



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO ESPACIAL

Diego Filipe Cordeiro Alves

**Análise de Interações Espaciais a partir da Hierarquia Urbana e das
Posições Geográficas das Sedes Urbanas: Uma Proposta Metodológica**

Belo Horizonte

2020

Diego Filipe Cordeiro Alves

**Análise de Interações Espaciais a partir da Hierarquia Urbana e das
Posições Geográficas das Sedes Urbanas: Uma Proposta Metodológica**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Fernando Braga Carvalho

Área de concentração: Análise Espacial

Belo Horizonte

2020

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Biblioteca da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais

A474a Alves, Diego Filipe Cordeiro
Análise de interações espaciais a partir da hierarquia urbana e das posições geográficas das sedes urbanas: uma proposta metodológica / Diego Filipe Cordeiro Alves. Belo Horizonte, 2020.
252 f. : il.

Orientador: Paulo Fernando Braga Carvalho

Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais.
Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial

1. Análise espacial (Estatística). 2. Sistemas de informação geográfica. 3. Cidades e vilas - Minas Gerais. 4. Rodovias. 5. Teoria dos grafos. 6. Urbanização. 7. Migração. 8. Geografia urbana. 9. Minas Gerais - Municípios. I. Carvalho, Paulo Fernando Braga. II. Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. III. Título.

CDU: 918.151

Diego Filipe Cordeiro Alves

Análise de Interações Espaciais a partir da Hierarquia Urbana e das Posições Geográficas das Sedes Urbanas: Uma Proposta Metodológica

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Prof. Dr. Paulo Fernando Braga Carvalho – PUC Minas (Orientador)

Prof. Dr. Alexandre Magno Alves Diniz – PUC Minas (Banca Examinadora)

Prof.^a Dr.^a. Ana Márcia Moreira Alvim – PUC Minas (Banca Examinadora)

Prof. Dr. José Irineu Rangel Rigotti – UFMG (Banca Examinadora)

Prof. Dr. Jarvis Campos – UFRN (Banca Examinadora)

Belo Horizonte, 29 de abril de 2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais pelo apoio incondicional, pela confiança e por sempre me incentivarem a buscar pelo conhecimento.

Aos meus irmãos Paula e Patrick pela presença constante e por terem tornado a caminhada mais leve nos momentos de dificuldade.

Ao meu orientador, professor Paulo Fernando Braga Carvalho, pelos direcionamentos, disponibilidade e apoio que tornaram possível a execução da pesquisa e pela importante contribuição em minha formação como professor e pesquisador.

Ao professor João Francisco de Abreu pela orientação durante o mestrado e início do doutorado e pela inspiração a aprofundar meus estudos em Análise Espacial.

Ao professor Leônidas Conceição Barroso por todo apoio e incentivo.

Aos amigos e colegas de curso Antônio Hot, Christiano Ottoni, Cássio Lima e Paula Haddad pelas ajudas e conversas durante as diversas etapas da pesquisa.

Aos colegas de doutorado por todo o apoio e companheirismo.

Agradeço a todos os professores e funcionários do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Tratamento da Informação Espacial que de alguma forma contribuíram com o trabalho.

Agradeço também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de estudos que possibilitou a realização deste estudo.

RESUMO

O trabalho tem como objetivo apresentar proposta metodológica para análise da articulação e qualificação das relações entre cidades, a rede de estradas que as conecta e a intensidade dos fluxos populacionais existentes entre estas. Desta maneira, a tese relaciona os temas de Hierarquia Urbana, Interação Espacial e Acessibilidade. Estes três componentes indissociáveis de uma rede urbana são tratados a partir da construção de indicadores de “Massa Socioeconômica”, utilizado para hierarquizar as sedes municipais, um indicador de interações espaciais, construído a partir de dados de fluxos migratórios e indicadores de posição geográfica, construídos a partir da análise da malha viária com o aporte da Teoria de Grafos. Desta forma, foram aferidos aspectos referentes aos nós (cidades), às arestas (rodovias que conectam estas cidades) e intensidades de relações/interações espaciais (medidas através dos fluxos migratórios). Foram identificados os diferentes níveis hierárquicos das cidades mineiras, bem como os principais centros de atração/concentração da população, além das posições geográficas privilegiadas em termos de acessibilidade. A metodologia proposta permitiu verificar fortes relações entre a existência de cidades de maiores níveis hierárquicos e posições geográficas estratégicas, marcadas especialmente pela presença de grandes entroncamentos rodoviários. Além destas, foi possível verificar a existência de correlação linear negativa entre as distâncias rodoviárias médias das interações espaciais e o alcance médio em rede (representando pelo número de sedes que se pode alcançar, a partir de cada cidade, a um raio de 150 quilômetros), indicando que áreas mais isoladas tendem a estabelecer relações com cidades localizadas a uma maior distância. A análise da capacidade das variáveis selecionadas em explicar os fluxos populacionais indicou que as variáveis de massa tradicionalmente utilizadas em análises de Interação Espacial se mostram muito eficazes. De forma geral, verifica-se que as cidades de maior porte e nível hierárquico ocupam posições estratégicas no estado e que as relações de proximidade entre as cidades se relaciona às distâncias médias de interação espacial observadas.

Palavras-chave: Análise Espacial, Interação Espacial; Hierarquia Urbana; Teoria de Grafos

ABSTRACT

The work aims to present a methodological framework for analyzing the articulation and qualification of the relations between cities, the road network that connects them and the intensity of the existing population flows between them. In this way, the thesis relates the themes of Urban Hierarchy, Spatial Interaction and Accessibility. These three inseparable components of an urban network are treated based on the construction of indicators of “Socioeconomic Mass”, used to rank the cities, an indicator of spatial interactions, built from data of migratory flows and indicators of geographical position based on the analysis of the road network with the contribution of the Graph Theory. In this way, aspects related to nodes (cities), edges (roads that connect these cities) and intensities of spatial relationships / interactions (measured through migratory flows) were assessed. The different hierarchical levels of the cities of Minas Gerais State were identified, as well as the main centers of attraction / concentration of the population, in addition to the privileged geographical positions in terms of accessibility. The proposed methodology allowed to verify strong relations between the existence of cities of higher hierarchical levels and strategic geographical positions, especially those located near of large road junctions. In addition to these, it was possible to verify the existence of a negative linear correlation between the average road distances of spatial interactions and the average network reach (representing the number of cities that can be reached, from each city, within a radius of 150 kilometers) , indicating that more isolated areas tend to establish relations with cities located at a greater distance. The analysis of the suitability of the selected variables in explaining the population flows indicated that the mass variables traditionally used in Spatial Interaction studies are very effective. In general, it shows that the larger cities and hierarchical level occupy strategic positions in the state and that the proximity relations between the cities are related to the average distances of spatial interaction observed.

Keywords: Spatial Analysis, Spatial Interaction, Urban Hierarchy, Graph Theory

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01: População por Situação do Domicílio – Minas Gerais – 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010	144
Gráfico 02: Valor Adicionado por Setores – MG – 1999 a 2012	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Modelo dos Lugares Centrais, de Christaller.....	38
Figura 2: Desenho Geométrico, de Losch	40
Figura 3: Reprodução do Mapa de Londres contendo óbitos por cólera utilizado por John Snow	46
Figura 4: Mapas de Potencial Demográfico dos Estados Unidos da América	57
Figura 5: Modelos de Interação Espacial	59
Figura 6: Organograma de Modelos de Interação Espacial.....	60
Figura 7: Exemplo de Grafo.	68
Figura 8: Redes Urbanas e Grafos em Diferentes Escalas	68
Figura 9: Mapa de Isócronas a Partir de Paris - 1882.....	73
Figura 10: Exemplos de Análises Espaciais de Distâncias, Localizações e Caminhos em Grafo.....	74
Figura 11: Exemplos de Análises Espaciais de Topologias em Grafo	76
Figura 12: Mapas de Potencial Socioeconômico de Minas Gerais	78
Figura 13: Mapas de Fluxos Migratórios e Potenciais dos Municípios da Microrregião de Divinópolis - MG.....	80
Figura 14: Fluxograma Metodológico	86
Figura 15: Fluxograma da Análise de Componentes Principais - ACP	97
Figura 16: Construção de um grafo a partir das matrizes de fluxo.....	101
Figura 17: Representação do dígrafo por nós e arestas	102
Figura 18: Modelagem da Rede de Estradas como Grafo	109
Figura 19: Processo de Contagem de Conexões às Sedes Municipais	113
Figura 20: Diferentes Situações de Conexões às Sedes Municipais	114
Figura 21: Relação entre Relações/Interações, Massas e Posições na Rede de Estradas	118
Figura 22: Localização da Área de Estudo	120
Figura 23: Primeiras Vilas.....	122
Figura 24: Divisão Regional proposta pelo IBGE – 1941.....	125
Figura 25: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1950, segundo Leloup (1970)	126
Figura 26: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1960, segundo Leloup (1970)	128
Figura 27: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1980, segundo o IGA	131
Figura 28: Divisão do estado em Regiões de Planejamento proposta pela FJP - 1996	132

Figura 29: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1982, segundo Amorim Filho, Bueno e Abreu	134
Figura 30: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1999, segundo Amorim Filho e Abreu	137
Figura 31: Divisão do estado em Regiões Intermediárias proposta pelo IBGE – 2017	141
Figura 32: Divisão do estado em Regiões Imediatas proposta pelo IBGE - 2017	142
Figura 33: Mapa de População de Minas Gerais – 1970, 1991 e 2010	145
Figura 34: Mapa de População de Minas Gerais por Grade Estatística – 2010	146
Figura 35: Produto Interno Bruto – PIB dos Municípios de Minas Gerais – 2000	149
Figura 36: Produto Interno Bruto – PIB dos Municípios de Minas Gerais – 2010	150
Figura 37: Esquema de uma legenda de mapa bivariado	152
Figura 38: Concentração de empregados nos setores agropecuário e de comércio e serviços – Minas Gerais - 2010	152
Figura 39: Dimensão 1 – Características Socioeconômicas Gerais	155
Figura 40: Dimensão 2 – Funções administrativas e presença de equipamentos especializados	157
Figura 41: Dimensão 3 – Empresas por setores da economia e porte	159
Figura 42: Dimensão 4 – Educação	161
Figura 43: Dimensão 5 – Saúde	163
Figura 44: Massa Socioeconômica	166
Figura 45: Hierarquia Urbana de Minas Gerais	169
Figura 46: Interações Espaciais totais entre as cidades de Minas Gerais	174
Figura 47: Grau Ponderado Médio das cidades de Minas Gerais	177
Figura 48: Indicador de Interação Espacial	180
Figura 49: Decaimento da Distância (<i>Distance Decay</i>) para fluxos migratórios	182
Figura 50: Alcance dos movimentos pendulares	185
Figura 51: Grafo da Malha Rodoviária	188
Figura 52: Grau Ponderado Médio ou Força dos Nós - <i>Strength</i>	191
Figura 53: Centralidade de Proximidade - <i>Closeness Centrality</i>	193
Figura 54: Centralidade de Intermediação – <i>Betweenness Centrality</i>	195
Figura 55: Alcance a 150 quilômetros - <i>Reach</i>	197
Figura 56: Subgrupos de Rede	201
Figura 57: Cluster Centro Sul	203
Figura 58: Cluster Nordeste	206

Figura 59: Cluster Noroeste.....	208
Figura 60: Cluster Norte	210
Figura 61: Cluster Sudeste.....	212
Figura 62: Cluster Sul.....	215
Figura 63: Cluster Triângulo Mineiro	217
Figura 64: Quadro Resumo das relações entre Interação Espacial, Hierarquia Urbana e Posição Geográfica	228

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Tipos de Dados e Problemas em Análise Espacial	47
Quadro 02: Algumas tipologias de Análise Espacial em Grafos	71
Quadro 03: Situação de Implantação das Rodovias	108
Quadro 04: Codificação das Rodovias no banco de dados	110
Quadro 05: Classificação das Rodovias e seu agrupamento	114
Quadro 06: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1950	124
Quadro 07: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1960	127
Quadro 08: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais a partir da circulação de ônibus intermunicipais	130
Quadro 09: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais segundo Amorim Filho, Bueno e Abreu (1982)	133
Quadro 10: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais segundo Amorim Filho e Abreu (2000).....	136
Quadro 11: Relações Espaciais e Redes Regionais das Cidades de Minas Gerais	138
Quadro 12: Classes para Mapa Bivariado	151
Quadro 13: Ranking das Cidades: Dimensão 1 - Características Socioeconômicas ...	154
Quadro 14: Ranking das Cidades: Dimensão 2 - Administração Pública e Equipamentos Especializados	156
Quadro 15: Ranking das Cidades: Dimensão 3 - Empresas por Atividade e Porte	158
Quadro 16: Ranking das Cidades: Dimensão 4: Educação	160
Quadro 17: Ranking das Cidades: Dimensão 5: Saúde	162
Quadro 18: Ranking das Cidades por Dimensão e Geral	164
Quadro 19: Hierarquia Urbana de Minas Gerais	172

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Taxas de Crescimento Populacional – Brasil e Minas Gerais – 1970/1980/1991/2000 e 2000/2010	143
Tabela 02: Taxas de Crescimento do PIB – Minas Gerais e Brasil – 1999 a 2012	147
Tabela 03: Indicador de Interações Espaciais	178
Tabela 04: Cidades com maiores interações de caráter pendular	184
Tabela 05: Métricas Básicas da Rede Rodoviária de Minas Gerais	188
Tabela 06: Alcance em rede e a distância média dos movimentos pendulares	197
Tabela 07: Correlação Linear entre as variáveis explicativas do grupo “Q” e a variável resposta	220
Tabela 08: Correlação Linear entre as variáveis explicativas do grupo “P” e a variável resposta	222

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 01: Força Gravitacional	54
Equação 02: Potencial Demográfico	55
Equação 03: Modelo Gravitacional	61
Equação 04: Modelo Potencial	62
Equação 05: Modelo de Interação Espacial segundo Fotheringham (1983)	64
Equação 06: Centralidade de Proximidade (<i>Closeness Centrality</i>)	115
Equação 07: Centralidade de Intermediação (<i>Betweenness Centrality</i>).....	116

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP – Análise de Componentes Principais

DER-MG – Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais

GIS – Geographic Information System

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IGAM – Instituto Mineiro de Gestão das Águas

IGA-MG – Instituto de Geociências Aplicadas

IPEA – Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas

NASA - National Aeronautics and Space Administration

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RSA - Regional Science Association

SIG – Sistemas de Informações Geográficas

SUMÁRIO

1. Introdução	18
2. Fundamentação Teórica	25
2.1 Das Cidades à Rede Urbana.....	25
2.1.1 Sítio e Posição Geográfica das Cidades	30
2.1.2 Estudos de Redes Urbanas em Geografia.....	34
2.2 Considerações sobre a Análise Espacial na Geografia	44
2.3 Modelos Quantitativos em Estudos Geográficos.....	51
2.3.1 Modelos de Interação Espacial.....	53
2.3.1.1 Modelos Gravitacional e Potencial.....	60
2.3.1.2 Modelos baseados em Oportunidades Intervenientes e Destinos Concorrentes.....	63
2.4 Teoria dos Grafos e o estudo de Redes Geográficas	65
2.5 Estudos Relacionados	77
3. Metodologia	84
3.1. Abordagem Metodológica	84
3.2. Banco de Dados para caracterização e hierarquização das sedes urbanas.....	87
3.2.1. Análise de Componentes Principais.....	96
3.3. Definição da Hierarquia Urbana, Fluxos e Interações e Qualificação da Rede de Cidades.....	98
3.3.1. Hierarquização das Sedes Urbanas	98
3.3.2. Análise das intensidades de interação entre as sedes urbanas a partir de fluxos populacionais	99
3.3.3. Análise da Posição Geográfica das Sedes Urbanas em relação à rede de rodovias	104
3.3.3.1. Construção do Grafo de Rodovias.....	106
3.3.3.2. Consistência Topológica das Arestas e Vértices	111
3.3.3.3. Cálculo das Métricas de Grafos.....	112
3.3.4. Análise da Relação entre Intensidade de Fluxos/Interações, Massas e Posições na Rede de Estradas	117
4. Caracterização da Área de Estudo.....	119
4.1 Localização da Área de Estudo.....	119
4.2 Histórico de Ocupação e Formação da Rede Urbana	120
4.3 Caracterização Socioeconômica	143

5.	Apresentação dos Dados e Discussão dos Resultados	153
5.1	Hierarquização dos Centros Urbanos	153
5.2	Análise das Interações Espaciais entre os Centros Urbanos.....	173
5.3	Análise da Posição dos Centros Urbanos em Relação à Rede de Rodovias.....	187
5.4	Análise da relação entre Intensidade de Fluxos/Interações, Massas e Posições na rede de estradas.....	219
6.	Considerações finais.....	231
7.	Referências.....	236
8.	Apêndices.....	247
	Apêndices A – Matrizes de Correlação das variáveis que compõem as 5 Dimensões para Análise de Componentes Principais	247

1. INTRODUÇÃO

As discussões acerca de hierarquia urbana e caracterização de áreas de influência em redes urbanas são recorrentes na Geografia e nas ciências regionais de forma geral. As abordagens geográficas das redes urbanas tratam as cidades como um conjunto de pontos interconectados entre si, suas conexões e fluxos. As diferentes metodologias visam a identificação e a caracterização das redes urbanas, bem como a hierarquização dos elementos que as compõem.

As pesquisas acerca do tema têm se desdobrado sobre diferentes aspectos que compõem as redes urbanas, seja se debruçando sobre as cidades e sua hierarquia enquanto aspectos fixos das redes, seja se dedicando ao estudo dos fluxos enquanto aspectos móveis que as mantêm conectadas. Partindo desta perspectiva, vários estudos foram realizados no sentido de compreender as redes urbanas brasileiras em diferentes momentos de seu desenvolvimento. No trabalho Região de Influência das Cidades – REGIC, de 2007, o IBGE propõe uma hierarquização dos centros urbanos brasileiros e a identificação de suas respectivas regiões de influência. Tal estudo, realizado a partir de um extenso conjunto de variáveis que abrangeram aspectos referentes à oferta de serviços e a presença de equipamento de gestão governamental e empresarial, classificou as cidades quanto à sua hierarquia e identificou as regiões de influência destas. A base de dados construída durante a pesquisa, bem como seus avanços metodológicos foram utilizados como preceitos para a proposição da divisão regional do país em três escalas: Regiões Ampliadas, Intermediárias e Imediatas de Articulação Urbana. (IBGE, 2008). Posteriormente, em 2014, o IBGE realiza dois importantes estudos sobre temas correlacionados – Gestão do Território e Logística de Transportes, o primeiro dedicado a compreender a organização do espaço brasileiro a partir de uma rede imaterial pautada em fluxos de gestão e o segundo focado na estrutura de transportes e equipamentos de logística a esta associados. Partindo de diferentes pressupostos e adotando metodologias distintas, os trabalhos supracitados apresentaram contribuições importantes à interpretação do espaço brasileiro.

O espaço regional se apresenta como grande desafio a pesquisadores de diferentes áreas. Geógrafos, economistas, analistas de transporte e gestores públicos têm se dedicado ao estudo dos fenômenos nesta escala de abordagem. No âmbito das discussões acerca do tema emergem questões de grande relevância, tais como critérios de regionalização, hierarquia urbana, análise de fluxos e gestão compartilhada. Se, por um lado, tal escala de abordagem apresenta uma vasta

gama de temáticas e abordagens possíveis, sua gestão se mostra complexa em função da sobreposição de diferentes níveis federativos.

Estes desafios, por sua vez, embora bastante atuais, acompanham o desenvolvimento dos estudos regionais desde suas origens. Podemos apontar duas tradições distintas nos estudos em escala regional, especialmente aqueles focados em propostas de regionalização. De um lado os estudos com raízes na escola francesa e de outro, aqueles pautados na tradição norte-americana. Os primeiros, partindo do princípio de diferenciação de áreas, buscavam a identificação de regiões homogêneas, tendo como referência os trabalhos de Vidal de La Blache. Os trabalhos da escola norte-americana, dentre os quais se destacam os propostos por Hartshorne, buscavam identificar as regiões a partir de uma classificação (taxonomia) do espaço, a partir de diferentes critérios.

Diante destas perspectivas, diferentes critérios e metodologias foram utilizados nos processos de regionalização, os quais buscaram identificar regiões homogêneas, funcionais, de influência, dentre outras. Os conceitos de região, rede urbana e hierarquia urbana, mostram-se especialmente correlacionados quando buscamos regionalizar o espaço a partir da identificação de áreas polarizadas e regiões de influência urbana. Estas regiões, por sua vez, não são conformadas a partir de critérios de similaridade, e sim através da identificação das regiões do espaço sobre maior influência de um centro dentro de uma rede. (HILLHORST, 1975). A esta definição acrescenta-se a apresentada por Richardson (1975), segundo a qual as regiões nodais se compõem de unidades heterogêneas, as quais são intimamente relacionadas funcionalmente. (RICHARDSON, 1975). Nesta região o lugar central controla e polariza os fluxos.

Tomando-se por base os conceitos de sistemas urbanos e hierarquia urbana, os modelos de interação espacial têm sido utilizados como forma de mensurar o grau de interação entre diferentes porções do espaço, partindo geralmente da abordagem de regiões a partir dos municípios que as compõem. Diversos trabalhos fazem uso destes recursos com o objetivo de identificar graus de interdependência, áreas de maior influência, e hierarquizar áreas a partir de seus fluxos (sejam eles de pessoas, bens, etc.). Partindo de conceitos de “Massa” e “Distância”, os modelos de interação buscam fornecer subsídios aos estudiosos do tema, especialmente ao fornecerem uma medida do grau de interação/conexão entre as unidades espaciais adotadas.

Nos preceitos de Isard (1960), as massas atribuídas às unidades espaciais podem ser suas populações, mercados consumidores e outros, enquanto as distâncias podem ser medidas em linha reta, acessibilidade por rodovias, custo de transporte e outros. Diante destas possibilidades, a escolha de um modelo de variáveis para a constituição de uma “massa” e de um modelo de cálculo de distâncias se mostram um grande desafio à avaliação da interação entre duas

unidades espaciais distintas. Diferentes estudos têm apresentado alternativas para a operacionalização destes modelos, embora haja na literatura poucas referências quanto aos impactos da mudança nas variáveis utilizadas, tanto para o cálculo de uma massa como para a concepção de distância. Cabe ressaltar que várias aplicações atuais têm se valido de um conceito de distância relativizado, muitas vezes medido em distância “tempo” ou distância “custo”. Embora estas possibilidades já tenham sido levantadas por Isard em sua proposta de modelo gravitacional da década de 1960, poucos trabalhos dedicam uma etapa de sua elaboração à discussão desses aspectos.

A utilização do Modelo Gravitacional e Potencial para a análise de uma rede urbana no estado de Minas Gerais foi feita anteriormente em trabalhos similares, destacando-se a atribuição de massas a partir de conjuntos de dados e variáveis socioeconômicas sintetizadas a partir de Análise de Componentes Principais proposta por Abreu (1991) intitulado Interação Espacial, Potencial e Potencialidades: Um Estudo de Caso – O Estado de Minas Gerais 1970/1980. O trabalho de Carvalho (2007) utiliza um modelo potencial para a avaliação da interação espacial entre os municípios da microrregião de Divinópolis, propondo um método de estimativa de parâmetros para a calibração do modelo a partir de dados sobre o fluxo migratório entre os municípios. No trabalho, o modelo foi operacionalizado a partir do cálculo das distâncias rodoviárias entre as sedes municipais, levando-se em consideração que a interação espacial pressupõe o acesso à determinados bens e serviços em uma determinada porção do espaço.

