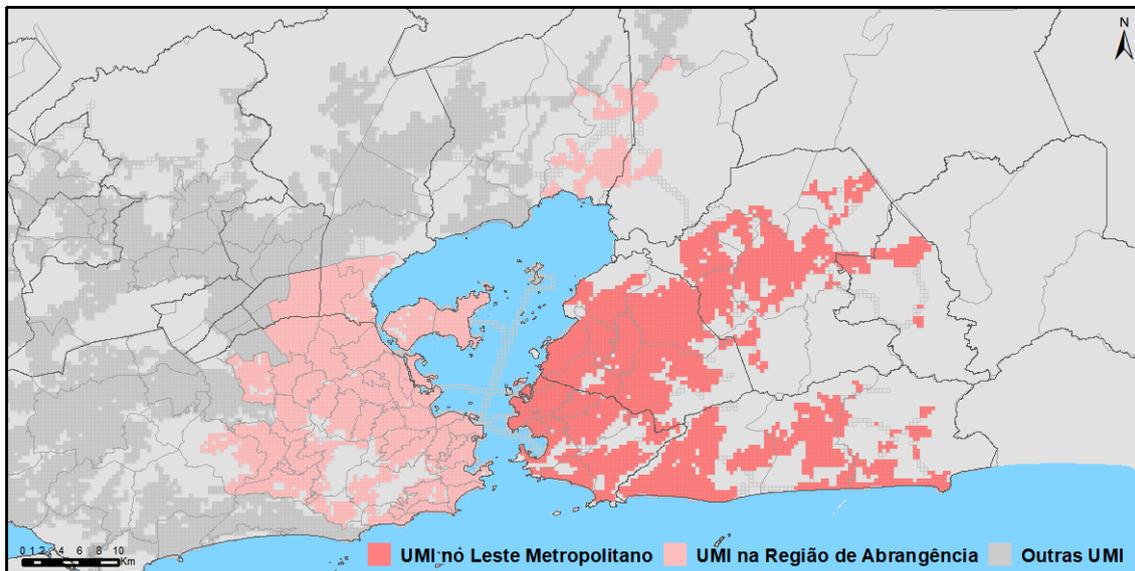


Figura 5-7: Área de estudo – Leste Metropolitano e região de abrangência

Os custos de viagens calculados entre cada par de quadrículas nessa área de abrangência foram posteriormente agrupados em cada par origem-destino de UMI. Foram calculados a média, a mediana e o desvio-padrão dos pares desagregados contidos pelos pares agregados. As UMI com maior área de interseção com as quadrículas foram consideradas aquelas que as continham. A Figura 5-8 mostra a obliquidade não paramétrica (ou seja, o desvio, em termos de desvio padrão, entre a mediana e a média de cada par) e a razão entre o desvio padrão e média do cada par, em séries de cada uma das 29 UMI de origem no LMRJ, em ordem crescente de custo médio para todas as 79 UMI de destino.

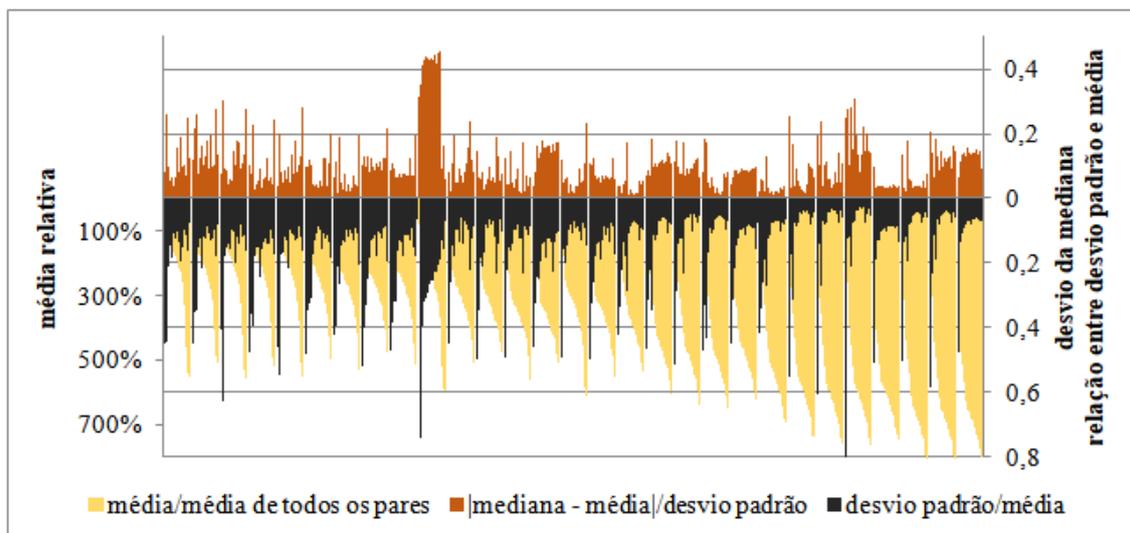


Figura 5-8: Obliquidade e variância em médias crescentes de tempos de viagem

É notável uma relativa uniformidade no desvio da mediana, em faixas geralmente menores que 15% do desvio padrão, sem relação aparente com os custos crescentes. A única ressalva a esse padrão é a décima série em termos de menor custo, com a maioria do desvio das medianas maior que 40% do desvio padrão. Essa série é referente à UMI de Charitas, na zona sul de Niterói, cuja delimitação abrange os dois lados do Morro do Preventório. Aproximadamente um terço das quadrículas inseridas não tem fácil acesso à faixa estreita entre a montanha e a baía, próxima à estação de barcas. Portanto, não surpreende que tanto a mediana quanto a variância se comporte de maneira incomum.

Pode-se observar que a razão entre o desvio padrão e a média diminui ao passo que os custos médios aumentam, tanto de acordo com o crescimento das médias de todas as séries, quanto dentro de cada série referente a cada uma das UMI. A menor variância nas UMI com maior custo médio mostra que essas regiões não têm somente um nível elevado de marginalização, mas suas componentes são mais uniformemente segregadas que nas demais unidades agregadas.

O caso da variação do desvio padrão isolada em cada série, pode ser ilustrado, a título de exemplo, na Figura 5-9, que mostra em detalhe aquela referente ao centro de São Gonçalo, 11ª em custos médios do LMRJ. Nessa situação, a própria agregação é responsável por essa ocorrência, uma vez que pares origem-destino menos afastados agregam tanto as quadrículas muito próximas, quanto aquelas muito distantes, na outra extremidade da UMI. Quando os custos aumentam, essa variância se dissipa porque os custos internos são mais desprezíveis em relação aos custos externos.

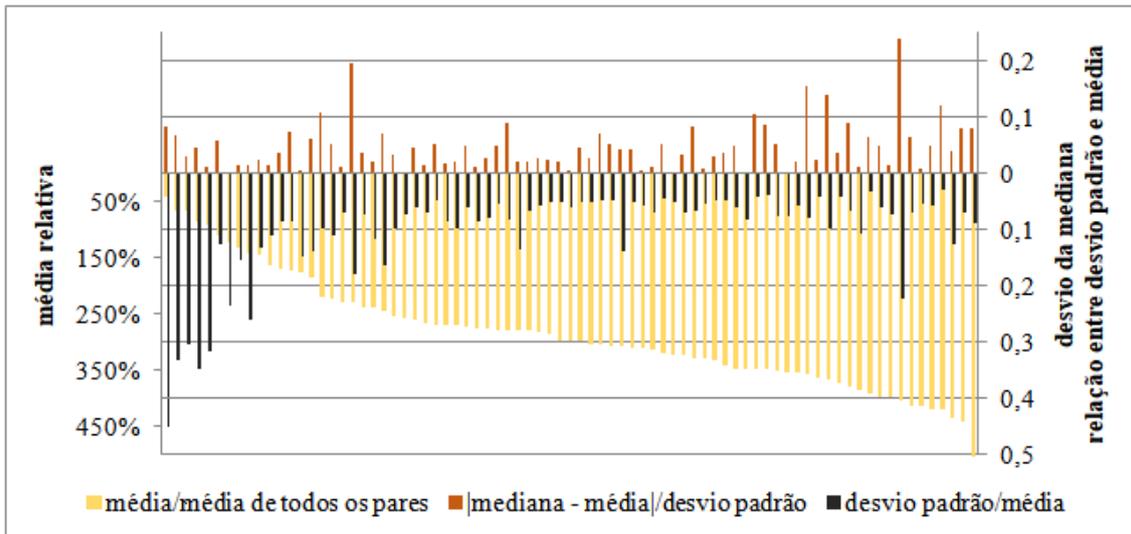


Figura 5-9: Obliquidade e variância de tempos de viagem do centro de São Gonçalo

5.2 AGREGAÇÃO DE VARIÁVEIS

O primeiro obstáculo para o sucesso da análise dos indicadores é o tratamento dos dados para que sejam compatíveis entre si, sejam aqueles fornecidos pelas diversas fontes (como pode ser visto no Quadro 5-1) ou aqueles obtidos pelo modelo topológico. Se não bastasse um banco de dados diverso, a natureza dos próprios índices é de uma combinação entre a construção de um território baseado em um zoneamento altamente desagregado (no nível de quadrículas estatísticas) e a alocação dos valores dentro desse território, que são por vezes agregados.

O indicador na sua forma agregada (no nível de UMI) pode ser calculado de duas formas: a média dos valores das unidades desagregadas contidas (I1), ponderados pelos patamares territoriais formados por custos desagregados; e o valor de unidades agregadas (I2), ponderado pelo patamar territorial formado por custos agregados. Esse raciocínio pode ser ilustrado pelas Equações 5-20 e 5-21, onde i são as unidades desagregadas, u são as unidades agregadas, U é o conjunto de unidades desagregadas contidas em cada unidade agregada e f são os valores das funções de cada índice, ponderados pelo lugar de referência (i ou u) pelos patamares territoriais (b).

$$I1(u, b) = \frac{\sum_{i \in U(u)} f(i, b)}{|U(u)|}$$

Equação 5-20

$$I2(u, b) = f(u, b)$$

Equação 5-21

Alguns índices, consideradas restrições dos dados disponíveis, apenas podem ser calculados pelo segundo método. São aqueles que incorporam postos de trabalho (den_1 , ace_1 , plu_1), disponíveis apenas em nível de UMI, e as métricas funcionais, definidas pelos deslocamentos (enr , int , art , dep , ind), disponíveis apenas em nível de ZT/PDTU e facilmente agrupadas em nível de UMI, em prol de uma unificação de unidades agregadas. De maneira análoga, para usar o segundo método, os índices de facilidade de caminhada (urb_1) teriam que agregar de alguma forma os valores de *pedshed*, que são métricas de natureza nodal – o primeiro método, portanto, deve ser utilizado nesse caso.

É possível classificar os demais índices em quatro categorias, de acordo com o papel do território no cálculo: as somas territoriais (den_2 , ace_2); as contagens territoriais (con_2); as médias territoriais (con_1 , urb_{2-1} , urb_{2-2}); e as entropias territoriais (fug , plu_2). Todos esses índices podem ser obtidos por ambos os métodos de agregação. Por exemplo, as somas e as contagens funcionam da mesma maneira que as métricas que englobam postos de trabalho e podem, ou não, ser agregadas de forma análoga.

As entropias medem a diversidade das proporções dentro do território e são menos capazes de exibir variação entre as entradas quando os lugares forem menos numerosos. Portanto, o primeiro método, ponderado por custos desagregados, se torna mais interessante. Por esse motivo, não foi possível incluir um índice de fugacidade potencial nesse estudo (ou seja, a entropia da acessibilidade a empregos). A quantidade de lugares alcançados no território é também importante para as outras categorias de índices – as médias são ponderadas por elas e as contagens são compostas diretamente por elas. Dessa forma, para haver uma análise da variação territorial de cada indicador, as categorias dependem da disponibilidade de níveis efetivamente distintos de abrangência e remetem ao segundo obstáculo: a escolha dos patamares territoriais T1, T2, T3 e T4.

5.2.1 Definição de patamares territoriais

Uma vez que se deseja representar condições benéficas da forma urbana, os territórios de maior interesse são aqueles que têm maior possibilidade de enraizamento dessas qualidades por meio de maior proximidade e menores custos de viagem. Logo, o primeiro patamar definido é o teto, o patamar territorial T4, acima do qual o

deslocamento seja extremamente lesivo. A definição, por configurar um valor alto, deve ser cuidadosa para respeitar o modelo topológico limitado.

A Figura 5-10 expõe isócronas definidas por custos desagregados calculados pelo modelo topológico com origem nos únicos pontos de interlocução do LMRJ com o restante da região metropolitana – a estação de barcas na Praça Arariboia, no centro de Niterói; a quadrícula adjacente à Ponte Rio-Niterói, na UMI do Fonseca; a estação de barcas em Charitas; e a quadrícula mais próxima à Rodovia Magé-Manilha, na UMI de Itambi, em Itaboraá. Os custos ilustrados, em minutos, representam o alcance máximo que o LMRJ tem em outras regiões e, dessa forma, definem um limite superior para a definição de patamares territoriais.

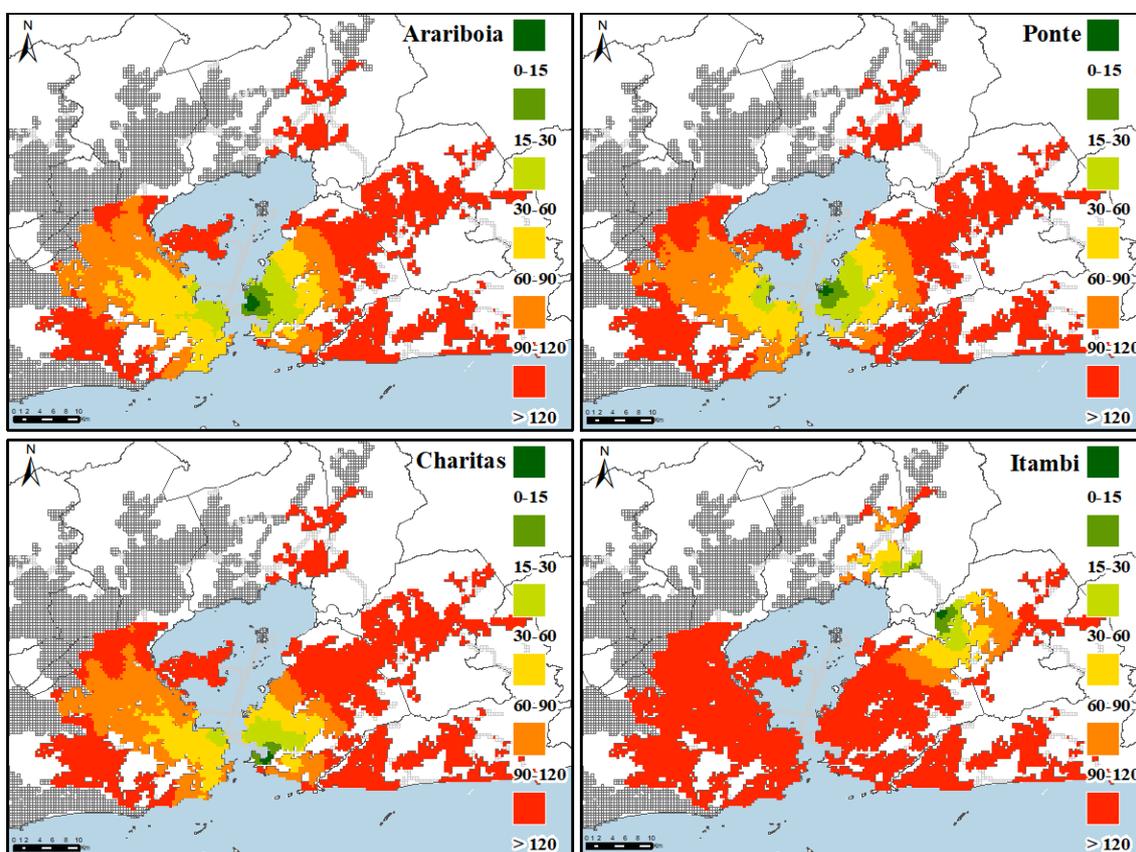


Figura 5-10: Isócronas com origem nos únicos acessos ao Leste Metropolitano

As isócronas evidenciam que, apesar de terem sido criadas pelo alcance de 60 minutos por fluxo livre nas vias, as fronteiras da região de abrangência do LMRJ mal podem ser acessadas pela rede de transporte coletivo e ativo, dado o dobro de tempo disponível. Ainda que não tenha sido o intuito desse exercício, é válido ressaltar que essa é uma confirmação de uma grande desvantagem do transporte público em relação ao

automóvel. O alcance máximo, que tangencia as bordas da região de abrangência com as isócronas de menor tempo, é de 90 minutos com origem na Praça Arariboia até a região norte da capital e com origem em Itambi até o centro de Magé.

A borda de lesão (T4) pode então ser definida por 90 minutos, já que, acima desse limite, outras UMI devem ser incluídas na área de estudo. Isso é coerente com o fato de que todos os municípios do LMRJ e sua área de abrangência, com exceção da capital e de Tanguá, têm mais da metade dos deslocamentos com mais de uma hora de duração (Quanta-Lerner, 2016a, p.47).

Por mais que essas viagens pouco menos extensas que 90 minutos sejam relações de dependência, a computação dessas viagens é relevante porque são numerosas e, por fim, representam interações produtivas de alguma forma. O patamar territorial de influência (T3) serve justamente para separar aquelas viagens que são significativamente danosas. Então, essa borda será definida por 60 minutos, como recomendado por Ribeiro e Ribeiro (2013, p.15) como uma divisória entre condições de bem-estar urbano.

A borda local (T1) pode ser determinada de acordo com as áreas de alcance por caminhada do transporte coletivo, que fomenta discussões na literatura (Lyu et al., 2016; Schlossberg & Brown, 2004). O valor considerado para T1, 20 minutos, foi escolhido como uma analogia ao dobro do considerado como aceitável (Lyu et al., 2016) para acesso ou egresso de uma estação. Dessa forma, esse valor serve tanto para a soma total da caminhada percorrida para o uso do transporte coletivo, quanto a uma extensão plausível em viagens completamente não motorizadas, ainda mais se forem consideradas bicicletas (Cervero et al., 2013). O valor escolhido para a borda de vizinhança (T2) é o ponto médio entre T1 e T3, 40 minutos.

5.2.2 Especificação de métodos de agregação

Algumas considerações devem ser feitas a partir da escolha desses patamares. Primeiramente, a distinção entre territórios a montante e a jusante se torna menos relevante nos custos de unidades agregadas. Há diferença entre essas referências apenas em quatro ocorrências nas medianas e duas ocorrências nas médias, para todos os patamares territoriais e todas as UMI. Segundamente, mesmo quando a medida de

tendência central é a mediana, que elimina os valores atípicos e exprime custos menores que a média, as UMI são tão extensas que poucas unidades são agregadas aos territórios.

Em muitos casos, nem os valores do par da UMI com ela mesma são suficientes para se inserirem nos menores patamares. A mediana é a medida de tendência central escolhida para a agregação justamente porque essa ocorrência é mais extrema nas médias, cujo alcance não é suficiente em 24 UMI para o patamar de 20 minutos, em 11 UMI para o patamar de 40 minutos e em 2 UMI para o patamar de 60 minutos (contra 23, 9 e 0, respectivamente, nas medianas).

Diante disso, médias territoriais (con_1 , urb_{2-1} , urb_{2-2}), quando calculadas com referência a custos agregados, não teriam unidades de referência para serem ponderadas. Além de que esse fato obriga o uso da média dos valores das unidades desagregadas para as médias territoriais como método de agregação, isso reitera a decisão de utilizá-lo em entropias territoriais, em especial a fugacidade estrutural, que é definida em termos de unidades inseridas no território (cf. Equação 4-14).

As somas (den_2 , ace_2) e contagens territoriais (con_2) ainda podem ser calculadas com a ponderação dos custos agregados, mesmo que os resultados sejam em alguns casos nulos e tenham uma variedade limitada. Essa limitação é extrema para as contagens territoriais, uma vez que, das unidades do LMRJ, o maior número de UMI alcançado é de apenas 22 das 79 UMI da área de abrangência (referência no centro de Niterói, com patamar de 90 minutos). Em relação às somas de números variados de empregos e/ou habitantes, a escala de 0 a 22 é muito simples. Portanto, seria mais proveitoso que as contagens territoriais usassem o primeiro método, ponderado por custos desagregados.

Isso contrasta com a maior variância dos custos desagregados justamente nos patamares mais baixos (ver Figuras 5-8 e 5-9). Em vista disso, mesmo que os custos agregados não indiquem, é possível que parte das unidades vizinhas seja atingida e é inequívoco que parte da própria unidade seja atingida. As somas de habitantes serão calculadas pelo segundo método, de forma que sejam consistentes com as somas de empregos, e devem tomar esse efeito em consideração, pelo menos na UMI de referência.

Quando o custo de viagem for maior que o patamar territorial, a quantidade interna aproximada de empregos ou habitantes é o produto entre a quantidade real de empregos

ou habitantes (emp, res) e o quadrado da razão entre o patamar territorial e o custo, como pode ser visto no primeiro termo das Equações 5-22 e 5-23. O quadrado se deve ao fato de que a área de alcance é proporcional ao quadrado da distância de viagem.

$$\text{emp}'(u, b) = \begin{cases} \left(\frac{b}{c_{uu}}\right)^2 \text{emp}_u, & \text{se } b \leq c_{uu} \\ 0, & \text{se } b > c_{uu} \end{cases} \quad \text{Equação 5-22}$$

$$\text{res}'(u, b) = \begin{cases} \left(\frac{b}{c_{uu}}\right)^2 \text{res}_u, & \text{se } b \leq c_{uu} \\ 0, & \text{se } b > c_{uu} \end{cases} \quad \text{Equação 5-23}$$

Os termos $\text{emp}'(u, b)$ e $\text{res}'(u, b)$ podem ser adicionados às somas respectivas das Equações 4-10 e 4-3 a 4-6. Isso é especialmente importante para o índice plu_1 (Equação 4-10), que é uma razão de somas e, apesar de permanecer invariável, necessita de um denominador não nulo.

O mesmo raciocínio pode ser repetido no cálculo das variáveis dependentes agregadas. Diferente dos empregos e da população, a ponderação no número de viagens, por meio desse fator quadrático, deve ser feita tanto na origem, um patamar territorial que pode ser menor que a UMI de referência, quanto o destino, que pode ser apenas uma fração da UMI de referência.

As somas baseadas na borda local ($T1 = 20$ min), presentes em todas as variáveis dependentes, podem ser alteradas, em sua versão agregada, na Equação 5-24. O novo termo, o fator quadrático para viagens, pode ser explicado pela Equação 5-25. Isso é necessário porque o zoneamento é tão agregado que nenhuma UMI alcança outra unidade em sua borda local além de parte ou a totalidade dela própria.

$$\sum_{n \in T(u, T1)} \sum_{v \in T(u, b)} d_{nv}^h = f_d(u, T1) f_d(u, b) d_{uu}^h + f_d(u, T1) \sum_{v \in T(u, b) - \{u\}} d_{uv}^h + \sum_{n \in T(u, T1) - \{u\}} \sum_{v \in T(u, b) - \{u\}} d_{nv}^h \quad \text{Equação 5-24}$$

$$f_d(u, b) = \begin{cases} \left(\frac{b}{c_{uu}}\right)^2 \text{emp}_u, & \text{se } b \leq c_{uu} \\ 1, & \text{se } b > c_{uu} \end{cases} \quad \text{Equação 5-25}$$

O Quadro 5-2 e o Quadro 5-3 resumem as variáveis independentes e dependentes agregadas utilizadas na análise de desempenho descrita a seguir, bem como referenciam as discussões adjacentes e seus métodos de agregação. Vale ressaltar que as equações

referidas para as variáveis independentes devem compor uma média com a sua versão com território a montante, com exceção da fugacidade estrutural.

Quadro 5-2: Variáveis independentes agregadas

Indicadores e índices	Referência	Agregação
Renda média (ren(u))	–	–
Centralidade de proximidade (con ₁ (u,b))	Equação 4-1	I1
Oferta de área (con ₂ (u,b))	Equação 4-2	I1
Densidade espaço-temporal de emprego (den ₁ (u,b))	Equação 4-3	I2
Densidade espaço-temporal de moradia (den ₂ (u,b))	Equação 4-4	I2
Acessibilidade ao emprego (ace ₁ (u,b))	Equação 4-5	I2
Acessibilidade à moradia (ace ₂ (u,b))	Equação 4-6	I2
Facilidade de caminhada (urb ₁ (u,b))	Equação 4-7	I1
Qualidade da infraestrutura urbana (urb ₂₋₁ (u,b))	Equação 4-8 e Quadro 4-3	I1
Qualidade das condições ambientais (urb ₂₋₂ (u,b))	Equação 4-9 e Quadro 4-3	I1
Equilíbrio emprego-moradia (plu ₁ (u,b))	Equação 4-10	I2
Entropia econômica (plu ₂ (u,b))	Equações 4-11 e 4-12	I1
Fugacidade estrutural (fug(u,b))	Equações 4-13 e 4-14	I1

Quadro 5-3: Variáveis dependentes agregadas

Índices	Referência	Agregação
Enraizamento local (enr(u,h))	Equação 4-15	I2
Integração imediata (int(u,h))	Equação 4-16	I2
Articulação intrarregional (art(u,h))	Equação 4-17	I2
Dependência inter-regional (dep(u,h))	Equação 4-18	I2
Independência regional (ind(u,h))	Equação 4-19	I2

5.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os objetivos dos ensaios dessa dissertação são aferir como os indicadores levantados para caracterizar o ambiente se relacionam entre suas diferentes dimensões e modalidades territoriais, determinar dentre eles quais são as condicionantes para desempenhos de interesse e verificar como eles se distribuem e se agrupam na região estudada.

Como mostra a Figura 5-3, há predominância dos modos coletivos e ativos na escolha modal, ainda que haja variabilidade da sua proporção. Dessa forma, se espera que não haja muita diferença na quantidade de viagens entre esses modos, que são articulados diretamente pela topologia de rede modelada, e a quantidade total de viagens. Isso se

confirma com a correlação, ilustrada na Figura 5-11, entre os índices normalizados de desempenho calculados para esses dois recortes modais, em cada unidade espacial.

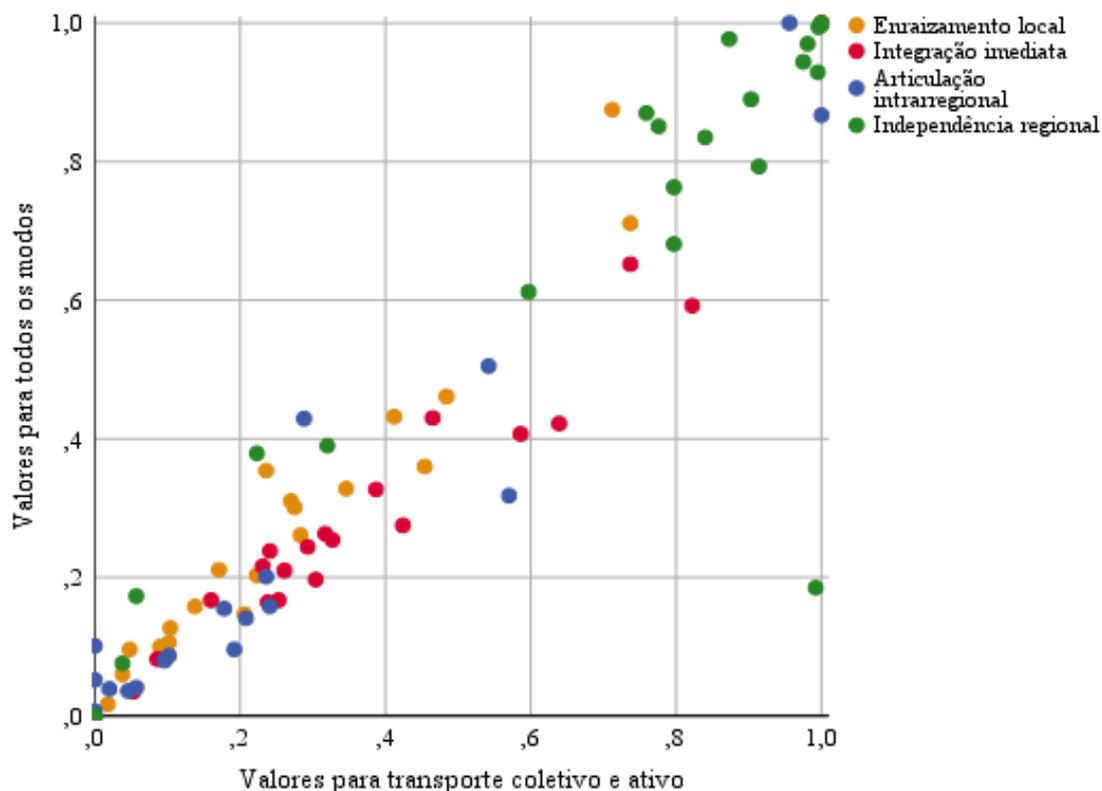


Figura 5-11: Comparação entre índices funcionais para cada recorte modal

Com isso, a análise dos impactos do ambiente construído no desempenho será feita por meio dos índices calculados para viagens realizadas por transporte coletivo e ativo. Ainda assim, não haveria grande disparidade se os índices se referissem a todas as viagens. Entretanto, já que as diferentes espécies são pouco correlacionadas, como mostra o Apêndice I, e a medida de adequabilidade de amostra de Kaiser-Meyer-Olkin, de 0,501, é muito baixa (Kaiser & Rice, 1974; Ribas & Vieira, 2011, p.55), uma condensação dos índices de enraizamento, integração, articulação e independência em um fator comum seria inadequada.