Estas propostas visam, em maior ou menor grau, lidar com os elementos que compõem uma rede de forma conexa, associando fluxos e interações (ou o potencial de gerá-los) aos componentes fixos do espaço – neste caso os municípios que compõem as redes. Ao associar os três elementos que compõem e sustentam estas redes, diversas questões de caráter metodológico se apresentam como desafios, muitos dos quais de abordagem complexa. Dentre estes, podemos destacar a dificuldade de se medir o grau de conectividade entre dois centros urbanos, a necessidade de um tratamento topológico adequado à conectividade de nós e arestas, bem como aos fluxos existentes entre estas e a disponibilidade de dados com abrangência espacial e regularidade temporal que baseiem as análises. Em escalas locais estes problemas muitas vezes são superados a partir da elaboração de pesquisas de origem e destino específicas, as quais indicam o motivo, frequência e modal da viagem. Em escalas regionais e nacionais, por sua vez, a realização deste tipo de pesquisa se mostra custosa e muitas vezes inviável, tornando escassas as possibilidades de dados que possibilitem interpretar o grau de conexão entre os municípios estudados. Além desta questão, as pesquisas em geral têm optado por

trabalhar com estas variáveis de forma separada, analisando, de um lado a hierarquia entre as sedes a partir de suas características socioeconômicas e, de outro, quantificando os fluxos estabelecidos entre estas. A falta de conectividade entre centros urbanos, redes geográficas e fluxos (intensidade de relação), muitas vezes faz com que estes aspectos percam sua conectividade intrínseca.

Diante destes desafios, torna-se importante buscar meios de abordar e qualificar as relações entre estas componentes, de maneira a verificar como estas relações se desdobram no espaço e atuam como fatores determinantes na configuração das redes urbanas. Aliar medidas de centralidade (massas) dos municípios a medidas de posição (conexão à rede de estradas) e intensidade (quantidade de fluxos) na busca por uma interpretação e qualificação das redes a partir de seus elementos básicos definidores se apresenta como uma importante contribuição. A busca por uma abordagem de redes que apresente medidas a respeito dos fixos e dos fluxos, de forma interconectada, vai de encontro aos preceitos propostos por Fotheringham, segundo os quais as interações entre um determinado conjunto de localizações dependem, além das massas e das distâncias entre estas, da estrutura espacial da qual fazem parte. (FOTHERINGHAM, 1983). Parte-se do princípio de que a posição relativa de cada centro urbano em sua rede também é um fator determinante em sua inserção no sistema de relações.

Um importante questionamento norteia o desenvolvimento da pesquisa. Dada uma rede de cidades, de que forma as massas dos municípios (medida a partir de suas capacidades de fornecer serviços e gerar atração de população) e sua posição relativa na rede determinam a intensidade das relações (fluxos) por elas estabelecidas? Tal questionamento avança para além dos conceitos tradicionais de Massa e Distância que usualmente embasam os estudos de interação espacial, uma vez que o conceito de posição em rede é relativo, não se comportando de maneira uniforme em todas as porções da rede.

Partindo-se dos pressupostos acerca de interação espacial e do conceito de “estrutura espacial” proposto por Fotheringham, levanta-se a hipótese de que estes fluxos sejam construídos a partir da relação entre as massas, distâncias e da posição de cada centro urbano em sua rede. Desta forma, as massas socioeconômicas atuam como medidas da capacidade de atração e probabilidade de estabelecimento de fluxos de cada cidade em uma rede urbana. As distâncias, por sua vez, funcionariam como impedância, indicando que as interações espaciais se tornam menos intensas na medida em que as distâncias aumentam. Aliada a estas duas dimensões, a posição geográfica das sedes indicaria uma medida de estrutura espacial – permitindo compreender as relações de vizinhança e aglomeração. O grau de isolamento ou conectividade dos centros urbanos (distância ao centro urbano de porte similar) pode se tornar,

nesta perspectiva, fator decisivo no estabelecimento de suas relações, bem como na concentração de fluxos. Desta forma, diferentes contextos de posições geográficas produziriam diferentes padrões espaciais de interação entre as sedes urbanas de Minas Gerais. Partindo desta hipótese espera-se que a estrutura espacial permita uma compreensão mais completa das interações espaciais, avançando para além dos conceitos de massa e distância utilizados tradicionalmente nestas abordagens.

Diante dos desafios apresentados, o presente trabalho tem como Objetivo Geral apresentar proposta metodológica para análise da articulação e qualificação das relações entre cidades, a rede de estradas que as conecta e a intensidade dos fluxos populacionais existentes entre estas.

A construção de proposta metodológica que possa relacionar estes três conceitos-chave (Cidades, como nós, Redes de Estradas, como arestas e Fluxos Populacionais, como intensidade de relação) se apoia em diferentes métodos e abordagens de caráter quantitativo. Desta forma, a pesquisa se relaciona às temáticas da Análise Espacial aplicada aos estudos urbanos e regionais, tendo por base as técnicas e métodos comuns a essa vertente dos estudos geográficos. Tomando por base estudos anteriores sobre o tema, a pesquisa busca apresentar alternativas metodológicas para a avaliação da interação espacial e dos fatores que a determinam.

A área de estudo engloba os 853 municípios de Minas Gerais, suas sedes municipais e as rodovias pavimentadas que os conectam. No trabalho proposto são excluídas as interações ocorridas em escala interestadual e internacional. Desta forma, apenas os fluxos ocorridos entre os municípios mineiros são abordados, permitindo a construção de uma matriz de 853 linhas X 853 colunas. Ressalta-se que, embora haja outros modais de transporte e outras formas de interação espacial, a opção pelo uso da rede de estradas (e consequentemente pelo modal rodoviário de transporte) se dá em função da forte relação entre a rede de cidades e as estradas, estas últimas funcionando como fator de indução à ocupação. Segundo dados da Fundação Dom Cabral, em seu estudo sobre custos logísticos de 2017, o modal rodoviário escoou aproximadamente 75% das cargas embarcadas. (FDC, 2017). Além disso, em 2016, cerca de 92 milhões de passageiros foram transportados por vias rodoviárias. (ANTT, 2018). Em maio e junho de 2018, cabe nota, uma paralisação de caminhoneiros com aproximadamente 10 dias de duração provocou um desabastecimento em cerca de 90% dos postos de combustíveis em determinados estados do país. (GREVE ..., 2018). Dada tamanha predominância na utilização deste modal de transporte, a abordagem a partir da rede rodoviária torna-se apropriada.

Para cumprir o objetivo geral, são propostos os seguintes objetivos específicos:

- Construir um banco de dados geográficos contendo dados socioeconômicos que indiquem a capacidade de atração e disponibilidade de serviços das sedes urbanas de Minas Gerais;
- Hierarquizar os centros urbanos de Minas Gerais a partir do tratamento das variáveis socioeconômicas e de atendimento de serviços.
- Classificar e regionalizar os municípios a partir de suas interações espaciais medidas a partir de fluxos migratórios, indicando centros de atração de fluxos e suas respectivas áreas de influência;
- Construir índices de centralidades das sedes urbanas em relação a rede de rodovias a partir de grafo das rodovias pavimentadas de Minas Gerais
- Avaliar quais das variáveis de massa e de centralidade na rede impactam de maneira mais determinante os fluxos existentes.

A pesquisa se desenvolveu em 5 etapas, sendo a primeira dedicada a análise específica dos temas Análise Espacial, Modelos em Geografia, Interação Espacial, Modelos Quantitativos em Geografia, Modelos Gravitacionais e Potenciais e Redes Urbanas.

No segundo capítulo são tratados os temas que compõem o arcabouço teórico-metodológico da pesquisa. As temáticas relativas à Geografia Urbana e Regional são tratadas, com ênfase maior dada aos temas relacionados às Redes Urbanas e suas diferentes abordagens.

Em seguida são desenvolvidas as discussões acerca da Análise Espacial e suas contribuições aos estudos geográficos, com destaque para as abordagens apoiadas pelo uso de modelos de análise quantitativa em Geografia.

Os modelos de interação espacial são discutidos nesta seção, sendo discutidas as principais abordagens de interação espacial predominantes nos estudos Geográficos, bem como suas bases conceituais.

Além das temáticas apresentadas, o capítulo da fundamentação teórica discute aspectos da Teoria dos Grafos e sua aplicação a problemas geográficos. São apresentados e discutidos os principais conceitos, bem como as aplicações mais comuns em análises espaciais. A tese debruça, nesta etapa, tanto sobre as abordagens de Teoria dos Grafos baseadas em distância (típicas nas situações geográficas de definição de distâncias, rotas e caminhos mínimos), como nas abordagens de grafos relacionais, nas quais são explorados os aspectos topológicos destes, indicando relações de conectividade e vizinhança, dentre outras.

O terceiro capítulo se dedica a detalhar os procedimentos metodológicos desenvolvidos para a construção da tese, apresentando as etapas de construção do banco de dados espaciais, cálculo das interações espaciais e identificação/qualificação das posições geográficas.

A primeira etapa metodológica se dedica à construção do banco de dados da região de estudo, sendo coletadas, tratadas e analisadas as variáveis socioeconômicas dos municípios em estudo. Estas variáveis foram sintetizadas a partir de técnicas de estatística multivariada. A partir das variáveis tratadas como massa socioeconômica, é feita hierarquização dos municípios que compõem a rede urbana da região, buscando-se identificar os principais centros que a compõem.

Em seguida foram avaliados os graus de interação existentes, medidos a partir de fluxos populacionais entre os 853 municípios do estado. Embora esta também seja uma situação típica de aplicação da Teoria dos Grafos, ressalta-se que as arestas geradas (linhas ponderadas conectando cada um dos 853 municípios) são utilizadas apenas como medidas de intensidade, uma vez que topologicamente não representam caminhos possíveis de serem percorridos.

Em etapa subsequente foram calculadas as distâncias entre as sedes dos municípios que compõem a região em análise, bem como a posição de cada município na rede. Esta etapa consiste na elaboração de um grafo, composto por nós (853 sedes municipais) e arestas (rodovias que as conectam). A partir deste grafo foram avaliadas medidas de centralidade dos municípios, que indicarão o grau de prestígio destes na rede, bem como a frequência com os quais estes funcionam como caminhos de passagem entre os demais municípios.

O recorte espacial e o conceito de região adotados para o trabalho se alinham à nova divisão regional proposta pelo IBGE em 2017, a qual recorta o território brasileiro a partir de regiões imediatas e regiões intermediárias construídas por processos e dinâmicas das próprias redes urbanas do país. As regiões geográficas imediatas têm como principais referências as próprias redes urbanas, enquanto as regiões geográficas intermediárias correspondem a uma escala intermediária entre estas unidades e as unidades da federação. (IBGE, 2017).

Esta proposta de trabalho vai de encontro às atuais demandas por estudos regionais que, a partir da hierarquização dos centros urbanos e da identificação de sua área de influência, subsidie os processos decisórios das autoridades públicas na escolha de localidades para a implantação de infraestruturas de apoio à população. Conhecer o alcance de cada um dos centros dentro de sua rede, bem como o grau de consolidação destas áreas de influência ao longo do tempo permitirá a tomada de decisões mais eficientes, garantindo melhor utilização dos recursos disponíveis.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Das Cidades à Rede Urbana

O início do desenvolvimento das cidades se relaciona diretamente à existência de um excedente agrícola, uma vez que este permitiu que seus habitantes se dedicassem às atividades artesanais e administrativas, enquanto os alimentos e matérias primas eram produzidos pelos camponeses.

Para que este excedente agrícola pudesse existir, foi necessário que algumas técnicas e tecnologias, ainda que primitivas, fossem dominadas. O conhecimento dos elementos da natureza e suas variações ao longo do ano (como sazonalidades climáticas e condições do solo), bem como a melhor aproveitamento dos recursos (através da irrigação, por exemplo), foram decisivos ao estabelecimento das condições básicas ao surgimento deste excedente.

Ainda segundo Benévolo (1986), diversas técnicas já eram conhecidas pelas sociedades neolíticas, destacando-se os cereais cultiváveis, carros de bois e outras embarcações, dentre outras. Estas técnicas permitiram, à época, o surgimento de uma “nova economia”, marcada pelo aumento da produção agrícola, da população e da concentração dos excedentes nas cidades. Estas, por sua vez, apresentavam relativo domínio técnico e militar sobre as regiões agrícolas. (BENEVOLO, 1986 APUD SPOSITO, E., 2008, p.19).

Voltando no tempo, para aproximadamente dois mil anos antes de Cristo, na Mesopotâmia, o excedente de riqueza concentrava-se nas mãos dos governantes das cidades, representantes do deus local. Mas não eram esses governantes, detentores do poder político, que produziam o excedente agrícola, condição fundamental para a existência das cidades. Era a população que se encarregava da agricultura. (BENEVOLO, L 1986 APUD SPOSITO, E., 2008, p.19).

Esta divisão territorial do trabalho entre cidade e campo se torna cada vez maior na medida em que as cidades evoluem, tornando-se mais efervescentes, populosas e diversificadas, assumindo gradativamente os papéis de centros de poder, econômico e de difusão de ideias e inovações.

O deslocamento do centro de gravidade da economia de um espaço qualquer em direção às cidades que o dominam, provocado pela progressiva redução do valor relativo da produção agrícola na renda regional e pelo embarcamento da economia agrícola por organismos de gestão ou de comercialização radicados na cidade, leva a uma confusão no plano geográfico entre o espaço dominado e a região. (GEORGE, P. 1972, p.100)

A partir desta divisão do trabalho, novas classes sociais, muitas das quais antagônicas surgem. O Ressalta-se neste momento o exercício dos poderes políticos e religiosos por parte dos governantes nas cidades.

O posterior processo da chamada Revolução Industrial, o qual produziu mudanças irreversíveis na maneira de se apropriar e transformar o espaço natural, bem como nas relações sociais de produção, foi um importante fator indutor nas alterações vivenciadas nas cidades, tanto de suas formas como de funções (SPOSITO, E., 2008 p.21).

Os centros urbanos se tornam ainda mais dinâmicos, apresentando um rápido crescimento de sua população e seu tecido. Novas áreas passam a ser ocupadas e incluídas aos tecidos urbanos já existentes (BENEVOLO, L. 1983).

Definindo as cidades a partir de divisão territorial do trabalho entre cidade e campo, Hartshorne acrescenta

Um centro de poder – econômico, político e social – de uma sociedade ou uma concentração de pessoas com distintas formas de vida, em termos de padrões de trabalho e organização, em um espaço com alto grau de uso especializado e segregado do solo com uma gama de instituições sociais, econômicas e políticas que coordenam este uso e seus recursos. (HARTSHORN, T. 1980, p. 86)

As modificações recentes nos sistemas de produção têm tornado as cidades, cada vez mais, em centros concentradores e ao mesmo tempo difusores (de ideias, capitais, pessoas). O centro de gravidade das sociedades, em diferentes graus de desenvolvimento, foi gradativamente sendo deslocado para as cidades, sendo a aglomeração de pessoas e de atividades umas das forças motrizes do processo de urbanização. A redução dos custos e o aumento das conveniências representados pela existência de uma menor distância entre as atividades e as pessoas fazem com que estas se dirijam às áreas urbanas. (MORRIL e DORMITZER, 1979, p.173).

As cidades são objeto de estudo dos pesquisadores (geógrafos e não geógrafos) dedicados tanto aos seus aspectos intrínsecos quanto na sua relação com o entorno. Questões acerca de seu sítio (ambiente natural sobre o qual as cidades se desenvolvem) e situação (inserção regional das cidades e sua relação com o entorno) são recorrentes diversos estudos.

Para Pierre George (1986), a história recente da humanidade tem trazido um maior interesse às questões urbanas. O processo de urbanização moderno, ligado às modificações nos sistemas produtivos, fez com que as atividades realizadas fora das áreas urbanas sejam desvalorizadas em relação às atividades urbanas.

A relação intrínseca entre Geografia Urbana e Geografia Regional se explica pelo fato de a cidade ser, ao mesmo tempo, *locus* das atividades humanas (de grande parte delas) e nó que

permite a materialização da rede urbana. De um lado os estudos das atividades humanas nas cidades e, de outro, os estudos das funções das cidades, com destaque para os estudos das redes urbanas e hierarquias. (GEORGE, 1986).

A geografia urbana passa a se confundir com a geografia regional a partir do momento em que se torna geografia das funções e da espacialização das funções da cidade. Esta confusão se processa através da noção de rede urbana. Esta expressão designa um sistema de relações entre cidades mais ou menos hierarquizadas do ponto de vista funcional – hierarquização desigual, de acordo com os diversos setores de atividade – o qual sistema anima um espaço geográfico e define sua personalidade e sua unidade. (GEORGE, P. 1972, p.100)

Definir o “urbano” tem sido uma tarefa à qual diversos geógrafos têm se debruçado. Johnston (1984) aponta que, embora não haja uma definição universal de área urbana, estas podem ser consideradas a partir do critério da atividade com a qual a maioria dos moradores se ocupam em outras atividades para além da agricultura.

A Geografia Urbana busca tal descrição e interpretação para aquelas partes da superfície da Terra classificadas como urbanas. Não há definição universal para áreas urbanas. O critério usual é de que uma área urbana seja um assentamento em que grande parte da população não esteja empregada na arquitetura. (JOHNSTON, R.J., 1984.p.16)

Castells (2000) acrescenta que as áreas urbanas se destacam pela forma de ocupação do espaço caracterizada pela grande concentração e densidades, além de maiores diferenciações funcional e social. (CASTELLS, 2000, p.40).

Beaujeu-Garnier foca nas funções urbanas como o motor central da cidade, que a tornam mais ou menos dinâmica dentro de um sistema em rede em relação a outros centros urbanos deste dado sistema. A autora acrescenta que a cidade assume o papel de mediadora dos fluxos de um sistema urbano em rede. De forma semelhante a Brunet, a autora considera que as análises se fundamentariam não mais na descrição dos elementos em si, mas nas interações destes elementos, as quais formariam novos conjuntos dinâmicos em sua essência urbana e regional.

Partindo deste posicionamento, a própria configuração urbana, o uso dos seus espaços internos e as conformações em rede com outros centros, seriam condicionados pelas funções urbanas mais primárias, todas organizadas e sistematizadas pelas ações humanas no espaço. Suas interações se dão por uma multiplicidade de funções. Essa diversidade funcional não implica que estas sejam excludentes, mas antes, complementares. A intercomplementaridade

de funções gera maior ou menor grau de dinamismo em escala urbana e regional. Dentre estas funções, a autora destaca três funções urbanas as quais denomina de Funções de Enriquecimento, Funções de Criação ou Transmissão e as Funções de Responsabilidade.

As Funções de Enriquecimento, segundo a autora

(...) são as que produzem, essencialmente, fluxos monetários suscetíveis de capitalização. São cumulativas e diretamente reversíveis; são orientadas para o crescimento da disponibilidade monetária e esta acumulação pode ser rentabilizada, no mesmo lugar ou noutra, para aumentar o ritmo de crescimento. Essas funções não só contribuem para o enriquecimento da coletividade urbana onde se exerce, mas também podem ter uma ação periférica e integrar-se no conjunto da riqueza e do desenvolvimento (...). (BEAUJEU-GARNIER, J. 1997, p. 53)

Assim, esta função passa a congrega a ação de enriquecimento e com isso, todo o primário, secundário e boa parte do terciário e não mais os seus fluxos e fixos, analisados de maneira isolada, mas as interrelações entre os fluxos e fixos de todos esses subsistemas.

Nas Funções de Responsabilidade, ressalta a autora,

(...) as cidades exercem, de uma maneira mais ou menos completa, funções de responsabilidade, no quadro das quais se contam a administração (em sentido lato), o ensino e a saúde. Com efeito, por estas três rubricas, a cidade desempenha um papel essencial na vida de seus habitantes, por intermédio de serviços urbanos ou de organismos privados que exercem a sua atividade com estes fins. Em certos casos, estes serviços ultrapassam as necessidades locais, para se estender por áreas mais vastas, e afirmando-se assim, o poder externo da cidade. (BEAUJEU-GARNIER, J. 1997, p. 59)

Estas funções de responsabilidade se assemelham ao primeiro tipo de funções, na medida em que geram acumulação de capitais. O terceiro tipo de função apontada pela autora é o que trata das Funções de Criação ou Transmissão: “Um terceiro tipo de funções está, simultaneamente, ligado aos dois precedentes e é bastante diferente deles: trata-se dos *“efeitos e meios de ligação”*”, entendidos em sentido mais amplo. Tais funções de transmissão se relacionam ao próprio processo de difusão da civilização, do modo de vida urbano (BEAUJEU-GARNIER, J. 1997, p.61).

Esta noção de função urbana foi proposta por G.Chabot com o intuito de definir o papel das cidades. Segundo George (1983) as cidades são caracterizadas pelos papéis desempenhados por sua população nos sistemas de relações sociais e econômicas. Esta pode atuar contribuindo para a mobilização de recursos, transmissão de produtos, transformação da matéria-prima, intermediação entre regiões de consumo e produção, além de assegurar a ordem social e política

ao concentrar os poderes administrativo e militar. Além destas funções, as cidades atuam como centros de dispersão da cultura, de serviços médicos, etc. (GEORGE, P. 1983, p.171).

Estas funções urbanas podem ser abordadas, ainda segundo o autor, em três escalas distintas: as funções do conjunto urbano de um determinado país; as funções de cada cidade e a distribuições de cada função no tecido urbano. Dentre estas escalas, ressalta-se que a segunda escala se relaciona de maneira mais direta ao estudo aqui proposto.

Embora as cidades sejam, em sua grande maioria, centros de atividades diversificadas, diversos estudos se dedicaram a propor métodos de classificação das cidades a partir da predominância de suas funções. As funções secundárias e terciárias, geralmente, são comuns nos ambientes urbanos, uma vez que uma de suas funções é a de fornecer algum nível de serviço ao seu entorno, além do fato de que a própria concentração da população urbana gera demandas por serviços locais. Além das funções de comércio e serviços, destacamos as atividades culturais, possibilitadas pelo ambiente urbano.

Estas funções urbanas podem também ser diferenciadas com relação ao seu alcance e finalidade, destacando-se, de um lado, as atividades produtivas de caráter regional, nacional e internacional e, de outro, aquelas cujos objetivos são de atender à população local. Dentre estas últimas ressaltamos os serviços públicos locais (abastecimento de água, eletricidade, segurança, transporte etc.); serviços particulares de interesse público (saúde, profissionais liberais, etc); comércio local; atividades individuais voltadas à produção e manutenção dos objetos utilizados pela população residente e a construção civil. (GEORGE, P. 1983, p.177-178).