O restante dessa seção se refere aos métodos utilizados para verificar como as variáveis do ambiente construído se relacionam entre si, como elas impactam os índices funcionais e como elas se distribuem na área de estudo. O estudo isolado das variáveis independentes não é útil apenas para conjecturar relações causais ou agrupamentos comuns entre elas, mas é um passo metodológico que garante que esse banco de variáveis seja o menos redundante o possível para não interferir nos procedimentos posteriores.

5.3.1 Análise de desempenho

A análise das relações entre as 49 variáveis independentes (Quadro 5-2) e os quatro índices funcionais (Quadro 5-3) será feita por uma regressão linear múltipla com todas as variáveis normalizadas de acordo com a faixa entre o máximo e o mínimo. Se não houver um exame e tratamento da multicolinearidade das variáveis independentes, o erro-padrão aumenta intensamente e as magnitudes dos coeficientes da combinação linear gerada podem ser gravemente distorcidas (O'Brien, 2007; Ribas & Vieira, 2011, p.22). Logo, é importante que o número de variáveis independentes seja reduzido, ainda mais com uma amostra tão pequena e agregada.

As correlações indesejadas serão identificadas por meio de uma matriz de correlação bivariada que deve identificar grupos de pares de variáveis correlacionadas, que serão tratados separadamente. Primariamente, isso deve ser feito com as variáveis independentes agregadas, já que serão essas que serão utilizadas na regressão. Em uma linha auxiliar, o mesmo será feito com as unidades desagregadas, em nível de quadrícula, de modo que sejam aproveitadas mais entradas que expliquem a relação dessas variáveis e a determinação dos grupos.

Por outro lado, não é desejável perder muito da variabilidade explicada pela amostra. Por isso, em vez de simplesmente eliminar as variáveis mais correlacionadas, novos fatores serão gerados por combinações lineares, obtida por análise de componentes principais. Esses novos fatores, ou *indicadores simplificados*, não serão exatamente os mesmos fatores fornecidos pela análise estatística, mas uma interpretação livre, com coeficientes simplificados, com um significado particular, para fácil entendimento.

5.3.2 Análise tipológica

A partir do reconhecimento do impacto desses fatores, e seus componentes, no desempenho, é possível entender o que os valores representam para o planejamento – fraquezas, ou oportunidades – e assim classificar os lugares de acordo com as magnitudes dos fatores. Todavia, a categorização de unidades espaciais de acordo com os muitos parâmetros envolvidos representa outro desafio, uma vez que, quanto maior o número de variáveis, o espaço multidimensional formado se torna cada vez menos perceptível às limitações cognitivas.

Esse último ensaio utiliza a tendência da literatura (Kamruzzaman et al., 2014; Lyu et al., 2016; Reusser et al., 2008; Vale, 2015; Zemp et al., 2011; Zhong et al., 2014) em instrumentalizar a análise de agrupamento para análises tipológicas voltadas à orientação pelo transporte público. Esses métodos criam grupos de objetos que tenham a maior semelhança entre si, de acordo com as variáveis. No campo de transportes, é crescente o uso desse gênero de análise estatística, justamente para tornar a interpretação de dados mais fácil e precisa (Maranhão, 2017, p.54).

Como outros autores (Lyu et al., 2016; Maranhão, 2017; Zemp et al., 2011), o método utilizado será a análise de agrupamento hierárquico de Ward com medidas de similaridade gerada por distâncias euclidianas quadradas, que minimiza a variância dentro dos grupos formados e maximiza a variância entre os grupos. Esse método cria uma hierarquia entre os grupos, o que é razoável quando se trata de uma organização espacial, que, por natureza, é hierárquica por causa das relações de proximidade.

O número de grupos será fixo em cinco, sem seguir um método mais sofisticado em particular (cf. Lyu et al., 2016; Reusser et al., 2008), de modo que seja comparável ao trabalho de Bertolini (1999), que originou a linha de estudos mais analítica para a tipologia da orientação pelo transporte coletivo com o modelo nó-lugar.

Os grupos servirão para reforçar a análise de desempenho. Portanto, mais de um tipo de análise de agrupamento será feito. Além da verificação dos grupos formados pelos 48 índices do ambiente construído, uma comparação será feita entre os grupos formados pelos índices funcionais e os grupos formados pelas variáveis independentes indicadas como aquelas mais relevantes anteriormente pela regressão. A caracterização desses grupos será feita pelas dimensões teóricas discutidas e desenvolvidas, pela localização geográfica e pelas tendências centrais das variáveis individuais e dos fatores produzidos.

6 ENSAIOS

Esse capítulo é reservado para os resultados dos modelos descritos nas seções anteriores e as suas interpretações diretas. Os procedimentos serão ordenados e executados da mesma forma que relatado na seção 5.3.

Primeiro, as variáveis independentes, que representam o ambiente construído, serão processadas por uma análise de correlação e resumidas em fatores mais simplificados, por meio de análise de componentes principais. Depois regressões múltiplas serão realizadas para verificar a relação desses fatores com as variáveis dependentes, que, por sua vez, representam funções do desempenho para o enraizamento territorial. Finalmente, a análise de agrupamento será realizada para conceber uma classificação territorial por meio do ambiente construído. Antes dos ensaios, algumas adversidades e as reações processuais serão reportadas.

Após o cálculo dos custos desagregados e a compatibilização com as unidades geográficas agregadas, um pequeno número de quadrículas estatísticas foi reduzido, devido à incompatibilidade entre as topologias diferentes de bancos de dados georreferenciados ou ao isolamento das zonas com a malha restante, que resultou em custos infinitos. Na área de ocupação urbana do Leste Metropolitano, a região de interesse para os ensaios, isso diminuiu de 3.559 para 3.534 quadrículas.

Algumas adaptações tiveram de ser feitas durante a construção das métricas, devido às informações muito limitadas sobre os deslocamentos. Sete unidades metropolitanas de informação foram eliminadas das análises agregadas porque, no recorte horário analisado, simplesmente não havia entradas nos questionários do PDTU/RMRJ para origem ou destino de viagens. Enquanto Manoel Ribeiro, em Maricá, não tinha nenhuma entrada para ambas as extremidades, as demais ainda agregam informações sobre viagens que não deveriam ser descartadas.

Dessa forma, as viagens imputadas a Cabuçu, Pachecos e Sambaetiba, em Itaboraí, e Itaúna, em São Gonçalo, foram agrupadas às UMI referentes ao centro do respectivo município, enquanto as viagens referentes ao Barreto e ao Caramujo, em Niterói, foram agregadas à UMI limítrofe do Fonseca. Uma oitava UMI (Piratininga, em Niterói) foi

descartada da regressão posteriormente ao cálculo dos valores, devido ao valor atípico das variáveis dependentes, como é muito visível na Figura 5-11.

6.1 SÍNTESE DE INDICADORES SIMPLIFICADOS

Antes que qualquer tratamento fosse realizado, foram calculadas estatísticas de colinearidade – a tolerância e o fator de inflação da variância (FIV) – com o auxílio do software IBM SPSS. 29 das 49 variáveis independentes tiveram fatores tão elevados que foram eliminadas dessa análise preliminar. Das 20 variáveis restantes, apenas uma, a centralidade de proximidade no patamar de 90 minutos, obteve um resultado (FIV = 9,49) que cogitaria residir em uma faixa de tolerância recomendada, ainda assim muito alto. Como referência, a literatura recomenda valores menores que 4 a 10 (O'Brien, 2007). Portanto, de modo que sejam reduzidos os erros-padrão, é imperativo que as variáveis sejam resumidas.

A matriz de correlação das variáveis agregadas em nível de UMI revelou que, dos 48 índices que caracterizam o ambiente construído, apenas uma variável não tinha pelo menos um coeficiente de correlação acima de 0,8 com alguma outra variável – o equilíbrio emprego-moradia (plu_1) para a borda de vizinhança (60 minutos). Esse patamar representa um nível altamente problemático de colinearidade para a regressão, enquanto a correlação acima de 0,7, que é presente também na relação entre essa variável e sua versão para a borda local, tem uma capacidade moderada de provocar problemas (Ribas & Vieira, 2011, p.22). Todos esses valores elevados de correlação podem ser consultados no Apêndice I e são significantes a menos que 0,01.

Essas correlações bivariadas geraram um par simples de correlação, entre a fugacidade estrutural (fug) e a centralidade de proximidade (con_1) para a borda de 90 minutos, um conjunto com correlações das variáveis de qualidade de infraestrutura urbana (urb_{2-1}), em todos os diferentes patamares territoriais, e dois conjuntos com relações complexas de correlação entre um número maior de variáveis. Esses quatro grupos são isoladamente correlacionados, ou seja, não existe correlação alta entre eles.

O primeiro dos conjuntos complexos é descrito pela colinearidade dos pares combinados da centralidade de proximidade e da fugacidade estrutural, nos patamares territoriais de 20, 40 e 60 minutos, e entre elas de si para si. Esses índices também têm

colinearidade negativa em combinação com a maioria das variáveis de oferta de área (con₂). A oferta de área também tem correlação entre todas as combinações de índices de diferentes patamares territoriais. Visivelmente, os índices de centralidade de proximidade e fugacidade estrutural na borda de 60 minutos têm uma relação menos intensa com os índices com patamares territoriais menores. Isso pode ser observado na submatriz de correlação do conjunto I (Quadro 6-1).

Quadro 6-1: Correlação no conjunto I – conectividade e fugacidade

con ₁ (40)	con ₁ (60)	con ₂ (20)	con ₂ (40)	con ₂ (60)	con ₂ (90)	fug(20)	fug(40)	fug(60)	
<u>0,880</u>	0,600	<u>-0,936</u>	<u>-0,934</u>	<u>-0,877</u>	<u>-0,854</u>	<u>0,932</u>	<u>0,817</u>	0,478	con ₁ (20)
	<u>0,738</u>	<u>-0,769</u>	<u>-0,919</u>	<u>-0,927</u>	<u>-0,893</u>	<u>0,776</u>	<u>0,957</u>	0,683	con ₁ (40)
		-0,454	-0,630	<u>-0,773</u>	<u>-0,862</u>	0,445	<u>0,721</u>	<u>0,939</u>	con ₁ (60)
			<u>0,926</u>	<u>0,828</u>	<u>0,805</u>	<u>-0,980</u>	<u>-0,728</u>	-0,290	con ₂ (20)
				<u>0,968</u>	<u>0,915</u>	<u>-0,905</u>	<u>-0,928</u>	-0,553	con ₂ (40)
					<u>0,966</u>	<u>-0,805</u>	<u>-0,961</u>	<u>-0,734</u>	con ₂ (60)
						<u>-0,794</u>	<u>-0,901</u>	<u>-0,779</u>	con ₂ (90)
						-	<u>0,723</u>	0,283	fug(20)
								<u>0,729</u>	fug(40)

Essas correlações indicam que em patamares territoriais menores, quando se há pouca oferta de transportes (por isso, a correlação negativa), os territórios se tornam uniformemente pouco acessíveis, com fugacidade alta, e o local de referência se torna relativamente central para os lugares a jusante e a montante. No outro extremo, a mobilidade elevada instabiliza a isonomia local. Por outro lado, em maiores patamares territoriais, existe apenas correlação simples entre fugacidade e centralidade. Isso aponta que a maior distribuição de locais acessíveis é mais propiciada pela melhor localização na rede de transportes. A oferta de transportes pode tanto quebrar a uniformidade por gradientes bruscos de mobilidade quanto facilitar a centralidade, com uma distribuição mais equilibrada.

O segundo conjunto complexo é caracterizado por correlações, em todas as combinações de patamares territoriais, entre a facilidade de caminhada (urb₁) e a

qualidade de condições ambientais (urb_{2-2}) e delas de si para si. A entropia socioeconômica (plu_2) se insere nesse grupo quando tem correlação, em seus patamares territoriais de 20, 40 e 90 minutos, com a qualidade de condições ambientais, nos patamares territoriais de 20, 40 e 60 minutos, além dela consigo, em todos os patamares. Apesar de que essas não são as únicas colinearidades no conjunto, essas relações podem ser observadas em uma submatriz de correlação, no Quadro 6-2.

Quadro 6-2: Correlação no conjunto II – urbanidade e diversidade

$urb_1(40)$	$urb_1(60)$	$urb_1(90)$	$urb_{2-2}(20)$	$urb_{2-2}(40)$	$urb_{2-2}(60)$	$urb_{2-2}(90)$	$plu_2(20)$	$plu_2(40)$	$plu_2(60)$	$plu_2(90)$	
<u>0,954</u>	<u>0,829</u>	<u>0,746</u>	<u>0,824</u>	<u>0,797</u>	<u>0,736</u>	0,676	0,458	0,351	0,246	0,292	$urb_1(20)$
	<u>0,947</u>	<u>0,887</u>	<u>0,855</u>	<u>0,862</u>	<u>0,846</u>	<u>0,803</u>	0,490	0,402	0,304	0,344	$urb_1(40)$
		<u>0,964</u>	<u>0,763</u>	<u>0,802</u>	<u>0,845</u>	<u>0,826</u>	0,362	0,298	0,216	0,259	$urb_1(60)$
			<u>0,790</u>	<u>0,844</u>	<u>0,904</u>	<u>0,911</u>	0,413	0,375	0,308	0,358	$urb_1(90)$
				<u>0,991</u>	<u>0,952</u>	<u>0,915</u>	<u>0,774</u>	<u>0,720</u>	0,650	<u>0,704</u>	$urb_{2-2}(20)$
					<u>0,982</u>	<u>0,958</u>	<u>0,767</u>	<u>0,725</u>	0,659	<u>0,708</u>	$urb_{2-2}(40)$
						<u>0,991</u>	<u>0,713</u>	0,684	0,628	0,677	$urb_{2-2}(60)$
							0,695	0,681	0,633	0,681	$urb_{2-2}(90)$
								<u>0,975</u>	<u>0,940</u>	<u>0,928</u>	$plu_2(20)$
									<u>0,986</u>	<u>0,970</u>	$plu_2(40)$
										<u>0,986</u>	$plu_2(60)$

Esse subconjunto indica que há forte coincidência entre a qualidade ambiental (esgoto a céu aberto e lixo nos logradouros) e as condições geométricas das vias. Portanto, é mais provável encontrar lixo e esgoto nos espaços com maior dificuldade para percorrer até 400 metros. Além disso, as características urbanísticas são correlacionadas com a diversidade socioeconômica. É possível que o fato de que os locais com piores condições ambientais sejam predominantemente pobres contribua para essa ocorrência.

Esse conjunto complexo é composto ainda pelo equilíbrio emprego-moradia (plu_1) e pelas dimensões de acessibilidade (acessibilidade ao emprego, ace_1 , e acessibilidade à

moradia, ace_2) e de densidade (densidade espaço-temporal de emprego, den_1 , e densidade espaço-temporal de moradia, den_2), em todos os patamares territoriais.

Os índices de equilíbrio emprego-moradia têm relações de colinearidade muito mais moderadas do que os demais índices. Em dissonância com todas outras dimensões, com exceção da fugacidade, esses índices não têm muitas correlações fortes entre as ponderações em diferentes patamares territoriais. Além da única correlação alta do índice no patamar de 40 minutos, em combinação com o patamar de 20 minutos, apenas os patamares de 20 e 60 minutos compõem uma interação colinear entre os valores. As outras correspondências desses índices com o restante do conjunto também são relativamente moderadas, com maior prevalência dos patamares de 60 e 90 minutos – o primeiro mais com densidade e acessibilidade e o segundo mais com a qualidade de condições ambientais. Essas relações são mais bem conferidas no Apêndice I.

Os índices de acessibilidade e densidade se correlacionam com as demais componentes do conjunto de forma quase ubíqua, porém com muita variedade de valores e combinações. Nesse conjunto, as combinações que formam correlações bivariadas elevadas são consideravelmente mais complexas que nos demais conjuntos e variam desde colinearidades altas (acima de 0,8), moderadas (acima de 0,7) até não consideradas (abaixo de 0,7). A Figura 6-1 resume todas as combinações de índices que formam correlações acima de 0,7 no conjunto II.

Quando se adiciona o grande número de variáveis de densidade e acessibilidade, e, por conseguinte, a complexidade de suas relações, é menos prudente fazer conjecturas para variáveis particulares do grupo II, apenas por meio de correlações bivariadas. É válido ressaltar, entretanto, que os índices de densidade são muito semelhantes aos índices de acessibilidade – enquanto o primeiro é uma soma, o segundo é a soma ponderada por custos de viagem.

Outro fato importante é que esse grupo concentra justamente as variáveis disponíveis apenas em unidades agregadas. Logo, a produção dos indicadores simplificados pode ser iniciada por esse conjunto de variáveis, enquanto uma investigação mais abrangente, com a amostra de 3.534 quadrículas em vez de 23 UMI, pode refinar esses resultados e produzir os indicadores relativos às variáveis restantes.

Duas análises de componentes principais foram conduzidas separadamente, de acordo com as dimensões teóricas. A primeira processou as dimensões de densidade e acessibilidade, que, pela agregação, estão disponíveis apenas em nível de UMI. A segunda análise processou a urbanidade e a pluralidade. Essas dimensões, com exceção de plu₁, poderão ser reconduzidas nas análises da amostra desagregada.

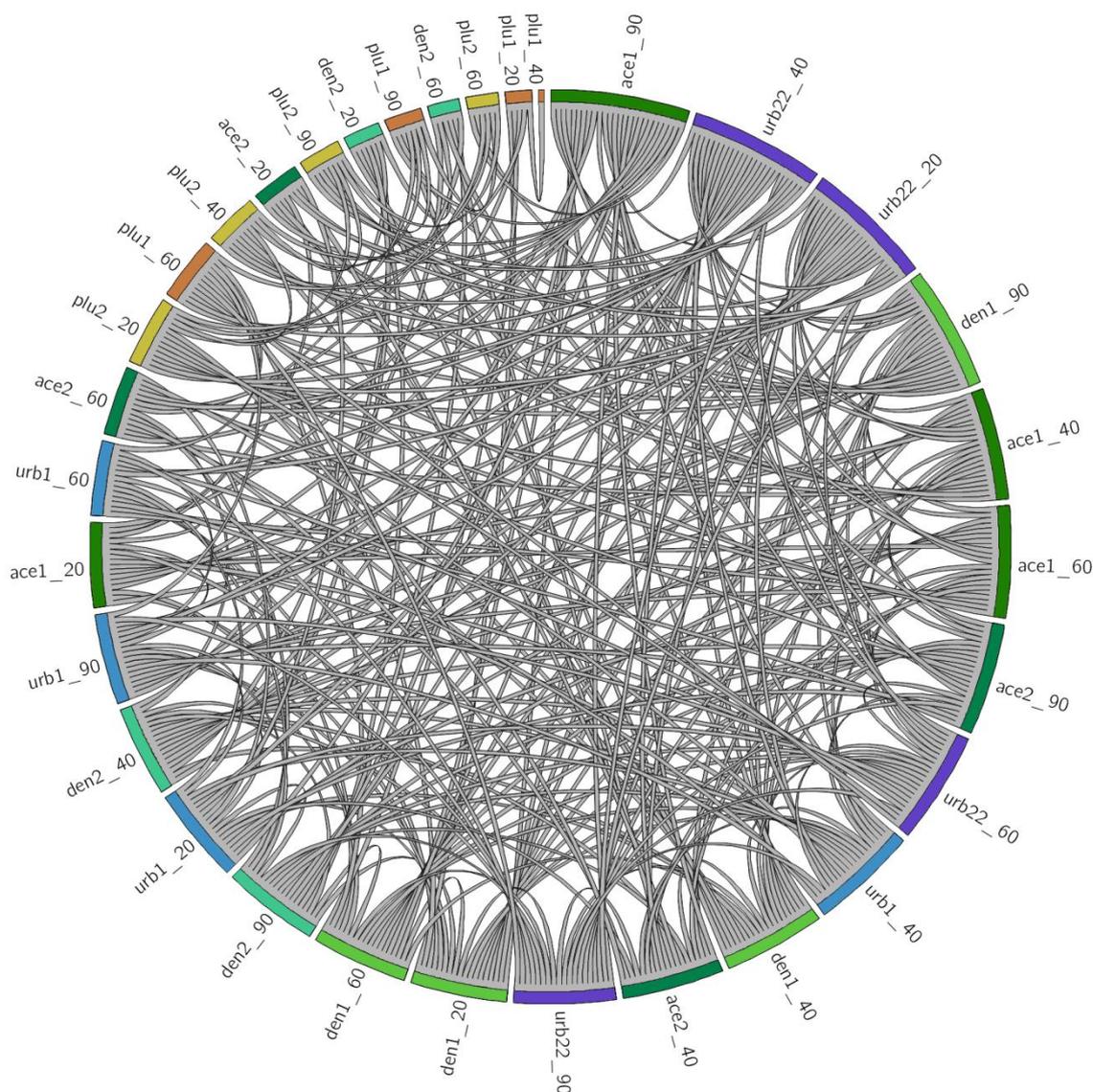


Figura 6-1: Colinearidade no grupo II – emprego e moradia

A análise de componentes principais obteve uma medida de Kaiser-Meyer-Olkin de 0,568, considerada um valor miserável (Kaiser & Rice, 1974), o que não surpreende devido às condições da amostra. Análises conduzidas para as dimensões separadamente produziram medidas de 0,656, para a densidade, e 0,674, para a acessibilidade. Apesar de serem considerados valores medíocres, esses valores são grosseiramente aceitáveis, conhecidas a agregação e as condições precárias da amostra. Afinal, os componentes

resultantes servirão apenas como uma silhueta da representação que melhor explique a variância das 18 variáveis, para gerar uma interpretação mais conceitual e fatores baseados em aproximações.

Os dois fatores resultantes para a análise conjunta explicam 88,4% da variância da amostra, enquanto a análise isolada para a acessibilidade gerou apenas um fator, que explica 79,2% da variância, com coeficientes acima de 0,8 para todas as variáveis, e a análise isolada para a densidade gerou dois fatores, que explicam 88,5% da variância. Os coeficientes da análise conjunta e da análise isolada para a densidade são ilustrados no Quadro 6-3, depois de rotação *varimax*, com destaque aos maiores que 0,5.

Quadro 6-3: Matriz de componentes principais de emprego e moradia

	Componente (% de variância)			
	Análise conjunta		Análise isolada para densidade	
	Fator 1 (47,7%)	Fator 2 (40,7%)	Fator 1 (46,3%)	Fator 2 (42,3%)
Densidade (emprego, T1)	0,838	0,325	0,878	0,279
Densidade (emprego, T2)	0,721	0,571	0,742	0,508
Densidade (emprego, T3)	0,881	0,281	0,949	0,208
Densidade (emprego, T4)	0,853	0,413	0,873	0,341
Densidade (moradia, T1)	0,168	0,902	0,201	0,920
Densidade (moradia, T2)	0,481	0,831	0,534	0,798
Densidade (moradia, T3)	0,154	0,962	0,249	0,929
Densidade (moradia, T4)	0,492	0,769	0,575	0,734
Acessibilidade (emprego, T1)	0,956	0,099	-	-
Acessibilidade (emprego, T2)	0,804	0,520	-	-
Acessibilidade (emprego, T3)	0,911	0,367	-	-
Acessibilidade (emprego, T4)	0,871	0,430	-	-
Acessibilidade (moradia, T1)	0,744	0,246	-	-
Acessibilidade (moradia, T2)	0,582	0,745	-	-
Acessibilidade (moradia, T3)	0,333	0,932	-	-
Acessibilidade (moradia, T4)	0,475	0,850	-	-

Os resultados do Quadro 6-3 indicam uma separação entre os índices de emprego e de moradia. Por outro lado, a análise de componentes principais isolada para acessibilidade resultou em um único fator, o que indica uma forte relação entre as espécies de acessibilidade. Esse raciocínio pode gerar os indicadores simplificados de *aglomeração*

produtiva (AP), *densidade residencial* (DR) e *macroacessibilidade* (MA), que compõem novos índices que são descritos nas Equações 6-1, 6-2 e 6-3, como combinações lineares das versões normalizadas das métricas já definidas.

$$AP(u) = \sum_{b=T1}^{T4} (\text{den}_1(u, b) + \text{ace}_1(u, b)) \quad \text{Equação 6-1}$$

$$DR(u) = \sum_{b=T1}^{T4} (\text{den}_2(u, b) + \text{ace}_2(u, b)) \quad \text{Equação 6-2}$$

$$MA(u) = \sum_{b=T1}^{T4} (\text{ace}_1(u, b) + \text{ace}_2(u, b)) \quad \text{Equação 6-3}$$

A análise de componentes principais conduzida para urbanidade e pluralidade, com medida de Kaiser-Meyer-Olkin de 0,666, produziu três fatores que explicam 91,9% da variância. Os coeficientes, após rotação *varimax*, podem ser conferidos no Quadro 6-4, com destaque aos valores com módulo maior que 0,5.

Quadro 6-4: Matriz de componentes principais de urbanidade e pluralidade

	Componente (% de variância)		
	Condições de caminhada (42,5%)	Resiliência urbana (35,0%)	Uso misto (14,5%)
Facilidade de caminhada (T1)	0,896	0,150	-0,064
Facilidade de caminhada (T2)	0,948	0,157	0,114
Facilidade de caminhada (T3)	0,960	0,028	0,208
Facilidade de caminhada (T4)	0,917	0,124	0,300
Condições ambientais (T1)	0,785	0,562	0,127
Condições ambientais (T2)	0,802	0,551	0,180
Condições ambientais (T3)	0,819	0,491	0,243
Condições ambientais (T4)	0,788	0,493	0,273
Emprego/moradia (T1)	0,428	0,082	0,881
Emprego/moradia (T2)	0,012	0,225	0,875
Emprego/moradia (T3)	0,592	0,346	0,574
Emprego/moradia (T4)	0,120	0,828	0,250
Entropia socioeconômica (T1)	0,320	0,896	0,138
Entropia socioeconômica (T2)	0,241	0,952	0,117
Entropia socioeconômica (T3)	0,150	0,968	0,112
Entropia socioeconômica (T4)	0,216	0,956	0,075

O primeiro fator é explicado pela covariância das geometrias viárias favoráveis à caminhada com boas condições ambientais na área de estudo. Todas as variáveis de entropia socioeconômica foram agrupadas no segundo fator, em conjunto com o índice de equilíbrio emprego-moradia no patamar de 90 minutos. O terceiro fator reúne os demais índices de equilíbrio emprego-moradia. Os indicadores simplificados de *condições de caminhada* (CC), *resiliência urbana* (RU) e *uso misto* (UM) podem então ser representados na forma dos índices estabelecidos pelas Equações 6-4, 6-5 e 6-6.

$$CC(u) = \sum_{b=T1}^{T4} (urb_1(u, b) + urb_{2-2}(u, b)) \quad \text{Equação 6-4}$$

$$RU(u) = plu_1(u, T4) + \sum_{b=T1}^{T4} plu_2(u, b) \quad \text{Equação 6-5}$$

$$UM(u) = \sum_{b=T1}^{T3} plu_1(u, b) \quad \text{Equação 6-6}$$

Os 28 índices desagregados foram analisados novamente para que as premissas de colinearidade ou não colinearidade, determinadas no nível agregado, fossem reavaliadas sob outro enfoque. Todos os coeficientes considerados elevados foram significantes a menos que 0,01. Os resultados podem ser conferidos no Apêndice I.

Essa nova análise revelou que o conjunto I tem correlações mais amenas do que na amostra agregada, principalmente entre as espécies de conectividade, e configura um sistema mais simples, como mostra a Figura 6-2. O grupo de colinearidades da qualidade de infraestrutura urbana (urb_{2-1}), nessa amostra, não é isolado, graças a correlações moderadas com a facilidade de caminhada, que é parte do conjunto II. Esse conjunto segue a tendência do conjunto I e tem correlações mais suaves, com maior concentração nos mesmos indicadores e em patamares territoriais semelhantes.



Figura 6-2: Colinearidade entre índices do grupo I em amostra desagregada

Nas quadrículas, a qualidade de condições ambientais e a facilidade de caminhada se correlacionam apenas em patamares territoriais elevados, diversamente à amostra agregada, com correlações muito intensas em todos os patamares. As correlações amenas entre plu_2 e urb_{2-2} se dissipam, o que determina que, na amostra desagregada, os índices de entropia socioeconômica sejam um grupo isolado de colinearidade, com relações de correlação apenas entre as métricas de diferentes patamares territoriais.

As análises de componentes principais restantes foram realizadas para todos os índices nas quadrículas estatísticas, estendidos de acordo com a exploração da correlação a nível desagregado. O procedimento forneceu valores aceitáveis da medida de Kaiser-Meyer-Olkin de 0,750 (Kaiser & Rice, 1974; Ribas & Vieira, 2011, p.55). Os procedimentos renderam cinco fatores que explicam 84,1% da variância da amostra e podem ser divididos entre um grupo dos índices do conjunto I e um grupo dos índices do conjunto II, se desprezados os coeficientes baixos (máximo de 0,22 e média menor que 0,05). Os resultados da análise, com rotação *varimax*, podem ser conferidos, para cada grupo, no Quadro 6-5 e no Quadro 6-6, com destaque a coeficientes com módulo maior que 0,5.

Quadro 6-5: Matriz de componentes principais desagregada do conjunto I

	Componente (% de variância)	
	Isonomia estrutural (22,7%)	Equilíbrio central (11,7%)
Proximidade (T1)	0,768	-0,194
Proximidade (T2)	0,685	0,291
Proximidade (T3)	0,380	0,830
Proximidade (T4)	-0,258	0,810
Oferta de área (T1)	-0,883	0,243
Oferta de área (T2)	-0,963	0,062
Oferta de área (T3)	-0,943	-0,165
Oferta de área (T4)	-0,881	-0,395
Fugacidade estrutural (T1)	0,874	-0,203
Fugacidade estrutural (T2)	0,789	0,291
Fugacidade estrutural (T3)	0,461	0,769
Fugacidade estrutural (T4)	-0,182	0,878

Os fatores gerados a partir do conjunto I replicam a ideia de que em uma análise sob o alcance territorial mais curto, a isonomia local coincide com a centralidade de

proximidade e é interrompida por maiores níveis de mobilidade. Em domínios mais extensos, essa relação coincide menos com os volumes de oferta e a centralidade depende de um equilíbrio da mobilidade para diferentes locais (em outras palavras, fugacidade). O primeiro indicador sintetizado, para a ocorrência em pequenas extensões, é a *isonomia estrutural* (IE), representado no índice definido pela Equação 6-7. O segundo indicador, que compreende o fenômeno em maiores extensões, é o *equilíbrio central* (EC), retratado pelo índice definido pela Equação 6-8.

$$IE(u) = \sum_{b=T1}^{T2} (\text{con}_1(u, b) + \text{fug}(u, b)) - \sum_{b=T1}^{T4} \text{con}_2(u, b) \quad \text{Equação 6-7}$$

$$EC(u) = \sum_{b=T3}^{T4} (\text{con}_1(u, b) + \text{fug}(u, b)) \quad \text{Equação 6-8}$$

Quadro 6-6: Matriz de componentes principais desagregada do conjunto II

	Componente (% de variância)		
	Condições de caminhada (22,0%)	Resiliência urbana (14,0%)	Qualidade urbanística (13,7%)
Facilidade de caminhada (T1)	0,617	0,011	0,465
Facilidade de caminhada (T2)	0,763	-0,018	0,501
Facilidade de caminhada (T3)	0,807	-0,100	0,474
Facilidade de caminhada (T4)	0,852	-0,103	0,296
Infraestrutura urbana (T1)	-0,017	-0,043	0,869
Infraestrutura urbana (T2)	0,168	-0,088	0,940
Infraestrutura urbana (T3)	0,354	-0,134	0,869
Infraestrutura urbana (T4)	0,478	-0,210	0,717
Condições ambientais (T1)	0,835	0,345	-0,004
Condições ambientais (T2)	0,912	0,321	0,034
Condições ambientais (T3)	0,926	0,272	0,042
Condições ambientais (T4)	0,878	0,267	-0,009
Entropia socioeconômica (T1)	0,163	0,869	-0,061
Entropia socioeconômica (T2)	0,177	0,948	-0,093
Entropia socioeconômica (T3)	0,131	0,952	-0,092
Entropia socioeconômica (T4)	0,167	0,929	-0,129

A matriz do Quadro 6-6 reforça os indicadores de condições de caminhada e resiliência urbanas produzidos nas análises de componentes principais feitas a partir da amostra

agregada (ver Quadro 6-4 para comparação), já que respeitam os mesmos padrões. Os índices de infraestrutura urbana se concentraram no quarto fator da análise a partir da amostra desagregada, o que constitui o indicador simplificado de *qualidade urbanística* (QU), representado pelo índice na Equação 6-9.

$$QU(u) = \sum_{b=T1}^{T4} urb_{2-1}(u, b) \quad \text{Equação 6-9}$$

Os índices AP, DR, MA e CC ainda preservaram uma forte colinearidade, com correlação bivariada acima de 0,9 em muitos casos, como pode ser vista no Apêndice I. Esses indicadores foram reduzidos com auxílio de análise de componentes principais (KMO = 0,612), que gerou um fator único que explica 92% da variância, com coeficientes acima de 0,9 para todas as variáveis. O novo indicador simplificado, a *atividade urbana* (AU), pode ser sintetizada pela média desses índices, ilustrada na Equação 6-10.

$$AU(u) = \frac{AP(u) + DR(u) + MA(u) + CC(u)}{4} \quad \text{Equação 6-10}$$

6.2 DESEMPENHO DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

A renda média compôs o banco renovado de variáveis independentes junto aos seis novos índices. Uma correlação elevada se manteve, entre a renda média e a resiliência urbana ($r=0,846$), como pode ser conferido no Apêndice I. Isso indica que as regiões mais pobres são mais socioeconomicamente homogêneas que as regiões mais ricas. Nas primeiras regressões, um dos fatores desse par foi eliminado, de acordo com a maior correlação bivariada com a variável dependente, para evitar a interferência da colinearidade. No caso, a renda média foi retida apenas na regressão de enraizamento local, em favor da resiliência urbana nas outras três.

A síntese de novas métricas surtiu efeito e os valores dos FIV reduziram para valores aceitáveis, abaixo de 3. Entretanto, todas as regressões infelizmente obtiveram valores-p muito elevados e não foram significativas com esse banco de variáveis. Os maiores valores de FIV, sempre referidos à variável de atividade urbana (AU), e os valores-p para cada regressão podem ser observados no Quadro 6-7.

Quadro 6-7: Resultado das regressões iniciais

Variável dependente	r ² (r̄ ²)	P	FIV máximo
Enraizamento local	0,322 (0,032)	0,405	2,945
Integração imediata	0,453 (0,219)	0,145	2,756
Articulação intrarregional	0,242 (-0,083)	0,624	2,756
Independência regional	0,445 (0,208)	0,156	2,756

Esse resultado sugere que é possível que o tamanho da amostra não seja suficiente para demonstrar, ou reprovar, de forma significativa, todos os efeitos conjecturados de todos os fatores coletados. Por isso, uma alternativa seria analisar apenas parte do banco de variáveis independentes original, de modo que, pelo menos, alguma porção da especulação teórica seja explorada. À custa de perda de informação, as variáveis menos correlacionadas serão descartadas nas próximas regressões, em vez de agrupadas em novos fatores.

Para cada regressão, as variáveis independentes foram ordenadas por correlação bivariada com a variável dependente (cf. Apêndice I). Para preservar as variáveis mais correlacionadas, foram suprimidos, por ordem de correlação com a variável dependente, os índices colineares ($r > 0,7$) com aquelas variáveis independentes ainda mais correlacionadas com a variável dependente.

Como pode ser visto no Quadro 6-8, todos os indicadores aproximados tiveram um componente presente nos grupos formados. De certa forma, isso retém parte do caráter do modelo concebido inicialmente. A única exceção da inclusão dos indicadores simplificados seria a seleção para a regressão da independência regional, que não teria uma variável relacionada com a resiliência urbana. Nesse caso, o índice desse grupo com maior correlação com a variável dependente, o equilíbrio emprego-moradia no patamar territorial de 90 minutos ($plu_1(u, 90)$), foi utilizado para substituir a variável colinear a todos os índices do grupo, a densidade de empregos no patamar territorial de 90 minutos.

Quadro 6-8: Lista de variáveis independentes selecionadas para regressões

Variável	Ind.	$r_{x, enr}$	Variável	Ind.	$r_{x, int}$	Variável	Ind.	$r_{x, art}$	Variável	Ind.	$r_{x, ind}$
ace ₂ (u,20)	AU	0,589	den ₁ (u,40)	AU	0,463	fug(u,60)	EC	0,354	ace ₂ (u,60)	AU	0,552
den ₂ (u,20)	AU	0,542	fug(u,60)	EC	0,383	ace ₂ (u,20)	AU	0,278	plu ₁ (u,90)*	RU	0,422
plu ₁ (u,40)	UM	0,511	den ₂ (u,60)	AU	0,342	plu ₁ (u,20)	UM	0,236	urb ₂₋₁ (u,20)	QU	0,391
urb ₁ (u,40)	AU	0,468	fug(u,90)	EC	0,324	plu ₁ (u,90)	RU	0,197	urb ₁ (u,60)	AU	0,348
fug(u,60)	EC	0,418	urb ₂₋₁ (u,20)	QU	0,291	urb ₁ (u,90)	AU	0,183	fug(u,40)	IE	0,246
con ₂ (u,20)	IE	0,229	plu ₁ (u,20)	UM	0,203	urb ₂₋₁ (u,20)	QU	0,158	con ₁ (u,90)	EC	0,146
plu ₂ (u,20)	RU	0,189	urb ₂₋₁ (u,90)	QU	0,181	fug(u,90)	EC	0,141	urb ₂₋₁ (u,90)	QU	0,098
con ₁ (u,90)	EC	0,156	con ₁ (u,40)	IE	0,170	fug(u,20)	IE	0,132	plu ₁ (u,20)	UM	0,077
urb ₂₋₁ (u,90)	QU	0,136	plu ₂ (u,60)	RU	0,147	urb ₂₋₁ (u,90)	QU	0,106			
plu ₁ (u,60)	UM	0,107	urb ₁ (u,90)	AU	0,123	den ₂ (u,60)	AU	0,067			
urb ₂₋₁ (u,20)	QU	0,069									*substitui den ₁ (u,90) (r=0,464)

Após esse corte inicial, a tolerância e o FIV foram calculados, para eliminar variáveis que retiveram multicolinearidade. As variáveis foram eliminadas com critérios ordenados: maiores valores-p, quando maiores que 0,10; maiores valores de FIV em variáveis, com valores-p maiores que o valor-p da regressão. A iteração para quando a regressão não se torna mais significativa que a anterior e não tem multicolinearidades exageradas (ou seja, $FIV < 10$). Apenas são suprimidas variáveis quando há presença no modelo de outro índice que compõe o mesmo indicador simplificado, de forma a manter o mesmo contexto teórico.

Como mostra o Quadro 6-9, essa heurística foi capaz de obter resultados com colinearidade relativamente baixa (O'Brien, 2007) e maior significância, mantida uma aproximação da base hipotética. Enquanto as regressões referentes à articulação intrarregional não convergiram para um resultado significativo, a regressão final referente à independência regional revelou uma evidência significativa contra a hipótese nula ($p = 0,04$) e as referentes ao enraizamento local e à independência regional foram muito significantes, com valores-p menores que 0,01.

Vale ressaltar que esses resultados não têm a pretensão de explicar relações causais entre as variáveis e que, mesmo com bons níveis de significância em alguns casos, as correlações descobertas podem ser falsos positivos. Mediante a uma amostra maior e à presença de outros fatores, as ocorrências podem ser irrelevantes ou ter efeito contrário. Contudo, o intuito desse exercício é encontrar coincidências na amostra disponível e prover certa razoabilidade aos efeitos aparentes. Por isso, houve um esforço para manter

a coerência perante o arcabouço teórico – explicitamente por meio do critério de descartar nenhum dos indicadores aproximados produzidos na seção 6.1.

Quadro 6-9: Resumo de resultado das regressões finais

Variável dependente	r^2 (\bar{r}^2)	p	Número de preditores (com $p < 0,05$)	FIV máximo	Iterações
Enraizamento local	0,757 (0,627)	0,003	7 (3)	2,599	5
Integração imediata	0,811 (0,657)	0,006	9 (5)	7,548	2
Articulação intrarregional	0,410 (0,158)	0,213	6 (1)	2,459	5
Independência regional	0,569 (0,385)	0,039	6 (2)	5,782	3

6.2.1 Discussão sobre resultados da análise de desempenho

Os resultados referentes às variáveis independentes produzidos nas regressões de enraizamento local, integração imediata e independência regional são ilustrados, respectivamente, nos Quadros 6-10, 6-11 e 6-12, com destaque aos resultados significantes.

Quadro 6-10: Estatísticas da regressão final de enraizamento local

Variável	Indicador simplificado	β	p	FIV
$con_2(u,20)$	IE	0,08	0,71	2,569
$den_2(u,20)$	AU	0,41	0,07	2,384
$ace_2(u,20)$	AU	0,64	0,01	2,599
$urb_{2-1}(u,20)$	QU	-0,15	0,39	1,612
$plu_1(u,40)$	UM	0,49	0,01	1,411
$plu_2(u,20)$	RU	-0,64	0,01	2,425
$fug(u,60)$	EC	-0,01	0,97	2,139

Variáveis descartadas: $con_1(u,90)$, $urb_1(u,40)$, $urb_{2-1}(u,90)$, $plu_1(u,60)$

A regressão relativa ao enraizamento local produziu alguns resultados facilmente interpretáveis, como o acesso a moradias em locais próximos, na forma de $ace_2(u,20)$, e o uso misto na borda de influência, na forma de $plu_1(u,40)$, como preditores da proporção dessas viagens mais curtas. O efeito restante é mais enigmático – a entropia socioeconômica na borda local tem correlação negativa com o enraizamento local. Uma possível explicação é que, enquanto componente da resiliência urbana, essa medida tem

correlação forte com a renda média, como descoberto no início dessa seção. As pessoas com maior renda, por sua vez, têm redes sociais e ciclos profissionais espacialmente mais complexos, que demandam viagens a lugares mais afastados. Essa, entretanto, é uma conjectura que deve ser explorada em um estudo com métodos e dados mais adequados. Por exemplo, as pessoas mais ricas têm maior condição de mudança residencial coincidente com as atividades que exigem deslocamentos, o que configura um argumento contrário a essa fundamentação.

Quadro 6-11: Estatísticas da regressão final de integração imediata

Variável	Indicador simplificado	β	p	FIV
con ₁ (u,40)	IE	0,26	0,40	5,337
den ₁ (u,40)	AU	1,08	0,01	5,569
urb ₁ (u,90)	AU	1,02	0,01	7,209
urb ₂₋₁ (u,20)	QU	0,44	0,08	3,101
urb ₂₋₁ (u,90)	QU	-1,26	0,01	7,548
plu ₁ (u,20)	UM	-0,62	0,01	2,489
plu ₁ (u,60)	RU	-0,46	0,06	2,809
fug(u,60)	EC	-0,59	0,11	6,946
fug(u,90)	EC	0,65	0,03	3,716

Variável descartada: den₂(u,60)

Quadro 6-12: Estatísticas da regressão final de independência regional

Variável	Indicador simplificado	β	p	FIV
con ₁ (u,90)	EC	0,20	0,37	1,487
urb ₁ (u,60)	AU	1,48	0,00	5,782
urb ₂₋₁ (u,90)	QU	-1,13	0,02	5,642
plu ₁ (u,20)	UM	-0,43	0,11	1,965
plu ₁ (u,90)	RU	0,27	0,25	1,687
fug(u,40)	IE	-0,45	0,17	3,080

Variáveis descartadas: urb₂₋₁(u,20), ace₂(60)

Constante de 0,958, significante a p=0,017

O desestímulo à dependência inter-regional (que é o complemento da independência regional) pela facilidade de caminhada no patamar de 60 minutos é outro resultado plausível da regressão, já que se uma região for extensivamente dotada de uma boa geometria viária, dentro de sua borda de influência, é mais provável que as regiões limítrofes interajam por meio do transporte ativo ou haja mais facilidade ao acesso ao transporte coletivo. Uma justificativa semelhante é admissível quando essa variável é interpretada apenas como representante do indicador de atividade urbana – quanto

maior a possibilidade de realizar atividades dentro de um patamar territorial, menos provável são viagens mais prolongadas.

Da mesma forma, as variáveis que influenciam positivamente a integração imediata são portadas de explicações diretas. A densidade de empregos relacionada, $den_1(u,40)$, é diretamente alusiva ao patamar territorial da integração imediata. A fugacidade estrutural no patamar de 90 minutos demonstra o nível em que rede de transportes se equilibra em diversas abrangências, em vez de se apenas limitar aos extremos de viagens longas ou curtas – uma medida de intermediação compatível com as extensões dessa variável dependente. Além de fazer parte do grupo de atividade urbana, como a $den_1(u,40)$, a facilidade de caminhada no patamar de 90 minutos indica um encorajamento aos modos coletivo e não motorizado não exatamente concentrado na vizinhança local. Isto é, essa facilidade representa, pelo menos, um desestímulo a viagens prolongadas e, por conseguinte, um provável aumento na integração imediata.

As demais relações são menos compreensíveis. Enquanto o uso misto causa o efeito esperado de favorecimento do enraizamento local, o contrário aparenta ocorrer com a integração imediata. Os patamares territoriais dos índices nessa situação são adjacentes ($plu_1(u,40)$ e $plu_1(u,20)$) e têm uma correlação considerável ($r = 0,76$). Uma justificativa seria que esses índices, ao favorecer o enraizamento local, interferem na integração com as áreas adjacentes. Entretanto, essa capacidade compartilhada é especulativa e só pode ser confirmada mediante uso de métodos mais sofisticados, que endogenamente abordem relações causais, como modelagem de equações estruturais ou análise fatorial confirmatória. Nesse estudo, nem a análise de agrupamentos (que será utilizada na seção seguinte) poderia facilitar muito o entendimento desse mecanismo, já que, além da variável dependente, essas variáveis independentes não estão disponíveis no nível desagregado e, como já indicado, não têm correlações muito fortes com outras variáveis que poderiam servir como aproximação.

Outra ocorrência que causa estranheza é a qualidade da infraestrutura urbana ser relacionada positivamente à dependência e negativamente à integração. O que naturalmente se presume de níveis bons de qualidade urbana é uma intensificação dos potenciais de interação com a cidade, essencial para as modalidades sustentáveis de transportes, e das impedâncias para a realização de atividades. Geralmente, os índices que causam o efeito esperado são ponderados pela borda local e de vizinhança – nesse

caso, a métrica é ponderada pela borda de lesão ($urb_{2-1}(u,90)$). Portanto, a diferença ocorre no patamar territorial de cada variável de inferência. Enquanto aqueles índices expressam muito mais as qualidades nucleares – ou seja, algo mais próximo ao local e ao nodal –, esses indicam as qualidades relacionais – ou seja, muito mais a inserção geográfica e a expressão da região de referência do que uma quantidade local ou a caracterização isolada de um lugar. Esse nível de detalhe pode se dissipar quando as dimensões são reduzidas tão drasticamente como foi feito na seção anterior e muito mais quando os patamares territoriais não são nem ao menos inferidos.

A partir do reconhecimento dessa diferença entre nuclear e relacional, é possível conjecturar algumas linhas de análise que não serão muito avançadas, nesse ponto, para a dissertação e, certamente, não terão desfecho definitivo nas seções restantes. Uma vez que é possível idealizar efeitos no desempenho diferenciados entre patamares territoriais distintos, é necessário que mais exames sejam feitos, para verificar se essas relações, de fato, existem; que concepções abstratas sejam desenvolvidas, de forma a organizar o conhecimento das novas formas multidimensionais; que os agrupamentos e processos entre as dimensões sejam explorados e, eventualmente, entendidos; e que, talvez com mais importância, o caráter relacional do espaço seja menos desprezado nos estudos e aplicações da tecnologia.

As variáveis que fomentaram a discussão indubitavelmente levantaram uma incógnita em particular. A cidade, como um sistema de funções, fez com que variáveis de qualidade urbanística e ambiental, certamente positivas ao desempenho quando ponderadas em algo próximo ao lugar, gerassem efeitos negativos quando ponderadas em territórios amplos. Isso pode ser produto de um modelo viciado ou devido ao banco de dados muito agregado. Entretanto, a urbanidade, como uma qualidade transetorial, pode representar tanto um ativo local, sinérgico com o uso do solo, quanto uma qualidade de acesso e realização do transporte. A utilidade do transporte, por sua vez, é neutra em relação à maré de funções em que se insere. Em resumo, os processos inerentes à urbanidade são relacionais e complexos, o espaço é, por natureza, relacional e complexo, e a própria *noção de relação* é complexa, quando objetos e funções são numerosos.

A próxima seção explora um pouco mais a complexidade dessas relações, dessa vez pela tentativa de agrupamento, não exatamente das variáveis explicativas ou das

funcionais, mas dos objetos espaciais. A vantagem desse tipo de exercício é que, além de aumentar a riqueza das análises conceituais sobre os efeitos e os processos das variáveis do ambiente construído, ele pode ser convertido diretamente em políticas prescritivas, como vem sendo desenvolvido pelos teóricos e práticos da tipologia da orientação pelo transporte público.

6.3 TIPOLOGIA TERRITORIAL

A análise de agrupamento foi realizada no nível agregado e no nível desagregado. A UMI de Porto das Caixas, no norte de Itaboraí, foi eliminada da análise agregada por causa do seu número pequeno de quadrículas em relação às demais – apenas 18, ou 15% da média das UMI do LMRJ. Sua proporção relativa ao resto do conjunto de unidades seria muito diferente àquela de suas quadrículas na análise desagregada. Naturalmente, junto a essa UMI, foram excluídas as oito unidades não analisadas na regressão.

Ao todo, três recortes foram feitos. Dois deles foram agrupamentos no nível agregado: as variáveis independentes com correlações significantes nas regressões válidas (enraizamento, integração e independência), ou *variáveis estáticas*; e as três variáveis dependentes nas regressões válidas, ou *variáveis dinâmicas*. O outro recorte foi feito no nível desagregado, em linha auxiliar, devido ao menor número de índices disponíveis, um número menor que as 48 variáveis iniciais do ambiente construído. As variáveis sempre foram normalizadas de acordo com o máximo e o mínimo. Para melhor visualização, o procedimento no nível desagregado foi feito com janelas móveis, ou seja, as variáveis utilizadas são a média da quadrícula e de suas vizinhas imediatas.

As 20 variáveis calculadas com o método de agregação I2 não estariam disponíveis na análise no nível de quadrículas. Isso seria uma grave deficiência, uma vez que quatro variáveis ($den_1(u,40)$, $ace_2(u,20)$, $plu_1(u,20)$ e $plu_1(u,40)$) são preditoras do enraizamento local e da integração imediata. Por derivar de informações de setores censitários, o índice $den_2(u,60)$ poderia ser calculado a nível de quadrícula para emular $den_1(u,60)$, já que é a métrica com maior correlação. Por isso, os índices densidade espaço-temporal de moradia (den_2) foram produzidos e incluídos também na análise de agrupamento geral, o que caracterizou um conjunto de 32 *variáveis contextuais*.

Como o número de variáveis é muito grande, os indicadores simplificados são naturalmente uma escolha adequada para a visualização de dados. No caso das variáveis contextuais, o índice UM não pode ser calculado e os índices AU e RU foram adaptados – o primeiro pela média da soma de densidades de moradia e do indicador CC e o segundo pela soma de entropias socioeconômicas. As medidas de tendência (médias, medianas, quartis, máximos e mínimos) podem ser verificadas no Apêndice II.

O Quadro 6-13 descreve os procedimentos realizados e os respectivos índices e objetos analisados. Cada grupo produzido é resumido pela sigla da análise de agrupamento referente (VC, VE, VD) e o número dentro da análise. Os números foram escolhidos para caracterizar uma boa qualidade narrativa.

Quadro 6-13: Recortes explorados por análise de agrupamentos

Análise de agrupamento		Unidades espaciais	Número de variáveis	Número de objetos
Desagregada	Variáveis contextuais (VC)	QE	32	3534
Agregada	Variáveis estáticas (VE)	UMI	9	20
	Variáveis dinâmicas (VD)	UMI	3	20

6.3.1 Caracterização de agrupamentos de índices do ambiente construído

Os grupos de unidades desagregadas podem ser verificados de acordo com todas suas variáveis. O gráfico da Figura 6-3 demonstra a caracterização da média e dos primeiros e terceiros quartis das variáveis contextuais. Essa representação ficaria mais caótica no recorte agregado porque as variáveis são mais numerosas e menos objetos foram processados.

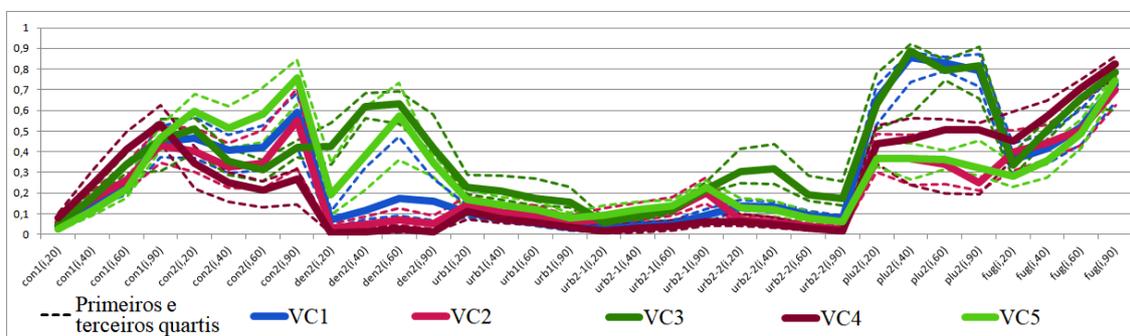


Figura 6-3: Valores de variáveis contextuais em cada grupo

Alguns padrões são repetidos em todos os grupos: o índice con_1 é crescente de acordo com o patamar territorial, de valores baixos a médios; o índice fug é crescente da

mesma forma, mas de valores médios a altos; o índice con_2 forma uma curva convexa suave de acordo com os patamares, e ligeiras diferenças de valores entre os grupos; e os índices urb_1 e urb_{2-1} permanecem em um nível muito baixo. Além dessas semelhanças, a caracterização do agrupamento é determinada pelas diferenças entre os grupos e podem ser observadas no Quadro 6-14.

Quadro 6-14: Diferença entre grupos conduzidos por variáveis contextuais

Grupo	Valores de índices de acordo com patamares			
	con_2	den_2	plu_2	urb_{2-2}
VC1: Bairro plural	Médio	Muito baixo	Alto	Muito baixo
VC2: Bairro monotônico	Médio	Muito baixo	Baixo	Muito baixo
VC3: Centro regional	Médio	Médio (curva côncava suave)	Alto	Baixo
VC4: Centralidade periférica	Baixo	Muito baixo	Médio	Muito baixo
VC5: Urbe conectada	Médio/alto	Baixo/médio (curva côncava acentuada)	Baixo	Muito baixo

O modelo nó-lugar, concebido por Bertolini (1999), foi experimentado para a amostra que coordenou esse agrupamento. Os valores de nó foram assumidos como a soma dos índices de conectividade e fugacidade e os valores de lugar foram assumidos como a soma dos índices de densidade, urbanidade e pluralidade. O resultado desse exercício é ilustrado pela Figura 6-4.

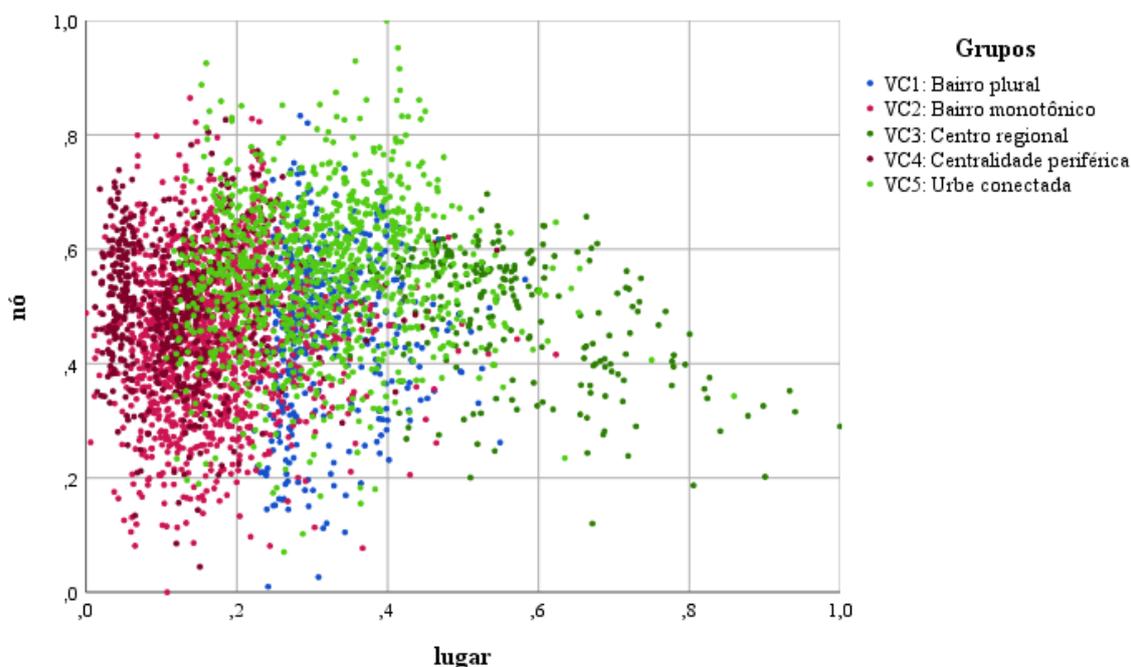


Figura 6-4: Modelo nó-lugar para variáveis contextuais

Pode-se notar que, apesar de haver uma distinção razoavelmente visível entre os valores de nó e lugar dos grupos, muitas quadrículas de grupos diferentes se sobrepuseram nesse espaço bidimensional, sobretudo na área entre o nó desequilibrado e as regiões em dependência. O único grupo que não manifesta essa tendência é o grupo VC3, que, segundo o modelo, é um conjunto de algo entre áreas equilibradas e um lugar desequilibrado. O modelo, portanto, não se ajusta perfeitamente, o que corrobora os resultados de outros estudos, como os de Reusser *et al.* (2008) e Zemp *et al.* (2011). Entretanto, isso não desqualifica o embasamento teórico, já que apenas uma porção da metrópole foi analisada, o que pode interferir na disposição dos objetos e comprometer o uso desse modelo.