A preocupação com a classificação das redes de cidades e das funções urbanas é recorrente nos estudos de geógrafos e de não geógrafos. Esta abordagem já se fazia presente nos estudos de Auroseau, de 1921, nos quais é feita uma proposta de classificação das cidades em oito categorias segundo sua função urbana dominante: cidades de administração, defesa, cultura, produção, coleta, transferência, distribuição e recreação. Os estudos de Harris sobre as cidades norte-americanas, na década de 1940, classifica estas cidades também de acordo com sua função/atividade de maior importância. Ressalta-se também o preciso trabalho de Nelson, dividindo as cidades norte-americanas em dez categorias, podendo cada uma destas ser definida através da combinação de duas ou três funções mais proeminentes. (CORRÊA, R.L. 2006.p17)

Os trabalhos de C.D. Harris e W. Willian-Olsson produziram um modelo de classificação funcional das cidades, destacando: cidades com predominância de atividades industriais; cidades com predominância das atividades comercial e de gestão administrativa; cidades onde as atividades de trânsito associadas a atividades industriais predominam (como as cidades portuárias); cidades com predominância de atividades comerciais, cidades com predominância

de atividades administrativas, cidades de turismo, repousou ou tratamento médico e cidades universitárias isoladas de demais atividades. (GEORGE, P. 1983, p.181)

Posteriormente, diferentes geógrafos propuseram a abordagem das atividades das cidades em dois grandes grupos: básicas (ou primárias), sendo aquelas atividades exportadas e atividades não básicas (secundárias), voltadas ao atendimento da própria população urbana. (CORRÊA, R.L. 2006.p18)

Desta forma, as cidades podem ser abordadas sob diferentes óticas, destacando-se aqui duas visões distintas, porém complementares. Estas podem ser estudadas a partir de suas estruturas internas (a cidade como um sistema em si) e a partir de sua distribuição espacial e suas ligações em redes (a cidade como integrante de um sistema de cidades). A primeira destas é típica dos estudos urbanos, enquanto a segunda se relaciona aos estudos de Geografia Regional. (PACIONE, 2001).

Estas diferentes escalas de abordagem proporcionam diferentes enfoques e análises, bem como fazem uso de diferentes aportes teórico-metodológicos.

2.1.1 Sítio e Posição Geográfica das Cidades

Partindo dos conceitos discutidos no item anterior, busca-se, nesta etapa, propor uma discussão acerca da questão locacional.

Tendo em vista os objetivos propostos no trabalho de se apresentar metodologia para quantificar e qualificar a interação espacial entre as sedes urbanas de Minas Gerais, qualificando suas redes a partir de três elementos básicos: a centralidade das sedes (medidas a partir de suas massas), suas intensidades de relações/interações (medidas através de fluxos) e sua posição/situação (medida a partir de sua conectividade às redes de estradas), as discussões acerca do chamado “Binômio Locacional” (Sítio e Posição/situação) se fazem importantes.

A necessidade de se “localizar” os fenômenos estudados extrapola sobremaneira a indicação dos elementos geodésicos (tais como latitude, longitude e altitude) do objeto de estudo.

Em seus estudos no início do Século XX, Vidal de La Blache apontava que a definição dos conceitos e descrição do sítio e posição das áreas em estudo se fazia tão importante quanto sua localização geodésica. Um estudo detalhado de um determinado local ou sistema partindo dos conceitos de sítio e posição permitiria, dentre outros objetivos, o reconhecimento de sua estrutura e organização espacial, elementos fundamentais ao embasamento dos estudos regionais.

Tais terminologias e as metodologias para sua análise foram definidos primordialmente, ainda no início do século XX, pelos estudos de Raul Blanchard (1906) e Albert Demangeon (1905), que se debruçaram sobre os estudos urbanos e regionais. Seus trabalhos, ainda que de forma pioneira, discutiam as relações entre as cidades e o meio natural, as quais se definiam em duas diferentes escalas: local e regional.

O conceito clássico de Sítio se refere a um conceito de geografia unicamente físico. Esta abordagem abrange aspectos relativos às configurações do local ocupado pela cidade, tratando das variáveis geológicas, morfológicas, climáticas, hidrológicas e vegetacionais. (PELLETIER e DELLFANTE, 2000, p.24).

A este conceito clássico somam-se dois conceitos complementares: o de “sítios criados” e o de “capacidade do sítio”. Destes, o primeiro se relaciona aos sítios remodelados pela intervenção humana no intuito de se tornarem mais propícios à ocupação, tanto em microescala (remodelamento do relevo, criação de parques e lagos) e em macroescala (grandes alterações na paisagem, aterros etc.). O segundo conceito, por sua vez, se refere à possibilidade de determinado sítio em abrigar as diferentes atividades humanas. (PELLETIER e DELLFANTE, 2000, p.32-33).

Podemos relacionar os conceitos de sítio e posição/situação às duas escalas básicas de estudo do fenômeno urbano: enquanto o sítio e suas relações se desenvolvem em escalas locais, se circunscrevendo, em grande parte, às questões topográficas, geomorfológicas e geológicas (dentre outras), as relações de posição/situação se desenvolvem em escala regional, referindo-se à inserção das cidades em sistemas urbanos.

Em seus estudos, Raul Blanchard (1911) e Albert Demangeon (1911) definem e apontam as características do sítio importantes à defesa e proteção dos assentamentos. Desta forma, diferentes conformações de sítio trariam maiores “vantagens” locais aos grupos que nestes se instalassem, especialmente com relação à proteção de ataques de grupos rivais.

Para além destes fatores, os autores apontam ainda outros fatores do sítio como preponderantes à ocupação urbana, dentre os quais podemos citar a disponibilidade de água (em suprimentos constantes e de qualidade); a proteção com relação a inundações constantes. Desta forma, a presença dos rios e sua relação com os espaços urbanos se torna primordial, uma vez que estes podem, ao mesmo tempo, oferecer vantagens à ocupação (fontes de água, proteção e meios de transporte), como também desvantagens (possibilidade de inundações e possibilidade de isolamento – caso os meios de lhes transportar não estejam disponíveis).

Podemos relacionar diretamente a noção de sítio com a própria base territorial, sobre a qual se assenta um determinado elemento no espaço (neste caso específico, as condições

naturais das áreas onde se localizam os espaços urbanos). “O sítio é definido como o quadro topográfico no qual se enraizou a cidade, pelo menos em suas origens” (GEORGE, P. 1983, p.37)

A situação, por sua vez, depende do sistema de relações que o elemento mantém com outros elementos próximos ou distantes. Os dois conceitos de Sítio e Situação estariam, assim, fortemente interligados, uma vez que se conformam como duas noções ao mesmo tempo distintas e complementares.

De forma geral, podemos indicar a localização dos elementos estudados a partir deste binômio de localização que se faz a partir da análise do sítio e da situação. Os estudos de localização, em grande parte, são realizados a partir da análise dos dados do sítio, a definição das relações que impliquem em determinada situação/posição geográfica. Cabe ressaltar que o estudo destas relações/interações deve abordar a inserção deste centro urbano (ou outra localização) em um determinado sistema regional.

Pelletier e Delfante (2000) apontam como componentes das localizações das cidades a centralidade (que as torna mais acessíveis e torna menos custosas as funções de troca), a situação de contato entre duas regiões (que propicia a complementaridade entre atividades, regiões e economias) e os cruzamentos e confluências (que funcionam como postos medianeiros/relais, favorecendo a circulação e a acessibilidade). (PELLETIER e DELLFANTE, 2000, p.20-21).

George (1983) acrescenta que uma das posições mais frequentes e propícias ao desenvolvimento dos centros urbanos é a posição de “encruzilhada”. Esta convergência de vias de grande circulação favorece menores custos de transporte, possibilitando o surgimento de mercados com maior estabilidade. Ainda segundo o autor, o início da vocação comercial implica um processo de convergência. Além destas, podemos destacar a encruzilhada de região homogênea (planícies ou planaltos), os quais se apresentam como convergências de vias naturais das regiões de seu entorno e as encruzilhadas no contato de regiões naturais diferentes, as quais se configuram como áreas de contato, reunindo nos espaços das cidades as contribuições das unidades geográficas peculiares (produtos complementares, populações com atividades distintas, etc.). (GEORGE, 1983, p.40-49).

Além das variáveis citadas pelos autores, podemos enumerar diversos fatores relevantes à análise das posições geográficas e do sistema de relações que cada localidade mantém com seu entorno. Nesta perspectiva, alguns elementos se tornam essenciais, tais como a presença de redes de transporte, pontes, portos, estações ferroviárias, bem como a proximidade de localidades de “entroncamentos”, sejam estes rodoviários ou a confluência de rios. Destes

elementos é construído o conceito de “Posição Carrefour ou Entroncamento”, caracterizada pela convergência de vias de circulação, o que gera menores custos de transporte e favorece o desenvolvimento de mercado.

Para além destas conformações, podemos apontar outras posições geográficas típicas, tais como cidades a margens de rios (que se valem de sua posição a partir da possibilidade de integração intermodal de transportes); cidades costeiras (que estabelecem o contato entre os meios de circulação marítimo e terrestre e se tornam áreas de primeiros contatos entre diferentes grupos humanos); cidades com presença de recursos naturais (que surgem como resultado do agrupamento dos elementos necessários ao desenvolvimento e exploração deste recurso) e cidades de contato entre diferentes regiões naturais (que servem de ponto de contato entre populações com atividades econômicas diferentes e permitem também o contato de produtos diferentes/complementares).

Em suas análises, Corrêa apresenta 13 tipos-ideias de posições geográficas de cidades, cada uma destas com características que a distinguem, dentre as quais destacamos: ‘posição como lugar central, caracterizada como foco da concentração de atividades industriais e de serviços; posição em fronteira internacional, caracterizada pelo contato entre duas áreas distintas; posição litorânea; posição em entroncamentos ferroviários; posições junto a sopés de montanhas e planaltos; posição em pontas de trilhos ferroviários; posições em boca de sertão, caracterizadas pelo contato entre áreas povoadas e em processo de colonização; posições em confluência fluvial; em contato entre regiões diferentes e; posições em zonas de recursos minerais. (CORRÊA, R, L. 2004. P.318-321).

Ao se considerar o próprio conceito de localização como um binômio, pressupõe que não seja possível uma completa dissociação entre os dois conceitos assim propostos, sendo estes complementares. No presente trabalho, embora haja a necessidade de uma análise do sítio, especialmente no sentido de definir sua participação na conformação da rede rodoviária (utilizada como elemento estruturante da rede urbana em estudo), não se propõe um aprofundamento do papel da análise de sítio para a proposta metodológica aqui apresentada.

Cabe ressaltar que alguns dos aspectos primordiais do binômio de localização incidem de maneira direta na rede urbana estudada, dentre os quais podemos citar as posições de entroncamento e suas variantes, a posição de contato e as regiões minerárias. De forma geral, no caso específico de Minas Gerais, grande parte dos centros urbanos tem sua localização influenciada por um ou mais dos fatores apresentados.

A posição de entroncamento em relação à rede de transporte certamente é de grande importância para a maioria dos casos considerados.

A acessibilidade, os sistemas de transporte e seu custo direto são componentes importantes no estabelecimento de fluxos demográficos, produtivos, comerciais e informacionais de uma determinada rede urbana. De forma complementar às questões de acessibilidade e transportes, é importante ressaltar, especialmente para o caso de Minas Gerais, a presença de recursos naturais (em especial de jazidas minerais) como fator de extrema importância para a formação e desenvolvimento das cidades.

2.1.2 Estudos de Redes Urbanas em Geografia

Os estudos urbanos e regionais se constituem como importante temática dentre os estudos geográficos, se relacionando aos conceitos fundamentais de regiões, redes e sistemas. Compreender as cidades como pontos integrantes de um espaço regional integrado e articulado, para além das complexas dinâmicas internas próprias a estes espaços, se configura como importante desafio interdisciplinar.

Embora a “Rede” enquanto categoria de análise permeie as principais discussões teóricas atuais, este não é um conceito recente na Geografia. Uma revisão do conceito de rede aponta que esta preocupação se mostra presente mesmo nos trabalhos de pensadores antigos. Ressalta-se que, independente da corrente geográfica dominante e do momento histórico, os conceitos se baseiam na premissa básica: a existência de fluxos entre diferentes porções do espaço. O conceito básico de rede deriva do vocábulo latino “Rete”, sendo utilizado para a definição de uma rede estruturada numa malha de fios e nós. O termo rede se relaciona à existência de conectividade, interações e fluxos entre os elementos que a compõem. Desta forma, o estudo das redes urbanas implica abordar as mesmas a partir das relações dos elementos que as compõem e os diferentes fluxos estabelecidos entre estes, dentre os quais destacamos: pessoas, capital, energia e comunicação.

Castells (2005) aponta que as sociedades contemporâneas vivem em um espaço caracterizado por uma grande quantidade de fluxos de diversas naturezas (informação, capital, produção, pessoas). Esta seria de fato uma “Sociedade em Rede”

O processo de formação de uma rede urbana passa pelo estabelecimento de uma conexão, interligação (ainda que inicialmente pouco intensa) entre dois ou mais centros urbanos fundamentais. Este processo de troca e compartilhamento, por definição, de diferentes naturezas entre os centros urbanos, tomados como nós desta rede em formação, leva ao desenvolvimento de uma rede primária, fazendo com que esta se expanda e englobe novos nós

e conexões. Desta forma, novos elementos, sejam estes novos nós – cidades ou arestas – rotas e fluxos, são incorporados à rede, ampliando a mesma e fortalecendo suas conexões.

As redes urbanas se caracterizam, geralmente, por uma relação direta entre capacidade de comunicação, intensidade de fluxos e um permanente processo de adequação e modificação dos chamados “fatos geográficos fixos” (BRUNHES, 1962). Além desta relação direta entre seus aspectos fixos e os fluxos entre eles, as redes também se caracterizam pelo processo de evolução e modificação de suas relações, sendo estabelecidas novas áreas de influência, novos polos e novos fluxos.

Corrêa, tendo por base os trabalhos de Milton Santos, aponta que a organização espacial se dá a partir de elementos Fixos, socialmente construídos e Fluxos, que garantem a interação entre estes. A Rede Geográfica pode ser abordada, desta forma, como sendo um conjunto de localizações geográficas interconectadas. (CORRÊA, 2001).

Dentre as diversas características de uma rede urbana, destaca-se, dentre outras, a capacidade de estabelecer conexões através do compartilhamento dos elementos que as compõem. O próprio conceito de Rede se liga intimamente aos conceitos de interação, capacidade de conectividade, fluxo, mobilidade, inter-relação, conformando características que tornam esta categoria de análise tão dinâmica.

Raffestin (1993) aponta que a mobilidade é formada a partir da comunicação e da circulação. A partir destas duas variáveis os diversos agentes, organizados em redes territorialmente distribuídas, constituem redes em diferentes escalas.

Segundo os conceitos de Brunhes (1962), as relações entre os fixos e fluxos (nas mais variadas escalas) podem ser entendidas como um sistema, sendo estes sistemas constantemente alterados em função de processos temporais e correlações, conexões e fluxos. Tais processos podem ser observados em diferentes escalas geográficas, partindo-se de sistemas mais simples e extrapolando-se para fenômenos complexos em redes de abrangência regional, nacional e internacional.

A relação direta estabelecida entre os elementos componentes de um sistema urbano ou regional é construída de maneira dinâmica, tanto espacial como temporalmente. Desta forma: dado um sistema urbano qualquer: “por si próprio, um fato geográfico: é fato geográfico pelo que exprime da natureza de uma região; é fato geográfico por suas relações, de aspecto e de posição, com suas circunvizinhanças imediatas”. (BRUNHES, 1962, p. 99).

A interdependência dos fixos e fluxos, assim definidos por Brunhes (1962), se traduz em uma correlação indissociável entre os nós e as arestas de uma determinada rede urbana e

regional. Os nós (cidades e polos) e as arestas (conexões entre estas) articulam as redes em diferentes escalas:

Convém lembrar, também, que não existe cidade ou caminho que, como fato, leve, em si só, as razões totais de seu desenvolvimento; desde que existe, participa de conexões cujo conjunto guarda o segredo de seu futuro; quanto mais cresce o fenômeno, mais depende de seu derredor, e este último, cujo fator principal é a facilidade e a rapidez das comunicações, é sempre mais ou menos moldado ou modificado pela vontade humana. (BRUNHES, 1962, p. 135)

Observa-se, portanto, que diferentes tipos de redes são conformados a partir de fatores preponderantes, dentre os quais apontamos os nós e as arestas de uma malha de conexões (físicas ou não) entre os diversos centros urbanos que configuram espacialmente uma rede urbana.

Diferentes construções teóricas buscaram abordar a configuração dos centros urbanos enquanto redes hierarquizadas e interconexas. Dentre as descrições e análises das redes urbanas podemos destacar na escala regional, a Teoria dos Lugares Centrais (1933) de Walter Christaller; a Teoria das Regiões Econômicas de August Losch (1940) e a Teoria Geral do Desenvolvimento Polarizado (1972), proposta por John Friedman.

Em seu estudo, Christaller desenvolve diferentes princípios segundo os quais as redes urbanas se organizam: O princípio do Comércio, Princípio do Transporte (ou tráfego) e Princípio administrativo.

Seu estudo aborda de maneira central a noção de hierarquia urbana e diferenciação entre diferentes centros urbanos inseridos em um mesmo sistema (rede). Os Lugares Centrais, por sua vez, comandam as redes urbanas nas quais se inserem, ocupando o mais alto grau de hierarquia dentre os centros urbanos nesta rede inseridos. A partir destes são propagados, em maior ou menor intensidade em função dos fluxos e conexões existentes, o desenvolvimento e a estruturação urbana e regional.

De certa forma podemos indicar o processo de aglomeração (de pessoas e capitais) como um dos fatores indutores de urbanização. A busca por minimização das distâncias que separam as pessoas e atividades gera eficiência e economias. Desta forma, as cidades surgiriam como resultados diretos desta busca por minimização de distâncias e aumento da eficiência nas atividades e sociedades. (MORRIL; DORMITZER, 1979, p. 173).

A hipótese das pessoas e atividades econômicas se concentrarem em um único espaço traria grandes benefícios e otimização das mesmas, embora esta realidade não seja possível em função da necessidade de se dedicar porções do território a outras atividades e mesmo às

heterogeneidades das condições de sítio. Diante destas limitações, há a necessidade de que sejam conformadas diferentes centralidades que fornecerão os serviços e bens às áreas de seu entorno. Este fenômeno ocorre em diferentes escalas, interconectando cidades de diferentes tamanhos a redes de diferentes abrangências espaciais.

Enquanto na proposição de Von Thunen um custo padrão de transporte pode ser utilizado para modelar o impacto do transporte no custo dos produtos, na teoria de Christaller as deseconomias geradas no deslocamento de pessoas e bens são fatores preponderantes para a conformação das redes urbanas. Este conceito indica uma área máxima de alcance de um determinado bem ou serviço, que pode ser interpretado como a distância máxima a qual a população está disposta de viajar para acessar tal serviço. Cada lugar central, por sua vez, é cercado por uma esfera de influência, que representa o mercado por ela servido. (FISCHER, K.,2011, p.2011).

A teoria de Christaller propõe que os maiores centros urbanos criam em seu entorno uma área de influência que engloba os menores centros urbanos nele localizados. A área de um determinado centro (X) se estende espacialmente até uma determinada distância, a partir da qual as áreas estarão sob influência de um novo centro (Y).

Tal lógica se aplica a diferentes escalas, podendo um determinado centro (como o centro X, do parágrafo anterior), o qual possui um conjunto de cidades em sua área de influência, se encontrar sob influência de um determinado centro (W), componente de uma rede de escala superior.

Com relação à esfera de influência, Christaller faz distinção entre centros de maior ou menor ordem. Este assume que em um centro de ordem superior (como um local com universidade) todos os bens e serviços típicos de menor ordem (como escolas) também sejam ofertados, embora a lógica contrária não seja verdadeira. Isto leva a uma hierarquia de lugares centrais, na qual a importância de um centro não é igual à população que neste habita, dependendo da intensidade com a qual as funções centrais são cumpridas. (FISHER, 2011, p.479)¹

Segundo Christaller, os Lugares Centrais são os centros urbanos que exercem papel de centralidade na rede em que se inserem. Este conceito de centralidade, por sua vez, se relaciona a sua capacidade de fornecer bens e serviços às demais localidades no alcance de sua área de

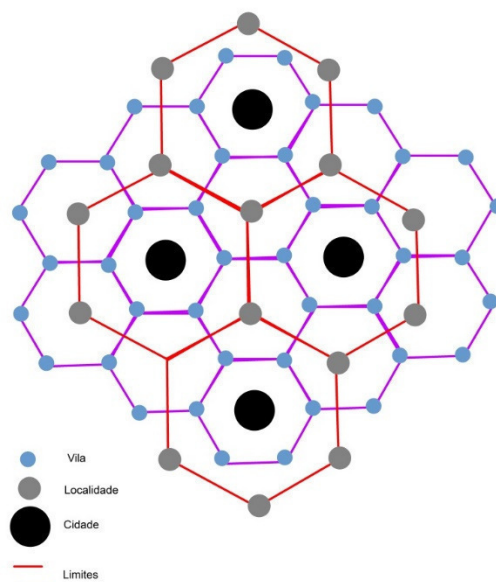
¹ With relation to the sphere of influence, Christaller distinguishes between *centers of high and low order*. He assumes that at a center of higher order (such as a place with a university) all the goods and services of lower order (like a school) are on offer as well, but not the other way around. This leads to a *hierarchy* of central places, where the importance of a center is not equal to the number of people living there, but depends on the intensity with which central functions are executed. (FISHER, 2011, p.479)¹

influência. Esta diferenciação de funções proporciona uma diferenciação entre as funções na rede, a qual possui caráter hierárquico. (CHRISTALLER, 1966).

A análise de uma rede a partir de suas funções permite identificar os Lugares Centrais e as áreas localizadas dentro do alcance espacial de sua área de influência (Hinterland). Estas localizações terão, nesta centralidade, sua referência ao atendimento de diferentes demandas, sejam estas administrativas ou de mercados.

Em sua teoria, Christaller aponta três princípios para a organização espacial dos Lugares Centrais. O princípio do Mercado - K3 indica que o tamanho da área de mercado de um centro de maior ordem é três vezes o tamanho da área de mercado de um centro de ordem inferior. O princípio do Transporte – K4 (ou comunicação) indica que cada centro de maior ordem atende a quatro centros de ordem inferior (metade das cidades localizadas no lado do hexágono que o engloba e ele mesmo). Além destes, o princípio Administrativo – K7 (ou político) indica que todos os centros de menor hierarquia estão agrupados em torno de uma centralidade, com os serviços administrativos se concentrando nas áreas de maior hierarquia. (FISCHER, K., 2011, 480-484).

Figura 1: Modelo dos Lugares Centrais, de Christaller



Fonte: Adaptado de ALBRECHT, 2007, p. 49

O principal resultado desta organização espacial é um padrão regular de localidades, o qual segue determinado padrão: uma importante centralidade (de maior ordem) no Centro,

circundada por seis localidades médias (de menor ordem). A partir deste há um anel de localidades de tamanho médio cercadas por cidades menores.

O trabalho de August Losch de 1940, denominado “As economias da localização, foca na interdependência entre os locais de produção e consumo e na natureza das regiões econômicas. Em sua análise, Losch assume que a localização de matérias-primas não ocorre de maneira uniforme por um espaço homogêneo no qual as fazendas se distribuem de maneira também homogênea. Tomando tal pressuposto de heterogeneidade do espaço, Losch propõe zonas econômicas circulares concêntricas, posteriormente desenvolvendo-as para ajuntamentos ou conjuntos agrupados numa lógica própria.