De qualquer forma, essa caracterização pode ser falha ou ilusória. Por exemplo, o grupo VC5 é composto pelas quadrículas com menores ofertas de área, tanto que são destacados por isso, como mostra o Quadro 6-14. Ao mesmo tempo, o modelo indica valores consideráveis de nó em relação aos de lugar. Como pode ser observado na Figura 6-3, isso se deve ao fato de que os valores relacionados à isonomia estrutural e ao equilíbrio central são mais altos e compensam a baixa oferta. Por isso, é necessário procurar métodos mais capazes de interpretar os agrupamentos, sobretudo quando as variáveis são tão numerosas.

Como a disponibilidade de variáveis é diferente para o recorte desagregado, os indicadores simplificados, e suas adaptações, podem não representar os padrões exibidos pelos grupos conduzidos pelas variáveis contextuais, que incluem, além das variáveis independentes usadas na regressão, a densidade espaço-temporal de moradia em nível desagregado. Por isso, uma análise fatorial foi realizada para verificar as variáveis latentes entre as 32 variáveis contextuais ($KMO = 0,780$), de forma que os grupos sejam interpretados mais facilmente. A análise gerou seis fatores, sendo que o último não tinha coeficientes acima de 0,5 e explicava apenas 3,2% da variância.

Os demais fatores, que explicam 79,8% da variância, são ainda muito semelhantes aos indicadores simplificados. Dois índices que simplificam os fatores gerados são idênticos às métricas sintetizadas no início desse capítulo, enquanto três índices devem passar por algumas ressalvas, indicadas nas Equações 6-11 a 6-13. Por isso, essas novas métricas foram intituladas como índices IRAQ*E – as iniciais dos indicadores simplificados

(isonomia, resiliência, atividade, qualidade e equilíbrio), com modificações, representadas pelo asterisco, devido à ausência das variáveis de uso misto.

$$R^*(i) = RU(i) - plu_1(i, T4) \quad \text{Equação 6-11}$$

$$A^*(i) = CC(i) + \sum_{b=T1}^{T4} den_2(i, b) \quad \text{Equação 6-12}$$

$$Q^*(i) = 2QU(i) + \sum_{b=T1}^{T4} urb_1(i, b) \quad \text{Equação 6-13}$$

Os diagramas de dispersão formados pelas 10 pares de espaços dimensionais dos índices IRAQ*E podem ser observados na Figura 6-5. A distinção entre grupos é bem mais visível que no modelo nó-lugar, sobretudo nas combinações compostas pela resiliência urbana ajustada (R).

Essa ilustração demonstra algumas ocorrências de interesse. Uma delas é a relação linear entre atividade urbana e qualidade urbana, como era de se esperar, já que foram verificadas anteriormente correlações bivariadas entre os índices que compõem a primeira métrica e a facilidade de caminhada, que compõe as duas métricas. O outro é a divisão dos grupos VC2 e VC5 em dois níveis diferentes de resiliência urbana. Portanto, um dos subgrupos tem mais variedade socioeconômica.

Como pode ser observado na Figura 6-6, não há muita coincidência entre os grupos conduzidos por variáveis contextuais e estáticas. Os grupos VC3 e VE3 parecem ser muito parecidos, com níveis mais elevados de atividade e resiliência urbana, médios de isonomia estrutural e de equilíbrio central e baixos de qualidade urbana. Há também certa semelhança entre os grupos VE1 e os grupos VC1 e VC4, com diferenças maiores apenas na dimensão RU. Esse ajuste limitado indica que, em relação ao procedimento feito em unidades com áreas regulares, a agregação sub-representa as UMI com mais quadriculas e super-representa as UMI com menos quadriculas. Isso pode ser aferido na Figura 6-7, que confirma uma quantidade baixa de objetos nos grupos VE3, VE4 e VE5.

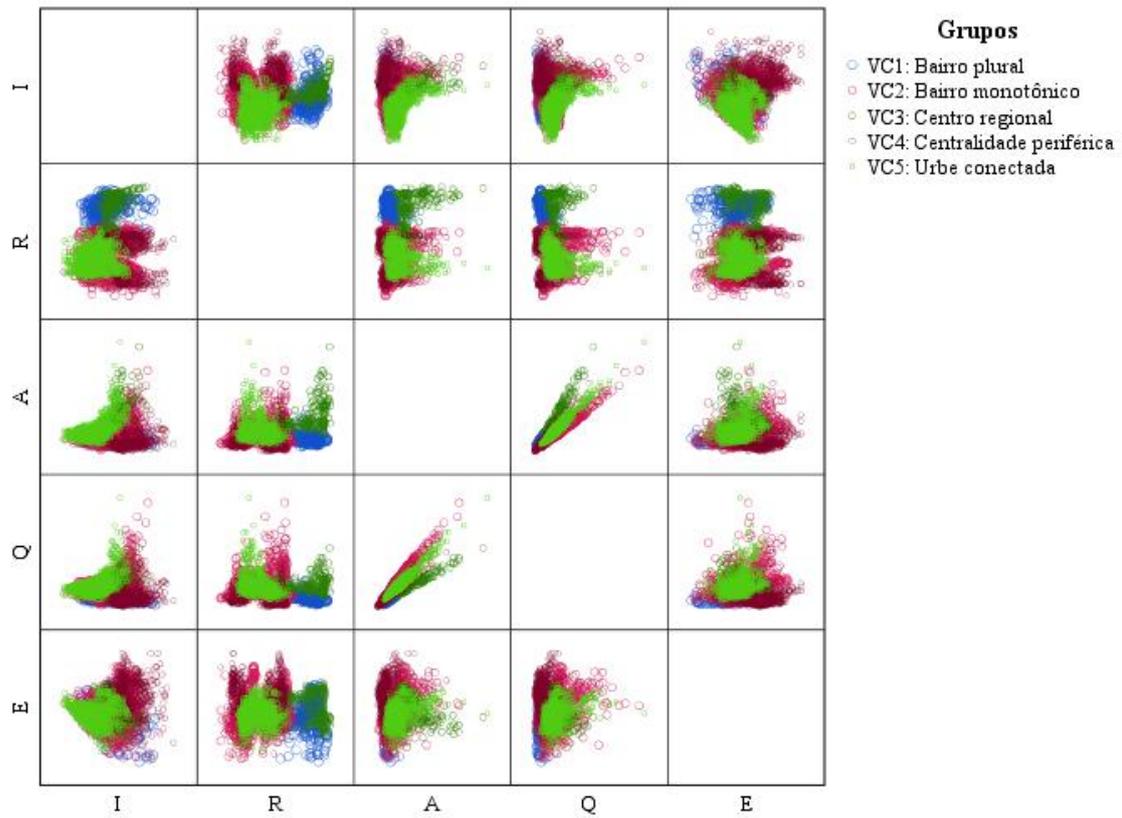


Figura 6-5: Gráficos de dispersão de índices IRAQ*E nas variáveis contextuais

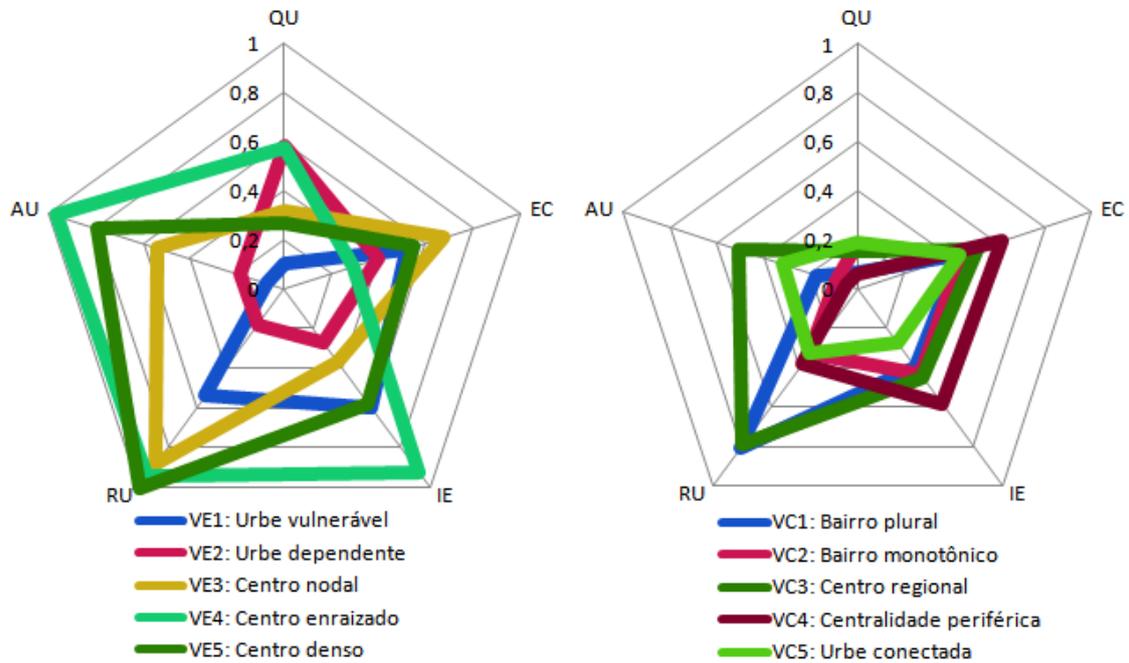


Figura 6-6: Comparação dos grupos gerados por variáveis independentes

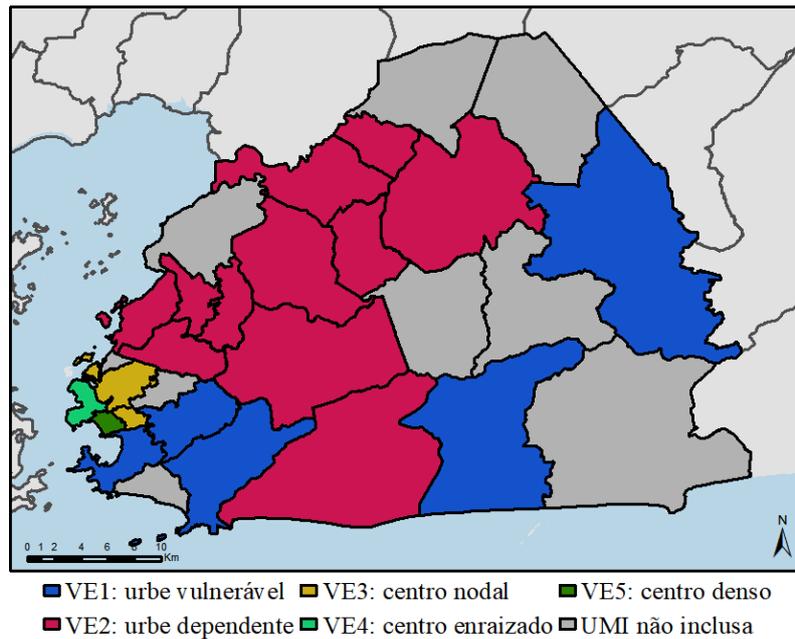


Figura 6-7: Agrupamento de unidades gerado por variáveis estáticas

O agrupamento gerado por coordenação de variáveis estáticas é descrito no Quadro 6-15, com comentários em destaque. Os grupos podem ser divididos, devido uma distinção clara entre os grupos com características mais centrais, com grandezas de densidade e resiliência mais elevadas, e os grupos mais periféricos. Essa divisão é bem ilustrada pelo dendrograma da Figura 6-8, que descreve a caracterização hierárquica dos grupos, por meio da apresentação das suas subdivisões – essa divisão é exatamente a mais acentuada.

Dentre os grupos relativos a centros, dispostos na região central de Niterói, há a divisão entre um grupo com valores medianos referentes à conectividade e à fugacidade (VE5), composto pela UMI do centro de Niterói; o grupo composto por Fonseca e Santa Rosa (VE3), que compõem uma atividade urbana moderada com um forte equilíbrio central e baixa isonomia estrutural, o que significa ligações mais regionais do que locais; e o grupo composto por Icaraí (VE4), com a combinação de pouca interferência do transporte motorizado na isonomia estrutural, bem como valores baixos para o equilíbrio central e altos para o uso misto e, o que estimula um desenvolvimento autocontido e enraizado.

Os grupos periféricos foram divididos entre um mais vulnerável (VE1), com qualidade urbana muito baixa e atividade urbana pouco intensa, e o grupo mais homogêneo da análise de agrupamento, com baixos valores de resiliência urbana (VE2). O valor baixo

de isonomia estrutural em relação ao equilíbrio central (0,22 contra 0,43) demonstra uma capacidade para realizar deslocamentos prolongados, que aliada à baixa atividade urbana, representa uma inclinação à maior dependência. Entretanto, esse grupo é muito extenso, com 11 das 20 UMI, e pode ser diverso, bem como mostra o dendrograma.

Quadro 6-15: Diferença entre grupos conduzidos por variáveis estáticas

Grupo	Valores de indicadores simplificados					
	IE	RU	AU	QU	UM	EC
VE1: Urbe vulnerável	Médio	Médio	<i>Muito baixo</i>	<i>Muito baixo</i>	Muito baixo	Médio
VE2: Urbe dependente	Baixo	<i>Baixo</i>	Baixo	Médio	Muito baixo	Médio
VE3: Centro nodal	Baixo	<i>Alto</i>	<i>Médio</i>	Baixo	Baixo	<i>Alto</i>
VE4: Centro enraizado	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	Médio	<i>Alto</i>	<i>Baixo</i>
VE5: Centro denso	Médio	<i>Alto</i>	<i>Alto</i>	Baixo	Baixo	Médio

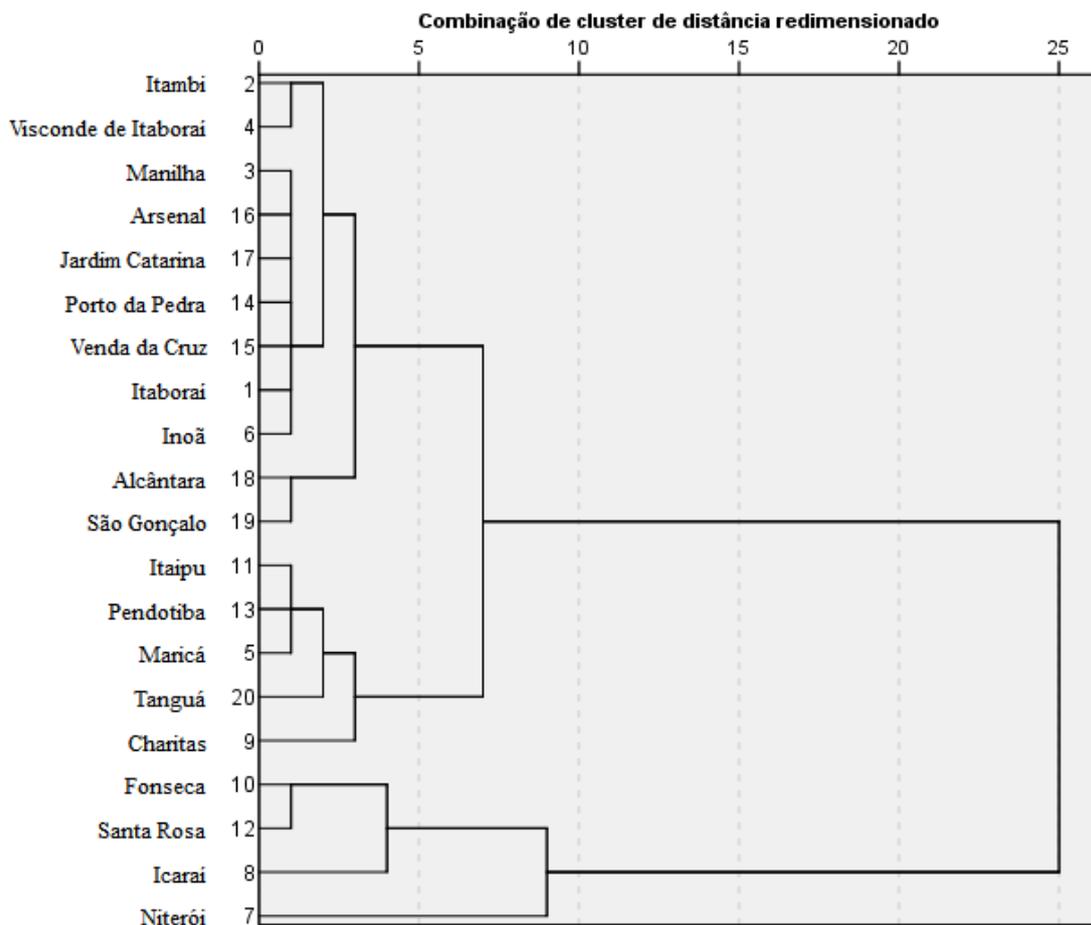


Figura 6-8: Dendrograma usando a ligação de Ward por variáveis estáticas

Essa investigação sobre as variáveis estáticas pode ser mais bem conduzida por meio da comparação com as variáveis dinâmicas. Desse modo, o desempenho pode ser

novamente verificado de acordo com o ajuste entre a localização geográfica dos grupos coordenados por variáveis estáticas e dos grupos coordenados por variáveis dinâmicas.

6.3.2 Relação com o desempenho e caracterização geográfica

O agrupamento coordenado pelas variáveis dinâmicas determinou uma categorização decrescente de dependência a regiões afastadas, onde o pior caso são as unidades que majoritariamente têm viagens a regiões longínquas, além das bordas de influência e de lesão, e o melhor caso são as unidades com o maior nível de enraizamento, já que, setorialmente, essa seria a prática menos dispendiosa. A integração imediata representa um fator intermediário, já que representa interações que demanda entre 20 e 40 minutos, ao mesmo tempo em que não atinge níveis mais extremos de dependência. Dessa forma, como mostram as medidas de tendência não normalizadas ilustradas na Figura 6-9, cada grupo assume um papel de acordo com as funções desempenhadas pelo transporte.

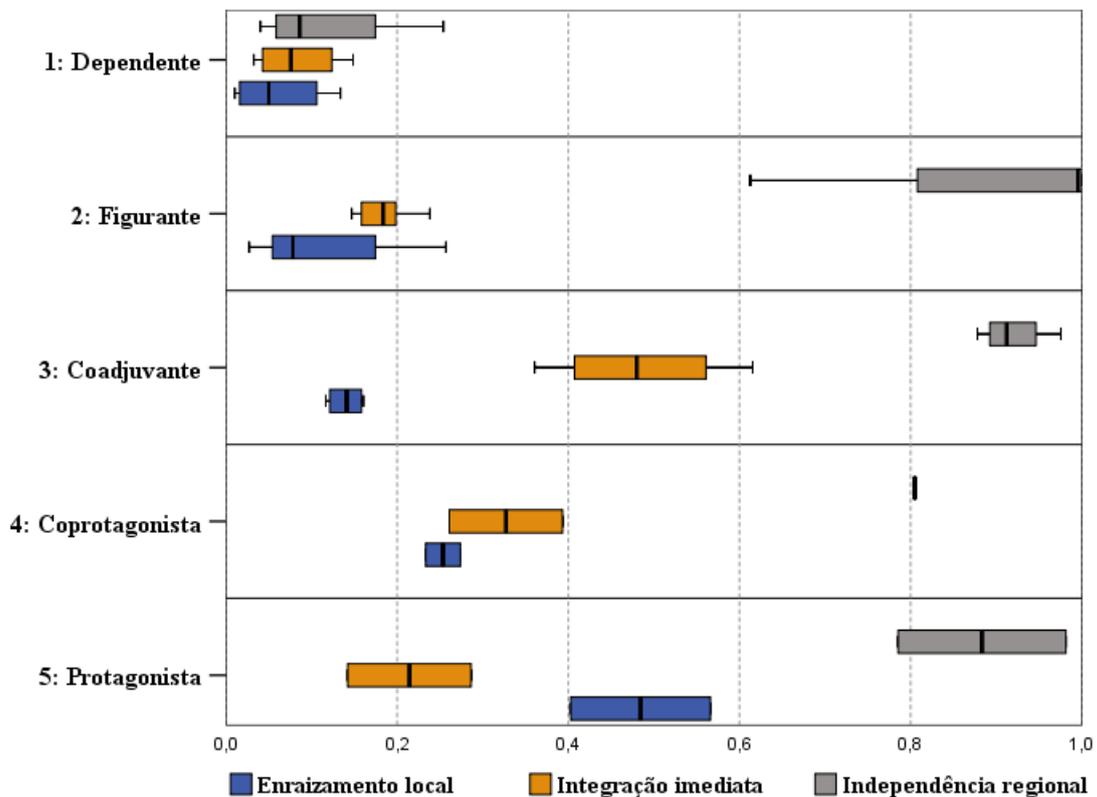


Figura 6-9: Diagrama de caixa para grupos coordenados por variáveis dinâmicas

Portanto, a análise de agrupamento aliada aos índices desenvolvidos, que consideram faixas territoriais, é apresentada como uma poderosa ferramenta de análise do desempenho de transportes em regiões urbanas. Do ponto de vista de planejamento, isso

é importante para primeiramente reconhecer problemas setoriais e, em um segundo momento, se houver um arcabouço conceitual que integre processos urbanos, relacionar esses problemas com outros setores relevantes à cidade.

Entretanto, o diagnóstico, além de portar o planejador com percepções do estudo de caso, necessita de um exercício de resposta. Na situação do planejamento integrado, isso é traduzido como a elaboração de políticas prescritivas que não abordem o problema apenas com a infraestrutura de transportes, mas com as potencialidades de cada elemento do ambiente construído em desempenhar reais mudanças, de acordo com as vocações de cada lugar.

A Figura 6-10, comparada à Figura 6-7, mostra que a disposição entre as variáveis estáticas e as variáveis dinâmicas não é tão semelhante como poderia se esperar pelas regressões realizadas. Apesar de haver coincidência quase exata nas diferenças de categorização em determinadas unidades, como Niterói e Maricá, o mesmo não repercute para o restante da área de estudo.

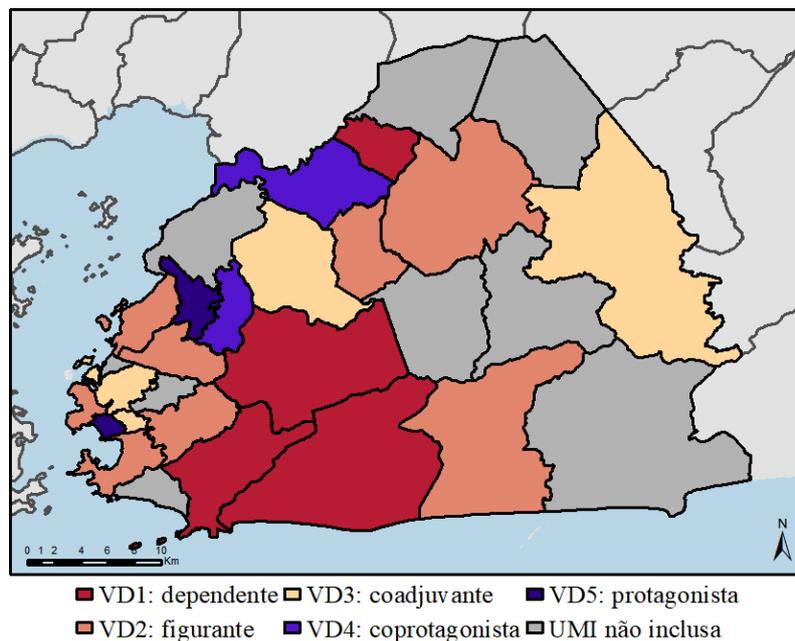


Figura 6-10: Agrupamento de unidades gerado por variáveis dinâmicas

A Figura 6-11 demonstra que alguns grupos têm correspondências mais fortes entre os dois resultados, como nos de número 3 e 5 (das duas análises) que têm quase uma equivalência entre valores das variáveis dinâmicas e uma coincidência mais grosseira entre variáveis estáticas. Evidentemente, cada categorização tem uma ortogonalidade

condizente às variáveis que conduziram o agrupamento e exibem maior individualidade dos grupos sob a perspectiva.

A título de exemplo, os grupos VE1, VE2 e VE4, residem de forma difusa no espaço dimensional formado pelo perfil dos grupos VD2 e VD4, enquanto os grupos VD1, VD2 e VD4 residem de maneira semelhante no espaço dimensional formado pelos grupos VE1 e VE2. Em contraponto, os grupos restantes traduzem perfis mais peculiares – o grupo VD1 caracteriza regiões muito dependentes e o grupo VE4 tem valores muito altos de uso misto e isonomia estrutural, presente em outros grupos de maneira no máximo moderada.

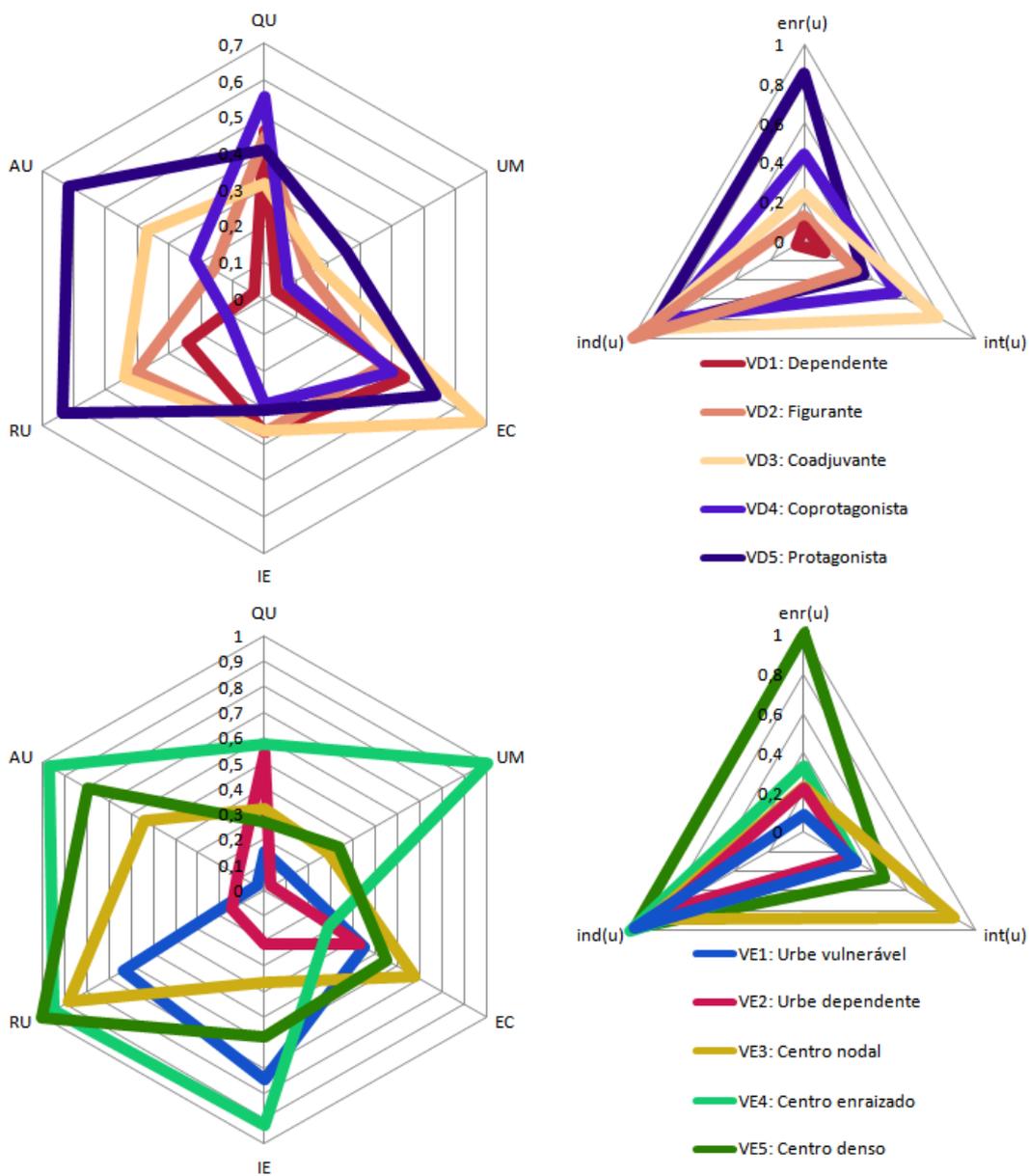


Figura 6-11: Comparação dos grupos gerados por variáveis estáticas e dinâmicas

Os resultados do agrupamento demonstram um método limitado, porém capaz de apresentar uma covariância entre as variáveis estáticas e dinâmicas. Apesar de que o desempenho identifica um corredor com menores dependências em um corredor que atravessa a região norte do LMRJ, as categorias identificadas como menos dependentes, somente por conjecturas teóricas acerca do ambiente construído, se concentram apenas em distinções da região central de Niterói, que é, de fato, diversa em seus bairros, como demonstram os resultados, e dominante na região.

Restrições como a alta agregação do banco de dados impedem uma análise mais precisa. Por um lado, as regressões conduzidas não forneceram resultados significantes para a articulação intrarregional. Não é imprudente atribuir alguma responsabilidade a essa falha ao tamanho da amostra. Isso impediu a inserção de variáveis independentes nas análises de agrupamento voltadas ao desempenho e o próprio índice de articulação, que provavelmente interferiria nas variáveis dependentes, devido à condição desses índices como proporções de totais de viagens e às limitações de capacidade do ambiente construído em influenciar os deslocamentos.

Por outro lado, essa agregação dificulta a identificação de grupos específicos pela verificação a partir de medidas de tendência central de valores de mais de 170 quadrículas por cada UMI, em média, e pelo baixo número de objetos. Uma vez que formam o primeiro subconjunto do grupo VE2, como mostra a Figura 6-8, é possível que o centro de São Gonçalo e Alcântara, identificados nas análises de agrupamento como protagonista e coprotagonista, respectivamente, da região, fossem categorizados em um grupo específico em um recorte mais desagregado ou em uma área de estudo mais abrangente, que acrescesse o número de objetos.

Uma exploração pode ser feita a partir dos grupos coordenados pelas variáveis contextuais. Esse exercício deve ser apenas geográfico, ou seja, investiga apenas as coincidências espaciais, uma vez que não são disponíveis para comparação nem os dados de viagens, e, por conseguinte, as variáveis dinâmicas, nem todas as variáveis do ambiente construído. De fato, a capacidade do grupo VC5 em abranger o corredor de unidades independentes é maior do que na análise de agrupamentos realizada em nível agregado, como pode ser aferido no lado esquerdo na Figura 6-12. É interessante observar que as topologias acompanharam as fronteiras municipais, o que indica um possível papel do histórico institucional em determinar esses padrões urbanos.

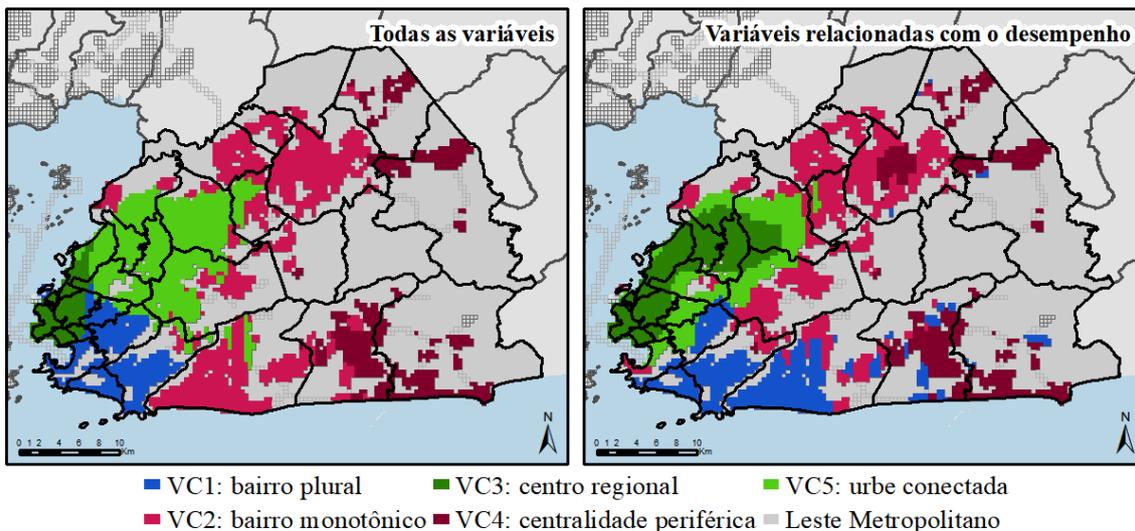


Figura 6-12: Distribuição geográfica de agrupamentos em nível desagregado

Como se pode ver no lado direito da Figura 6-12, distribuição dos grupos se ajusta ainda melhor ao desempenho quando é realizado um agrupamento coordenado por aproximações das variáveis estáticas, onde as variáveis indisponíveis foram substituídas por aquelas no conjunto acessível com a maior correlação. Esse procedimento foi documentado no Quadro 6-16.

Quadro 6-16: Correlações usadas para aproximação de variáveis estáticas

Variável agregada (VE)	Variável aproximada (VC)	$r_{VC,VE}$
$den_1(u,40)$	$den_2(i,40)$	0,892
$ace_2(u,20)$	$urb_{2,2}(i,20)$	0,789
$plu_1(u,20)$	$urb_1(i,90)^1$	0,665
$plu_1(u,40)$	$fug(i,60)$	0,433

¹ variável já presente no banco de variáveis

A nova distribuição agrupou a unidade protagonista do centro de São Gonçalo e a unidade coprotagonista de Alcântara no grupo VC3, unido às unidades da região central de Niterói. Dessa forma, o que resta no grupo VC5 é uma área periférica a esse corredor, que, de certa forma, coincide com as UMI com índices elevados de independência, mas com menos protagonismo (leia-se integração e enraizamento) que o grupo VC3. O grupo VC1 engloba áreas antes imputadas ao grupo VC2 e adentra nas áreas com altos níveis de dependência. Logo, a relação entre o grupo VC2 e o grupo VC4 se torna análoga à relação entre VC3 e VC5, em uma versão mais periférica da relação centralidade urbana e área de influência, com menores níveis de protagonismo.

Apesar de que uma mudança territorial considerável tenha acontecido, os indicadores se mantiveram em níveis semelhantes além de perdas na pluralidade dos grupos VC1 e VC3, de forma que o perfil relatado no Quadro 6-14 não tenha sido modificado. Por fim, essa se torna a análise tipológica mais próxima ao desempenho real e pode ser convertida em políticas normativas. Desse modo, é possível afirmar que os índices do ambiente construído, com consideração a efeitos territoriais, em especial aqueles destacados nos resultados das regressões, têm alguma correlação espacial com os índices funcionais que foram desenvolvidos com a intenção de captar nuances relacionais.

Outra maneira de aferir geograficamente o ajuste entre os agrupamentos é comparar os padrões das variáveis entre agrupamentos. Esse exercício só pode ser feito pela verificação da inserção geográfica das quadrículas nas UMI, já que os dados que fabricam as variáveis dinâmicas são disponíveis apenas em nível agregado. Ou seja, foi assumido que todas as quadrículas inseridas em uma UMI de um determinado grupo relacionado às variáveis dinâmicas são componentes desse grupo. A comparação entre os dois agrupamentos pode ser conferida nas Figuras 6-13 e 6-14.

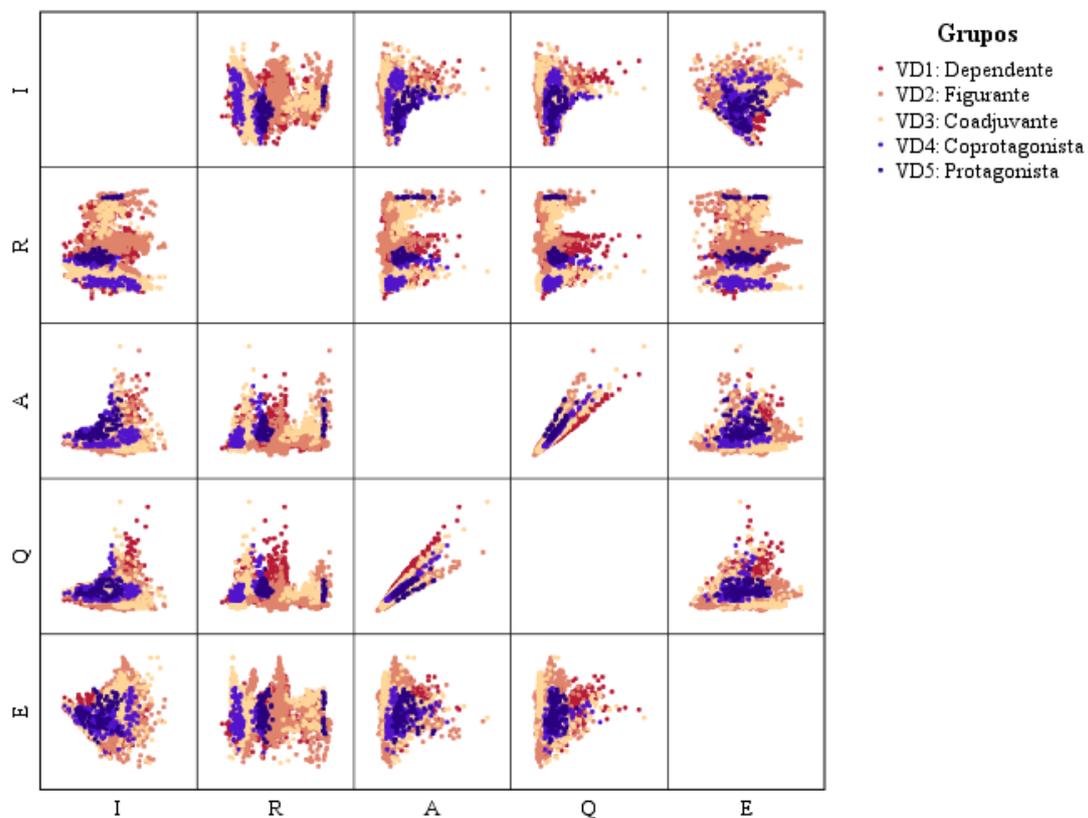


Figura 6-13: Índices IRAQ*E de quadrículas inseridas em grupos de nível agregado

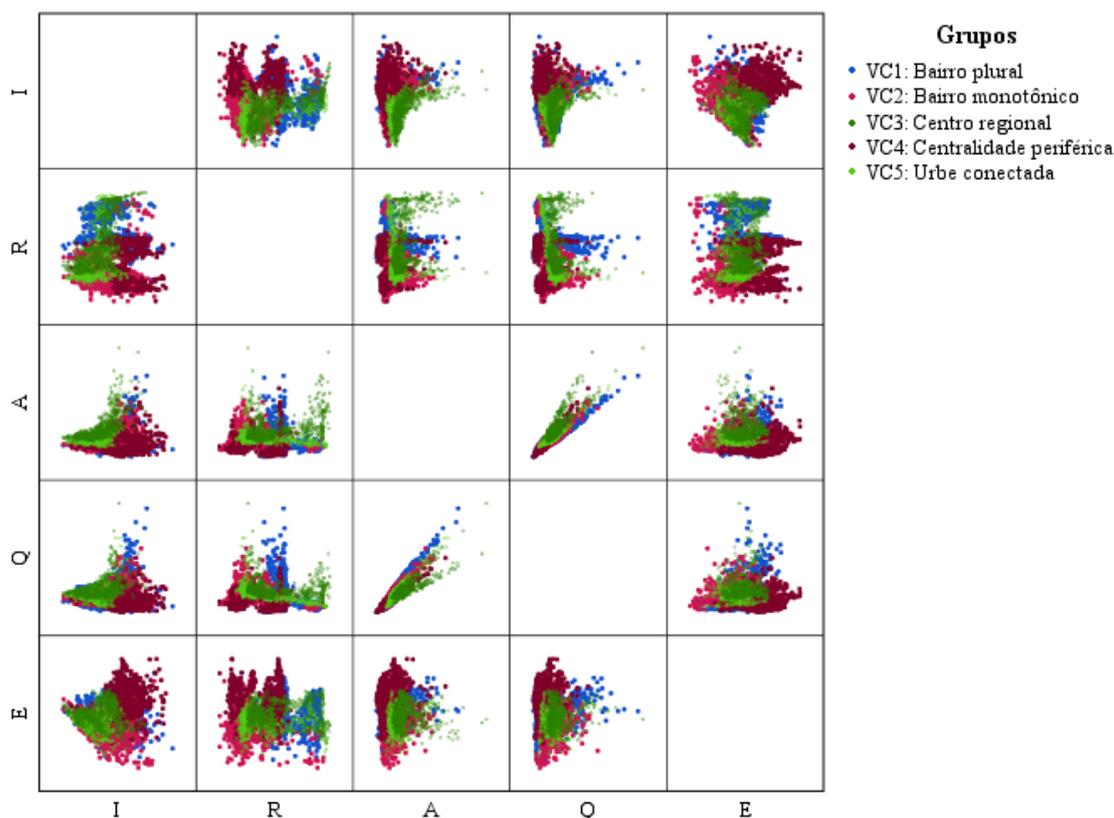


Figura 6-14: Índices IRAQ*E do agrupamento aproximado às variáveis estáticas

Como já poderia se esperar pela comparação dos mapas das Figuras 6-10 e 6-12, um ajuste entre os dois agrupamentos é tão sensível que pode ser aferido visualmente pela comparação dos gráficos. Dentro daquelas que se inserem nas 20 UMI usadas nas análises de agrupamento, 74% das quadrículas do grupo VC1 coincidem com o grupo VE1 (dependente) e 70% das quadrículas do grupo VC4 coincidem com o grupo VE2 (figurante).

Isso demonstra que as variáveis selecionadas para simular as variáveis estáticas no nível desagregado são especialmente poderosas para prever níveis de dependência e independência regional. Portanto, de certa forma as variáveis do ambiente construído são capazes de pelo menos serem correlacionadas com o tipo de desempenho examinado. Um exame mais abrangente, em pesquisas futuras, talvez confirme relações de causa e consequência.

Por fim, persiste uma última incógnita contemplada nesse capítulo, gerada pelos resultados da regressão. Os níveis de qualidade de infraestrutura urbana, que causaram estranheza por estarem correlacionados negativamente com a integração e

positivamente com a dependência, podem ser aferidos novamente. A Figura 6-15 mostra um gráfico de dispersão com as variáveis significantes na regressão da independência regional como eixos.

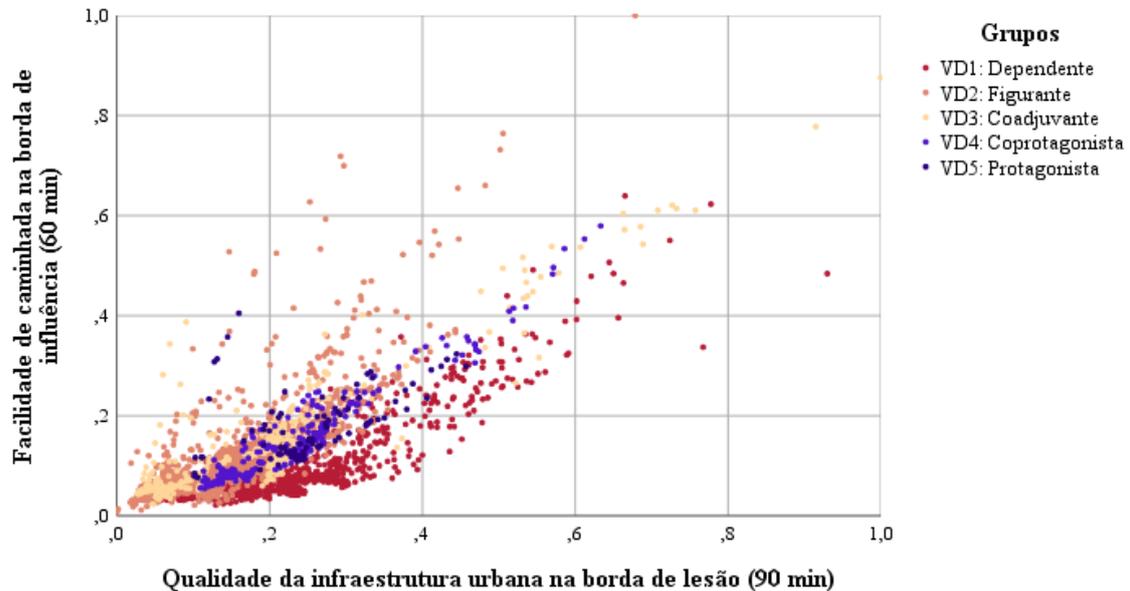


Figura 6-15: Ajuste em desempenho de variáveis apontadas na regressão

O resultado confirma a tendência da facilidade de caminhada em aumentar os níveis de independência regional, já que a classe dependente figura em graus mais baixos dessa variável independente que os demais grupos. Contudo, o grupo dependente tem os índices de infraestrutura urbana em 90 minutos mais elevados, o que reitera o resultado da regressão. Essa ocorrência pode ter muitas explicações, que não serão mais exploradas nesse trabalho, além das especulações a seguir.

Primeiro, o recorte que gerou os grupos é muito agregado e os valores que conduziram a análise de agrupamento provêm de um banco de dados igualmente muito agregado. Por isso, os relacionamentos entre as variáveis de uso do solo e o desempenho nesse trabalho devem ser reproduzidos com muita cautela, mais como *tendências de correlação* do que como *elasticidades ou normas*.

Segundo, esses valores englobam todo o território formado pela isócrona de 90 minutos. Essa variável pode estar contando muito mais com lugares afastados do que o lugar de referência, às vezes alcançados por tempo acima de 60 minutos, que influencia diretamente os valores de independência regional. Essa métrica é, portanto, diferente

valor de urbanidade que geralmente se tenta medir, com referência em, e somente em, um lugar de referência.

Terceiro, as viagens são o produto de relações causais muito complexas e há interferência de muitas variáveis – esses efeitos relacionais são, inclusive, um dos argumentos desse trabalho. Nesse caso, a exclusão de muitas variáveis, em vez de incorporação em fatores, na segunda tentativa de realizar regressões pode ter eliminado parte das nuances entre as espécies de indicadores e patamares territoriais.

Apesar de que esse tipo de análise só poderá ser mais explorado em amostras melhores, por meio de métodos mais adequados para examinar causalidades, as ferramentas e construções teóricas dessa dissertação se mostraram poderosas. Por exemplo, o outro lado da incógnita levantada pelas regressões – a correlação negativa do mesmo índice de qualidade de infraestrutura urbana com a integração imediata – foi resolvido pela análise de agrupamento. Como demonstrado pela Figura 6-15, as quadrículas inseridas nos grupos coadjuvantes, com maior integração do que enraizamento, têm menores valores de $urb_{2-1}(u,90)$ que aquelas inseridas nos grupos coprotagonistas e protagonistas, com enraizamento crescente e integração decrescente (cf. Figura 6-9).

A próxima seção é reservada para as conclusões e visões gerais construídas, diagramação dos métodos utilizados, propostas de derivações dos achados desse trabalho, evoluções acadêmicas naturais e considerações finais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos desafios do planejamento integrado é a categorização do espaço de acordo com suas vocações e potencialidades, de forma que as ações e políticas sejam mais eficazes e menos onerosas. O desenvolvimento dessa dissertação foi construtivo para o avanço tecnológico de auxílios a esse tipo de decisão e os resultados foram em geral positivos, apesar de limitados.

O principal obstáculo para a concepção do método foi operar a compatibilização entre bancos de dados distintos, com níveis diversos de agregação. Esse procedimento, que resultou em análises muito agregadas, ocasionou em dificuldades de interpretação nas verificações das relações entre o ambiente construído e o desempenho no sistema de transportes. Ainda assim, alguns padrões foram identificados.

Como será exposto a seguir, o trabalho foi suficiente para explorar a temática dos efeitos relacionais das características do espaço urbano, de acordo com os objetivos metodológicos. As conclusões podem ser subdivididas de acordo com o que a elaboração dessa dissertação representa: como continuação do desenvolvimento do estado da arte, como contribuição às práticas e ao ferramental e como inspiração para novas ideias.

7.1 SOBRE CONTRIBUIÇÕES ACADÊMICAS

Os procedimentos foram conduzidos com um sistema teórico-conceitual sólido que poderá ser aproveitado em pesquisas futuras. O desprezo à condição relacional do espaço determina ou uma submissão a territorialidades parcialmente arbitrárias, quando seguidas fronteiras político-administrativas, ou uma obsessão ao lugar, quando os alcances territoriais são regulares. Como construído no capítulo 4, os indicadores e as métricas utilizadas em análises e ferramentas podem abranger as redes, os territórios e as escalas, enquanto o lugar – que, em geral, é a única unidade de análise – serve como ponto de referência.

O modelo topológico foi bem-sucedido em reproduzir, em um recorte territorial desagregado, os custos de viagem da rede de transportes coletivo e ativo, que coordenaram o cálculo dos índices analisados. Por um lado, alguns elementos importantes aos deslocamentos foram suprimidos em nome da simplificação, como a

congestão, as tarifas, os limites superiores do transporte ativo devido restrições fisiológicas e os custos adicionais mais desagregados, como os relativos à geometria e à topografia. Outros fatores mais subjetivos também foram desprezados no cálculo, como a qualidade do percurso e as percepções de tempo. Por outro lado, o modelo já é bastante complexo e, por limitações computacionais, obrigou a área de estudo ser reduzida.

Três regressões executadas foram significantes, apesar de uma amostra muito limitada, o que foi satisfatório para identificar coincidências entre o ambiente urbano e o desempenho. É válido ressaltar que os resultados não representam construtos de causalidade, mas inclinações a certas incidências. Por exemplo, ao invés de uma influência da forma urbana nos deslocamentos, centralidades funcionais podem concentrar determinados elementos do ambiente construído, simplesmente porque elas atraem investimentos e aglomeração de capital.

As análises de agrupamento realizadas proporcionaram condições nas quais a disposição das 48 variáveis do ambiente construído e das três variáveis dinâmicas fosse interpretada de forma muito clara. Essa ferramenta é tão poderosa que serviu, em linha auxiliar às regressões, para explicar as relações entre as variáveis independentes e dependentes. Esse tipo de procedimento, em conjunto com a construção teórica explorada, tem a capacidade de ser explorado continuamente em futuros estudos e de facilitar decisões do planejamento urbano.

7.2 SOBRE SUGESTÕES AO EXERCÍCIO PRESCRITIVO

As análises de agrupamento se mostraram uma ferramenta importante para diagnóstico dos padrões desempenhados no sistema de transportes e das tipologias de ambiente construído assumidas pelos lugares. Dessa maneira, o método desenvolvido dota o planejador de maior entendimento da cidade que aborda e das capacidades dos instrumentos executivos, que são a habilidade de intervir no transporte e no uso do solo.

Com o agrupamento por variáveis dinâmicas (ver Figura 6-10) é possível identificar os locais com as práticas mais indesejáveis nos deslocamentos e assim promover algum protagonismo, seja na localidade, seja com interação às centralidades próximas. Da mesma forma, os locais com maiores capacidades podem ser identificados e assim

podem ser apontados como âncoras para o desenvolvimento orientado na vizinhança imediata, enquanto suas imperfeições podem ser reparadas, para que se tornem modelos.

O agrupamento de variáveis contextuais e de variáveis estáticas aproximadas (ver Figura 6-12) é uma ferramenta que pode auxiliar a edificação de versões sob medida do desenvolvimento orientado pelo transporte público. Nesse exercício, foi possível distinguir, em unidades geográficas muito desagregadas, de 16 hectares, diferentes tipos de território urbano, que têm, por consequência, abordagens naturais distintas. A diferença entre esses agrupamentos é que um, que abrange todas as variáveis, tem uma vocação maior para intervenções intersetoriais e outro, conduzido apenas pelas variáveis relevantes ao desempenho, é mais voltado aos DOT.

7.3 SOBRE PESQUISAS FUTURAS

A recomendação mais óbvia a se fazer é a aplicação de um método derivado ao desenvolvido nesse trabalho em estudos que disponham de dados menos precários e agregados. Dessa forma, a eficácia da transferência da modelagem pode ser aferida ou adaptada em outros casos e os efeitos relacionais podem ser mais bem investigados, talvez com outros condutores teórico-conceituais.

A partir dessas melhores condições, é mais possível aferir, por meio de métodos matemáticos e estatísticos mais sofisticados, construtos causais entre os indicadores do ambiente construído e o desempenho, bem como estruturas relacionais, como os patamares territoriais. Por exemplo, a análise de componentes principais pode representar uma perda de detalhamento ao simplificar uma estrutura interna de correlações que, na verdade, não são muito uniformes. Nesse contexto, são recomendadas técnicas como correlação canônica ou modelagem de equações estruturais para entender relações causais, com representação explícita de processos, ou análises confirmatórias, quando bem construídas as bases conceituais.

Esse avanço pode assumir, além dessa sofisticação do ferramental, o reconhecimento endógeno de processos urbanos, mediante exploração teórica. Muitos autores estudaram os padrões de mudanças urbanas e de deslocamentos a ponto de transferirem esse conhecimento a modelos especialistas sintéticos, como visto no final do capítulo 3.

Com isso, será possível reconhecer se o desempenho do sistema de transportes é causado pelos elementos urbanos, são coincidentes triviais, ou causa da disposição do ambiente construído, por causa de processos como a autosseleção ou a colocação. Da mesma forma, a inclusão de modelos de uso do solo serve para mensurar o quanto impacta e quanto é impactado o desempenho dos fenômenos urbanos, como, por exemplo, o mercado imobiliário. Isso prevê, entretanto, a presença de séries de dados longitudinais para calibragem e avaliação dos modelos.

Essa dissertação forneceu um método de análise sistematizado e eficaz dirigido ao desenvolvimento orientado, além de um leve avanço no entendimento dos efeitos relacionais no desempenho de transportes. Contudo, algumas questões devem ser respondidas apenas em pesquisas futuras. Por exemplo, dada uma condição de contorno, qual é o desenho de rede que melhora condições de qualidade urbana e desenvolvimento socioeconômico? Um investimento estrutural é mais efetivo no patamar de influência ou no patamar de vizinhança? Essas estruturas são sinérgicas ou são contraditórias?

Da mesma maneira em que é desejado um desenvolvimento enraizado localmente, há de se reconhecer que existem restrições particulares ao crescimento. A não ser em uma ilha, a cidade sempre tem estruturas radiais que a liga à rede regional de transportes. Essas estruturas favorecem um centro e causam, mais cedo ou mais tarde, por natureza, relações de dependência. Ao mesmo tempo, elas são essenciais na cadeia de suprimentos e no desenvolvimento econômico, e, para sua manutenção, funcionariam melhor com operações regionais compartilhadas com as operações urbanas. Qual é a característica preponderante? Qual seria a resposta se a cidade realmente fosse uma ilha? Quanto depende isso da interação com a rede nacional e global de cidades?

O reconhecimento das interações relacionais presume que há articulação de uma maneira muito complexa da forma urbana, e nisso são incluídas as dimensões dos transportes. Por isso, é necessário que se admita a insignificância da habilidade da cognição humana em gerar soluções ótimas para problemas complexos e canalizar a capacidade criativa do planejador em moldar modelagens matemáticas, de forma que se aproveite a crescente capacidade computacional de processamento e armazenagem.