Estes conjuntos ou setores circulares possuiriam o tamanho mínimo necessário para a manutenção dos moradores e permitiriam um número máximo de empreendimentos. O tamanho destes dependeria de uma relação de custo de produção e demanda de cada produto. (FISCHER, 2011, p.489).

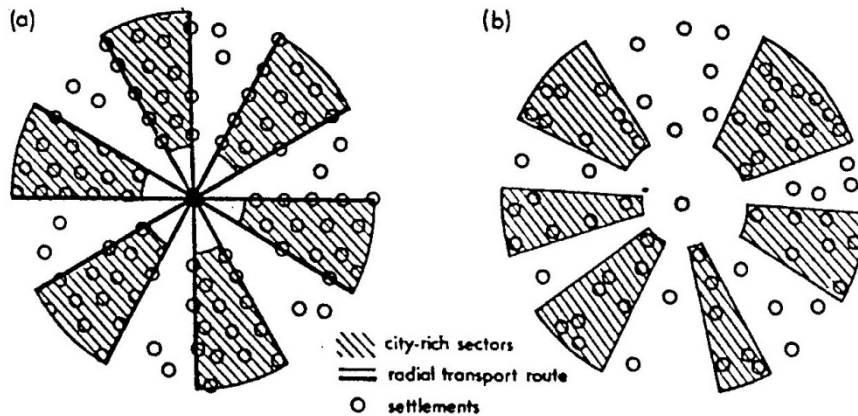
O “desenho geométrico” de Losch se diferencia de maneira importante da geometria de hexágonos proposta por Christaller, criando inclusive regiões não homogeneamente ocupadas e com baixa cobertura de serviços, ou com acessibilidade reduzida.

O modelo de Losch sobre a economia urbana e regional se baseava em três eixos, a saber: as atividades humanas (trabalho, aporte de capital, etc), os processos de produção, e as escolhas de localização destas atividades, tanto humanas quanto de produção. As mudanças ocorridas no sistema de produção, distribuição e aquisição de produtos e serviços geram, por sua vez, modificações nos comportamentos de fornecedores, consumidores, comerciantes e prestadores de serviço. Ainda que parte importante destas relações de produção e consumo assumam, atualmente, caráter virtual, as necessidades básicas de acesso a determinados bens e interações pessoais, fazem com que os modelos de ocupação sejam influenciados diretamente pelos sistemas de produção.

Isso implica num modelo heterogêneo de ocupação física e de estruturação de uma rede urbana que reflete a capacidade de influência de um determinado fixo na intensidade dos fluxos que o conectam a um ou vários nós em uma rede hierarquizada.

Figura 2: Desenho Geométrico, de Losch

Fig. 1.16 (a) *The Lösschian landscape*; (b) *Indianapolis and environs within a radius of 100 km*



Fonte: LOSCH, A., 1954, p. 198.

O processo de configuração das redes urbanas é influenciado/condicionado por diferentes fatores, dentre os quais podemos citar renda, mercado de trabalho, acesso à informação, acessibilidade. Estes elementos, por sua vez, não devem ser tomados de maneira isolados no processo de investigação da configuração das redes. Para além destes fatores e princípios estruturantes das redes urbanas, podemos ressaltar os aspectos naturais como fatores condicionantes da ocupação e da conectividade entre os centros urbanos. Grandes formações geográficas, conformações geológicas e fatores ambientais de forma geral podem se configurar como fatores determinantes na formação e configuração de uma rede urbana.

Segundo Corrêa (1997), podemos classificar as redes urbanas como redes simples ou dendríticas e as complexas. As redes urbanas complexas podem se subdividir em tipos específicos. Dentre estes, o autor destaca a rede dendrítica, configurada pela presença de um centro nodal configurado como cidade primaz; rede solar ou radiocêntrica, que se caracteriza pela presença de um nó central vinculado a nós menores; rede hierarquizada, caracterizada pela presença de um centro nodal de maior nível hierárquico controlando centros de menor hierarquia; rede axial, caracterizada pela disposição dos nós de forma linear ao longo de um único eixo; rede circular, configurada pela associação de todos os nós em um único circuito e; rede múltipla ou de múltiplos circuitos, na qual várias ligações podem ocorrer em diferentes nós.

Todas essas configurações de redes e sistemas urbanos, geralmente se repetem ou se refletem tanto nas configurações regionais como nas paisagens intraurbanas e na organização

interna dos centros urbanos que a compõem. De certa forma, o padrão de organização se repete em diferentes escalas.

Dentre as diferentes tipologias e características das redes urbanas podemos destacar o conceito de Primazia Urbana, apresentado por Mark Jefferson, em seu artigo de 1939 – “The Law of the Primate City”. Em suas considerações, Jefferson (1939) aborda o tema das cidades primazes – principais cidades de um determinado país, caracterizadas por serem desproporcionalmente grandes e de grande expressão no contexto nacional. A abordagem de Jefferson se baseia-se não somente no tamanho e nos aspectos demográficos desta cidade, mas também em seu nível de influência de nível nacional. Ainda segundo o autor, quaisquer vantagens locacionais que fizessem desta cidade a maior em sua rede, também fazia com que estas crescessem mais rapidamente, uma vez que a concentração espacial de caráter político, econômico e cultural se apresenta como fatores propícios ao crescimento. (JEFFERSON, M., 1939)

As cidades primazes, discutidas por Jefferson, muitas vezes se confundem com o termo “Capital”, especialmente quando este é utilizado para significar não somente o local de localização do aparato governamental, mas também um aspecto de cidade dominante de outras esferas da vida urbana. Este conceito de “Capital” é utilizado por Bryce para descrever as cidades que se caracterizam, para além da localização do poder político, por concentração populacional, de riquezas, comércio, indústria e recursos financeiros. Além destas capacidades, Bryce aponta também a presença, nestas cidades, de profissionais de alta qualificação, bem como jornais de grande circulação e capacidade científica. (BRYCE, J., 1888 APUD MEYER, W. 2019)

Sobre este aspecto, Thunen posteriormente, disserta sobre a possibilidade do hipotético “Estado Isolado” possuir um único grande centro urbano, ao invés de vários centros menores. Thunen apresenta uma série de argumentos, positivos e negativos, para o desenvolvimento de um único centro urbano de porte muito superior aos demais. O ganho de escala na produção, bem como a proximidade entre mercados consumidores e a produção, além dos incentivos à inovação representados pela concentração de talentos e habilidades, seriam resultados benéficos desta situação de primazia. (THUNEN, J.H von, 1966, APUD MEYER, W. 2019).

A concentração de bens, pessoas e fluxos em torno das cidades primazes (também chamadas de cidades capitais ou principais) ocorreria de forma natural após a localização das funções político/administrativas nestas. Esta atividade atrairia desproporcionalmente outras atividades e a população ligada a esta

Pode-se apontar a existência de uma correlação relativamente alta entre o desenvolvimento dos centros urbanos estudados e o grau de complexidade de uma rede ou sistema urbano e regional nos quais estes se inserem. Destaca-se que, em geral, núcleos urbanos com maiores índices de desenvolvimento se inserem em redes complexas e bem organizadas.

Por outro lado, geralmente redes simples são caracterizadas por núcleos urbanos em menor estágio de seu desenvolvimento. Tal tipo de rede geralmente é encontrado em áreas também pouco desenvolvidas e relacionadas a elementos característicos de subdesenvolvimento regional.

A rede dendrítica é a forma espacial mais simples da rede urbana, especialmente nos países de passado colonial. Caracteriza-se pela presença de uma cidade primaz localizada excentricamente à hiterlândia, geralmente junto à embocadura de um rio navegável. Esta cidade antecede geneticamente a ocupação da área à retaguarda e a criação de outros centros da rede, tornando-se a porta de entrada e saída de sua hinterlândia. Em sua forma mais simples, a rede dendrítica é orientada pela rede fluvial: os centros urbanos localizam-se junto ao rio principal, preferencialmente junto à foz de seus afluentes mais importantes. (CORRÊA, R.L. 2006. 39).

Sobre o caráter dinâmico e móvel do território configurado a partir da conformação de redes urbanas dinâmicas afirma Rogério Haesbaert:

Numa concepção reticular de território ou, de maneira mais estrita, de um território-rede, estamos pensando a rede não apenas enquanto mais uma forma (abstrata) de composição do espaço, no sentido de um ‘conjunto de pontos e linhas’, numa perspectiva euclidiana, mas como o componente territorial indispensável que enfatiza a dimensão temporal-móvel do território e que, conjugada com a ‘superfície’ territorial, ressalta seu dinamismo, seu movimento, suas perspectivas de conexão (‘ação à distância’, como destaca Machado, 1998) e ‘profundidade’, relativizando a condição estática e dicotômica (em relação ao tempo) que muitos concedem ao território enquanto território-zona num sentido mais tradicional. (HAESBAERT, 2004, p. 286-87).

As relações de hierarquia e diferenciação entre polos urbanos constituintes de uma rede são recorrentes em quase todos os tipos de redes urbanas. Estes conceitos adquirem caráter relacional, ligado ao movimento, aos fluxos e às conexões, englobando diversos aspectos, que abrangem desde o quadro natural e suas condicionantes até os sistemas econômico-produtivos e aspectos culturais, conforme apresentado por Claval (2007).

Um fundamental das redes urbanas é a contínua mudança não só de sua forma, mas também das relações por estas estabelecidas, tanto sobre o ambiente natural como nas relações humanas através dos processos produtivos. Essas contínuas mudanças e reajustes dos sistemas em rede é típica dos sistemas complexos (como o sistema de redes urbanas). Duas grandes referências, a Teoria Geral dos Sistemas, de Ludwig Von Bertalanfy, (1968) e Uma Cidade não

é uma árvore, de Christopher Alexander (1968) se destacam como marcos para essa consideração. Tais conceitos são posteriormente incorporados por Roger Brunet 1970 e Jacqueline Beaujeu-Garnier 1997, que partem do princípio da complexidade para desenvolver seus estudos urbanos e regionais.

Para Beaujeu-Garnier, as funções urbanas são derivadas das ações humanas e por isso mesmo difíceis de serem mensuradas objetivamente. A autora destaca três níveis a serem considerados na análise urbana, de maneira análoga à proposta de Bhrunhes: as estruturas estáticas (fixos), as relações funcionais (fluxos) e os processos dinâmicos (tempo). Além de definir a cidade como um nó da rede urbana, que se forma como uma entidade em si e que forma uma sociedade a partir das relações humanas e suas ações sobre o meio, Beaujeu-garnier também ressalta o papel da cidade como a mediadora das relações sistêmicas de uma rede urbana.

Os limiares de alcance desta função se estendem pela área chamada de Hinterlândia. O poder de difusão dos avanços e das riquezas, como proposto por John Friedman na sua Teoria Geral do Desenvolvimento Polarizado (1972), passa a ser uma característica indicativa do poder de um determinado centro urbano, como um nó numa rede, controlar um sistema configurado em rede.

Corrêa (2006) adiciona que as redes urbanas são simultaneamente reflexos da e condição para a divisão territorial do trabalho. Deve ser tratada como reflexo, na medida em que as vantagens locacionais trazem como resultados uma hierarquia urbana e uma especialização funcional (configurando cidades industriais, administrativas, portuárias, etc). Por outro lado, é condição para esta divisão territorial do trabalho na medida em que as cidades se constituem na localização onde se concentra o excedente da produção.

É à primeira vista através das funções articuladas de suas cidades – bancos, comércio atacadista e varejista, indústria e serviços de transporte, armazenagem, contabilidade, educação, saúde que a rede urbana é uma condição para a divisão territorial do trabalho. Através dela se tornam possíveis: a) a produção das diversas áreas agropastoris e de mineração, b) a circulação entre elas e c) o consumo nelas. É via rede urbana que o mundo pode tornar-se, simultaneamente, desigual e integrado. (CORRÊA, R.L. 2006. P26)

Este trabalho excedente é condição para a formação do valor excedente, o qual, uma vez acumulado, será reinvestido em novas atividades. Esta etapa implica, necessariamente, na circulação de bens, pessoas e capitais de diferentes naturezas. Ainda segundo esta necessidade de circulação do excedente, Corrêa (2006), “(...) torna-se necessária a existência de vários pontos interferindo no processo de produção. Estes pontos são os centros urbanos. O conjunto

de centros urbanos que participam da criação, apropriação e circulação do valor excedente é a rede urbana”. (CORRÊA, R.L. 2006 p.27).

Além destas características, a rede urbana como forma espacial é a expressão destes processos sociais que se desenvolvem no território. É através desta forma espacial que as funções urbanas se realizam.

Segundo Corrêa (2006), os padrões espaciais são, então, resultado dos processos de atividades produtivas que levam ao surgimento de diferentes centros urbanos com os mais variados papéis na divisão territorial do trabalho. Desta forma, podemos correlacionar a complexidade da forma espacial das redes urbanas a suas complexidades funcionais.

2.2 Considerações sobre a Análise Espacial na Geografia

Durante o processo de consolidação da Geografia enquanto ciência os diferentes temas e conceitos desenvolvidos foram tratados sob abordagens distintas. A evolução da ciência e as modificações ocorridas na própria sociedade implicou em novas categorias de análise, métodos e abordagens.

Os métodos, tecnologias e conhecimentos típicos de cada momento destas sociedades influenciaram de maneira direta no conhecimento geográfico produzidos por estas. Desta forma, os conhecimentos produzidos no âmbito da chamada Revolução Teorético-Quantitativa foram fortemente marcados pelo uso da quantificação e uso intensivo de apoio de tecnologias.

A base da Geografia Quantitativa (também chamada nos países de língua inglesa de New Geography) é a busca da aplicação do método hipotético-dedutivo que caracteriza as ciências naturais nos estudos geográficos. Típico desta perspectiva é o livro *Explanation in Geography* (Harvey, 1969), que propunha uma aplicação dos paradigmas de generalização e refutação, amplamente utilizados por disciplinas como Física, Química e Biologia, para os estudos geográficos. (CÂMARA et al,1999,p.3)

Do ponto de vista das escolas do pensamento geográfico, a Análise Espacial (também conhecida como análise geoespacial) se desenvolve sob a égide da chamada “Escola Locacional” ou “Escola Espacial”. Segundo Hagget (1969), a Geografia seria então a ciência da localização e da distribuição espacial, estando fortemente influenciada pelos conceitos da geometria e da topologia.

A geometria seria uma das bases desta escola locacional, sendo que o espaço não deveria ser considerado por si só, mas segundo a distribuição relativa dos objetos e padrões e arranjos espaciais. (FERREIRA, 2006).

Os trabalhos produzidos neste contexto tinham como objetivos a aplicação de método científico de influência positivista (comuns às demais ciências da época) na pesquisa e sistematização do conhecimento. Buscava-se, dentre outras características, um maior grau de comprovação das hipóteses e rigor científico (metodológico). Além disso, esta abordagem se caracterizava por uma maior preocupação dos geógrafos com a proposição de Teorias e Leis que focassem os conceitos de estrutura e comportamento espacial. A busca pela generalização (em contraposição ao caráter excepcionalista vigente até então na Geografia) trouxe consigo a necessidade de novos instrumentos e metodologias. Se a geografia baseada na diferenciação espacial era ideográfica, a escola especialista era nomotética, salientando a generalização e procurando oferecer explicações para fenômenos que pudessem ser independentes do tempo e do espaço, o que favoreceria a aplicação de leis e modelos. (CHRISTOFOLETTI, 1976, p.15).

Uma das primeiras definições de Análise geoespacial foi estruturada por Hagerstrand em 1968, segundo o qual esta seria “um tipo de análise quantitativa recentemente incorporada à geografia baseada em um estudo aprofundado dos padrões de pontos, linhas, áreas e superfícies dispostos em mapas e definidos por coordenadas espaciais”. (HAGERSTRAND, 1968, p.69, apud FERREIRA, 2014, p.48).

A Análise Espacial tem permite “mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita. Ou seja, a ideia central é incorporar o espaço à análise que se deseja fazer”. (DRUCK et al, 2004). Diferentes áreas do conhecimento utilizam técnicas de análise espacial em seus estudos: distribuição espacial de casos de doenças, concentração espacial de eventos criminais e estimativas do teor de matéria orgânica no solo através de amostragens são exemplos de aplicações de Análise Espacial.

Longley et al acrescentam que a Análise Espacial é “o conjunto de métodos cujos resultados mudam quando muda a localização dos objetos e análise”. (LONGLEY et al, 2013, p.353). Diante desta definição, podemos afirmar que a Análise Espacial busca trazer significado aos dados a partir de sua localização, sendo esta essencial para a explicação dos fenômenos estudados. Se a dimensão espacial é importante para a compreensão do fenômeno, trata-se de um caso de Análise Espacial.

Um dos exemplos pioneiros de utilização de Análise Espacial foi o estudo realizado por John Snow sobre a epidemia de cólera ocorrida no século XIX em Londres. À época as causas da doença e a maneira como esta havia se espalhado não eram conhecidas, o que tornava ineficazes quaisquer tentativas de minimização dos impactos da mesma. Duas vertentes científicas buscavam explicar a doença: sendo uma ligada aos miasmas localizados nas porções

pantanosas da cidade e outra à ingestão de água insalubre. De posse de um mapa com o sistema viário da cidade, John Snow plotou os pontos das residências dos pacientes que vieram à óbito pela doença das bombas d'água que faziam o abastecimento da cidade. Esta iniciativa permitiu a identificação de uma forte concentração dos focos da doença no entorno de uma das bombas, indicando uma relação entre os contaminados e a fonte de água que os abastecia. (DRUCK et al; 2004, p.2). Apesar de a doença só poder ser inteiramente compreendida em momento posterior, a técnica proposta mostrou-se eficiente na medida em que permitiu a identificação da área na qual os moradores se infectavam.

Figura 3: Reprodução do Mapa de Londres contendo óbitos por cólera utilizado por John Snow



Fonte: DRUCK et al, 2004, p.3

O estudo de John Snow, ainda que represente uma primeira abordagem em Análise Espacial, se assemelha a muitas das técnicas modernas de epidemiologia. A partir desta iniciativa, os conceitos, métodos e técnicas envolvidos nas análises desta natureza evoluiu de forma considerável, com destaque para a utilização das rotinas implementadas nos modernos SIG.

Conceituando a Análise Espacial, Abreu e Barroso (2003) acrescentam que esta envolve, com frequência, a transposição de um problema de cunho geográfico para um problema de natureza matemática a partir da atividade de abstração. Desta forma, técnicas estatísticas e matemáticas podem ser aplicadas.

Tais abstrações transformam os diferentes objetos geográficos em diferentes entidades espaciais passíveis de tratamento via computador. Druck et al (2004) apontam três tipos básicos de dados utilizados para análise espacial: eventos e padrões espaciais (fenômenos espaciais tratados como pontos no espaço, tais como localizações, ocorrências); superfícies contínuas (superfícies estimadas estatisticamente a partir de amostras distribuídas de forma regular ou irregular pela área em estudo); e áreas com contagens e taxas agregadas (áreas delimitadas com dados associados, tais como censos e estatísticas espacialmente agregados).

Quadro 01: Tipos de Dados e Problemas em Análise Espacial

	Tipos de Dados	Exemplo	Problemas Típicos
Análise de Padrões Pontuais	Eventos localizados	Ocorrência de Doenças	Determinação de Padrões e Agregamentos
Análise de Superfícies	Amostras de campos e matrizes	Depósitos Minerais	Interpolações e Medidas de Incerteza
Análise de Áreas	Polígonos e atributos	Dados Censitários	Regressão e Distribuições conjuntas

Fonte: DRUCK et al, 2004, p.3

O processo da Análise Espacial, segundo Druck et al (2004) é composto por um conjunto de “procedimentos encadeados cuja finalidade é a escolha de um modelo inferencial que considere explicitamente o relacionamento espacial presente no fenômeno” (DRUCK et al, 2004, p.14). Estes processos se iniciam, geralmente, através da visualização e análise exploratória de dados. Estes métodos podem ser muito simples ou muito sofisticados, abrangendo uma ampla gama de metodologias baseadas em observação e matemática, os quais podem ser processados a partir do olho humano e de computadores. (LONGLEY et al, 2013, p.352).

Nas abordagens espacialistas a variável locacional dos fenômenos estudados passa a possuir grande importância para a análise dos mesmos. A localização deixa de ser um mero atributo do objeto em análise, passando a ser o foco da sua análise, bem como fator primordial na compreensão de arranjos e distribuições. Desta forma, diferentes fenômenos que compartilhem unicamente a localização espacial passam a ser considerados relacionados e são analisados de forma associada. Sobre este aspecto, Bailey e Gatrell (1995) afirmam que a estatística espacial tem como base dados espacialmente codificados e cuja localização e distribuição espacial são fundamentais à análise.

Para Goodchild (2008) a Análise Espacial possui como características importantes o uso de diferentes tipos de dados com o intuito de revelar os padrões de distribuição espacial dos fenômenos. Longley et al (2013) acrescentam que através da Análise Espacial podem-se revelar coisas que, de outra maneira, estariam invisíveis, tornando explícito o que antes era implícito.

Estas características da Análise Espacial, combinadas às novas tecnologias disponíveis em meados do século XX, fizeram com que a Cartografia (posteriormente Cartografia Digital) se tornasse uma importante ferramenta de análise, ultrapassando a finalidade até então exclusiva de representação de porções do território e fenômenos. Os mapas, usualmente objetivos finais dos extensos estudos de descrição regional, passam a ocupar papel intermediário na Análise Espacial, servindo tanto de fontes de dados como de insumos às análises. Diferentes métodos de Análise Espacial se baseavam na sobreposição de mapas (álgebras de mapas), na identificação de padrões (contagem de pontos por áreas) e estimativas (amostragem espacial). Os mapas adquirem neste momento o *status* de “Dados Espaciais”.

Uma maior disponibilidade em dados aliada aos novos instrumentos de análise (com ênfase para o computador) permitiram aos geógrafos novas perspectivas em seus estudos, que não mais precisariam se limitar a uma menor quantidade de dados e informações. O uso dos pioneiros softwares de mapeamento, em especial os sistemas CAD – *Computer Aided Design* (do inglês – Desenho assistido por computador) e os Desktop Mapping (softwares de Cartografia Digital) permitiram aos pesquisadores armazenar, recuperar e analisar um grande volume de dados e informações.

Tais tecnologias fundamentaram os primeiros SIG – Sistemas de Informações Geográficas, que aliaram as funções de armazenamento de informações típicas dos sistemas de gerenciamento de bancos de dados a ferramentas de mapeamento digital recentemente desenvolvidas. Sobre os Sistemas de Informações Geográficas, Abreu e Barroso (2003) afirmam, que na base destes há a combinação de duas tecnologias – de um lado a cartografia digital (criando e manipulando feições gráficas) e os sistemas gerenciadores de banco de dados

– SGBD, permitindo o relacionamento entre os atributos destes elementos gráficos. (ABREU; BARROSO, 2003, p.118-119).