A partir do entendimento de concepções teóricas que expressem processos e da construção de ferramentas analíticas é possível transcender a postura exploratória, muito

comum na academia, para a concepção de métodos prescritivos para o planejamento urbano com maior precisão. A análise de agrupamento utilizada para diagnosticar uma cidade muito complexa pode, do mesmo modo, ser um instrumento fundamental para a interpretação de cidades virtuais produzidas por processos generativos como simulação e programação matemática. É possível então compreender quais são as verdadeiras melhores práticas, mesmo que sejam utópicas em sua concepção, para então adaptá-las.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- An, Q., Gordon, P. & Moore II, J.E. (2014). A note on commuting times and city size : Testing variances as well as means. *Journal of Transport and Land Use*. **7**(2), pp.105–110.
- Asikhia, M.O. & Nkeki, N.F. (2013). Polycentric Employment Growth and the Commuting Behaviour in Benin Metropolitan Region, Nigeria. *Journal of Geography and Geology*. [Online]. **5**(2), pp.1–17. Disponível em: <http://www.ccsenet.org/journal/index.php/jgg/article/view/23914>.
- Banister, D. (2008). The sustainable mobility paradigm. *Transport Policy*. **15**(2), pp.73–80.
- Batten, D.F. (1995). Network Cities: Creative Urban Agglomerations for the 21st Century. *Urban Studies*. [Online]. **32**(2), pp.313–327. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1080/00420989550013103>.
- Ben-Akiva, M.E. & Bowman, J.L. (1998). Activity Based Travel Demand Model Systems In: P. Marcotte & S. Nguyen, eds. *Equilibrium and Advanced Transportation Modelling* [Online]. Boston, MA: Springer, pp.27–46. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-1-4615-5757-9_2.
- Le Berre, I., Maulpoix, A., Thériault, M. & Gourmelon, F. (2016). A probabilistic model of residential urban development along the French Atlantic coast between 1968 and 2008. *Land Use Policy*. **50**, pp.461–478.
- Bertaud, A. (2003). Metropolis: the spatial organization of seven large cities In: D. Watson, A. Plattus & R. Shibley, eds. *Time-saver standards for urban design*. New York: McGraw-Hill.
- Bertaud, A. (2002). Note on Transportation and Urban Spatial Structure In: *Annual Bank Conference on Development Economics*. Washington, DC, p.11.
- Bertolini, L. (1996). Nodes and places: complexities of railway station redevelopment. *European Planning Studies*. [Online]. **4**(3), pp.331–345. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09654319608720349>.
- Bertolini, L. (1999). Spatial Development Patterns and Public Transport: The Application of an Analytical Model in the Netherlands. *Planning Practice and Research*. **14**(2), pp.199–210.
- Bertolini, L. (2008). Station areas as nodes and places in urban networks: An analytical tool and alternative development strategies In: F. Bruinsma, E. Pels, H. Priemus, P. Rietveld & B. van Wee, eds. *Railway Development* [Online]. Heidelberg: Physica-Verlag HD, pp.35–57. Disponível em: http://link.springer.com/10.1007/978-3-7908-1972-4_3.
- Bohte, W., Maat, K. & van Wee, B. (2009). Measuring attitudes in research on

- residential self-selection and travel behaviour: A review of theories and empirical research. *Transport Reviews*. **29**(3), pp.325–357.
- Brown, J.R. & Thompson, G.L. (2012). Should Transit Serve the CBD or a Diverse Array of Destinations? A Case Study Comparison of Two Transit Systems. *Journal of Public Transportation*. [Online]. **15**(1), pp.1–18. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23109194>.
- Buchanan, N., Barnett, R., Kingham, S. & Johnston, D. (2006). The effect of urban growth on commuting patterns in Christchurch, New Zealand. *Journal of Transport Geography*. **14**(5), pp.342–354.
- Calthorpe, P. (1993). *The Next American Metropolis: Ecology, Community, and the American Dream* 3rd ed. New York: Princeton Architectural Press.
- Calthorpe, P., Corbett, M., Duany, A., Moule, E., Plater-Zyberk, E. and Polyzoides, S. (1991). *The Ahwahnee Principles*. [Online] Disponível em: http://www.lgc.org/wordpress/docs/ahwahnee/ahwahnee_principles.pdf
- Cao, X., Mokhtarian, P.L. & Handy, S.L. (2009). No particular place to go: An empirical analysis of travel for the sake of travel. *Environment and Behavior*. **41**(2), pp.233–257.
- Cervero, R. (1989). Jobs-housing balancing and regional mobility. *Journal of the American Planning Association*. **55**(2), pp.136–150.
- Cervero, R. (2003). Road expansion, urban growth, and induced travel: A path analysis. *Journal of the American Planning Association*. **69**(2), pp.145–163.
- Cervero, R., Caldwell, B. & Cuellar, J. (2013). Bike-and-Ride: Build It and They Will Come. *Journal of Public Transportation*. [Online]. **16**(4), pp.83–105. Disponível em: <http://scholarcommons.usf.edu/jpt/vol16/iss4/5/>.
- Cervero, R. & Kockelman, K. (1997). Travel demand and the 3Ds: Density, diversity, and design. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. [Online]. **2**(3), pp.199–219. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1361920997000096>.
- Cervero, R. & Wu, K.-L. (1997). Polycentrism, commuting, and residential location in the San Francisco Bay area. *Environment & planning A*. **29**(5), pp.865–886.
- Champion, A.G. (2001). A Changing Demographic Regime and Evolving Poly centric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. *Urban Studies*. [Online]. **38**(4), pp.657–677. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1080/00420980120035277>.
- Chorus, P. & Bertolini, L. (2011). An application of the node place model to explore the spatial development dynamics. *The Journal of Transport and Land Use*. **4**(1), pp.45–58.

- Chowdhury, S., Ceder, A. & Velly, B. (2014). Measuring Public-Transport Network Connectivity Using Google Transit with Comparison across Cities. *Journal of Public Transportation*. [Online]. **17**(4), pp.76–92. Disponível em: <http://scholarcommons.usf.edu/jpt/vol17/iss4/6/>.
- Derrible, S. & Kennedy, C. (2010). Characterizing metro networks: State, form, and structure. *Transportation*. **37**(2), pp.275–297.
- Deus, L.R. de & Sanches, S. da P. (2009). Influência da forma urbana sobre o comportamento de viagens urbanas. *Caminhos de Geografia*. **10**(29), pp.1–16.
- Doi, K. & Kii, M. (2012). Managing Urban Mobility Systems Through a Cross-Assessment Model Within the Framework of Land-use and Transport Integration In: R. L. Mackett, A. D. May, M. Kii & H. Pan, eds. *Sustainable Transport for Chinese Cities* [Online]. Transport and Sustainability. Bingley: Emerald Insight, pp.119–144. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1108/S2044-9941\(2012\)0000003008](http://dx.doi.org/10.1108/S2044-9941(2012)0000003008).
- Ewing, R. & Cervero, R. (2010). Travel and the built environment. *Journal of the American Planning Association*. **76**(3), pp.265–294.
- Ewing, R. & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. [Online]. **1780**(1), pp.87–114. Disponível em: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/1780-10>.
- Farahani, R.Z., Miandoabchi, E., Szeto, W.Y. & Rashidi, H. (2013). A review of urban transportation network design problems. *European Journal of Operational Research*. [Online]. **229**(2), pp.281–302. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2013.01.001>.
- Fernández-Maldonado, A.M., Romein, A., Verkoren, O. & Pessoa, R.P.P. (2014). Polycentric Structures in Latin American Metropolitan Areas: Identifying Employment Sub-centres. *Regional Studies*. **48**(12), pp.1954–1971.
- Florian, M., Gaudry, M. & Lardinois, C. (1988). A two-dimensional framework for the understanding of transportation planning models. *Transportation Research Part B: Methodological*. [Online]. **22**(6), pp.411–419. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0191261588900227>.
- Ford, L. (1996). A New and Improved Model of Latin American City Structure. *Geographical Review*. [Online]. **86**(3), pp.437–440. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/215506.pdf>.
- Gauthier, P. & Gilliland, J. (2006). Mapping urban morphology: a classification scheme for interpreting contributions to the study of urban form. *Urban Morphology*. **10**(1), pp.41–50.
- Gauthiez, B. (2004). The history of urban morphology. *Urban Morphology*. **8**(2), pp.71–89.

- Geaquinto, P.D. & Orrico Filho, R.D. (2015). Tópicos relevantes para desenho de redes de transporte coletivo a partir das polaridades urbanas *In: XIII Rio de Transportes*. Rio de Janeiro, pp.1–12.
- Geaquinto, P.D., Paiva Neto, J.B. de & Orrico Filho, R.O. (2018). *Redes de transporte radiais em cidades policêntricas: os centros funcionais e o traçado metroviário do Rio de Janeiro* [Artigo em submissão]. Rio de Janeiro.
- Gil, J., Montenegro, N., Beirão, J. & Duarte, J. (2012). On the Discovery of Urban Typologies. Data mining the multi-dimensional character of neighbourhoods. *Urban Morphology*. **16**(1), pp.27–40.
- Giuliano, G. (1991). *Is jobs-housing balance a transportation issue?* [Online]. Berkeley: University of California Transportation Center. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/4874r4hg.pdf>.
- Gonçalves, J.A.M., Portugal, L. da S. & Boaventura Netto, P.O. (2005). As potencialidades de indicadores de centralidade no estudo de um corredor ferroviário *In: XIX ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. Recife, pp.643–653.
- Gordon, P., Kumar, A. & Richardson, H. (1989). The influence of metropolitan spatial structure on commuting time. *Journal of Urban Economics*. **26**(2), pp.138–151.
- Gordon, P., Richardson, H.W. & Jun, M.J. (1991). The commuting paradox evidence from the top twenty. *Journal of the American Planning Association*. **57**(4), pp.416–420.
- Grant, J.L. (2015). New Urbanism *In: J. D. Wright, ed. International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences* [Online]. Orlando: Elsevier, pp.809–814. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080970868740219>.
- Griffin, E. & Ford, L. (1980). A model of Latin American city structure. *The Geographical Review*. **70**(4), pp.397–422.
- Guth, D., Holz-Rau, C. & Maciolek, M. (2009). Employment suburbanisation and commuter traffic in German city regions *In: 9th Swiss Transport Research Conference*.
- Hägerstrand, T. (1970). What about people in regional science? *Papers in Regional Science*. [Online]. **24**(1), pp.7–24. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1435-5597.1970.tb01464.x>.
- Halcrow-Sinergia-Setepla (2016). *Relatório 2 do Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU/RMRJ) – Zoneamento e Plano Amostral*. Rio de Janeiro: Cia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística (CENTRAL).
- Halcrow-Sinergia-Setepla (2012). *Relatório 3 do Plano Diretor de Transporte Urbano*

da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (PDTU/RMRJ) – Atualização da Base de Dados – Anexo 1. [Dados]. Rio de Janeiro: Cia Estadual de Engenharia de Transportes e Logística (CENTRAL).

- Hansen, W.G. (1959). How Accessibility Shapes Land Use. *Journal of the American Institute of Planners*. [Online]. **25**(2), pp.73–76. Disponível em: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01944365908978307>.
- Iacono, M., Levinson, D. & El-Geneidy, A. (2008). Models of Transportation and Land Use Change: A Guide to the Territory. *CPL bibliography*. [Online]. **22**(4), pp.323–340. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0885412207314010>.
- IBGE (2010). *Censo demográfico*. [Dados].
- IETS (2016). *Centralidades da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. [Dados].
- Jessop, B., Brenner, N. & Jones, M.S. (2008). Theorizing sociospatial relations. *Environment and Planning D: Society and Space*. **26**(3), pp.389–401.
- Jones, P. & Lucas, K. (2012). The social consequences of transport decision-making: Clarifying concepts, synthesising knowledge and assessing implications. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **21**, pp.4–16. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2012.01.012>.
- Kaiser, H.F. & Rice, J. (1974). Little Jiffy, Mark Iv. *Educational and Psychological Measurement*. [Online]. **34**(1), pp.111–117. Disponível em: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/001316447403400115>.
- Kamruzzaman, M., Baker, D., Washington, S. & Turrell, G. (2014). Advance transit oriented development typology: Case study in brisbane, australia. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **34**, pp.54–70. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2013.11.002>.
- Kuby, M., Barranda, A. & Upchurch, C. (2004). Factors influencing light-rail station boardings in the United States. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. **38**(3), pp.223–247.
- Levine, J. (1998). Rethinking Accessibility & Jobs-Housing Balance. *Journal of the American Planning Association*. **64**(2), pp.133–149.
- Lima, F. & Kós, J.R. (2014). Pensamento algorítmico, parametrização e urbanismo sustentável: uma avaliação de parâmetros para estratégias de projeto urbano inteligente In: *Proceedings of the XVIII Conference of the Iberoamerican Society of Digital Graphics - SIGraDi: Design in Freedom* [Online]. São Paulo: Editora Edgard Blücher, pp.360–364. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/14289>.
- Limtanakool, N., Dijst, M. & Schwanen, T. (2007). A Theoretical Framework and Methodology for Characterising National Urban Systems on the Basis of Flows of People: Empirical Evidence for France and Germany. *Urban Studies*. **44**(11),

pp.2123–2145.

- Limtanakool, N., Schwanen, T. & Dijst, M. (2009). Developments in the dutch urban system on the basis of flows. *Regional Studies*. **43**(2), pp.179–196.
- Lin, D., Allan, A. & Cui, J. (2015). The impacts of urban spatial structure and socio-economic factors on patterns of commuting: a review. *International Journal of Urban Sciences*. [Online]. **19**(2), pp.238–255. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1080/12265934.2015.1016092>.
- Lopes, S.B.L., Silva, A.N.R. da S. & Pfaffenbichler, P. (2010). Uma aplicação do modelo de uso de solo e transportes MARS no Brasil *In: IV Congresso Luso-Brasileiro para o Planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável*. Faro, pp.1–12.
- Lu, X. & Pas, E.I. (1999). Socio-demographics, activity participation and travel behavior. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. [Online]. **33**(1), pp.1–18. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0965856498000202>.
- Lyu, G., Bertolini, L. & Pfeffer, K. (2016). Developing a TOD typology for Beijing metro station areas. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **55**, pp.40–50. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.07.002>.
- Maranhão, Í.G. de O. (2017). *Desafios para a elaboração e implementação de planos sustentáveis de mobilidade: O caso dos municípios periféricos da região metropolitana do Rio de Janeiro* [Dissertação de mestrado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- Markovich, J. & Lucas, K. (2011). *The social and distributional impacts of transport: a literature review* [Online]. Oxford: University of Oxford. Disponível em: <http://www.tsu.ox.ac.uk/pubs/1055-markovich-lucas.pdf>.
- McNally, M.G. (2008). The Four-Step Model *In: D. A. Hensher & K. J. Button, eds. Handbook of Transport Modeling* [Online]. Bingley: Emerald Insight, pp.35–53. Disponível em: <http://www.escholarship.org/uc/item/0r75311t>.
- Mello, A. & Portugal, L. (2017). Um procedimento baseado na acessibilidade para a concepção de Planos Estratégicos de Mobilidade Urbana: o caso do Brasil. *EURE - Revista Latinoamericana de Estudios Urbano Regionales*. [Online]. **43**(128), pp.99–125. Disponível em: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0250-71612017000100005&lng=en&nrm=iso&tlng=en.
- Millward, H. (2006). Urban containment strategies: A case-study appraisal of plans and policies in Japanese, British, and Canadian cities. *Land Use Policy*. **23**(4), pp.473–485.
- Mokhtarian, P.L. & Salomon, I. (2001). How derived is the demand for travel? Some conceptual and measurement considerations. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. **35**(8), pp.695–719.

- Moudon, A.V. (1997). Urban Morphology as an emerging interdisciplinary field. *Urban Morphology*. **1**, pp.3–10.
- Newman, P.W.G. & Kenworthy, J.R. (1996). The land use-transport connection: An overview. *Land Use Policy*. **13**(1), pp.1–22.
- van Niekerk, A., du Plessis, D., Boonzaaier, I., Spocter, M., Ferreira, S., Loots, L. & Donaldson, R. (2016). Development of a multi-criteria spatial planning support system for growth potential modelling in the Western Cape, South Africa. *Land Use Policy*. [Online]. **50**, pp.179–193. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0264837715002859>.
- Nielsen, G., Lange, T., Mulley, C. & Nelson, J.D. (2006). Network Planning and Design for Public Transport Success – and Some Pitfalls *In: Proceedings of the European Transport Conference (ETC)*, p.17.
- O'Brien, R.M. (2007). A caution regarding rules of thumb for variance inflation factors. *Quality and Quantity*. **41**(5), pp.673–690.
- Oliveira, M.H. de S. & Ribeiro, R.G. (2014). Conflitos e oportunidades no planejamento dos transportes metropolitanos no contexto de implantação do projeto de transporte sobre trilhos metropolitano na RMBH *In: XXVIII ANPET - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes*. Curitiba.
- Orrico Filho, R.D. (2013). *Redes de Transporte Público Coletivo Urbano: Um roteiro metodológico para sua concepção* [Projeto de Pesquisa]. MCT/CNPq N° 18/2009. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Orrico Filho, R.D., Affonso, N.S., Simões, R.B.A. & Oliveira, M.H.S. (2015). Mobilidade urbana sustentável: questões do porvir *In: T. Nunes, J. Santa Rosa & R. F. Moraes, eds. Sustentabilidade urbana: impactos do desenvolvimento econômico e suas consequências sobre o processo de urbanização em países emergentes: textos para as discussões da Rio+20*. Brasília: MMA e ONU-Habitat, pp.43–76.
- Ortúzar, J. de D. & Willumsen, L.G. (2011). *Modelling Transport* 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- OSM (2017). *OpenStreetMap*. [Dados]. Disponível em: <http://www.openstreetmap.org/>
- PDTU/RMRJ (2012). *Plano Diretor de Transporte Urbano da Região Metropolitana do Rio de Janeiro*. [Dados].
- Petraglia, C.L. & Leite, V.F. e (2017). *Centralidades: Perspectivas de Políticas Públicas*. Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana de Integração Governamental.
- Pyrialakou, V.D., Gkritza, K. & Fricker, J.D. (2016). Accessibility, mobility, and realized travel behavior: Assessing transport disadvantage from a policy perspective. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **51**, pp.252–269. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2016.02.001>.

- Quanta-Lerner (2016a). *Produto 6 do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro Janeiro (PDUI/RMRJ)*. Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana de Integração Governamental.
- Quanta-Lerner (2016b). *Produto 8 do Plano Estratégico de Desenvolvimento Urbano Integrado da Região Metropolitana do Rio de Janeiro Janeiro (PDUI/RMRJ)*. Rio de Janeiro: Câmara Metropolitana de Integração Governamental.
- Renne, J.L. (2009). From transit-adjacent to transit-oriented development. *Local Environment*. **14**(1), pp.1–15.
- Reusser, D.E., Loukopoulos, P., Stauffacher, M. & Scholz, R.W. (2008). Classifying railway stations for sustainable transitions - balancing node and place functions. *Journal of Transport Geography*. **16**(3), pp.191–202.
- Ribas, J.R. & Vieira, P.R. da C. (2011). *Análise multivariada com o uso do SPSS 1ª ed.* Rio de Janeiro: Ciência Moderna.
- Ribeiro, L.C. de Q. & Ribeiro, M.G. (2013). *Ibeu: índice de bem-estar urbano 1ª ed.* Rio de Janeiro: Letra Capital; Observatório das Metrôpoles.
- Sales Filho, L. de H. (1996). *O uso de indicadores de acessibilidade na avaliação de redes estruturais de transporte urbano* [Tese de doutorado]. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE.
- Salingaros, N.A. (2005). Connecting the Fractal City *In: Principles of Urban Structure* [Online]. Amsterdam, Holland: Techne Press, p.252. Disponível em: <http://zeta.math.utsa.edu/~yxk833/connecting.html>.
- Santos, L.C.L. dos & Gutierrez, D.M.M. (2014). A influência da conectividade na configuração da rede metroferroviária e no desenvolvimento da cidade *In: 20ª Semana de Tecnologia Metroferroviária*. São Paulo: AEAMESP - Associação dos Engenheiros e Arquitetos de Metrô de São Paulo, pp.1–21.
- Schlossberg, M. & Brown, N. (2004). Comparing Transit-Oriented Development Sites by Walkability Indicators. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. [Online]. **1887**(1887), pp.34–42. Disponível em: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/1887-05>.
- Shaw, S.-L. (2009). Transportation and Land Use *In: R. Kitchin & N. Thrift, eds. International Encyclopedia of Human Geography* [Online]. Oxford: Elsevier, pp.470–475. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780080449104010385>.
- Shi, Y., Zuidgeest, M., Salzberg, A., Sliuzas, R., Huang, Z., Qingming Zhang, Nguyen Ngoc Quang, Hurkens, J., Peng, M., Chen, G., van Maarseveen, M. & van Delden, H. (2012). Simulating urban development scenarios for Wuhan *In: 2012 6th International Association for China Planning Conference (IACP)* [Online]. IEEE, pp.1–13. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6342974/>.

- Sinclair-Smith, K. (2015). Polycentric development in the Cape Town city-region: Empirical assessment and consideration of spatial policy implications. *Development Southern Africa*. **32**(2), pp.131–150.
- Sinclair-Smith, K. & Turok, I. (2012). The changing spatial economy of cities: An exploratory analysis of Cape Town. *Development Southern Africa*. **29**(3), pp.391–417.
- Singh, Y.J., Fard, P., Zuidgeest, M., Brussel, M. & 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*. [Online]. **35**, pp.130–143. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2014.01.014>.
- Smith, J.M., van Ness, H.C. & Abbott, M.M. (2007). *Introdução à Termodinâmica da Engenharia Química 7ª ed.* Rio de Janeiro: LTC.
- Tawfik, C. & Limbourg, S. (2015). Bilevel optimization in the context of intermodal pricing: State of art. *Transportation Research Procedia*. [Online]. **10**(July), pp.634–643. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trpro.2015.09.017>.
- Tong, L., Zhou, X. & Miller, H.J. (2015). Transportation network design for maximizing space-time accessibility. *Transportation Research Part B: Methodological*. [Online]. **81**, pp.555–576. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.trb.2015.08.002>.
- Vale, D.S. (2015). Transit-oriented development, integration of land use and transport, and pedestrian accessibility: Combining node-place model with pedestrian shed ratio to evaluate and classify station areas in Lisbon. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **45**, pp.70–80. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.04.009>.
- Vale, G.M.V. (2007). *Territórios vitoriosos: o papel das redes organizacionais*. Rio de Janeiro: Garamond.
- Vasanen, A. (2013). Spatial integration and functional balance in polycentric Urban systems: A multi-scalar approach. *Tijdschrift voor Economische en Sociale Geografie*. **104**(4), pp.410–425.
- Vianna, G.S.B. & Young, C.E.F. (2015). Em Busca Do Tempo Perdido: Uma Estimativa Do Produto Perdido Em Trânsito No Brasil* Especial Mobilidade Urbana. *Revista de Economia Contemporânea*. [Online]. **19**(3), pp.403–416. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/198055271933%5Cnwww.ie.ufrj.br/revista%5Cnwww.scielo.br/rec>.
- De Vos, J., Van Acker, V. & Witlox, F. (2014). The influence of attitudes on Transit-Oriented Development: An explorative analysis. *Transport Policy*. [Online]. **35**, pp.326–329. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967070X14000754>.

- Vuchic, V.R. (2007). *Urban Transit Systems and Technology*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Walker, J. (2008). Purpose-driven public transport: creating a clear conversation about public transport goals. *Journal of Transport Geography*. [Online]. **16**(6), pp.436–442. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2008.06.005>.
- Way, H. (2016). Beyond the Big City: The Question of Size in Planning for Urban Sustainability. *Procedia Environmental Sciences*. [Online]. **36**, pp.138–145. Disponível em: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1878029616302262>.
- Wegener, M. (2004). Overview of Land Use Transport Models In: D. A. Hensher, K. J. Button, K. E. Haynes & P. R. Stopher, eds. *Handbook of Transport Geography and Spatial Systems*. Handbooks in Transport. Bingley: Emerald Insight, pp.127–146.
- Woodcock, I., Dovey, K., Wollan, S. & Robertson, I. (2011). Speculation and Resistance: Constraints on Compact City Policy Implementation in Melbourne. *Urban Policy and Research*. **29**(4), pp.343–362.
- Wu, F. (1998). Polycentric urban development and land-use change in a transitional economy: the case of Guangzhou. *Environment and Planning A*. **30**(6), pp.1077–1100.
- Yang, J., Chen, J., Le, X. & Zhang, Q. (2016). Density-oriented versus development-oriented transit investment: Decoding metro station location selection in Shenzhen. *Transport Policy*. [Online]. **51**, pp.93–102. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.tranpol.2016.04.004>.
- Ye, Y. & van Nes, A. (2014). Quantitative tools in urban morphology: Combining space syntax, spacematrix and mixed-use index in a GIS framework. *Urban Morphology*. **18**(2), pp.97–118.
- Zemp, S., Stauffacher, M., Lang, D.J. & Scholz, R.W. (2011). Classifying railway stations for strategic transport and land use planning: Context matters! *Journal of Transport Geography*. [Online]. **19**(4), pp.670–679. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.08.008>.
- Zhang, M. (2007). Chinese Edition of Transit-Oriented Development. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. [Online]. **2038**, pp.120–127. Disponível em: <http://trrjournalonline.trb.org/doi/10.3141/2038-16>.
- Zhang, P., Zhou, J. & Zhang, T. (2017). Quantifying and visualizing jobs-housing balance with big data: A case study of Shanghai. *Cities*. [Online]. **66**, pp.10–22. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cities.2017.03.004>.
- Zhong, C., Arisona, S.M., Huang, X., Batty, M. & Schmitt, G. (2014). Detecting the dynamics of urban structure through spatial network analysis. *International Journal of Geographical Information Science*. **28**(11), pp.2178–2199.

APÊNDICE I: CORRELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS

Matriz de correlação entre variáveis dependentes

	enr(u)	int(u)	art(u)	ind(u)
enr(u)	1,000	0,101	-0,256	0,181
int(u)	0,101	1,000	0,116	0,475
art(u)	-0,256	0,116	1,000	0,204
ind(u)	0,181	0,475	0,204	1,000

Matriz de correlação entre indicadores simplificados iniciais

	AP	DR	MA	CC	QU	UM	RU	IE	EC
AP	1,000	0,781	0,955	0,944	-0,022	0,693	0,735	0,251	-0,026
DR	0,781	1,000	0,916	0,829	0,183	0,310	0,559	-0,282	-0,037
MA	0,955	0,916	1,000	0,931	0,030	0,552	0,711	0,045	-0,001
CC	0,944	0,829	0,931	1,000	0,196	0,590	0,558	0,097	-0,081
QU	-0,022	0,183	0,030	0,196	1,000	-0,034	-0,329	-0,499	-0,248
UM	0,693	0,310	0,552	0,590	-0,034	1,000	0,441	0,451	0,008
RU	0,735	0,559	0,711	0,558	-0,329	0,441	1,000	0,167	-0,079
IE	0,251	-0,282	0,045	0,097	-0,499	0,451	0,167	1,000	0,279
EC	-0,026	-0,037	-0,001	-0,081	-0,248	0,008	-0,079	0,279	1,000

Matriz de correlação entre indicadores simplificados finais e renda

	ren(u)	AU	QU	UM	RU	IE	EC
ren(u)	1,000	0,679	-0,291	0,409	0,845	0,213	-0,049
AU	0,679	1,000	0,102	0,542	0,668	0,005	-0,036
QU	-0,291	0,102	1,000	-0,034	-0,329	-0,499	-0,248
UM	0,409	0,542	-0,034	1,000	0,441	0,451	0,008
RU	0,845	0,668	-0,329	0,441	1,000	0,167	-0,079
IE	0,213	0,005	-0,499	0,451	0,167	1,000	0,279
EC	-0,049	-0,036	-0,248	0,008	-0,079	0,279	1,000

Matriz de correlação entre variáveis independentes em nível agregado

	con1(u,20)	con1(u,40)	con1(u,60)	con1(u,90)	con2(u,20)	con2(u,40)	con2(u,60)	con2(u,90)	den1(u,20)	den1(u,40)	den1(u,60)	den1(u,90)	den2(u,20)	den2(u,40)	den2(u,60)	den2(u,90)	ace1(u,20)	ace1(u,40)	ace1(u,60)	ace1(u,90)	ace2(u,20)	ace2(u,40)	ace2(u,60)	ace2(u,90)
con1(u,20)	1,000	0,880	0,600	-0,204	-0,936	-0,934	-0,877	-0,854	0,194	-0,029	0,222	0,143	-0,505	-0,346	-0,572	-0,346	0,361	0,039	0,177	0,133	0,136	-0,212	-0,478	-0,396
con1(u,40)	0,880	1,000	0,738	-0,244	-0,769	-0,919	-0,927	-0,893	0,421	0,284	0,436	0,426	-0,200	-0,021	-0,304	-0,088	0,582	0,369	0,448	0,431	0,454	0,149	-0,136	-0,086
con1(u,60)	0,600	0,738	1,000	0,318	-0,454	-0,630	-0,773	-0,862	0,188	0,299	0,132	0,197	-0,110	0,003	-0,238	-0,229	0,304	0,334	0,214	0,225	0,398	0,192	-0,054	-0,147
con1(u,90)	-0,204	-0,244	0,318	1,000	0,207	0,285	0,174	-0,065	-0,487	-0,267	-0,552	-0,538	-0,099	-0,194	-0,092	-0,387	-0,581	-0,353	-0,526	-0,527	-0,394	-0,251	-0,150	-0,323
con2(u,20)	-0,936	-0,769	-0,454	0,207	1,000	0,926	0,828	0,805	-0,018	0,180	-0,124	-0,030	0,657	0,500	0,643	0,479	-0,171	0,143	-0,038	-0,001	0,089	0,365	0,598	0,536
con2(u,40)	-0,934	-0,919	-0,630	0,285	0,926	1,000	0,968	0,915	-0,237	-0,112	-0,318	-0,305	0,411	0,242	0,444	0,282	-0,404	-0,172	-0,289	-0,289	-0,234	0,045	0,322	0,291
con2(u,60)	-0,877	-0,927	-0,773	0,174	0,828	0,968	1,000	0,966	-0,291	-0,258	-0,345	-0,382	0,283	0,113	0,331	0,216	-0,441	-0,311	-0,356	-0,376	-0,347	-0,115	0,176	0,188
con2(u,90)	-0,854	-0,893	-0,862	-0,065	0,805	0,915	0,966	1,000	-0,192	-0,200	-0,236	-0,256	0,322	0,154	0,367	0,309	-0,314	-0,228	-0,245	-0,252	-0,231	-0,043	0,230	0,273
den1(u,20)	0,194	0,421	0,188	-0,487	-0,018	-0,237	-0,291	-0,192	1,000	0,693	0,929	0,745	0,520	0,641	0,445	0,757	0,913	0,769	0,936	0,789	0,567	0,666	0,553	0,719
den1(u,40)	-0,029	0,284	0,299	-0,267	0,180	-0,112	-0,258	-0,200	0,693	1,000	0,720	0,902	0,582	0,892	0,630	0,670	0,657	0,979	0,830	0,915	0,707	0,929	0,779	0,754
den1(u,60)	0,222	0,436	0,132	-0,552	-0,124	-0,318	-0,345	-0,236	0,929	0,720	1,000	0,854	0,386	0,628	0,458	0,757	0,894	0,769	0,977	0,870	0,516	0,637	0,536	0,706
den1(u,90)	0,143	0,426	0,197	-0,538	-0,030	-0,305	-0,382	-0,256	0,745	0,902	0,854	1,000	0,452	0,765	0,549	0,697	0,787	0,922	0,916	0,996	0,726	0,816	0,679	0,730
den2(u,20)	-0,505	-0,200	-0,110	-0,099	0,657	0,411	0,283	0,322	0,520	0,582	0,386	0,452	1,000	0,816	0,840	0,766	0,314	0,585	0,480	0,490	0,396	0,767	0,878	0,843
den2(u,40)	-0,346	-0,021	0,003	-0,194	0,500	0,242	0,113	0,154	0,641	0,892	0,628	0,765	0,816	1,000	0,846	0,833	0,511	0,857	0,726	0,783	0,566	0,907	0,919	0,902
den2(u,60)	-0,572	-0,304	-0,238	-0,092	0,643	0,444	0,331	0,367	0,445	0,630	0,458	0,549	0,840	0,846	1,000	0,861	0,241	0,591	0,517	0,560	0,289	0,767	0,957	0,913
den2(u,90)	-0,346	-0,088	-0,229	-0,387	0,479	0,282	0,216	0,309	0,757	0,670	0,757	0,697	0,766	0,833	0,861	1,000	0,616	0,695	0,779	0,722	0,448	0,751	0,859	0,976
ace1(u,20)	0,361	0,582	0,304	-0,581	-0,171	-0,404	-0,441	-0,314	0,913	0,657	0,894	0,787	0,314	0,511	0,241	0,616	1,000	0,770	0,920	0,824	0,756	0,584	0,401	0,580
ace1(u,40)	0,039	0,369	0,334	-0,353	0,143	-0,172	-0,311	-0,228	0,769	0,979	0,769	0,922	0,585	0,857	0,591	0,695	0,770	1,000	0,883	0,945	0,810	0,934	0,765	0,770
ace1(u,60)	0,177	0,448	0,214	-0,526	-0,038	-0,289	-0,356	-0,245	0,936	0,830	0,977	0,916	0,480	0,726	0,517	0,779	0,920	0,883	1,000	0,938	0,665	0,765	0,637	0,767
ace1(u,90)	0,133	0,431	0,225	-0,527	-0,001	-0,289	-0,376	-0,252	0,789	0,915	0,870	0,996	0,490	0,783	0,560	0,722	0,824	0,945	0,938	1,000	0,760	0,843	0,701	0,757
ace2(u,20)	0,136	0,454	0,398	-0,394	0,089	-0,234	-0,347	-0,231	0,567	0,707	0,516	0,726	0,396	0,566	0,289	0,448	0,756	0,810	0,665	0,760	1,000	0,708	0,519	0,530
ace2(u,40)	-0,212	0,149	0,192	-0,251	0,365	0,045	-0,115	-0,043	0,666	0,929	0,637	0,816	0,767	0,907	0,767	0,751	0,584	0,934	0,765	0,843	0,708	1,000	0,906	0,859
ace2(u,60)	-0,478	-0,136	-0,054	-0,150	0,598	0,322	0,176	0,230	0,553	0,779	0,536	0,679	0,878	0,919	0,957	0,859	0,401	0,765	0,637	0,701	0,519	0,906	1,000	0,944
ace2(u,90)	-0,396	-0,086	-0,147	-0,323	0,536	0,291	0,188	0,273	0,719	0,754	0,706	0,730	0,843	0,902	0,913	0,976	0,580	0,770	0,767	0,757	0,530	0,859	0,944	1,000

	urb1(u,20)	urb1(u,40)	urb1(u,60)	urb1(u,90)	urb2-1(u,20)	urb2-1(u,40)	urb2-1(u,60)	urb2-1(u,90)	urb2-2(u,20)	urb2-2(u,40)	urb2-2(u,60)	urb2-2(u,90)	plu1(u,20)	plu1(u,40)	plu1(u,60)	plu1(u,90)	plu2(u,20)	plu2(u,40)	plu2(u,60)	plu2(u,90)	fug(u,20)	fug(u,40)	fug(u,60)	fug(u,90)
con1(u,20)	-0.113	-0.032	0.039	0.124	-0.289	-0.311	-0.310	-0.444	0.017	0.038	0.072	0.088	0.458	0.299	0.472	0.166	-0.008	-0.002	-0.037	-0.049	0.932	0.817	0.478	-0.344
con1(u,40)	0.203	0.226	0.207	0.288	-0.496	-0.466	-0.363	-0.411	0.366	0.362	0.350	0.342	0.445	0.255	0.588	0.372	0.298	0.269	0.200	0.212	0.776	0.957	0.683	-0.338
con1(u,60)	0.193	0.127	0.005	0.051	-0.368	-0.377	-0.365	-0.420	0.204	0.183	0.118	0.094	0.296	0.366	0.216	0.136	0.227	0.125	0.054	0.029	0.445	0.721	0.939	0.291
con1(u,90)	-0.260	-0.342	-0.417	-0.502	0.203	0.128	-0.032	-0.095	-0.473	-0.479	-0.518	-0.537	-0.382	-0.121	-0.618	-0.447	-0.273	-0.325	-0.328	-0.391	-0.167	-0.280	0.211	0.958
con2(u,20)	0.321	0.241	0.128	0.010	0.285	0.361	0.398	0.512	0.160	0.127	0.071	0.027	-0.306	-0.166	-0.399	-0.159	0.096	0.039	0.048	0.068	-0.980	-0.728	-0.290	0.359
con2(u,40)	0.044	-0.006	-0.038	-0.153	0.439	0.481	0.454	0.522	-0.152	-0.165	-0.178	-0.195	-0.416	-0.292	-0.539	-0.373	-0.173	-0.198	-0.166	-0.158	-0.905	-0.928	-0.553	0.403
con2(u,60)	-0.071	-0.094	-0.073	-0.180	0.499	0.525	0.478	0.529	-0.258	-0.261	-0.245	-0.249	-0.440	-0.383	-0.528	-0.420	-0.281	-0.277	-0.233	-0.219	-0.805	-0.961	-0.734	0.263
con2(u,90)	-0.009	-0.019	0.010	-0.084	0.455	0.490	0.474	0.541	-0.145	-0.152	-0.135	-0.139	-0.363	-0.345	-0.408	-0.303	-0.204	-0.190	-0.142	-0.113	-0.794	-0.901	-0.779	0.033
den1(u,20)	0.747	0.867	0.903	0.926	-0.210	-0.008	0.314	0.426	0.857	0.886	0.921	0.903	0.750	0.335	0.848	0.335	0.555	0.487	0.406	0.448	-0.004	0.418	0.351	-0.451
den1(u,40)	0.768	0.773	0.625	0.662	-0.337	-0.153	0.079	0.203	0.879	0.881	0.813	0.794	0.421	0.458	0.557	0.718	0.763	0.725	0.647	0.649	-0.213	0.368	0.487	-0.180
den1(u,60)	0.633	0.784	0.845	0.930	-0.243	-0.092	0.189	0.314	0.854	0.907	0.961	0.974	0.702	0.309	0.927	0.521	0.629	0.615	0.559	0.603	0.078	0.455	0.282	-0.523
den1(u,90)	0.650	0.713	0.633	0.726	-0.363	-0.232	-0.022	0.091	0.917	0.932	0.902	0.901	0.502	0.409	0.745	0.833	0.799	0.805	0.759	0.793	-0.017	0.510	0.386	-0.485
den2(u,20)	0.753	0.691	0.570	0.479	0.004	0.164	0.368	0.521	0.667	0.625	0.562	0.494	0.100	0.072	0.120	0.191	0.336	0.278	0.236	0.289	-0.614	-0.111	0.140	0.042
den2(u,40)	0.814	0.809	0.674	0.644	-0.132	0.062	0.294	0.446	0.825	0.822	0.761	0.726	0.253	0.260	0.380	0.546	0.604	0.572	0.503	0.526	-0.490	0.053	0.220	-0.083
den2(u,60)	0.601	0.595	0.508	0.473	0.030	0.115	0.282	0.464	0.647	0.643	0.603	0.566	0.039	0.050	0.161	0.362	0.404	0.409	0.391	0.447	-0.611	-0.182	0.011	0.046
den2(u,90)	0.704	0.789	0.788	0.784	-0.017	0.134	0.391	0.565	0.817	0.836	0.849	0.826	0.369	0.118	0.520	0.351	0.478	0.453	0.416	0.493	-0.473	-0.042	0.017	-0.265
ace1(u,20)	0.691	0.794	0.802	0.851	-0.232	-0.072	0.179	0.235	0.847	0.864	0.884	0.868	0.740	0.361	0.873	0.420	0.615	0.536	0.463	0.512	0.126	0.561	0.438	-0.567
ace1(u,40)	0.814	0.820	0.674	0.706	-0.342	-0.156	0.090	0.205	0.935	0.928	0.861	0.832	0.492	0.460	0.622	0.690	0.784	0.722	0.639	0.660	-0.178	0.441	0.531	-0.270
ace1(u,60)	0.736	0.844	0.838	0.907	-0.285	-0.117	0.167	0.294	0.934	0.966	0.981	0.978	0.677	0.368	0.878	0.587	0.713	0.676	0.607	0.650	-0.006	0.483	0.390	-0.478
ace1(u,90)	0.702	0.760	0.676	0.757	-0.356	-0.212	0.016	0.131	0.944	0.956	0.924	0.917	0.530	0.414	0.755	0.791	0.803	0.791	0.737	0.773	-0.044	0.509	0.421	-0.468
ace2(u,20)	0.702	0.645	0.456	0.449	-0.287	-0.170	-0.027	0.005	0.789	0.734	0.634	0.575	0.366	0.360	0.448	0.541	0.687	0.577	0.506	0.546	-0.116	0.491	0.562	-0.345
ace2(u,40)	0.818	0.779	0.605	0.593	-0.317	-0.138	0.115	0.274	0.892	0.864	0.776	0.729	0.316	0.363	0.429	0.621	0.719	0.658	0.582	0.612	-0.379	0.264	0.432	-0.130
ace2(u,60)	0.736	0.702	0.559	0.527	-0.105	0.015	0.216	0.398	0.787	0.765	0.695	0.646	0.143	0.175	0.258	0.476	0.562	0.528	0.485	0.538	-0.584	-0.010	0.206	-0.008
ace2(u,90)	0.763	0.800	0.736	0.718	-0.079	0.075	0.328	0.510	0.854	0.854	0.831	0.794	0.311	0.165	0.451	0.426	0.552	0.514	0.470	0.539	-0.531	-0.008	0.117	-0.188

	con1(u,20)	con1(u,40)	con1(u,60)	con1(u,90)	con2(u,20)	con2(u,40)	con2(u,60)	con2(u,90)	den1(u,20)	den1(u,40)	den1(u,60)	den1(u,90)	den2(u,20)	den2(u,40)	den2(u,60)	den2(u,90)	ace1(u,20)	ace1(u,40)	ace1(u,60)	ace1(u,90)	ace2(u,20)	ace2(u,40)	ace2(u,60)	ace2(u,90)
urb1(u,20)	-0,113	0,203	0,193	-0,260	0,321	0,044	-0,071	-0,009	0,747	0,768	0,633	0,650	0,753	0,814	0,601	0,704	0,691	0,814	0,736	0,702	0,702	0,818	0,736	0,763
urb1(u,40)	-0,032	0,226	0,127	-0,342	0,241	-0,006	-0,094	-0,019	0,867	0,773	0,784	0,713	0,691	0,809	0,595	0,789	0,794	0,820	0,844	0,760	0,645	0,779	0,702	0,800
urb1(u,60)	0,039	0,207	0,005	-0,417	0,128	-0,038	-0,073	0,010	0,903	0,625	0,845	0,633	0,570	0,674	0,508	0,788	0,802	0,674	0,838	0,676	0,456	0,605	0,559	0,736
urb1(u,90)	0,124	0,288	0,051	-0,502	0,010	-0,153	-0,180	-0,084	0,926	0,662	0,930	0,726	0,479	0,644	0,473	0,784	0,851	0,706	0,907	0,757	0,449	0,593	0,527	0,718
urb2-1(u,20)	-0,289	-0,496	-0,368	0,203	0,285	0,439	0,499	0,455	-0,210	-0,337	-0,243	-0,363	0,004	-0,132	0,030	-0,017	-0,232	-0,342	-0,285	-0,356	-0,287	-0,317	-0,105	-0,079
urb2-1(u,40)	-0,311	-0,466	-0,377	0,128	0,361	0,481	0,525	0,490	-0,008	-0,153	-0,092	-0,232	0,164	0,062	0,115	0,134	-0,072	-0,156	-0,117	-0,212	-0,170	-0,138	0,015	0,075
urb2-1(u,60)	-0,310	-0,363	-0,365	-0,032	0,398	0,454	0,478	0,474	0,314	0,079	0,189	-0,022	0,368	0,294	0,282	0,391	0,179	0,090	0,167	0,016	-0,027	0,115	0,216	0,328
urb2-1(u,90)	-0,444	-0,411	-0,420	-0,095	0,512	0,522	0,529	0,541	0,426	0,203	0,314	0,091	0,521	0,446	0,464	0,565	0,235	0,205	0,294	0,131	0,005	0,274	0,398	0,510
urb2-2(u,20)	0,017	0,366	0,204	-0,473	0,160	-0,152	-0,258	-0,145	0,857	0,879	0,854	0,917	0,667	0,825	0,647	0,817	0,847	0,935	0,934	0,944	0,789	0,892	0,787	0,854
urb2-2(u,40)	0,038	0,362	0,183	-0,479	0,127	-0,165	-0,261	-0,152	0,886	0,881	0,907	0,932	0,625	0,822	0,643	0,836	0,864	0,928	0,966	0,956	0,734	0,864	0,765	0,854
urb2-2(u,60)	0,072	0,350	0,118	-0,518	0,071	-0,178	-0,245	-0,135	0,921	0,813	0,961	0,902	0,562	0,761	0,603	0,849	0,884	0,861	0,981	0,924	0,634	0,776	0,695	0,831
urb2-2(u,90)	0,088	0,342	0,094	-0,537	0,027	-0,195	-0,249	-0,139	0,903	0,794	0,974	0,901	0,494	0,726	0,566	0,826	0,868	0,832	0,978	0,917	0,575	0,729	0,646	0,794
plu1(u,20)	0,458	0,445	0,296	-0,382	-0,306	-0,416	-0,440	-0,363	0,750	0,421	0,702	0,502	0,100	0,253	0,039	0,369	0,740	0,492	0,677	0,530	0,366	0,316	0,143	0,311
plu1(u,40)	0,299	0,255	0,366	-0,121	-0,166	-0,292	-0,383	-0,345	0,335	0,458	0,309	0,409	0,072	0,260	0,050	0,118	0,361	0,460	0,368	0,414	0,360	0,363	0,175	0,165
plu1(u,60)	0,472	0,588	0,216	-0,618	-0,399	-0,539	-0,528	-0,408	0,848	0,557	0,927	0,745	0,120	0,380	0,161	0,520	0,873	0,622	0,878	0,755	0,448	0,429	0,258	0,451
plu1(u,90)	0,166	0,372	0,136	-0,447	-0,159	-0,373	-0,420	-0,303	0,335	0,718	0,521	0,833	0,191	0,546	0,362	0,351	0,420	0,690	0,587	0,791	0,541	0,621	0,476	0,426
plu2(u,20)	-0,008	0,298	0,227	-0,273	0,096	-0,173	-0,281	-0,204	0,555	0,763	0,629	0,799	0,336	0,604	0,404	0,478	0,615	0,784	0,713	0,803	0,687	0,719	0,562	0,552
plu2(u,40)	-0,002	0,269	0,125	-0,325	0,039	-0,198	-0,277	-0,190	0,487	0,725	0,615	0,805	0,278	0,572	0,409	0,453	0,536	0,722	0,676	0,791	0,577	0,658	0,528	0,514
plu2(u,60)	-0,037	0,200	0,054	-0,328	0,048	-0,166	-0,233	-0,142	0,406	0,647	0,559	0,759	0,236	0,503	0,391	0,416	0,463	0,639	0,607	0,737	0,506	0,582	0,485	0,470
plu2(u,90)	-0,049	0,212	0,029	-0,391	0,068	-0,158	-0,219	-0,113	0,448	0,649	0,603	0,793	0,289	0,526	0,447	0,493	0,512	0,660	0,650	0,773	0,546	0,612	0,538	0,539
fug(u,20)	0,932	0,776	0,445	-0,167	-0,980	-0,905	-0,805	-0,794	-0,004	-0,213	0,078	-0,017	-0,614	-0,490	-0,611	-0,473	0,126	-0,178	-0,006	-0,044	-0,116	-0,379	-0,584	-0,531
fug(u,40)	0,817	0,957	0,721	-0,280	-0,728	-0,928	-0,961	-0,901	0,418	0,368	0,455	0,510	-0,111	0,053	-0,182	-0,042	0,561	0,441	0,483	0,509	0,491	0,264	-0,010	-0,008
fug(u,60)	0,478	0,683	0,939	0,211	-0,290	-0,553	-0,734	-0,779	0,351	0,487	0,282	0,386	0,140	0,220	0,011	0,017	0,438	0,531	0,390	0,421	0,562	0,432	0,206	0,117
fug(u,90)	-0,344	-0,338	0,291	0,958	0,359	0,403	0,263	0,033	-0,451	-0,180	-0,523	-0,485	0,042	-0,083	0,046	-0,265	-0,567	-0,270	-0,478	-0,468	-0,345	-0,130	-0,008	-0,188

	urb1(u,20)	urb1(u,40)	urb1(u,60)	urb1(u,90)	urb2-1(u,20)	urb2-1(u,40)	urb2-1(u,60)	urb2-1(u,90)	urb2-2(u,20)	urb2-2(u,40)	urb2-2(u,60)	urb2-2(u,90)	plu1(u,20)	plu1(u,40)	plu1(u,60)	plu1(u,90)	plu2(u,20)	plu2(u,40)	plu2(u,60)	plu2(u,90)	fug(u,20)	fug(u,40)	fug(u,60)	fug(u,90)
urb1(u,20)	1,000	0,954	0,829	0,746	-0,030	0,202	0,467	0,570	0,824	0,797	0,736	0,676	0,318	0,141	0,426	0,269	0,458	0,351	0,246	0,292	-0,303	0,233	0,393	-0,181
urb1(u,40)	0,954	1,000	0,947	0,887	-0,017	0,216	0,501	0,608	0,855	0,862	0,846	0,803	0,510	0,237	0,598	0,296	0,490	0,402	0,304	0,344	-0,237	0,250	0,335	-0,283
urb1(u,60)	0,829	0,947	1,000	0,964	0,045	0,267	0,564	0,668	0,763	0,802	0,845	0,826	0,602	0,185	0,701	0,178	0,362	0,298	0,216	0,259	-0,130	0,202	0,187	-0,377
urb1(u,90)	0,746	0,887	0,964	1,000	-0,036	0,155	0,441	0,557	0,790	0,844	0,904	0,911	0,665	0,235	0,814	0,286	0,413	0,375	0,308	0,358	-0,039	0,286	0,216	-0,447
urb2-1(u,20)	-0,030	-0,017	0,045	-0,036	1,000	0,937	0,738	0,615	-0,330	-0,311	-0,269	-0,262	-0,075	-0,083	-0,310	-0,479	-0,439	-0,453	-0,407	-0,371	-0,303	-0,535	-0,411	0,147
urb2-1(u,40)	0,202	0,216	0,267	0,155	0,937	1,000	0,915	0,799	-0,155	-0,137	-0,099	-0,103	0,009	-0,070	-0,188	-0,442	-0,334	-0,372	-0,358	-0,328	-0,370	-0,531	-0,384	0,080
urb2-1(u,60)	0,467	0,501	0,564	0,441	0,738	0,915	1,000	0,951	0,123	0,144	0,188	0,173	0,159	-0,073	0,056	-0,356	-0,167	-0,226	-0,253	-0,215	-0,395	-0,435	-0,312	-0,053
urb2-1(u,90)	0,570	0,608	0,668	0,557	0,615	0,799	0,951	1,000	0,260	0,284	0,328	0,315	0,161	-0,110	0,119	-0,280	-0,074	-0,131	-0,170	-0,123	-0,511	-0,450	-0,320	-0,066
urb2-2(u,20)	0,824	0,855	0,763	0,790	-0,330	-0,155	0,123	0,260	1,000	0,991	0,952	0,915	0,488	0,293	0,693	0,609	0,774	0,720	0,650	0,704	-0,172	0,421	0,429	-0,388
urb2-2(u,40)	0,797	0,862	0,802	0,844	-0,311	-0,137	0,144	0,284	0,991	1,000	0,982	0,958	0,541	0,311	0,749	0,609	0,767	0,725	0,659	0,708	-0,146	0,412	0,402	-0,398
urb2-2(u,60)	0,736	0,846	0,845	0,904	-0,269	-0,099	0,188	0,328	0,952	0,982	1,000	0,991	0,608	0,292	0,822	0,550	0,713	0,684	0,628	0,677	-0,097	0,383	0,322	-0,446
urb2-2(u,90)	0,676	0,803	0,826	0,911	-0,262	-0,103	0,173	0,315	0,915	0,958	0,991	1,000	0,618	0,291	0,849	0,561	0,695	0,681	0,633	0,681	-0,068	0,371	0,279	-0,465
plu1(u,20)	0,318	0,510	0,602	0,665	-0,075	0,009	0,159	0,161	0,488	0,541	0,608	0,618	1,000	0,763	0,804	0,267	0,360	0,298	0,258	0,254	0,216	0,454	0,364	-0,405
plu1(u,40)	0,141	0,237	0,185	0,235	-0,083	-0,070	-0,073	-0,110	0,293	0,311	0,292	0,291	0,763	1,000	0,412	0,449	0,360	0,315	0,299	0,250	0,060	0,352	0,433	-0,122
plu1(u,60)	0,426	0,598	0,701	0,814	-0,310	-0,188	0,056	0,119	0,693	0,749	0,822	0,849	0,804	0,412	1,000	0,505	0,541	0,537	0,490	0,520	0,335	0,589	0,296	-0,637
plu1(u,90)	0,269	0,296	0,178	0,286	-0,479	-0,442	-0,356	-0,280	0,609	0,609	0,550	0,561	0,267	0,449	0,505	1,000	0,732	0,806	0,793	0,788	0,107	0,510	0,261	-0,446
plu2(u,20)	0,458	0,490	0,362	0,413	-0,439	-0,334	-0,167	-0,074	0,774	0,767	0,713	0,695	0,360	0,360	0,541	0,732	1,000	0,975	0,940	0,928	-0,151	0,374	0,380	-0,263
plu2(u,40)	0,351	0,402	0,298	0,375	-0,453	-0,372	-0,226	-0,131	0,720	0,725	0,684	0,681	0,298	0,315	0,537	0,806	0,975	1,000	0,986	0,970	-0,089	0,363	0,272	-0,326
plu2(u,60)	0,246	0,304	0,216	0,308	-0,407	-0,358	-0,253	-0,170	0,650	0,659	0,628	0,633	0,258	0,299	0,490	0,793	0,940	0,986	1,000	0,986	-0,103	0,306	0,203	-0,326
plu2(u,90)	0,292	0,344	0,259	0,358	-0,371	-0,328	-0,215	-0,123	0,704	0,708	0,677	0,681	0,254	0,250	0,520	0,788	0,928	0,970	0,986	1,000	-0,121	0,313	0,191	-0,374
fug(u,20)	-0,303	-0,237	-0,130	-0,039	-0,303	-0,370	-0,395	-0,511	-0,172	-0,146	-0,097	-0,068	0,216	0,060	0,335	0,107	-0,151	-0,089	-0,103	-0,121	1,000	0,723	0,283	-0,321
fug(u,40)	0,233	0,250	0,202	0,286	-0,535	-0,531	-0,435	-0,450	0,421	0,412	0,383	0,371	0,454	0,352	0,589	0,510	0,374	0,363	0,306	0,313	0,723	1,000	0,729	-0,357
fug(u,60)	0,393	0,335	0,187	0,216	-0,411	-0,384	-0,312	-0,320	0,429	0,402	0,322	0,279	0,364	0,433	0,296	0,261	0,380	0,272	0,203	0,191	0,283	0,729	1,000	0,227
fug(u,90)	-0,181	-0,283	-0,377	-0,447	0,147	0,080	-0,053	-0,066	-0,388	-0,398	-0,446	-0,465	-0,405	-0,122	-0,637	-0,446	-0,263	-0,326	-0,326	-0,374	-0,321	-0,357	0,227	1,000