Quanto ao surgimento dos SIG Maguire et al. (1991) afirmam que este processo não ocorreu de forma centralizada. Diferentes pesquisadores e instituições, em diferentes iniciativas, deram sua contribuição no processo de sistematização, aprimoramento e consolidação das tecnologias. Podemos apontar os trabalhos de Roger Tomlinson no Sistema de Informações Geográficas do Canadá, David Bickmore na Unidade de Cartografia Experimental do Reino Unido, Howard Fischer no Laboratório de Computação Gráfica da Universidade de Harvard e Jack Dangermond na ESRI (Environmental Systems Research Institute). Contribuíram também para este processo as iniciativas de Waldo Tobler (1959), Nordbeck (1962), Cook (1966), Hagerstrand (1967), dentre outros. (MAGUIRE et al., 1991, p.23).

Estes primeiros *softwares* tinham, em geral, o objetivo de permitir o armazenamento mais eficiente da informação espacial. Entretanto, a partir de sua utilização novas potencialidades foram verificadas, dentre as quais podemos apontar a representação visual dos dados e a realização de diferentes análises espaciais. Dado seu poder de armazenamento e análise os SIG se tornaram muito populares, sendo novas funcionalidades incorporadas em suas arquiteturas. Os atuais sistemas possuem complexas ferramentas de Análise Espacial implementadas em suas funcionalidades, tais como análises de proximidade, traçado de rotas otimizadas e estatística espacial, dentre outras.

A análise espacial é, em muitos sentidos, o ponto crucial dos SIG, pois ela inclui todas as transformações, manipulações e métodos que podem ser aplicados aos dados geográficos para adicionar valor a eles, para apoiar decisões e para revelar padrões e anomalias que não são óbvios a primeira vista. Em outras palavras, análise espacial é o processo pelo qual transformamos dados brutos em informação útil na busca pela descoberta científica ou por uma tomada de decisão mais eficiente. Se os SIG são um método de comunicação da informação sobre a superfície da Terra de uma pessoa para outra, então as transformações da análise espacial são caminhos nos quais o remetente tenta informar o receptor, adicionando maior conteúdo informativo e valor e revelando aspectos que, de outro modo, o receptor poderia não ver. (LONGLEY et al, 2013, p.352)

O desenvolvimento destes sistemas se deu em três estágios: um primeiro momento marcado pela coleta e sistematização de dados espaciais; um segundo momento durante o qual o foco foi dado às ferramentas de Análise Espacial; e um terceiro momento no qual o foco é dado à tomada de decisão baseada em SIG. (MAGUIRE et al., 1991, p.17-18).

O contexto atual é marcado por dois grandes desafios: manipular dados em nível global e buscar significado aos mesmos a partir da agregação de informações de relevância aos estudos. (BIZER et al. 2011, p.56).

As aplicações a partir de modelos para a abordagem de problemas tipicamente geográficos permitiu que se formulassem metodologias cada vez mais consistentes, passíveis de verificação e replicação de resultados. Estes modelos permitiram também que sistemas e fenômenos complexos pudessem ser abstraídos em unidades mais simples e organizadas, facilitando o processo de abordagem de questões espaciais variadas.

Os modelos podem também ser definidos como representações formais de uma teoria a partir do uso de argumentos lógicos, os quais podem estar expressos como leis, funções, equações e hipóteses. (CHORLEY e HAGGET, 1967).

A modelagem espacial (também chamada de predição) é considerada por Gatrell (1983) um dos pilares da Análise Espacial:

Gatrell (1983) contextualizou a análise geoespacial em relação a três temas fundamentais: arranjo espacial, processos espaço-tempo e predição ou modelagem espacial. Por arranjo espacial, o autor entende o padrão locacional dos objetos (pontos, linhas e áreas), ou seja, a configuração espacial de cidades, estradas, indústrias, e assim por diante. Os processos espaço-tempo se constituem na modelagem das modificações sofridas pelos arranjos espaciais em razão do movimento e da interação espacial. (...) Já como predição espacial, a análise geoespacial buscaria identificar e modelar arranjos espaciais futuros com base em mecanismos desencadeadores de processos e na construção de cenários baseados em evoluções observadas no passado. (GATRELL, 1983, apud FERREIRA, 2014, p.49).

Em seus estudos Waldo Tobler (1970) elabora o que veio a ser chamada de “Primeira Lei da Geografia”, segundo a qual “Todas as coisas são relacionadas entre si, mas as coisas mais próximas são mais relacionadas”. Seus trabalhos foram fundamentais ao desenvolvimento de técnicas e metodologias de Análise Espacial, impulsionando também o desenvolvimento dos SIG. Embora nem todos os fenômenos possam ser explicados unicamente a partir deste pressuposto, a ideia de Tobler acrescenta o conceito fundamental de “Distância” como uma importante categoria de análise à Geografia. Posteriormente este conceito viria a embasar diferentes análises de fenômenos locais.

A partir destas construções a “distância” assume papel central na caracterização e análise de fenômenos espaciais, recebendo atenção especial em diversos modelos de análise e representação da realidade. A localização, agora como fator de análise, avança em relação aos conceitos de localização como um simples atributo geográfico. Estar mais perto ou mais longe de uma determinada localização pode implicar em maiores ou menores intensidades de relacionamentos e influência.

Diferentes modelos de Análise Espacial possuem, de alguma forma, o conceito de distância implementados em sua construção, seja este como um fator de intensidade de fenômenos, limiar de alcance de determinada influência ou fator de ponderação.

Os modelos de Análise Espacial, dentro de suas limitações, se tornaram de grande valia aos estudos geográficos. Problemas complexos que relacionavam um grande volume de informações puderam ser abordados. O espaço geográfico, complexa em sua natureza, pôde ser analisada sob perspectivas até então não imaginadas. A busca pela produção de leis, princípios e teorias que pudessem embasar novos estudos geográficos fez com que este fosse um período de grande produção científica.

Sobre as potencialidades de utilização da análise (geo)espacial, Ferreira (2014) acrescenta:

Apesar do potencial metodológico da análise geoespacial, capaz de instrumentalizar o geógrafo no estudo de formas espaciais complexas, produzidas pela sociedade atual, e de suas consequências ambientais, alguns acadêmicos da geografia brasileira entendem equivocadamente que a análise geoespacial é apenas um conjunto de técnicas estatísticas de análise de dados espaciais. Infelizmente, este desprezo dado à análise geoespacial teve como consequência principal a evasão parcial do uso do SIG na pesquisa geográfica brasileira. (FERREIRA,2014, p.49).

A abordagem do espaço, desta vez abstraído a partir de dados espaciais simples, propiciou o estabelecimento de relacionamentos espaciais e análises complexas de dependência espacial, autocorrelação espacial, difusão e interações espaciais. Representar e modelar o espaço a partir de unidades e primitivas gráficas simples como pontos, linhas e polígonos (estes sujeitos a aplicação de diversos princípios matemáticos) trouxe ganhos não apenas de velocidade e capacidade de análise, mas também de ferramentas para coleta, análise e validação de dados. O espaço (mundo real), desta vez concebido como universo matemático (conceitual), passa a incluir definições matemáticas formais das entidades nele representadas.

2.3 Modelos Quantitativos em Estudos Geográficos

Os modelos quantitativos em Geografia se tornaram recorrentes a partir da segunda metade do século XX. Este momento se caracterizou, dentre outros fatores, pela busca por leis e teorias gerais que pudessem explicar os fenômenos de caráter locacional.

Este processo exigiu um nível considerável de simplificação e abstração, o que tornou a utilização de modelos um recurso de análise comum. Primeiramente oriundos de outras áreas do conhecimento nas quais este tipo de recurso é mais comumente utilizado, o uso dos modelos representou um ganho de análise aos estudos Geográficos, permitindo um maior nível de

generalização, contrariando o aspecto excepcionalista de parte dos estudos anteriores. Posteriormente, os modelos desenvolvidos especificamente para estudos geográficos tornaram sua utilização ainda mais recorrente e efetiva.

Os modelos apresentam diferentes funções, o que faz com a que própria definição de “Modelo” seja ampla. Harvey (2011) aponta que os modelos possuem como uma de suas principais funções o de permitir a representação e interpretação de uma dada teoria. Além desta, os mesmos permitem a compreensão de relações complexas e para realização de comparações. (HARVEY, 2011, p.144)

Podemos conceituar os modelos como uma espécie de representação estruturada e simplificada da realidade, porção desta, ou de um fenômeno. Chorley e Hagget (1975) apontam que os modelos, conceitualmente, podem ser relacionados a uma lei, ideia estruturada, a qual pode se desenvolver sob a forma de uma equação, função. Os autores acrescentam que o uso dos modelos exige uma simplificação e abstração não só do espaço geográfico analisado, como também do próprio tempo. (CHORLEY e HAGGET, 1975, p.3).

Busca-se, portanto, representar e explorar os padrões e conexões da realidade a partir da utilização funções e processos específicos e fazendo o uso de objetividade e generalização.

A construção dos modelos exige, essencialmente, o foco nos aspectos específicos do fenômeno que se deseja analisar, ocultando detalhes da realidade e focando nos aspectos fundamentais à compreensão de tais processos.

Desta forma, embora sua utilização não permita uma compreensão da realidade em sua totalidade, a mesma propicia um maior aprofundamento com relação aos processos e padrões espaciais que guardam uma maior relação com a parcela da mesma estudada. Seu caráter de simplificação faz com que os modelos sempre possuam um alcance limitado. Portanto, sua construção deve ser feita observando todas as variáveis de maior relação aos fenômenos. Embora seletivos, sua utilização se mostra uma alternativa interessante no estudo de temas complexos que relacionem diferentes variáveis/temáticas.

Cabe ressaltar que esta seletividade, típica de uma abordagem a partir de modelos, permite que os aspectos de maior importância para os temas em investigação sejam analisados. (CHORLEY e HAGGET, 1975, p.4-5).

Diante das características apresentadas verifica-se a importância destas abordagens na abordagem de problemas geográficos, especialmente aqueles que se desdobram em realidades de grande complexidade.

2.3.1 Modelos de Interação Espacial

O conceito de interação espacial é bastante amplo na Geografia e nas ciências correlatas, compreendendo qualquer tipo de movimento pelo espaço resultante de um processo humano. (FOTHERINGHAM E HAYNES, 1984). Em termos amplos, interação espacial pode ser entendido como o processo no qual entidades em diferentes pontos no espaço fazem contato, questões relativas a oferta/demanda e opções locacionais. Tais entidades podem ser indivíduos, empresas, centros comerciais, entre outros. (ROY; THILL, 2004, p.339).

Este conceito se relaciona aos movimentos de migração pendular, fluxos de produtos e informação, utilização de infraestrutura, entre outros. Comprar, migrar, distribuir, coletar e se comunicar ocorrem em alguma distância, sendo a mobilidade pelo espaço um importante aspecto do comportamento humano. Desta forma, o termo “Interação Espacial” foi desenvolvido para caracterizar esta faceta do comportamento humano. (FOTHERINGHAM E HAYNES, 1984).

A interação espacial se relaciona a três importantes fatores: Complementaridade, transferibilidade e oportunidade interveniente. A primeira se refere à existência de uma demanda específica, uma sinergia entre ofertas e demandas entre as áreas analisadas, sem a qual não há a necessidade de que as pessoas ou bens se movimentem pelo espaço. O termo transferibilidade pode ser explicado como sendo a capacidade do fluxo analisado ocorrer em função do custo de se percorrer as distâncias entre as áreas (podendo este ser entendido como tempo, custo financeiro, acessibilidade). Já o terceiro termo se refere à existência de oportunidades localizadas mais próximas, as quais inibiriam o fluxo entre as unidades analisadas. Tomando-se por base as regiões A e B, o potencial de um consumidor percorrer a distância entre as mesmas para suprir uma de suas demandas é influenciado pela existência ou não da oferta destas em uma terceira área, C, localizada mais próxima. (ULLMAN, 1956)

Os modelos quantitativos utilizados na Geografia e, em especial, no estudo da interação espacial, surgem no âmbito da chamada “Física Social” – sendo esta entendida como a utilização de preceitos da Física na compreensão de fenômenos sociais. Tais abordagens passam, necessariamente, por uma visão macro de comportamentos espaciais e humanos.

Segundo Rich, (1975) a primeira tentativa de se abordar a interação humana em termos gravitacionais foi feita por Carey, em 1858:

Homem, a molécula da sociedade, é o objeto da Ciência Social. (...) A grande lei da gravitação molecular é condição indispensável para a existência do ser conhecido

como homem (...) Quão maior o número agrupado em um dado espaço, maior é a força gravitacional exercida. Gravitação é aqui, assim como em qualquer lugar, uma razão direta da massa e inversa da distância. (CAREY, 1858, APUD RICH, 1975, p.6, tradução nossa).²

Durante a década de 1940, vários trabalhos voltados ao tema foram realizados. O interesse moderno nos modelos de interação espacial cresce consideravelmente neste período em função dos trabalhos de Stewart, astrônomo da universidade de Princeton, que reuniu trabalhos anteriores e formalizou os conhecimentos em termos da teoria da gravitação planetária de Newton. (RICH, 1975). Seus trabalhos indicavam que relacionamentos similares poderiam fundamentar a interação de unidades sociais (entre as quais pessoas). Estas relações só poderiam ser descobertas a partir da investigação de grandes agregados destas unidades. (ISARD, 1960).

A justificativa teórica para tais modelos de interação espacial era a de que simplesmente, mantidas inalteradas as demais condições, espera-se que a interação entre duas populações se relacione diretamente ao seu tamanho, uma vez que maiores populações trazem a maior probabilidade de diferentes movimentos e trocas e inversa à distância entre as localidades, uma vez que esta apresenta atrito, fricção e inconveniência. (ISARD, 1960).

A operacionalização do conceito de Interação Espacial foi feita a partir da utilização de modelos, com destaque especial às abordagens de modelos Gravitacionais e Potenciais. Estes modelos se basearam nas primeiras formulações e conceitos propostos por Stewart. A partir da população e das distâncias entre as regiões analisadas, há a proposta da Força Gravitacional (ISARD, 1960):

Equação 01: Força Gravitacional

$$F = G \cdot \frac{P_i \cdot P_j}{d_{i,j}^2}$$

Fonte: ISARD, 1960.

A formulação básica da Força Gravitacional (F) relaciona este conceito diretamente às populações analisadas e o inverso da distância entre as mesmas elevado à segunda potência.

² Man, the molecule of society, is the subject of Social Science The great law of Molecular Gravitation is the indispensable condition of the existence of the being known as man the greater the number collected in a given space, the greater is the attractive force that is there exerted... Gravitation is here, as everywhere, in the direct ratio of the mass and the inverse one of distance.

Posteriormente, este fator de distância oriundo da física newtoniana é substituído na formulação básica do Modelo Gravitacional.

Deste conceito deriva diretamente o conceito de potencial demográfico, identificado como o potencial de interação produzido pela massa de cada uma das áreas analisadas.

Equação 02: Potencial Demográfico

$$iV_j = G \frac{P_j}{d_{ij}}$$

Fonte: ISARD, 1960.

Este conceito e formulação indicam que, para cada ponto que compõe a área de estudo, seja possível se calcular o potencial gerado pela população deste. Em linhas gerais, pode-se afirmar que este conceito indica o quanto uma sub-área J produz atração nas demais sub-áreas que a cercam e com ela interagem.

Stewart compreendia este potencial demográfico de um ponto como sendo a medida de proximidade das pessoas até tal ponto, uma medida de acessibilidade agregada, ou a simples medida da influência das pessoas a uma certa distância. (ISARD, 1960).

Posteriormente este conceito de potencial é complementado pelos estudos de Lagrange, o qual adiciona a noção de potencial gravitacional aos conceitos de força e energia propostos por Newton. Enquanto o conceito de força gravitacional representa a energia mútua criada entre as massas I e J, o potencial gravitacional representa a energia criada por uma massa em outra. (RICH, 1975). Stewart (1942) sugere que este conceito de potencial seja análogo ao próprio conceito de potencial eletrostático, uma vez que este é obtido pela divisão da carga pela distância.

Os Modelos de Interação Espacial, com ênfase para os modelos potenciais frequentemente são tratados na literatura como um índice de intensidade de possíveis interações entre grupos econômicos e sociais. (RICH, 1975). Inclui-se dentre estes fluxos potenciais diferentes formas de contato, inclusive social.

Embora haja diferentes definições do termo Potencial de Interação, sua construção a partir de uma relação entre população e distância é de grande valia, uma vez que pode ser interpretada como sendo a medida da influência de uma determinada população a certa distância.

Fischer e Reggiani (2004) acrescentam que os Modelos de Interação Espacial são uma classe de métodos apropriados para modelar dados associados a uma ligação ou par de localizações (pontos e áreas) no espaço geográfico, sendo utilizados para descrever e também

ajudar a prever fluxos espaciais de pessoas, produtos, capital ou informação no espaço. (FISCHER; REGGIANI, 2004, p.320).

Tais concepções foram marcantes e características de um período no qual buscava-se a aplicação e criação de Leis e Teorias Gerais na Geografia, durante o qual diferentes conceitos e metodologias foram buscadas em outros ramos das ciências (especialmente nas ciências exatas, nas quais estes já estavam estabelecidos) e aplicados às discussões de caráter geográfico.

Os Modelos de Interação Espacial buscam prever ou indicar a quantidade ou a probabilidade de pessoas ou bens (ou serviços e informação) de se mover entre duas localizações distintas no espaço. Em geral, tais modelos predizem trocas de diferentes naturezas entre membros de um conjunto de áreas, podendo ser tratados sob a forma de matrizes de fluxos. Embora haja questionamentos quanto as aplicações e desenvolvimentos da chamada “Física Social” em razão de proporem uma analogia entre fenômenos complexos fenômenos humanos e fenômenos físicos, ressalta-se que os mesmos são utilizados para avaliação do comportamento humano agregado, buscando-se padrões gerais.

Estes podem ser interpretados como sendo uma forma de fornecer uma medida de “influência” de um determinado grupo ou espaço sobre outro, como uma medida de concentração de determinado fenômeno ou mesmo um índice de proximidade ou acessibilidade de uma diferente porção do espaço. Suas aplicações são diversas quanto aos fenômenos sociais abordados, sendo os mesmos utilizados para a identificação de áreas de influência, cálculo de demandas por transporte, identificação de áreas polarizadas e hierarquização de redes urbanas a partir de fluxos diversos. Desta forma, tais modelos se relacionam a diferentes termos como polarização, aglomeração, demanda, dentre outros. As funções destes modelos também são variadas, podendo estes serem utilizados como descrições ou ilustrações da distribuição dos fenômenos ou mesmo como etapas na estimativa de variáveis explicativas de fluxos. (RICH, 1975).

Durante os anos de 1940 a 1970 estes modelos foram amplamente utilizados na Geografia, sendo produzidas diferentes análises de interação espacial, nas mais diferentes escalas e objetivos. Dentre estes, destacam-se os trabalhos de

Stewart (1940) – Mapa de Potencial Demográfico dos Estados Unidos;

Harris (1954) – Modelo Potencial de Mercado;

Hansen (1959) – Modelo Potencial para crescimento Residencial;

Lowry (1964) – Modelo Potencial do Comércio;

Reilly (1929), posteriormente modificado por Converse (1930) – Modelo para centros de consumo;

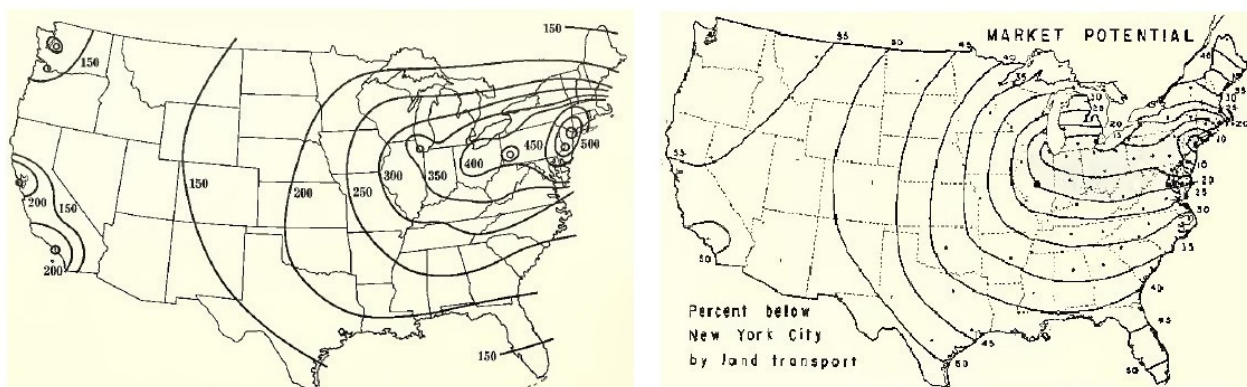
Stouffer (1940) – Modelo de Oportunidades Intervenientes;

Huff (1964) – Modelo de Demanda para estabelecimentos;

Wilson (1967) – Modelo de Máxima Entropia, focado em viagens individuais e otimização

Nos trabalhos de Stewart (1942) e Harris (1954) os potenciais calculados para cada localidade foram interpolados, criando isolinhas de potencial (isopotenciais) para os Estados Unidos, levando em consideração, respectivamente, o potencial da população e o potencial de mercado do país. Os mapas da figura 4 mostram os potenciais da população (à esquerda) e os potencial de mercado (à direita).

Figura 4: Mapas de Potencial Demográfico dos Estados Unidos da América



Fonte: ISARD (1960).

O trabalho de Harris (1954) avançou nos conceitos propostos por Stewart (1940) na medida em que propôs a aplicação de dos mesmos para a avaliação da localização industrial e o desenvolvimento regional. Seu trabalho parte do pressuposto que grande parte do mercado consumidor dos produtos manufaturados norte-americanos era composto pelo mercado interno. Desta forma, busca-se a melhor localização a partir da acessibilidade ao mercado. Em seu trabalho o conceito de potencial pode ser interpretado como um índice de acesso ao mercado, representando a facilidade de interação entre as manufaturas, as atividades que participam de sua cadeia produtiva e o mercado que consome seus produtos. (RICH, 1975).

Hansen (1959) desenvolveu um modelo potencial para avaliar as possibilidades de crescimento residencial. A partir dos fatores de atração e da capacidade física das áreas analisadas, e a proximidade das mesmas às áreas de concentração de postos de trabalho. A interação, neste caso, é uma medida de potencial de crescimento das áreas em função de sua capacidade de crescimento e sua proximidade aos postos de trabalho.

O trabalho de Huff (1962) apresentou os avanços de relacionar o potencial de um determinado consumidor se dirigir a um centro comercial varia em função do tamanho deste centro, do tempo de viagem entre a localização destes dois fatores e o número de regiões existentes (Openshaw, 1975, p.4). Seu modelo propõe uma definição de áreas de mercado, muito útil às atividades de planejamento e geomarketing.

De forma similar, Stouffer (1940) sugere que o número de viagens estimadas para determinada origem e destino analisados é proporcional ao número de oportunidades no destino e inversamente proporcional ao número de oportunidades intervenientes. (Openshaw, 1975, p.8). Desta forma, o número de oportunidades no destino e a inexistência de oportunidades mais próximas à origem são fatores importantes na determinação do potencial de interação entre estas áreas.

Indiferente dos objetivos e da forma de operacionalização, os Modelos de Interação Espacial sempre partem de dois conceitos-chave: o conceito de Massa e o conceito de Distância. Em caráter empírico, a massa pode ser calculada de diferentes maneiras, partindo das primeiras aplicações da população como massa. A hipótese da utilização de diferentes índices para a formulação do conceito de massa nos modelos em função do objetivo da pesquisa é levantada por Isard (1960).

(...) Esta discussão utilizou população como medida de massa. Mas se estuda-se migração intermetropolitana, aparentemente a oferta de empregos ou a renda das regiões ou sub-áreas tendem a ser índices de massa mais significantes que a população. Ou quando o problema de mercado para produtos manufaturados está sendo analisado, o total de dólares em vendas e o volume de vendas tendem a ser uma medida mais significativa. (ISARD, 1960, p.505³, tradução nossa)

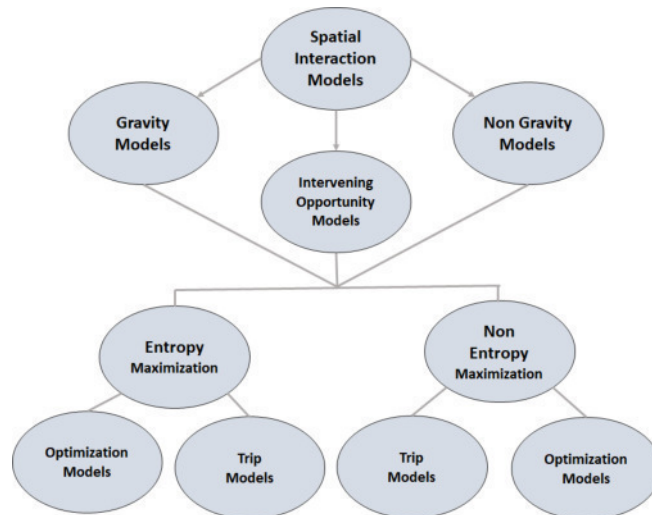
De maneira semelhante, o conceito de distância também pode ser operacionalizado de diferentes maneiras. As primeiras discussões a respeito do tema se valiam do conceito de

³ In empirical studies mass has been measured in a number of ways. This discussion has used population as a measure of mass. But if intermetropolitan migration is to be studied, it is apparent that employment or income of regions or subareas tends to be a more significant index of mass than population. Or, when the marketing problem for manufactured products is being examined, total dollar volume of retail and wholesale sales tends to be a more significant measure, etc.

distância em linha reta entre as áreas analisadas. Questões operacionais importantes devem ser consideradas nestas construções, uma vez que o conceito de distância adotado precisa refletir a estrutura espacial da área analisada, representar o grau de isolamento entre as unidades que a compõe, refletir a importância deste conceito para o tema analisado e representar a “impedância” com a qual a distância diminui a intensidade dos fenômenos.

Indiferente de seus objetivos específicos ou construção, os Modelos de Interação Espacial buscam prever ou indicar a quantidade ou a probabilidade de pessoas ou bens (ou serviços e informação) se mover entre duas localizações no espaço. Oppenshaw (1975) dividiu estes Modelos de Interação em três grandes grupos: Modelos Gravitacionais; Modelos de Oportunidades Intervenientes e Modelos não Gravitacionais.

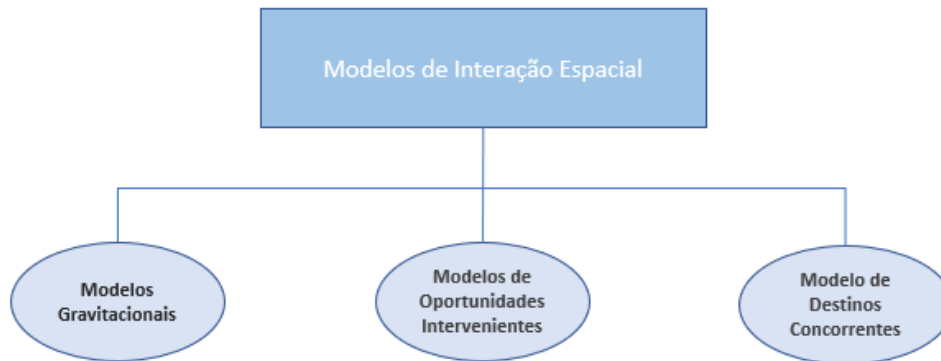
Figura 5: Modelos de Interação Espacial



Fonte: Adaptado de OPPENSHAW, 1975, p.

Seguindo a proposta de Openshaw, podemos apontar cinco tipos de abordagens na avaliação de interação espacial: Modelos Gravitacionais (e Potenciais), Modelos de Escolha Direta; Modelos de Oportunidades Intervenientes e Modelos de Destinos Concorrentes.

Figura 6: Organograma de Modelos de Interação Espacial



Fonte: Elaborado pelo autor

Estes modelos são melhor apresentados e discutidos na seção seguinte.

2.3.1.1 Modelos Gravitacional e Potencial

Os modelos gravitacionais buscam estabelecer uma relação entre diferentes unidades espaciais em função da distância entre as mesmas e uma massa a estas atribuídas. Este modelo se relaciona à escola da Física Social, que se caracterizou principalmente pela transposição de princípios e leis próprios da Física às ciências sociais e seus objetos de estudo.

O Modelo Gravitacional parte da analogia à Lei da Gravitação Universal, que afirma que dois corpos se atraem em uma razão direta de suas massas e na razão inversa de suas distâncias elevadas ao quadrado. (ABREU et al, 1987). A aplicação destes princípios na Geografia se dá através, principalmente, da análise de cidades inseridas em uma rede. Estas cidades, por sua vez, são tratadas enquanto pontos, aos quais são atribuídas as massas propostas.

Nos modelos gravitacionais e potenciais a interação entre os diferentes indivíduos ocorrem de maneira diretamente proporcional às suas massas e inversamente proporcional entre as distâncias entre estas unidades. Tendo em vista que a distância implica custos e inconveniências ao ser percorrida, esta se apresenta como impedância às interações entre diferentes unidades espaciais. Na medida em que a distância aumenta, menor a possibilidade de interação entre estas. (ABREU, 1991).

A interrelação entre duas ou mais porções do espaço gera, em alguma medida, graus de interdependência entre estas. As diferenciações regionais geram ofertas e demandas diferenciadas entre as diferentes áreas, fazendo com que uma determinada porção do espaço forneça serviços e bens demandados em seu entorno. Nas áreas centrais há a maximização da interação espacial, buscando-se minimizar a distância que separa as atividades relacionadas ou interdependentes. (MORRIL; DORMITZER, 1979, p.203).

Ressalta-se que a aplicação de Modelos de Interação Espacial pode ser feita a partir de diferentes escalas de abordagem. Desta forma, uma cidade que ocupe posição central em uma determinada rede pode representar papel secundário se analisada a partir de uma escala de abordagem diferenciada.

Isard, 1960, afirma que, não havendo outros pressupostos, espera-se que a interação entre duas populações de dois centros seja se relacione diretamente ao tamanho destes centros e de forma inversa à distância entre estes centros, já que vencer as distâncias envolve inconveniências e custos. (ISARD, W. 1960, p. 515)

O Modelo Gravitacional pode ser matematizado da seguinte forma:

Equação 3: Modelo Gravitacional

$$I_{ij} = G \frac{P_i \cdot P_j}{(D_{ij})^b}$$

Sendo:

$I_{i,j}$ = Interação entre os habitantes entre uma unidade espacial I com a unidade J

P_i = População da unidade espacial I

P_j = População da unidade espacial J

D_{ij} = Distância entre as unidade espacial I e J

b e G = parâmetros empíricos, definidos estatisticamente

Fonte: ISARD (1960)

A equação 03 apresenta a interação entre os habitantes na região em análise. Esta abordagem representa o princípio básico do Modelo Gravitacional. A posterior sofisticação desta equação permitiu sua utilização para a interpretação de problemas geográficos mais complexos. Os índices de massa passaram a ser construídos a partir de conjuntos de variáveis

significativas da realidade abordada, enquanto valores de calibragem do modelo foram inseridos, potencializando ou amenizando a influência das variáveis em função do foco do estudo. Para os estudos de potencial de mercado, por exemplo, comumente são utilizadas variáveis demográficas como indicativos de massa, uma vez que estas apresentam relações com a capacidade de consumo de determinada região. Por outro lado, quando objetiva-se estimar o número de viagens entre diferentes localidades, variáveis de trabalho, emprego e ensino se mostram mais apropriadas, tendo em vista que estas atividades são grandes geradoras de fluxos.

A partir dos modelos gravitacionais foram criados os modelos potenciais, os quais permitem analisar realidades mais complexas e de maior variabilidade. Diferentemente dos modelos dos quais se originam, os modelos potenciais levam em consideração o somatório dos potenciais incidentes em uma determinada porção do espaço.

O modelo potencial aparece frequentemente na literatura de geografia humana como um índice da intensidade da possível interação entre grupos sociais ou econômicos em diferentes locais. Essa interação potencial pode ser de bens, chamadas telefônicas e outras formas de telecomunicações, migração e toda uma série de outros contatos sociais e econômicos (RICH, 1975).

Desta forma, o modelo potencial modificado calcula para o ponto hipotético “A” não somente sua interação em relação ao ponto “B”, mas também a todos os “n” pontos que compõem a rede da qual “A” faz parte.

O modelo potencial modificado é utilizado para determinar o potencial de uma sub-região dentro de uma área de análise definida (ABREU et al, 1987). Este, por sua vez, é definido a partir da interação entre esta sub-região e todas as sub-regiões existentes dentro da área de análise. O modelo pode ser matematicamente expresso da seguinte forma:

Equação 04: Modelo Potencial

$$JV = G \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{(D_{ij})^b}$$

Sendo:

JV = Potencial da unidade espacial J

P_i = População da unidade espacial I

D_{ij} = Distância entre as unidades espaciais I e J

b e G = parâmetros empíricos, definidos estatisticamente

Fonte: Adaptado de ISARD (1960)

Dessa forma, o potencial fornece uma medida da interação entre uma determinada sub-região e as demais localizadas dentro de uma área em análise. O potencial é sempre definido em meio a uma área de abrangência, uma unidade geográfica definida. Uma mesma unidade poderá apresentar diferentes potenciais quando analisada em meio a unidades geográficas diferentes. Por exemplo: um município poderá apresentar potencial diferente se analisado em meio à sua microrregião ou em meio ao estado em que se insere como um todo. (ABREU et al, 1987. P.6-7).

O potencial calculado para determinada unidade representa toda a interação desta com o conjunto de outras unidades consideradas na área de abrangência da pesquisa, servindo para indicar o grau de prevalência desta em meio à sua região de análise.

Enquanto os modelos gravitacionais se focam em analisar e prever um padrão espacial de fluxos, os modelos potenciais se voltam mais à oportunidade de interação entre grupos em função de seu tamanho e distância. (RICH, 1975).

2.3.1.2 Modelos baseados em Oportunidades Intervenientes e Destinos Concorrentes

Os Modelos de oportunidades intervenientes se baseiam nos pressupostos de Stouffer, em especial o conhecido como “Lei das Oportunidades Intervenientes”, segundo a qual o número de pessoas percorrendo uma dada distância é proporcional às oportunidades existentes a esta distância e inversamente proporcional ao número de oportunidades intervenientes. Busca-se, então estimar o número de interações a partir da quantidade de oportunidades (de diferentes naturezas) em determinado destino e da existência ou não de oportunidades localizadas a uma menor distância em relação à origem dos fluxos.

As abordagens ao conceito de oportunidades intervenientes, primeiramente feitas por Stouffer (1940) e refinadas nos trabalhos de jornada ao trabalho de Schneider (1959) excedem os conceitos básicos dos modelos gravitacionais e potenciais, levando em consideração o arranjo espacial das oportunidades. (ROY; THILL, 2004, p.341).

Em seus estudos Stouffer propõe que o total de migração dada uma certa distância é proporcional às oportunidades no destino e inversamente proporcional às oportunidades localizadas entre a origem e o destino analisados. De certa forma, o proposto indica que determinado grupo de pessoas está mais inclinado em migrar do ponto A para o ponto B na

medida em que há mais oportunidades neste segundo e poucas oportunidades num hipotético ponto C localizado entre os dois (ou mais próximo de A).

Estas oportunidades num ponto mais próximo da origem (no caso A), chamadas aqui de Oportunidades Intervenientes, poderiam persuadir o migrante a se estabelecer neste local em sua rota ou mais próximo à sua origem em detrimento ao ponto de destino previamente planejado (no caso, B). Suas proposições acrescentam ao rol de Modelos de Interação Espacial o relacionamento espacial existente entre as áreas analisadas, uma vez que, nestes casos, a interação é uma função não apenas de distância e massa, mas do total de oportunidades e como estas se distribuem pelo espaço analisado. Nestes modelos, para além das variáveis de distância e massa, há a necessidade de se medir as relações entre as diferentes unidades espaciais analisadas, uma vez que os fluxos serão gerados não apenas em função destas duas variáveis, mas também das diferentes opções de destino existente. Desta forma, sistemas complexos com muitas opções de destinos a partir de cada origem (como no caso de uma análise intra-urbana), a posição de uma terceira localização influencia nos fluxos gerados entre as demais, uma vez que esta atua atraindo parte destes. Em análises regionais, o conceito de Oportunidades Intervenientes se aplica a processos migratórios ocorridos em etapas, nos quais outras oportunidades podem alterar os destinos inicialmente pretendidos pela população em trânsito.

Modelos de Destinos Concorrentes são utilizados geralmente para o planejamento de transportes, tendo trazido consideráveis contribuições aos estudos regionais. A proposta destes modelos passa por um entendimento da estrutura espacial das áreas analisadas, levando em consideração fatores como medidas de acessibilidade e estrutura de fluxos já existentes para a modelagem.

A proposta de Fotheringham (1983) aborda a estrutura espacial envolvida nos modelos de interação espacial a partir de informações prévias a respeito da atração de fluxos na área estudada, sob a forma de um sistema de equações simultâneas. (ROY; THILL;2004, p.353).

Nestes modelos, além dos conceitos de massa e custo de viagem entre as áreas analisadas, a estrutura espacial do sistema analisado é levada em consideração para os cálculos de interação.

A formulação básica, proposta por Fotheringham (1983), segue:

Equação 05: Modelo de Interação Espacial segundo Fotheringham (1983)

$$I_{ij} = f(O_i, D_j, F_{ij}, A_{ij}, \varepsilon_{ij})$$

Na fórmula, lê-se:

I_{ij} : Volume de interação entre a Origem I e o Destino J

O_i : Representa a capacidade de propulsão de I

D_j : Representa a capacidade de atração de J

F_{ij} : Representa a separação espacial entre I e J

A_{ij} : Representa o relacionamento entre o destino J e todos os demais destinos acessíveis à origem I

ε_{ij} : Representa um componente de erro randômico

Fonte: FOTHERINGHAM, 1983

Uma importante questão levantada nesta abordagem não respondida nos modelos anteriores é a de que, havendo dois centros iguais localizados a uma determinada distância, o acréscimo de um terceiro centro alteraria a estrutura competitiva estabelecida entre os dois? (FOTHERINGHAM, 1983).

As modelagens de destinos concorrentes apresentam grande avanço no reconhecimento da interdependência no processo de decisão de localização. Tais propostas abordam os conceitos de substituição e complementaridade no destino de fluxos.

Os estudos de Fotheringham acrescentaram, ao âmbito das discussões acerca de Interação Espacial, as variáveis acerca da relação espacial entre as áreas em estudo, indicando que os fluxos não se originam e não se orientam apenas em função de distâncias e massas, mas de um sistema complexo de relações espaciais. Sua modelagem, utilizada para se estimar o número de fluxos teoricamente esperado entre duas localizações em função de sua localização, massa e relações espaciais, é muito utilizada em diferentes escalas, dentre as quais podemos apontar os estudos de avaliação para implantação de sistemas de transporte e avaliação de fluxos em redes urbanas.

2.4 Teoria dos Grafos e o estudo de Redes Geográficas

O estudo de diferentes tipologias de redes passa pela estruturação do conjunto de relações e elementos que as compõem de forma a abarcar sua natureza dual marcada pela presença dos nós (elementos fixos) e arestas (conexões entre estes). Diferentes abordagens em redes utilizam-se destes conceitos primordiais para a caracterização de seus elementos e relações.

O conceito de redes no campo das Ciências Sociais pode ser aplicado sob três perspectivas básicas: o uso da rede como uma metáfora, o qual é mais antigo e trabalha com a ideia de

entidades e indivíduos conectados entre si; rede enquanto função normativa, utilizado como forma de estruturação de determinadas entidades em busca de seus objetivos – tais como fluxos e tarefas em um determinado ambiente; e redes enquanto como análise de redes sociais, no qual avança-se para além da ideia da metáfora em direção à descrição e análise dos padrões e relações por ela determinados (MARQUES, 2000, p.124).

As pesquisas sobre redes sociais têm se mostrado um campo importante para a utilização de grafos como elementos de análise, destacando-se os trabalhos de Bavelas (1950); Freeman (1979); Wasserman e Faust (1994); Clauset, Newman e Moore (2004); Bordin, Gonçalves e Todesco (2014); Higgins e Ribeiro (2018). Tais trabalhos focam nas relações sociais entre diferentes indivíduos e grupos, focando na construção de nós a partir dos indivíduos estudados e das arestas a partir dos laços e relacionamentos estabelecidos entre estes.

As redes geográficas compartilham importantes características das redes sociais, sendo consideradas redes sociais espacializadas. Estas são redes sociais por serem construções humanas criadas por diferentes relações sociais. As redes se tornam geográficas quando consideramos sua espacialidade, suas localizações qualificadas e a interação espacial entre elas (CORRÊA, 2011, p.200-201).

A análise de redes sociais se desenvolveu em duas grandes linhas básicas de pesquisa. A primeira destas, desenvolvida a partir da década de 1970, tinha como enfoque os vínculos entre entidades e sua distribuição na forma de rede, explorando conceitos de conectividade e utilizando-se de sociogramas para a representação e análise de redes egocentradas. A partir dos avanços metodológicos e técnicos ocorridos neste período, tem-se início as análises focadas na posição e estrutura das redes. Tal linha toma por base as situações concretas para a investigação da interação entre as estruturas presentes nas redes (MARQUES, 2000, p.128).

Higgins e Ribeiro (2018) indicam os trabalhos de Simmel como pioneiros acerca da interação social, segundo as quais o conhecimento do fenômeno social se dá a partir do conhecimento do comportamento humano em sociedade. Em seus estudos, Simmel se dedica a identificar formas puras de socialização, sendo a sociologia considerada uma ciência formal. A partir dos trabalhos de White, Boorman e Breiger (1976) são desenvolvidos os métodos sociométricos, em evolução à técnica de sociograma primeiramente desenvolvida por Jacob Moreno (1953). Deste momento em diante tem-se o que passou a ser chamado de Análise de Redes Sociais. Tal momento é marcado pela busca de ferramentas de análise empírica para as relações e estruturas sociais. A Análise de Redes Sociais constitui um conjunto de métodos quantitativos aplicado a dados relacionais, operacionalizados a partir de dois tipos de

mecanismos: álgebra de matrizes e teoria topológica de grafos (HIGGINS; RIBEIRO, 2018, p. 31-32).

Dentre as vantagens de utilização da análise de redes sociais, podemos destacar a possibilidade de se construir estudos precisos a respeito das estruturas das redes, bem como seu funcionamento e padrões de relação entre indivíduos, sem que se perca a visão de estrutura social. (MARQUES, 2000, p.129).

Dada sua versatilidade e possibilidades de aplicações, os grafos têm sido utilizados como forma de representação e modelo lógico conceitual para diferentes tipologias de análise de redes. Desta forma, sua utilização em ciências sociais tem se tornado cada vez mais comum, havendo exemplos de aplicações em análises de redes sociais, redes urbanas, redes de distribuição de água, redes criminais, dentre outras.

Tinkler (1977) indica a possibilidade de aplicação da Teoria de Grafos em estudos relacionados a sistemas de transporte, redes hidrográficas, e redes de comunicação. (TINKLER, K. 1977).

A possibilidade de utilização da Teoria de Grafos para o estudo de redes urbanas é apontada por Corrêa (2011):

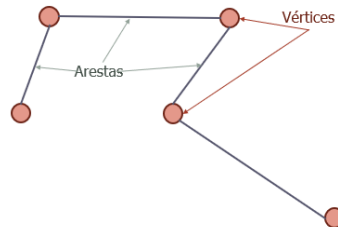
Essa teoria oferece algumas medidas importantes para o estudo das redes geográficas, entre elas os índices gama e alfa, que medem o grau de integração geral da rede, o primeiro indicando o percentual de ligações existentes em face do número máximo de ligações possíveis, e o segundo considerando a percentagem de circuitos em relação ao número máximo de circuitos possíveis. (CORRÊA, 2011, p.216).

Barroso (1998, p. 13) define os grafos como sendo uma estrutura matemática composta por dois conjuntos: um conjunto V – finito e não vazio, de vértices, e um conjunto E , composto de pares ordenados de elementos do conjunto V . nas estruturas para as quais a direção das arestas possui relevância, tem-se o chamado “dígrafo”. Esta sua construção a partir de dois conjuntos (arestas e vértices) torna os grafos importantes mecanismos de análise para o estudo das redes.

A teoria dos grafos, parte integrante da topologia, constitui um instrumento útil para evidenciar características básicas de uma rede geográfica. Trata-se de modelo formalizado na década de 1930, a partir das formulações elaboradas pelo matemático Euler no século XVIII. Um grafo pode ser descrito como um conjunto de nós ou vértices, conectado por um conjunto de ligações ou vias. A rede geográfica é, em realidade, um grafo muito especial. (CORRÊA, 2011, p.216).

Szwarcfiter (1984) acrescenta “um grafo $G(V,E)$ é uma estrutura constituída de um conjunto V , finito e não vazio de n vértices, e um conjunto E de m arestas, que são pares não ordenados de elementos de V ”.

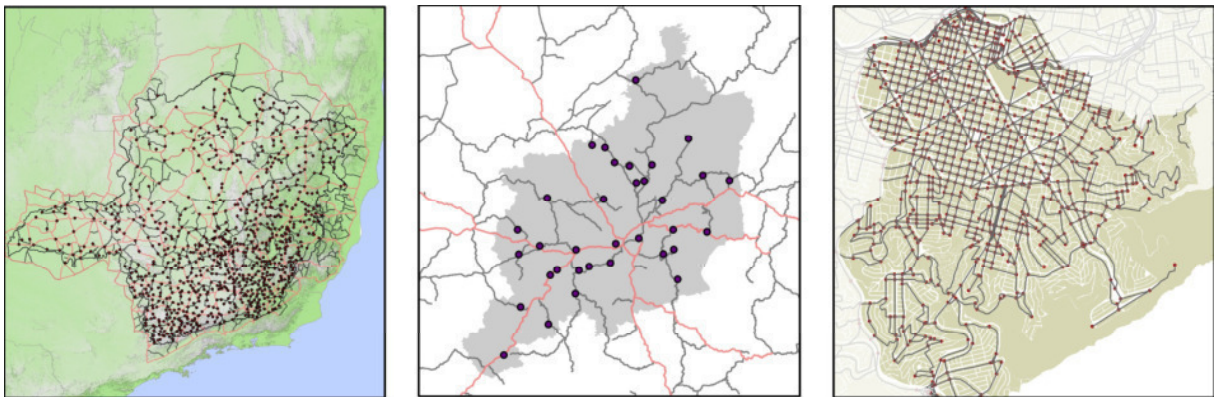
Figura 7: Exemplo de Grafo.