Matriz de correlação entre variáveis independentes em nível desagregado

	con1(i,20)	con1(i,40)	con1(i,60)	con1(i,90)	con2(i,20)	con2(i,40)	con2(i,60)	con2(i,90)	urb1(i,20)	urb1(i,40)	urb1(i,60)	urb1(i,90)	urb2-1(i,20)	urb2-1(i,40)	urb2-1(i,60)	urb2-1(i,90)	urb2-2(i,20)	urb2-2(i,40)	urb2-2(i,60)	urb2-2(i,90)	plu2(i,20)	plu2(i,40)	plu2(i,60)	plu2(i,90)	fug(i,20)	fug(i,40)	fug(i,60)	fug(i,90)
con1(i,20)	1,000	0,433	0,109	-0,252	-0,725	-0,660	-0,602	-0,580	-0,038	0,061	0,105	0,098	-0,014	-0,014	-0,026	-0,088	-0,049	-0,002	0,023	0,009	-0,036	-0,041	-0,034	-0,036	0,773	0,436	0,161	-0,199
con1(i,40)	0,433	1,000	0,547	-0,063	-0,384	-0,599	-0,626	-0,634	0,035	0,128	0,155	0,142	-0,137	-0,064	-0,051	-0,111	0,022	0,088	0,099	0,067	0,055	0,018	0,002	-0,003	0,461	0,801	0,526	0,026
con1(i,60)	0,109	0,547	1,000	0,501	-0,121	-0,302	-0,507	-0,640	0,099	0,114	0,138	0,152	-0,120	-0,063	-0,029	-0,052	0,038	0,047	0,066	0,057	0,181	0,083	0,017	-0,028	0,145	0,530	0,849	0,559
con1(i,90)	-0,252	-0,063	0,501	1,000	0,308	0,301	0,164	-0,104	0,064	-0,016	-0,066	-0,085	0,043	0,045	0,024	0,003	-0,106	-0,161	-0,186	-0,170	0,136	0,079	0,026	-0,054	-0,258	-0,102	0,337	0,843
con2(i,20)	-0,725	-0,384	-0,121	0,308	1,000	0,887	0,797	0,726	0,015	-0,091	-0,150	-0,145	-0,025	-0,019	-0,006	0,046	0,066	0,003	-0,035	-0,026	0,022	-0,004	-0,016	-0,003	-0,883	-0,459	-0,157	0,289
con2(i,40)	-0,660	-0,599	-0,302	0,301	0,887	1,000	0,951	0,852	-0,065	-0,174	-0,225	-0,213	0,015	-0,010	-0,010	0,044	-0,027	-0,096	-0,122	-0,096	-0,048	-0,071	-0,072	-0,054	-0,814	-0,770	-0,395	0,232
con2(i,60)	-0,602	-0,626	-0,507	0,164	0,797	0,951	1,000	0,942	-0,105	-0,212	-0,267	-0,257	0,040	-0,003	-0,019	0,031	-0,074	-0,140	-0,168	-0,140	-0,109	-0,118	-0,105	-0,081	-0,732	-0,818	-0,631	0,054
con2(i,90)	-0,580	-0,634	-0,640	-0,104	0,726	0,852	0,942	1,000	-0,108	-0,212	-0,272	-0,273	0,037	-0,016	-0,039	0,006	-0,043	-0,103	-0,138	-0,125	-0,124	-0,120	-0,099	-0,063	-0,681	-0,777	-0,735	-0,223
urb1(i,20)	-0,038	0,035	0,099	0,064	0,015	-0,065	-0,105	-0,108	1,000	0,842	0,683	0,531	0,400	0,502	0,541	0,506	0,678	0,605	0,485	0,373	0,150	0,088	0,004	-0,023	0,008	0,154	0,186	0,056
urb1(i,40)	0,061	0,128	0,114	-0,016	-0,091	-0,174	-0,212	-0,212	0,842	1,000	0,920	0,747	0,375	0,592	0,677	0,639	0,650	0,740	0,682	0,547	0,124	0,097	0,028	-0,001	0,110	0,234	0,247	0,050
urb1(i,60)	0,105	0,155	0,138	-0,066	-0,150	-0,225	-0,267	-0,272	0,683	0,920	1,000	0,900	0,345	0,568	0,722	0,738	0,560	0,700	0,757	0,666	0,037	0,034	-0,010	-0,030	0,164	0,259	0,271	0,041
urb1(i,90)	0,098	0,142	0,152	-0,085	-0,145	-0,213	-0,257	-0,273	0,531	0,747	0,900	1,000	0,219	0,404	0,582	0,715	0,569	0,696	0,807	0,830	0,032	0,044	0,011	0,028	0,147	0,244	0,263	0,050
urb2-1(i,20)	-0,014	-0,137	-0,120	0,043	-0,025	0,015	0,040	0,037	0,400	0,375	0,345	0,219	1,000	0,836	0,663	0,515	0,020	0,035	0,046	0,011	-0,143	-0,157	-0,136	-0,151	0,033	-0,073	-0,071	-0,013
urb2-1(i,40)	-0,014	-0,064	-0,063	0,045	-0,019	-0,010	-0,003	-0,016	0,502	0,592	0,568	0,404	0,836	1,000	0,906	0,735	0,107	0,170	0,181	0,123	-0,113	-0,155	-0,148	-0,155	0,029	-0,008	0,012	0,037
urb2-1(i,60)	-0,026	-0,051	-0,029	0,024	-0,006	-0,010	-0,019	-0,039	0,541	0,677	0,722	0,582	0,663	0,906	1,000	0,897	0,198	0,285	0,329	0,272	-0,099	-0,137	-0,148	-0,149	0,013	0,004	0,050	0,052
urb2-1(i,90)	-0,088	-0,111	-0,052	0,003	0,046	0,044	0,031	0,006	0,506	0,639	0,738	0,715	0,515	0,735	0,897	1,000	0,248	0,330	0,405	0,401	-0,137	-0,162	-0,178	-0,174	-0,044	-0,039	0,023	0,065
urb2-2(i,20)	-0,049	0,022	0,038	-0,106	0,066	-0,027	-0,074	-0,043	0,678	0,650	0,560	0,569	0,020	0,107	0,198	0,248	1,000	0,918	0,822	0,754	0,451	0,439	0,390	0,430	-0,059	0,118	0,145	-0,056
urb2-2(i,40)	-0,002	0,088	0,047	-0,161	0,003	-0,096	-0,140	-0,103	0,605	0,740	0,700	0,696	0,035	0,170	0,285	0,330	0,918	1,000	0,944	0,858	0,404	0,451	0,406	0,438	0,004	0,176	0,178	-0,074
urb2-2(i,60)	0,023	0,099	0,066	-0,186	-0,035	-0,122	-0,168	-0,138	0,485	0,682	0,757	0,807	0,046	0,181	0,329	0,405	0,822	0,944	1,000	0,953	0,340	0,406	0,392	0,420	0,043	0,182	0,185	-0,076
urb2-2(i,90)	0,009	0,067	0,057	-0,170	-0,026	-0,096	-0,140	-0,125	0,373	0,547	0,666	0,830	0,011	0,123	0,272	0,401	0,754	0,858	0,953	1,000	0,324	0,393	0,387	0,436	0,030	0,147	0,159	-0,051
plu2(i,20)	-0,036	0,055	0,181	0,136	0,022	-0,048	-0,109	-0,124	0,150	0,124	0,037	0,032	-0,143	-0,113	-0,099	-0,137	0,451	0,404	0,340	0,324	1,000	0,854	0,780	0,768	-0,019	0,106	0,169	0,072
plu2(i,40)	-0,041	0,018	0,083	0,079	-0,004	-0,071	-0,118	-0,120	0,088	0,097	0,034	0,044	-0,157	-0,155	-0,137	-0,162	0,439	0,451	0,406	0,393	0,854	1,000	0,943	0,896	-0,002	0,100	0,119	0,014
plu2(i,60)	-0,034	0,002	0,017	0,026	-0,016	-0,072	-0,105	-0,099	0,004	0,028	-0,010	0,011	-0,136	-0,148	-0,148	-0,178	0,390	0,406	0,392	0,387	0,780	0,943	1,000	0,938	0,011	0,086	0,072	-0,026
plu2(i,90)	-0,036	-0,003	-0,028	-0,054	-0,003	-0,054	-0,081	-0,063	-0,023	-0,001	-0,030	0,028	-0,151	-0,155	-0,149	-0,174	0,430	0,438	0,420	0,436	0,768	0,896	0,938	1,000	-0,010	0,072	0,046	-0,061
fug(i,20)	0,773	0,461	0,145	-0,258	-0,883	-0,814	-0,732	-0,681	0,008	0,110	0,164	0,147	0,033	0,029	0,013	-0,044	-0,059	0,004	0,043	0,030	-0,019	-0,002	0,011	-0,010	1,000	0,536	0,178	-0,257
fug(i,40)	0,436	0,801	0,530	-0,102	-0,459	-0,770	-0,818	-0,777	0,154	0,234	0,259	0,244	-0,073	-0,008	0,004	-0,039	0,118	0,176	0,182	0,147	0,106	0,100	0,086	0,072	0,536	1,000	0,668	0,003
fug(i,60)	0,161	0,526	0,849	0,337	-0,157	-0,395	-0,631	-0,735	0,186	0,247	0,271	0,263	-0,071	0,012	0,050	0,023	0,145	0,178	0,185	0,159	0,169	0,119	0,072	0,046	0,178	0,668	1,000	0,530
fug(i,90)	-0,199	0,026	0,559	0,843	0,289	0,232	0,054	-0,223	0,056	0,050	0,041	0,050	-0,013	0,037	0,052	0,065	-0,056	-0,074	-0,076	-0,051	0,072	0,014	-0,026	-0,061	-0,257	0,003	0,530	1,000

Matriz de correlação entre variáveis independentes e variáveis dependentes

	enr(u)	int(u)	art(u)	ind(u)
ren(u)	0,373	0,101	-0,066	0,268
con1(u,20)	-0,003	0,005	-0,015	-0,102
con1(u,40)	0,157	0,17	-0,069	0,096
con1(u,60)	0,276	0,341	-0,337	-0,009
con1(u,90)	-0,156	0,248	-0,014	-0,146
con2(u,20)	0,229	0,018	-0,076	0,139
con2(u,40)	-0,001	-0,098	-0,019	-0,047
con2(u,60)	-0,117	-0,2	0,086	-0,11
con2(u,90)	-0,053	-0,28	0,09	-0,049
den1(u,20)	0,386	0,012	-0,23	0,305
den1(u,40)	0,398	0,463	-0,22	0,388
den1(u,60)	0,161	0,127	-0,107	0,393
den1(u,90)	0,273	0,336	-0,056	0,464
den2(u,20)	0,542	0,202	0,018	0,43
den2(u,40)	0,408	0,431	-0,021	0,459
den2(u,60)	0,327	0,342	0,067	0,545
den2(u,90)	0,319	0,128	-0,063	0,495
ace1(u,20)	0,362	-0,001	-0,256	0,262
ace1(u,40)	0,49	0,367	-0,27	0,394
ace1(u,60)	0,3	0,185	-0,173	0,413
ace1(u,90)	0,326	0,318	-0,105	0,46
ace2(u,20)	0,589	0,145	-0,278	0,277
ace2(u,40)	0,571	0,367	-0,234	0,483
ace2(u,60)	0,481	0,357	-0,043	0,552
ace2(u,90)	0,422	0,215	-0,081	0,539
urb1(u,20)	0,55	0,287	-0,213	0,342
urb1(u,40)	0,468	0,233	-0,176	0,394
urb1(u,60)	0,302	0,103	-0,146	0,348
urb1(u,90)	0,206	0,123	-0,183	0,328
urb2-1(u,20)	-0,069	-0,291	0,158	-0,391
urb2-1(u,40)	0,007	-0,278	0,056	-0,379
urb2-1(u,60)	0,11	-0,261	-0,076	-0,256
urb2-1(u,90)	0,136	-0,181	-0,106	-0,098
urb2-2(u,20)	0,446	0,248	-0,172	0,471
urb2-2(u,40)	0,374	0,262	-0,162	0,48
urb2-2(u,60)	0,278	0,2	-0,146	0,462
urb2-2(u,90)	0,189	0,2	-0,142	0,432
plu1(u,20)	0,384	-0,203	-0,236	0,077
plu1(u,40)	0,511	-0,019	-0,198	0,042
plu1(u,60)	0,107	-0,048	-0,09	0,234
plu1(u,90)	0,135	0,341	0,197	0,422
plu2(u,20)	0,189	0,155	-0,068	0,319
plu2(u,40)	0,055	0,189	0,064	0,347
plu2(u,60)	-0,014	0,147	0,115	0,333
plu2(u,90)	0,016	0,111	0,111	0,345
fug(u,20)	-0,226	0,034	0,132	-0,107
fug(u,40)	0,23	0,225	-0,011	0,246
fug(u,60)	0,418	0,383	-0,354	0,215
fug(u,90)	-0,066	0,324	-0,141	-0,07

APÊNDICE II: CARACTERIZAÇÃO DE GRUPOS

Análise de agrupamento conduzida por variáveis dinâmicas no nível agregado

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
ren(u)	0,2	0,1	0,2	0,0	0,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,5	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,6	0,6	0,8	0,3	1,0	0,1
con1(u,20)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,2	0,5	0,4	0,7	0,2	0,9	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1	1,0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1	0,5	0,0
con1(u,40)	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,1	0,4	0,2	0,6	0,1	1,0	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,5	0,0	0,4	0,4	0,6	0,3	0,8	0,1
con1(u,60)	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,1	0,3	0,2	0,4	0,1	0,7	0,0	0,5	0,6	0,8	0,4	1,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3
con1(u,90)	0,6	0,5	0,6	0,4	0,8	0,4	0,4	0,5	0,6	0,3	0,7	0,0	0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,2
con2(u,20)	0,5	0,5	0,6	0,3	0,8	0,1	0,4	0,5	0,7	0,2	0,8	0,0	0,5	0,7	0,8	0,4	0,9	0,0	0,6	0,6	0,8	0,4	0,9	0,3	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,7
con2(u,40)	0,6	0,6	0,7	0,4	0,9	0,2	0,4	0,5	0,7	0,2	0,8	0,0	0,5	0,6	0,7	0,4	1,0	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,3	0,7	0,7	0,8	0,5	0,9	0,4
con2(u,60)	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,3	0,4	0,5	0,7	0,2	0,7	0,0	0,5	0,4	0,6	0,3	1,0	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	0,9	0,4	0,5	0,5	0,7	0,4	0,8	0,2
con2(u,90)	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,4	0,6	0,6	0,8	0,4	0,9	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	1,0	0,0	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,5	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,5
den1(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
den1(u,40)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	0,5	0,5	1,0	0,1	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	0,4
den1(u,60)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1
den1(u,90)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,0	1,0	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,4	0,6	0,3	0,8	0,1
den2(u,20)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	1,0	0,0	0,4	0,4	0,6	0,2	0,7	0,0	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
den2(u,40)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,4	0,2	0,9	0,0	0,6	0,8	0,9	0,5	1,0	0,1	0,4	0,4	0,6	0,2	0,8	0,1	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8
den2(u,60)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,4	0,4	0,7	0,2	0,9	0,1	0,6	0,7	0,8	0,5	1,0	0,0	0,5	0,5	0,6	0,3	0,8	0,1	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,7
den2(u,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	1,0	0,0	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
ace1(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,1	0,5	0,0
ace1(u,40)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,4	0,3	0,7	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,3
ace1(u,60)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2
ace1(u,90)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,2	0,0	1,0	0,0	0,3	0,3	0,6	0,0	0,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	0,5	0,6	0,3	0,8	0,1

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
ace2(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	0,8	0,3	1,0	0,0
ace2(u,40)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,7	0,0	0,4	0,4	0,7	0,0	0,8	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,6
ace2(u,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,3	0,7	0,1	0,8	0,0	0,6	0,7	0,9	0,3	0,9	0,0	0,4	0,4	0,6	0,2	0,7	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ace2(u,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,4	0,3	0,6	0,2	1,0	0,0	0,4	0,5	0,6	0,3	0,6	0,0	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
urb1(u,20)	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,4	0,1	1,0	0,0	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,6
urb1(u,40)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	1,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,1	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,4
urb1(u,60)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3
urb1(u,90)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2
urb2-1(u,20)	0,5	0,4	0,6	0,2	1,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,7	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	0,9	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1
urb2-1(u,40)	0,5	0,4	0,6	0,3	1,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,5	0,0	0,4	0,3	0,5	0,1	0,9	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
urb2-1(u,60)	0,5	0,5	0,7	0,3	1,0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,2	0,8	0,0	0,4	0,3	0,6	0,1	0,8	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,3	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,3
urb2-1(u,90)	0,6	0,5	0,7	0,3	0,9	0,2	0,5	0,5	0,6	0,2	1,0	0,1	0,4	0,5	0,6	0,3	0,9	0,0	0,7	0,7	0,9	0,6	1,0	0,5	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,4
urb2-2(u,20)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	1,0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,1	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,3
urb2-2(u,40)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1	1,0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,1	0,5	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3
urb2-2(u,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,1	1,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2
urb2-2(u,90)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2
plu1(u,20)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
plu1(u,40)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,3	0,3	0,4	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2
plu1(u,60)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1
plu1(u,90)	0,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,1	0,3	0,1	1,0	0,0	0,4	0,4	0,7	0,1	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,0

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
plu2(u,20)	0,3	0,3	0,5	0,1	0,7	0,0	0,4	0,4	0,6	0,2	0,9	0,1	0,4	0,3	0,7	0,1	0,9	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,4
plu2(u,40)	0,3	0,3	0,5	0,1	0,8	0,0	0,5	0,4	0,7	0,3	1,0	0,1	0,5	0,4	0,8	0,1	1,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,3
plu2(u,60)	0,4	0,3	0,6	0,1	0,8	0,0	0,6	0,5	0,8	0,4	1,0	0,1	0,5	0,5	0,9	0,1	0,9	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,3
plu2(u,90)	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,1	0,6	0,6	0,8	0,4	1,0	0,1	0,5	0,5	0,8	0,1	0,9	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6	0,6	0,8	0,5	1,0	0,3
fug(u,20)	0,5	0,4	0,6	0,3	0,8	0,2	0,5	0,4	0,8	0,3	0,9	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1	1,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0
fug(u,40)	0,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,1	0,5	0,4	0,8	0,2	1,0	0,2	0,5	0,5	0,6	0,3	0,9	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0	0,5	0,5	0,7	0,4	0,9	0,2
fug(u,60)	0,3	0,3	0,4	0,2	0,4	0,1	0,4	0,4	0,6	0,2	0,8	0,0	0,6	0,7	0,8	0,5	1,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,4
fug(u,90)	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,7	0,0	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,6	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,3
enr(u)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,7
int(u)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,6	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,2
ind(u)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,9	1,0	1,0	0,8	1,0	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8
art(u)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,3	0,2	0,5	0,1	1,0	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0
QU	0,5	0,5	0,7	0,3	1,0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,6	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	0,9	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,7	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	0,6	0,3
UM	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2
EC	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,0	0,7	0,7	0,8	0,5	1,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5
IE	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,1	0,5	0,4	0,8	0,2	0,9	0,1	0,4	0,4	0,6	0,2	1,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,1	0,6	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0
RU	0,3	0,2	0,4	0,1	0,6	0,0	0,5	0,4	0,7	0,3	1,0	0,1	0,5	0,4	0,8	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,6	0,6	0,8	0,5	1,0	0,3
AU	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3	0,1	1,0	0,0	0,3	0,4	0,5	0,2	0,6	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,4

Análise de agrupamento conduzida por variáveis estáticas no nível agregado

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo
ren(u)	0,2	0,2	0,4	0,1	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
con1(u,20)	0,6	0,7	0,8	0,3	1,0	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1	0,7	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
con1(u,40)	0,5	0,6	0,7	0,2	1,0	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,6	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
con1(u,60)	0,4	0,4	0,7	0,2	1,0	0,0	0,2	0,3	0,4	0,1	0,5	0,0	0,6	0,6	0,6	0,5	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
con1(u,90)	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,3	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
con2(u,20)	0,3	0,2	0,5	0,0	0,7	0,0	0,6	0,6	0,8	0,4	1,0	0,1	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
con2(u,40)	0,4	0,2	0,6	0,1	0,8	0,0	0,7	0,7	0,9	0,5	1,0	0,2	0,6	0,6	0,6	0,5	0,6	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
con2(u,60)	0,3	0,3	0,6	0,1	0,7	0,0	0,7	0,7	0,9	0,5	1,0	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
con2(u,90)	0,4	0,5	0,7	0,2	0,8	0,0	0,7	0,8	0,9	0,5	1,0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
den1(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
den1(u,40)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
den1(u,60)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
den1(u,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
den2(u,20)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,2	0,6	0,1	1,0	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
den2(u,40)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,6	0,1	0,8	0,0	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
den2(u,60)	0,2	0,1	0,4	0,1	0,4	0,0	0,4	0,3	0,8	0,1	1,0	0,0	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
den2(u,90)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,3	0,0	0,3	0,4	0,5	0,1	0,6	0,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
ace1(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
ace1(u,40)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
ace1(u,60)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
ace1(u,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3° quartil	1° quartil	máximo	mínimo
ace2(u,20)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
ace2(u,40)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
ace2(u,60)	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0	0,4	0,2	0,7	0,1	1,0	0,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
ace2(u,90)	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,6	0,1	0,8	0,0	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
urb1(u,20)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
urb1(u,40)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,5	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
urb1(u,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
urb1(u,90)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
urb2-1(u,20)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,5	0,4	0,6	0,3	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
urb2-1(u,40)	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,5	0,4	0,6	0,4	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
urb2-1(u,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,6	0,5	0,7	0,4	1,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	0,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
urb2-1(u,90)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	0,7	0,7	0,9	0,5	1,0	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
urb2-2(u,20)	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
urb2-2(u,40)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,3	0,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
urb2-2(u,60)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
urb2-2(u,90)	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
plu1(u,20)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
plu1(u,40)	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
plu1(u,60)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
plu1(u,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	0,3	0,0	0,6	0,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
plu2(u,20)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
plu2(u,40)	0,3	0,1	0,2	0,1	1,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
plu2(u,60)	0,5	0,6	0,6	0,4	0,7	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,6	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
plu2(u,90)	0,6	0,7	0,8	0,5	0,9	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
fug(u,20)	0,6	0,8	0,8	0,5	1,0	0,0	0,2	0,2	0,4	0,1	0,5	0,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
fug(u,40)	0,6	0,7	0,8	0,5	1,0	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
fug(u,60)	0,6	0,8	0,9	0,4	1,0	0,2	0,3	0,3	0,5	0,1	0,8	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,4	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
fug(u,90)	0,6	0,7	0,8	0,2	0,9	0,2	0,3	0,2	0,4	0,1	0,6	0,0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
enr(u)	0,5	0,3	0,8	0,3	1,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,5	0,0	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
int(u)	0,6	0,6	0,7	0,6	1,0	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
ind(u)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	0,7	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
art(u)	0,4	0,3	0,3	0,2	0,8	0,2	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,1	0,9	0,9	0,9	0,8	1,0	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
QU	0,8	1,0	1,0	0,8	1,0	0,2	0,6	0,8	0,9	0,3	1,0	0,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
UM	0,4	0,2	0,5	0,2	1,0	0,0	0,2	0,1	0,3	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
EC	0,1	0,2	0,2	0,0	0,2	0,0	0,6	0,5	0,7	0,4	1,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,2	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
IE	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
RU	0,5	0,4	0,7	0,4	1,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,5	0,2	0,7	0,7	0,7	0,6	0,7	0,6	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
AU	0,6	0,7	0,8	0,3	1,0	0,1	0,3	0,2	0,5	0,1	0,7	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

Análise de agrupamento conduzida por variáveis condicionantes no nível desagregado

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
ren	0,3	0,3	0,5	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,3	0,2	0,4	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0
con1(i,20)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
con1(i,40)	0,2	0,1	0,2	0,1	0,4	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0
con1(i,60)	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,7	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,0
con1(i,90)	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,1	0,4	0,5	0,6	0,3	0,7	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	1,0	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,8	0,2
con2(i,20)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,8	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,1
con2(i,40)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	1,0	0,0	0,3	0,4	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,8	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	1,0	0,2
con2(i,60)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	1,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,8	0,0	0,6	0,6	0,7	0,4	1,0	0,2
con2(i,90)	0,6	0,6	0,7	0,4	0,9	0,1	0,5	0,5	0,7	0,3	1,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,4	0,8	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,8	0,0	0,7	0,8	0,8	0,6	1,0	0,3
den2(i,20)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	0,7	0,0
den2(i,40)	0,2	0,1	0,3	0,1	0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,6	0,6	0,7	0,6	0,8	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,4	0,4	0,6	0,2	1,0	0,0
den2(i,60)	0,3	0,2	0,5	0,1	0,8	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,6	0,6	0,7	0,4	1,0	0,0
den2(i,90)	0,2	0,2	0,3	0,1	0,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,5	0,4	0,6	0,4	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,5	0,0
urb1(i,20)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	0,0
urb1(i,40)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,7	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0
urb1(i,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,9	0,0
urb1(i,90)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,0

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
urb2-1(i,20)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0	
urb2-1(i,40)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,7	0,0
urb2-1(i,60)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,8	0,0
urb2-1(i,90)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,9	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1
urb2-2(i,20)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,4	0,3	0,4	0,3	1,0	0,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0
urb2-2(i,40)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,4	0,3	0,4	0,2	1,0	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0
urb2-2(i,60)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0
urb2-2(i,90)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0
plu2(i,20)	0,6	0,7	0,7	0,5	0,8	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,1	0,6	0,6	0,8	0,5	0,8	0,4	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,7	0,2
plu2(i,40)	0,8	0,9	0,9	0,7	1,0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,2	0,7	0,0	0,8	0,9	0,9	0,6	1,0	0,4	0,4	0,5	0,6	0,2	0,7	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,2
plu2(i,60)	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,4	0,4	0,3	0,5	0,2	0,7	0,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,4	0,4	0,5	0,6	0,2	0,6	0,0	0,4	0,4	0,4	0,3	0,8	0,2
plu2(i,90)	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,6	0,0	0,8	0,8	0,9	0,7	1,0	0,6	0,4	0,5	0,5	0,2	0,6	0,0	0,4	0,3	0,5	0,3	0,7	0,2
fug(i,20)	0,4	0,4	0,4	0,3	1,0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0	0,4	0,3	0,4	0,3	0,8	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4	1,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,8	0,0
fug(i,40)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,9	0,0	0,5	0,5	0,6	0,5	0,8	0,4	0,6	0,6	0,6	0,5	1,0	0,2	0,3	0,4	0,4	0,3	0,7	0,0
fug(i,60)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,9	0,0	0,7	0,7	0,7	0,6	0,8	0,4	0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,1
fug(i,90)	0,7	0,7	0,8	0,6	0,9	0,0	0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	0,3	0,7	0,8	0,8	0,6	0,9	0,3	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,4	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,5
QU	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,9	0,1
EC	0,4	0,4	0,5	0,3	0,7	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,2	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,1
IE	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,5	0,4	0,5	0,4	0,8	0,3	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0
RU	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,5	0,3	0,3	0,5	0,2	0,7	0,0	0,8	0,8	0,9	0,6	1,0	0,5	0,4	0,5	0,5	0,2	0,6	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,1
AU	0,2	0,1	0,3	0,1	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,7	0,0

Análise de agrupamento conduzida por variáveis estáticas (aproximadas) no nível desagregado

Grupo:	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
ren	0,3	0,2	0,3	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,8	0,0
con1(i,20)	0,1	0,0	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0
con1(i,40)	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0
con1(i,60)	0,3	0,3	0,4	0,2	0,9	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,6	0,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,6	0,1	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,5	0,0
con1(i,90)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,9	0,2	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,1	0,6	0,5	0,6	0,5	1,0	0,2	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,2
con2(i,20)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,1	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,9	0,1
con2(i,40)	0,4	0,4	0,5	0,2	1,0	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	1,0	0,0	0,5	0,4	0,6	0,4	1,0	0,1	0,3	0,3	0,3	0,2	0,8	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	1,0	0,2
con2(i,60)	0,4	0,4	0,5	0,2	0,9	0,0	0,4	0,4	0,6	0,2	1,0	0,0	0,5	0,4	0,6	0,3	1,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,9	0,0	0,6	0,5	0,7	0,4	0,9	0,2
con2(i,90)	0,5	0,5	0,7	0,3	1,0	0,0	0,6	0,6	0,8	0,4	1,0	0,0	0,6	0,6	0,8	0,4	1,0	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,9	0,0	0,7	0,7	0,8	0,6	1,0	0,3
den2(i,20)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0
den2(i,40)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,7	0,7	0,7	0,6	1,0	0,3	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,4	0,3	0,4	0,3	0,7	0,2
den2(i,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0	0,4	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,5	0,5	0,6	0,5	0,8	0,2
den2(i,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,0	0,5	0,0	0,4	0,4	0,4	0,4	1,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,2
urb1(i,20)	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,8	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0
urb1(i,40)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,6	0,1
urb1(i,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,7	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,6	0,0
urb1(i,90)	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0

Grupo:

	1						2						3						4						5					
	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo	média	mediana	3º quartil	1º quartil	máximo	mínimo
urb2-1(i,20)	0,1	0,0	0,2	0,0	0,9	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0
urb2-1(i,40)	0,1	0,1	0,2	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,7	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,5	0,0
urb2-1(i,60)	0,1	0,1	0,2	0,0	1,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	0,8	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,5	0,0
urb2-1(i,90)	0,2	0,1	0,3	0,1	0,8	0,0	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,8	0,1
urb2-2(i,20)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,3	0,2	0,3	0,2	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0
urb2-2(i,40)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,4	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,1	1,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,5	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,0
urb2-2(i,60)	0,1	0,1	0,1	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0
urb2-2(i,90)	0,0	0,0	0,1	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0
plu2(i,20)	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,3	0,4	0,4	0,5	0,4	1,0	0,0	0,4	0,3	0,4	0,3	0,8	0,2
plu2(i,40)	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	1,0	0,0	0,6	0,5	0,8	0,4	1,0	0,3	0,4	0,4	0,6	0,3	0,7	0,0	0,4	0,3	0,5	0,3	1,0	0,2
plu2(i,60)	0,7	0,6	0,8	0,5	0,9	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	1,0	0,1	0,5	0,4	0,8	0,4	0,9	0,3	0,4	0,5	0,6	0,2	0,7	0,0	0,5	0,4	0,6	0,3	0,9	0,2
plu2(i,90)	0,6	0,6	0,8	0,5	1,0	0,0	0,3	0,2	0,4	0,2	1,0	0,0	0,5	0,5	0,7	0,3	1,0	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,6	0,0	0,5	0,3	0,6	0,3	1,0	0,2
fug(i,20)	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,3	0,3	0,4	0,2	0,8	0,1	0,5	0,4	0,5	0,4	0,9	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,8	0,1
fug(i,40)	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,9	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,1	0,6	0,6	0,6	0,5	1,0	0,2	0,4	0,4	0,4	0,3	0,6	0,0
fug(i,60)	0,5	0,5	0,6	0,4	0,8	0,1	0,5	0,5	0,6	0,4	0,9	0,0	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,3	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,2
fug(i,90)	0,7	0,8	0,8	0,7	1,0	0,2	0,7	0,7	0,7	0,6	1,0	0,0	0,8	0,8	0,8	0,7	0,9	0,3	0,8	0,8	0,9	0,8	1,0	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7	0,9	0,5
QU	0,2	0,1	0,2	0,1	1,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,7	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,9	0,1	0,1	0,1	0,1	0,0	0,3	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,6	0,0
EC	0,5	0,5	0,6	0,4	0,9	0,1	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,5	0,5	0,6	0,4	0,7	0,2	0,6	0,6	0,7	0,5	1,0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,1
IE	0,4	0,4	0,5	0,3	1,0	0,0	0,4	0,4	0,5	0,3	0,8	0,0	0,3	0,4	0,4	0,2	0,8	0,0	0,5	0,5	0,6	0,5	0,9	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,6	0,0
RU	0,6	0,6	0,8	0,5	0,9	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,9	0,0	0,5	0,4	0,8	0,3	1,0	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,6	0,0	0,4	0,3	0,5	0,2	1,0	0,1
AU	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,4	0,0	0,5	0,5	0,5	0,4	0,8	0,3	0,1	0,0	0,1	0,0	0,3	0,0	0,3	0,3	0,3	0,2	0,5	0,2