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 8 mostra três diferentes escalas de redes urbanas: regional, municipal e intraurbana, nas quais é possível verificar, ainda que implicitamente, uma estrutura composta por vértices e arestas.

Figura 8: Redes Urbanas e Grafos em Diferentes Escalas



Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme a Figura 8, à esquerda tem-se os vértices representando as cidades e arestas as estradas do estado. Ao centro, arestas representam as estradas e vértices as localidades dentro de uma única região. E à direita, as arestas representam os entroncamentos (esquinas) e vértices sendo as vias urbanas (ruas e avenidas).

Os grafos podem ser classificados quanto à complexidade de suas informações acerca dos agentes que representam: rede pessoal – *ego network* ou *personal network*, o qual fornece informações para apenas um agente e rede completa - *total-network*, o qual fornece as relações diretas e indiretas de cada um dos nós que a compõem. Além desta classificação, os grafos

podem ainda ser caracterizados pelas relações sociais neles expressas, dividindo-se em *one-mode*, no qual há apenas um tipo ou conjunto de entidades representadas e *two-mode*, no qual há dois tipos de entidades representados (HIGGINS; RIBEIRO, 2018, p. 89-90).

A partir dos conceitos básicos de nós (vértices) e arestas (ligações) são estabelecidos os princípios e características primordiais dos grafos. Dois vértices adjacentes (a) e (b) de um grafo definem uma aresta (a,b) e, sobre esta condição, podemos afirmar que “a” incide em “b”. Um caminho em grafo é determinado pela sequência de arestas adjacentes distintas, podendo este ser um caminho aberto (no qual o vértice inicial é diferente do vértice final - $a \neq b$) ou um ciclo (quando o vértice inicial é igual ao vértice final - $a=b$).

A partir do estabelecimento de caminhos possíveis em um grafo são definidos os conceitos de alcance (um determinado vértice “a” alcança um determinado vértice “b” quando há um caminho possível entre os dois). Tal condição se torna de grande valia aos estudos geográficos, em especial àqueles que se debruçam sobre os estudos de distância, acessibilidade e rotas otimizadas.

Podemos representar e operacionalizar os grafos de diversas maneiras, dentre as quais as mais utilizadas são as matrizes (que favorecem a manipulação matemática) e a representação geométrica, que permite uma melhor compreensão (especialmente quando se tratam de abordagens de caráter espacial) (BARROSO, 1998).

Uma importante aplicação espacial dos grafos é a identificação de caminhos mínimos e na identificação de ciclos (caminhos que passam uma única vez por todas as arestas do grafo e alcançam todos seus vértices). Estes conceitos se tornam de grande utilidade na resolução de problemas geográficos, sendo amplamente utilizados para a resolução de questões logísticas, planejamento de rotas eficientes de transporte, modelagem de redes de transporte complexas e alocação de recursos.

As aplicações de caminho mínimo em grafos são utilizadas como formas de se minimizar a distância (ou os custos) de percurso entre os nós. Cabe ressaltar que esta distância pode ser medida de diferentes maneiras (distância métrica, distância-tempo, custo de percurso, etc). Um importante recurso aplicado a estas abordagens é o algoritmo de Dijkstra, que pode ser aplicado a arestas com valores (pesos) positivos. (LIMA; BARROSO; ABREU, 2012).

O algoritmo de Dijkstra (1959) define o caminho mínimo com sendo aquele no qual a soma das arestas resulta no menor valor possível entre todas as somas de arestas possíveis, ou seja, que liguem os dois vértices selecionados. Tendo em vista se basear em soma e sua rápida implementação computacional, o algoritmo de Dijkstra é utilizado por diferentes *softwares* comerciais que lidem com o conceito de distância em redes.

Para além da determinação de caminhos mínimos, os grafos também são utilizados para problemas de localização, especialmente àqueles nos quais se busca identificar os melhores pontos para localização de determinada *facilite*. Nestas aplicações, a métrica de excentricidade de um vértice se mostra de grande eficiência, uma vez que indica a distância máxima entre este vértice “a” e todos os demais vértices que compõem o grafo em estudo. Tal conceito permite a otimização na utilização do espaço e na busca pelo maior raio de alcance de uma determinada localização.

As propriedades de um grafo (que são indicativos das características das redes por ele representadas) podem ser avaliadas a partir de medidas específicas. Uma vez que os grafos são construções topológicas, se restringindo, portanto, às relações espaciais entre os elementos que os compõem, as métricas em grafos podem ser utilizadas em quaisquer escalas de abordagem. Tal característica permite que o grafo seja ferramenta de caráter fractal nas análises em rede.

As medidas de centralidade são utilizadas como indicativos do grau prestígio de cada um dos atores em uma determinada da rede social. Dada uma rede qualquer, podemos classificar os nós quanto ao seu nível de atividade e intermediação, fazendo com que estas medidas permitam dimensionar as relações de poder nas redes (HIGGINS; RIBEIRO, 2018).

Dentre as diferentes medidas de centralidade em grafo aplicadas aos estudos de redes sociais por Bavelas (1950), destacam-se aquelas descritas no trabalho de revisão feito por Freeman (1979), a saber: centralidade de grau, centralidade de proximidade e centralidade de intermediação. (FARIA; ALVES; DINIZ, 2018).

A centralidade de grau (*degree centrality*) indica o volume de ligações (número de arestas incidentes) de um determinado vértice ou nó. Neste caso, a centralidade se relaciona ao grau (dk) do vértice k. Em uma rede urbana, a centralidade de grau indica o vértice (cidade) que possui um maior número de conexões com as demais cidades da rede, sejam estas conexões medidas em interações espaciais diversas (número de viagens, número de imigrantes, fluxo de informações).

Uma vez que as relações em uma rede não se limitam exclusivamente às relações entre vértices vizinhos, o papel dos intermediários se torna de grande importância nesta estrutura. Há casos específicos em que as relações entre atores só são possíveis a partir da atuação de um intermediário, o que torna esta posição estratégica em uma rede. (HIGGINS; RIBEIRO, 2018, p. 149-150).

Desta forma, a centralidade de intermediação (*betweenness centrality*) se mostra uma importante medida para a avaliação de um grafo (rede). Esta centralidade calcula a frequência com a qual um vértice é visitado no menor caminho entre todos os pares de vértices do grafo

em estudo. Em função de suas características, tal medida de centralidade se torna muito importante ao se avaliar o nível de eficiência de uma rede, uma vez que os intermediários possuem papel de interligação entre diferentes vértices, permitindo que a rede seja conexa.

Outra importante medida de centralidade num grafo é a centralidade de proximidade (*closeness centrality*). Tal medida é avaliada para cada um dos vértices da rede, medindo quais destes estão mais próximos ou mais distantes dos demais elementos da rede,

Além das medidas de centralidade, pode-se avaliar as características das redes a partir das métricas dos grafos. Estas métricas se referem ao grafo (rede) como um todo, não se aplicando a um vértice especificamente, sendo muito importante nas caracterizações de uma rede de maneira generalizada e na comparação de redes diferentes. Dentre estas métricas destaca-se: diâmetro, densidade e modularidade.

Por se tratarem de redes sociais espacializadas, as redes urbanas se apresentam como um grande desafio à compreensão e à aplicação das tradicionais técnicas sociométricas de análise de redes. A aplicação da Teoria de Grafos a estudos de redes urbanas permite o tratamento apropriado a estas interações espaciais, uma vez que permite abarcar tais redes em suas características duais: de um lado o caráter fixo das localizações (nós; cidades) e de outro o caráter mutável e dinâmico das relações (arestas; fluxos).

Desta maneira, o ferramental comum às análises em grafos se apresenta como importante contribuição no ramo dos estudos geográficos. De forma geral, as aplicações em Análise Espacial baseadas em Teorias de Grafos se dividem em dois grandes grupos:

Quadro 02 – Algumas tipologias de Análise Espacial em Grafos

1 - Análises de Distâncias, Caminhos e Localizações	2 - Análises Relacionais baseadas em Grafos
Rotas Otimizadas (por menor distância, tempo ou “custo)	Centralidade de Grau
Identificação de pontos mais próximos para o atendimento de uma demanda espacializada (Closest Facilitie)	Centralidade de Intermediação
Identificação de “Localização Ótima” para instalação de estruturas para o	Centralidade Proximidade

atendimento de diversas demandas (Location-Allocation)	
Alcance em Rede de determinada localização (Área de Serviço)	Índices de Conectividade da Rede

Fonte: Elaborado pelo autor

Tendo em vista que a distância é um importante fator às análises geográficas, a estrutura de um grafo se torna bastante apropriadas às análises do primeiro grupo. Diversos problemas e situações de natureza geográfica podem ser abordados sob a modelagem de grafos, em especial a partir de sua implementação em ambiente SIG.

Tomando por base o conceito de Grafo Valorado (no qual cada uma das arestas recebe um valor/peso específico), diferentes abordagens e aplicações de caráter cotidiano têm sido possíveis. Podemos apontar como exemplos práticos os diversos aplicativos voltados à definição de caminhos “ótimos” entre duas localidades, dentre os quais destacam-se o Google Maps e o Waze. Partindo de um custo atribuído a cada uma das ruas de uma determinada localidade em minutos, estas aplicações permitem a definição de um trajeto não por sua distância total, mas pelo tempo necessário a percorrê-la. Tal possibilidade se relaciona mais diretamente às necessidades cotidianas da população, uma vez que o tempo de percurso impacta mais diretamente no planejamento dos inúmeros deslocamentos vivenciados em ambiente urbano.

Embora tais aplicações em ambiente computacional só tenham sido possibilitadas a partir da evolução destes sistemas, a preocupação com o tempo de deslocamento e sua representação é recorrente em estudos geográficos. O mapa da figura 9 foi elaborado com o intuito de mostrar os tempos de deslocamentos a partir de Paris em 1882, representando esta variável a partir de Isócronas (Linhas que conectam localidades com mesmo tempo de deslocamento em relação a uma posição específica).

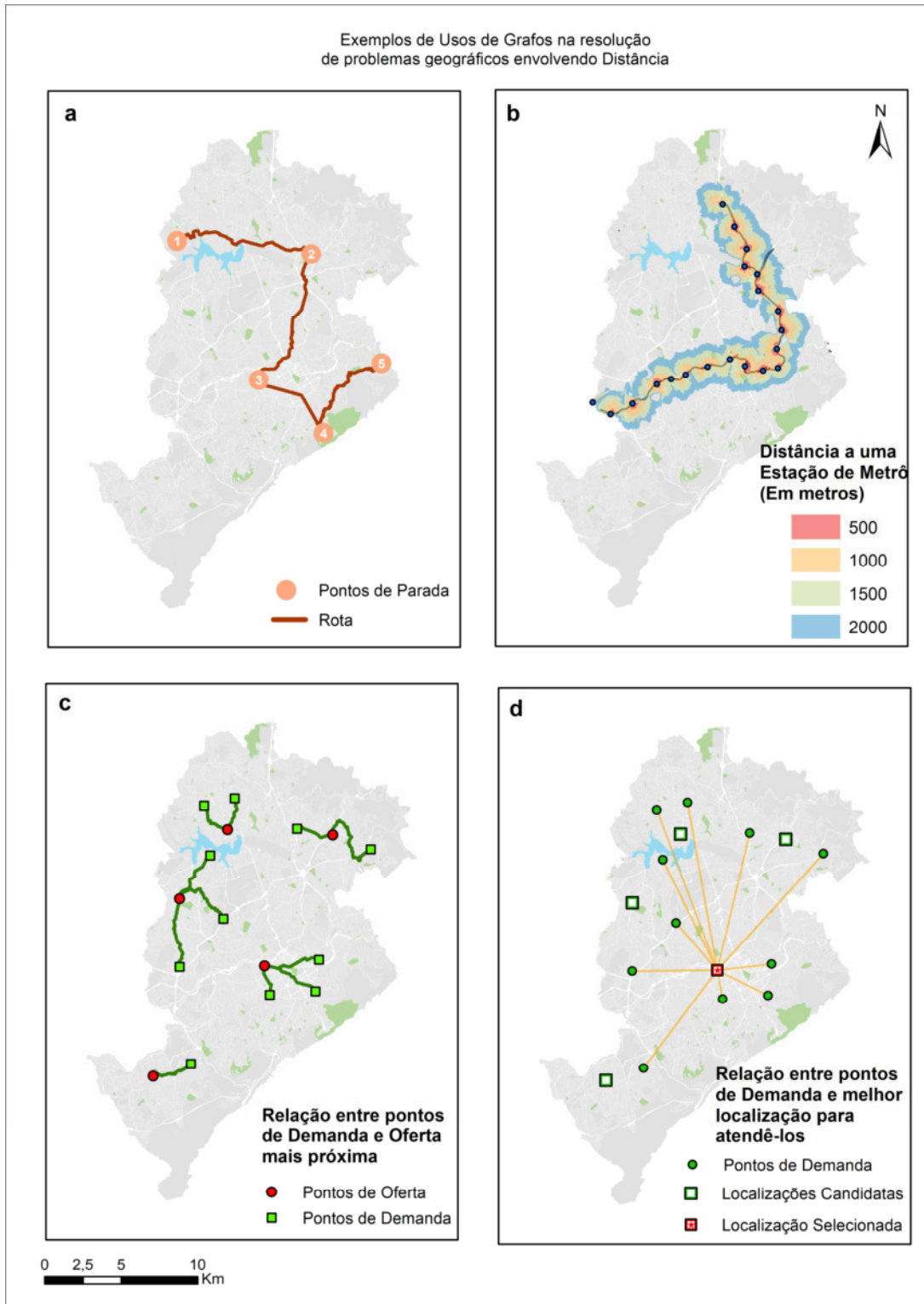
Figura 9: Mapa de Isócronas a Partir de Paris - 1882



Fonte: MARTIN, E, 1882. Disponível na Coleção de Mapas de Universidade de Chicago. (Domínio Público).

As análises de Distâncias, Caminhos e Localizações utilizando grafos também buscam responder problemas típicos de Análise Espacial, tais como o menor caminho entre diversos pontos de parada (*Travelling Salesman Problem* – Problema do Caixeiro Viajante); localização ótima de *facilities* diversas em razão da existência de uma demanda especializada (*Location-Allocation*); alcance de determinada localização (*Service Area*) e definição de serviços mais próximos ao atendimento de uma determinada demanda.

Figura 10: Exemplos de Análises Espaciais de Distâncias, Localizações e Caminhos em Grafo



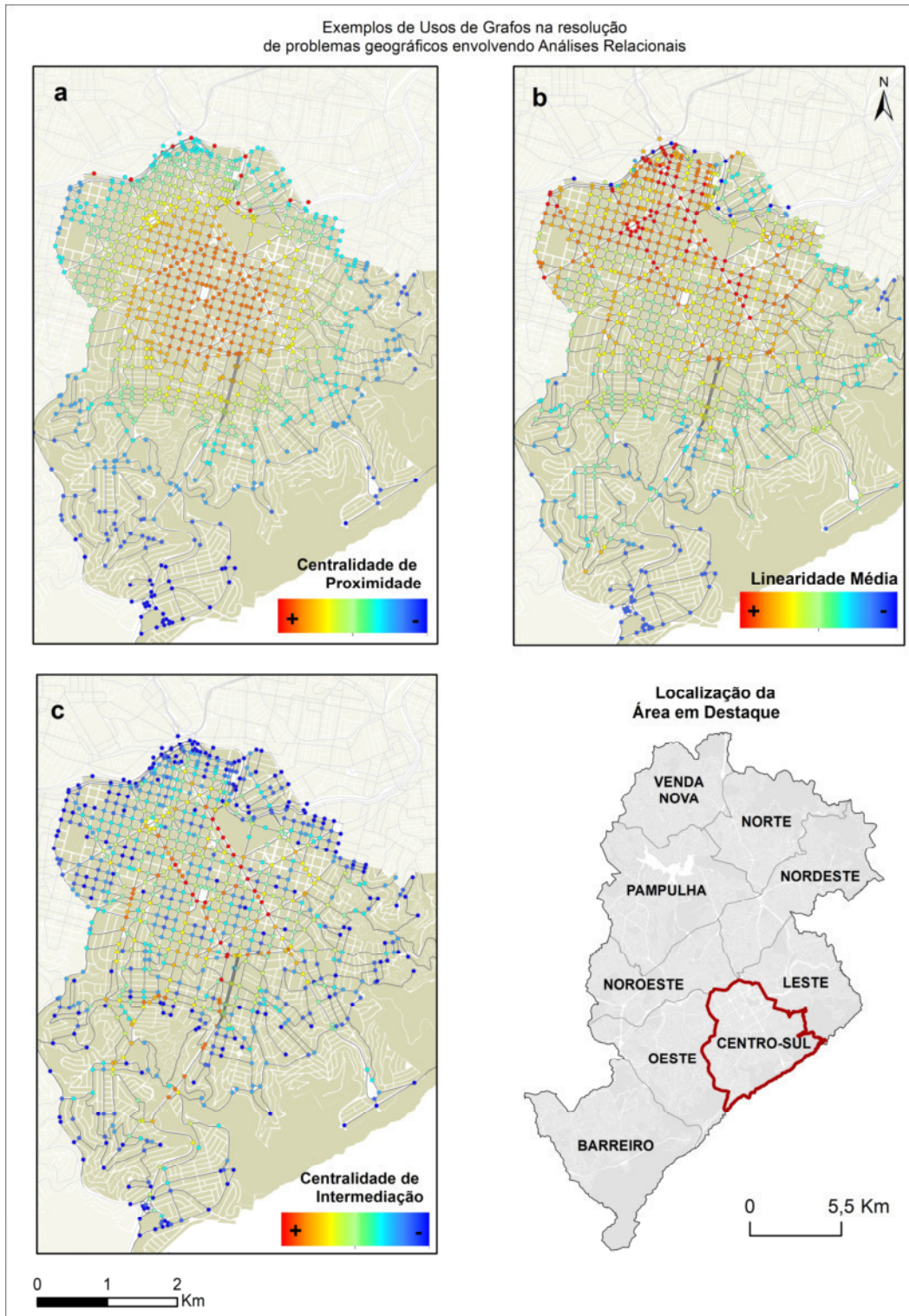
Fonte: Elaborado pelo autor

Os mapas da figura 10 exemplificam estas aplicações em grafo para situações hipotéticas na rede viária do município de Belo Horizonte. O mapa “a” mostra a rota otimizada por “caminho mais curto” entre 5 pontos aleatórios no tecido urbano, sendo definido o caminho (em vermelho) que resulta na menor distância possível para se alcançar todos os pontos ordenados. O mapa “b” mostra uma aplicação de alcance em rede, também conhecida como “Área de Serviço”, a qual visa identificar (de maneira análoga às isócronas apresentadas anteriormente), as áreas a um determinado custo máximo em relação a um ponto de endereço. No exemplo apresentado, foram definidas como origens as estações de Metrô de Belo Horizonte, sendo os custos calculados a partir do comprimento em metros das arestas (vias urbanas), sendo definidas as áreas localizadas a até 500, 1.000, 1.500 e 2.000 metros de seu entorno. O mapa “c” mostra uma situação de definição de melhores pontos para o atendimento de demandas espacializadas. Dados os pontos de demanda (representados em quadrados verdes) e os pontos de oferta de determinado serviço (representados em círculos vermelhos), foram escolhidos os pontos mais próximos (menor custo) para o atendimento de cada uma das demandas. O mapa “d”, embora parta de princípio semelhante ao mapa “c”, indica a situação de escolha de localização “ótima” (*Location Allocation*) para a instalação de determinado serviço no intuito de minimizar os custos de deslocamento aos pontos de demanda definidos.

As Análises Relacionais baseadas em grafo, por sua vez, se relacionam não apenas à utilização dos grafos nas definições de seus caminhos e distâncias, extrapolando estes conceitos em direção às relações topológicas expressas em um grafo. Desta forma, os grafos são então utilizados como forma de se identificar as centralidades (de diversas naturezas), subgrupos de rede, áreas de maior resiliência (ou redundância) e áreas menos conectadas nas redes.

Nestas abordagens cada nó do grafo é interpretado a partir de suas relações com seus nós vizinhos e com toda a rede, bem como a disponibilidade de arestas conectando-o. Estas análises permitem identificar, dentre outras propriedades, as áreas mais centrais em um grafo (aquelas com maior número de arestas incidentes); áreas com maior centralidade de intermediação (aquelas com maior frequência entre todos os caminhos mínimos entre todos os nós da rede); áreas de maior acessibilidade ou proximidade dentro da rede.

Figura 11: Exemplos de Análises Espaciais de Topologias em Grafo



Fonte: Elaborado pelo autor

Os mapas da figura 11 exemplificam aplicações em topologias de grafo para rede viária da regional Centro-Sul do município de Belo Horizonte. O mapa “a” apresenta a Centralidade de Proximidade (Closeness Centrality) dos nós (entroncamentos viários) da regional centro-sul,

evidenciando as áreas mais acessíveis dentro do grafo (cujo somatório dos caminhos mínimos até todos os demais vértices do grafo apresenta menores totais), representados em cores quentes. O mapa “b”, por sua vez, apresenta o índice de Linearidade Média Contínua (Continuous Average Straightness), que compara as distâncias entre os pontos em linha reta e através da rede, criando uma proporção. Este mapa mostra uma maior linearidade no traçado quadriculado da porção do território circunscrita à Avenida do Contorno (traçado em “xadrez”), evidenciando uma das vantagens deste tipo de traçado viário. Já o mapa “c” apresenta a Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality), que indica quantas vezes um nó faz parte de todos os caminhos mínimos entre os demais nós do grafo. Tal métrica indica as áreas de maior concentração de fluxos, bem como trechos viários de elevada importância à circulação.

2.5 Estudos Relacionados

Na presente seção são discutidos trabalhos que possuem abordagens relacionadas com a proposta na pesquisa. Os trabalhos acerca dos temas Interação Espacial e Hierarquia urbana, embora não numerosos, apresentam alternativas interessantes no processo de identificação de áreas e regiões polarizadas.

Abreu et al (1987) desenvolveram uma pesquisa baseada em modelos de interação espacial para a identificação de grandes áreas de influência, propondo uma regionalização do estado de Minas Gerais visando subsidiar o planejamento estratégico de energia elétrica no estado. (ABREU et Al, 1987.) Esta pesquisa tinha como objetivo principal identificar os principais polos e as regiões a estas conectadas do estado de Minas Gerais, tomando por base a unidade espacial dos municípios e dados censitários de 1970 e 1980.

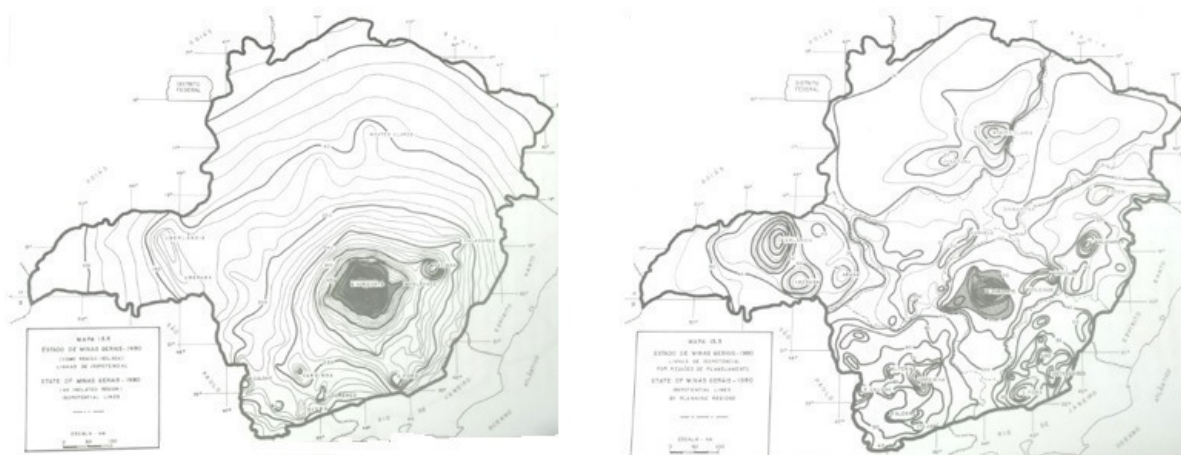
A operacionalização do trabalho foi feita a partir de um Modelo Potencial, então denominado Modelo Potencial Modificado, o qual foi construído a partir das distâncias entre as 722 sedes municipais existentes à época e uma massa composta por um conjunto de 18 variáveis socioeconômicas através de Análise de Componentes Principais. A determinação das distâncias foi feita a partir de aproximações. A partir dos pares de coordenadas das sedes municipais foram traçadas as distâncias euclidianas entre os municípios do estado, as quais foram comparadas a um conjunto amostral de distâncias rodoviárias conhecidas, sendo gerados parâmetros de aproximação entre distâncias rodoviárias e euclidianas. Esta etapa metodológica visava contornar os problemas derivados das limitações tecnológicas da época, momento no

qual não existia uma rede de estradas modelada em sistemas digitais que permitisse o cálculo preciso das distâncias rodoviárias.

Apesar de tal limitação, a pesquisa apresenta uma abordagem interessante, na medida em que propõe, de forma inovadora, o uso de um conjunto de variáveis na composição de uma massa socioeconômica a ser utilizada como entrada nos modelos potenciais.

Após o cálculo do Potencial de cada um dos municípios que compunham o estado à época, estes valores foram atribuídos de forma pontual às sedes municipais, posteriormente sendo interpolado para todo o estado, gerando Isopotenciais que indicavam, entre outros fatores, as áreas sob maior influência de determinado polo regional.

Figura 12: Mapas de Potencial Socioeconômico de Minas Gerais



Fonte: ABREU et al (1987)

Ressalta-se o caráter inovador da pesquisa quanto à composição de um conceito de Massa Socioeconômica a partir de estatísticas multivariadas, revisitando o conceito proposto na década de 1940 por Stewart e Isard pautado na utilização da população como medida de massas.

Posteriormente, Abreu e Veloso (1991) desenvolveram uma análise temporal das potencialidades regionais do Vale do Aço e Zona da Mata, abrangendo o período de 1950 a 1980. Tendo em vista as grandes migrações ocorridas no período de análise (especialmente nas décadas de 1960 e 1970), a pesquisa apresentou uma alternativa interessante para a compreensão das modificações na estrutura espacial de área marcada por forte atividade industrial no estado

Abordando as temáticas da Interação Espacial e Áreas de Influência, Castro (2000) produz a tese de doutorado “Caracterização espacial do sul de Minas e ‘entorno’ utilizando-se o modelo potencial e a análise de fluxos em sistemas digitais: uma proposta metodológica”, em 2000. (CASTRO, 2000). A partir das distâncias entre as sedes municipais calculadas a partir dos pares de coordenadas das mesmas e de um conceito de massa socioeconômica construído a partir de um conjunto de variáveis socioeconômicas são calculados os potenciais das sedes municipais, posteriormente interpolados para toda a área de estudo. Além desta abordagem, a pesquisa propõe uma análise das áreas de influência a partir dos fluxos de carga rodoviária na rede rodoviária que a interliga a área de estudo. A partir dos dados de fluxos rodoviários foram identificadas zonas de maior ou menor intensidade, estabelecendo-se que, à medida em que há mais fluxos, maior a intensidade da relação.

Em estudo posterior Castro, Alencar e Soares (2012) propõem uma análise da infraestrutura socioeconômica e das áreas de influência na Zona da Mata no período de 1991 a 2000, identificando áreas de estagnação, crescimento ou retração econômica. Neste trabalho foi selecionado um conjunto de variáveis socioeconômica para a conformação da massa de entrada nos modelos e distâncias euclidianas entre as sedes. A análise comparativa 1991/2000 permitiu identificar as alterações nos padrões espaciais de áreas de influência, bem como verificar potencialidades e hierarquias.

Para além das abordagens baseadas em Modelos Gravitacionais e Potenciais, diversas pesquisas se debruçaram sobre os temas de interação espacial, seja conceitualmente ou através de proposições metodológicas.

Carvalho (2007) debruçou sobre os parâmetros de calibração dos modelos gravitacionais e potenciais. Partindo-se do princípio de que a interação espacial é uma medida gerada da relação entre massas e distâncias, há a necessidade de se estimar em que medida a distância age como atrito e em que medida as massas agem como fatores de atração. Embora haja grande número de pesquisas que fazem uso dos modelos potenciais e gravitacionais, pouco material foi dedicado à proposição destes parâmetros, os quais podem atuar “suavizando” as diferenças de potencial ou as “acentuando” na medida em que atual diretamente tanto na medida das massas como das distâncias.

Em seu trabalho, Carvalho aponta

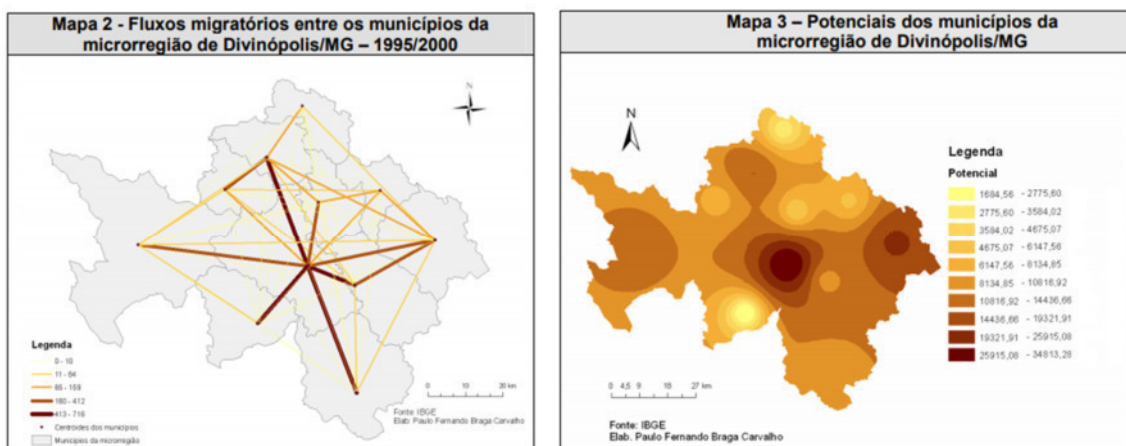
A determinação dos parâmetros adotados no Modelo Gravitacional é de grande importância e o processo de escolha de tais parâmetros, denominado calibração do modelo, em geral, é feito empiricamente. Para mostrar alguns impactos que os parâmetros provocam nos resultados obtidos com a aplicação do modelo, faz-se o teste para duas situações: uma em que se faz variar a distância entre dois centros e o

expoente adotado para as distâncias e outra em que a população de um dos centros varia e, também, seu expoente. (CARVALHO, 2007. P.6)

Partindo da microrregião de Divinópolis, em Minas Gerais, o autor faz considerações acerca dos métodos de calibração para os modelos gravitacionais. Utilizou-se a técnica de regressão linear múltipla, com uso do método dos Mínimos Quadrados para se estimar os parâmetros. Como fator de calibração foram utilizados dados de migração interna da microrregião para a estimativa da interação espacial na mesma.

Este método foi aplicado à microrregião de Divinópolis, sendo a massa socioeconômica construída a partir de 14 variáveis sintetizadas a partir de Análise de Componentes Principais.

Figura 13: Mapas de Fluxos Migratórios e Potenciais dos Municípios da Microrregião de Divinópolis - MG



Fonte: CARVALHO (2007)

A pesquisa se apresenta como uma primeira aproximação à discussão sobre métodos de estimativa de parâmetros para Modelos Gravitacionais e Potenciais. A metodologia proposta se mostra bastante acertada, na medida em que produz parâmetros mais aproximados para a análise da interação espacial. Com relação às distâncias entre as sedes municipais, o trabalho faz uso da distância em linha reta, a qual nem sempre se mostra a mais adequadas. Entretanto, ressalta-se que esta opção metodológica se justifica em função dos objetivos propostos pelo pesquisador.

Outros aspectos dos modelos de interação espacial são abordados em pesquisas recentes. Arbia e Petrarca (2013) discutem a precisão dos dados geográficos utilizados para os cálculos de interação espacial, em especial os concernentes ao MAUP – Modifiable Areal Unit Problem (Problema das unidades de área modificáveis). Os autores apontam duas facetas interligadas

destas questões: a indeterminação de qualquer estatística derivada de mudanças na agregação dos dados e os problemas de divisão zonal dos dados. (ARBIA e PETRARCA, 2013).

Segundo os autores, nos modelos de interação espacial estas questões se tornam especialmente importantes na medida em que a escolha do nível geográfico de abordagem e do nível de desagregação da informação pode levar a falácias ecológicas (inferência de comportamentos individuais a partir de dados espacialmente agregados).

Em seu trabalho, os autores abordaram como diferentes níveis de agregação espacial nas variáveis de origem e destino podem afetar os fluxos médios quando os dados são agregados.

Akamine (2005) aborda a interação espacial aferida a partir de Redes Neurais Artificiais. Em sua pesquisa foi feita a avaliação o uso de diferentes métodos para a seleção das redes neurais e para parâmetros de estimação, com utilização de Algoritmos Genéticos. Em seu trabalho a autora com a demanda por serviços educacionais no município de São Carlos (SP) nos anos de 2000 e 2010.

Seus resultados mostraram que, embora a utilização de Algoritmos Genéticos tenha sido acertada para a construção de redes neurais para previsões de fluxos, os resultados obtidos através de um Modelo Gravitacional com dupla restrição se mostraram superiores. A restrição do número de viagens ao total de viagens geradas somadas ao total de viagens atraída é apontada como um fator de melhoria no desempenho destes modelos, uma vez que força as estimativas a se enquadrarem dentro de certos parâmetros pré-estabelecidos.

Em 2008 o IBGE lançou novos estudos abrangendo os temas de hierarquia urbana e redes de cidades. Nos estudos das Regiões de Influência das Cidades – REGIC (IBGE, 2008) foram utilizadas diversas técnicas de análise espacial para a hierarquia dos centros urbanos brasileiros, bem como suas regiões de influência. A partir de um conjunto de variáveis abrangendo aspectos referentes à gestão do território, capacidade de oferta de serviços de educação e saúde e variáveis socioeconômicas, os centros urbanos brasileiros foram hierarquizados. A partir desta hierarquização foram identificadas as áreas de influência de cada centro. Além da utilização de técnicas de Análise de Componentes Principais para a sintetização das variáveis a respeito das sedes urbanas estudadas, o trabalho da REGIC (IBGE, 2008) fez uso da Teoria de Grafos na definição de fluxos dominantes entre sedes urbanas, uma forma de identificar a hierarquia de atendimentos por serviços diversos de uma sede em relação a outra.

Em seus estudos sobre a rede urbana de Minas Gerais, Alvim (2009) analisa esta rede urbana a partir de seus fluxos migratórios, utilizando dados oriundos dos Censos Demográficos de 1991 e 2000. A partir de uma análise em grafos, foram avaliadas as capacidades de atração dos 853 municípios que compõem o estado. Esta proposta metodológica apresentou importantes

contribuições aos estudos desta natureza, dentre as quais destacam-se a análise de uma rede urbana a partir de uma topologia de grafos, apropriada a extração de métricas de centralidade e posição relativa, bem como a análise detalhada dos pólos regionais e da Região Metropolitana de Belo Horizonte. O fato do estudo ter sido em dois momentos específicos (1986-1991 e 1995 a 2000) permite o estabelecimento de um panorama recente da rede urbana do estado, bem como avaliar os processos recentes de concentração/desconcentração da população.

Em 2014 é publicado o trabalho sobre Gestão do Território, também por parte do IBGE. Nesta pesquisa, uma rede imaterial de fluxos de gestão foi estabelecida, conectando os municípios brasileiros. Embora se trate de uma rede imaterial, a mesma mostra o papel das atividades administrativas e de gestão na articulação dos municípios brasileiros. A atividade administrativa, assim como o fornecimento de serviços diversos, tende a aglomerar a população em torno de áreas centrais, gerando fluxos em direção a estes.

Em 2016, em seus estudos sobre redes e fluxos do território, a análise das Ligações Rodoviárias e Hidroviárias buscou identificar os principais destinos finais e pontos intermediários utilizados para o transporte de passageiros com diferentes motivações. (IBGE 2016). A partir dos destinos de maior frequência foi possível, com apoio em métricas de grafo, identificar localidades centrais e áreas com importância logística destacada. Esta análise de rede se baseou nos destinos de maior frequência a partir de um centro urbano, não construindo uma matriz quadrada de origens e destinos com todos os municípios. Esta abordagem permitiu identificar, a partir da recorrência com as quais as sedes eram visitadas, sua importância relativa na rede em que se inseria.

Posteriormente, já em 2017, é publicada uma nova divisão regional brasileira, estruturando o território do país em dois níveis – Regiões Geográficas Intermediárias e Regiões Geográficas Imediatas, em analogia às meso e microrregiões criadas em 1990. Tomando por base os estudos da Região de Influência das Cidades (IBGE, 2007); das Redes de Gestão do Território (IBGE, 2014) e Ligações Rodoviárias e Hidroviárias (IBGE, 2016), bem como dados históricos e cartográficos, foram propostos os dois níveis de articulação. Este estudo identificou, em uma escala de detalhes, as redes urbanas de referência ao apoio cotidiano dos municípios, bem como o centro destas.

Embora guardem diferenças significativas entre suas abordagens metodológicas e seus objetivos, os trabalhos apresentados nesta seção se relacionam aos temas de Hierarquia Urbana, Redes Urbanas e Interação Espacial. Em grande medida, a maneira de abordar o espaço regional, bem como as escalas de trabalho, se assemelham à proposta metodológica apresentada nesta tese. Importante ressaltar que os trabalhos selecionados não esgotam a bibliografia sobre

os temas pesquisados, sendo apresentados por suas proximidades metodológicas, forma de tratamento de dados e áreas de concentração.

3. METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentadas e discutidas as abordagens metodológicas adotadas durante a pesquisa, o recorte espacial, a seleção e o tratamento dos dados, bem como as técnicas utilizadas. Para cumprir esta proposta, o capítulo foi estruturado em cinco etapas: i) a apresentação e descrição da abordagem metodológica selecionada para o trabalho; ii) as fontes, recortes e sistematização dos dados secundários utilizados para caracterização dos municípios (nós), rodovias (arestas) e fluxos (intensidades de relação); iii) a Análise Espacial dos padrões pontuais (hierarquias das sedes urbanas); iv) a construção e análise de um grafo constituído das rodovias que interligam as sedes municipais (arestas que sustentam as redes); v) a construção e análise de um grafo constituído das interações espaciais entre as sedes urbanas (fluxos migratórios diversos) e; vi) a análise das relações entre massas, posições na rede de estrada e os fluxos (interações) entre os municípios a partir de regressão linear múltipla.

3.1. Abordagem Metodológica

A pesquisa foi construída a partir de método hipotético-dedutivo, partindo-se das teorias que explicam a configuração e o funcionamento das redes urbanas analisando-as a partir de seus nós, relações e arestas. Tendo em vista responder aos questionamentos: como os fluxos são determinantes/determinados pelas hierarquias e centralidades? Como se articulam os nós que compõem uma determinada rede urbana e quais eixos rodoviários de maior preponderância para a rede urbana de Minas Gerais?

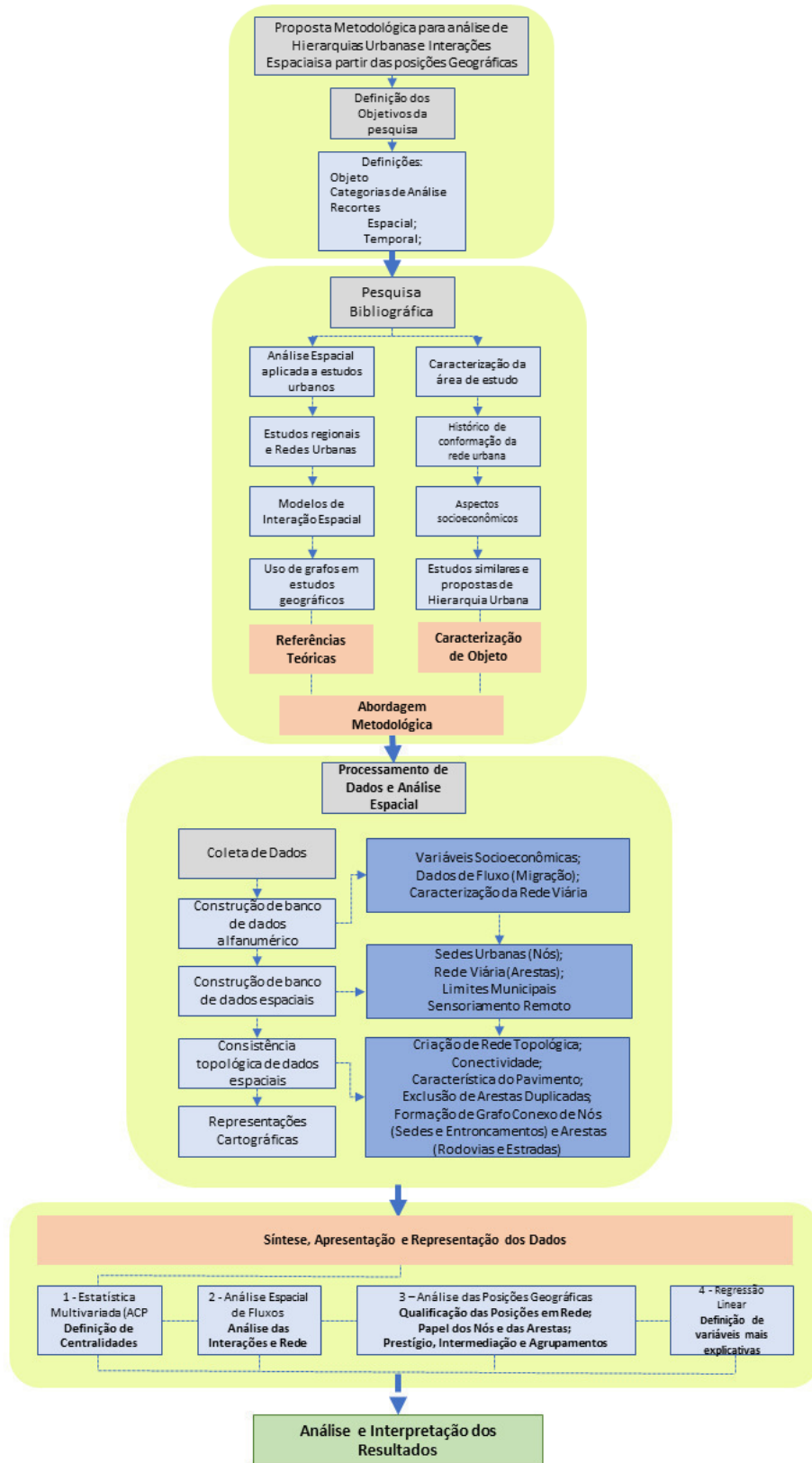
A hipótese inicial de que a intensidade dos fluxos entre os componentes de uma rede seja resultado tanto das massas envolvidas nas relações como das condições de acessibilidade exige um grau de abstração e o tratamento de um volume de dados compatível com o ferramental teórico e metodológico destas abordagens. Além disso, ressalta-se que as análises de tal natureza fazem uso, em maior ou menor grau, de técnicas quantitativas e abordagens a partir de modelos, podendo ser citados os trabalhos da REGIC (IBGE, 2008); Redes de Transporte (IBGE, 2014); Cemig (1987), dentre outros.

Além da utilização de técnicas matemáticas e estatísticas típicas de Análise Espacial, o caráter espacial dos elementos analisados exigiu a construção de um Banco de Dados Geográficos em ambiente SIG.

Os Sistemas de Informações Geográficas, neste caso, foram utilizados tanto para o armazenamento de dados e variáveis acerca dos fenômenos espaciais estudados como para a realização de análise espaciais, com ênfase para aquelas voltadas à análise de redes e fluxos.

As etapas de construção da pesquisa são apresentadas no fluxograma metodológico.

Figura 14: Fluxograma Metodológico



Fonte: Elaborado pelo autor

A partir da definição dos objetivos da pesquisa, foram definidas as escalas e critérios para coleta de dados, bem como o recorte temporal. Os dados foram coletados tendo como referências espaciais os 853 municípios que compõem o estado de Minas Gerais. Embora parte dos indicadores utilizados se refira ao total de ocorrências no território municipal, os dados foram agregados de forma pontual à localização das sedes urbanas, para fins de representação e análise. As limitações metodológicas de se trabalhar com sedes urbanas se deve ao nível de desagregação da informação disponível nas fontes oficiais. Dados essenciais à compreensão da dinâmica urbana, tais como Produto Interno Bruto – PIB e arrecadação tributária, embora se refiram ao total de bens produzidos e taxados no território de um município (incluindo-se aí as atividades não urbanas, como agricultura e mineração), foram agregados ao nível das sedes, de forma pontual. Para a definição de recorte temporal, foram selecionados os dados referentes à data de referência do último levantamento censitário (2010). Para o caso de dados cuja obtenção se faz com referência a um mês específico, foi utilizada como referência a data de Julho de 2010 (período de referência do censo). Para os demais dados (computados anualmente), utilizou-se como referência o ano de 2010.

A referência de rede rodoviária utilizada foi o mapa rodoviário de Minas Gerais de 2017, obtido em formato PDF junto ao DER-MG. Este mapa, referência em estado de atualização, foi obtido apenas em formato de imagem, não compatível com as necessidades da pesquisa.

As etapas da proposta metodológica são tratadas em detalhe nas próximas seções.

3.2. Banco de Dados para caracterização e hierarquização das sedes urbanas

Tendo em vista a caracterização das unidades espaciais básicas utilizadas na pesquisa (sedes urbanas), foram selecionadas variáveis socioeconômicas que indicassem aspectos referentes à infraestrutura econômica, dinamismo do setor terciário e oferta de serviços. Estes dados foram utilizados para a construção de uma hierarquia entre as sedes municipais baseadas em funções urbanas e capacidade de atração/interação espacial.

A escolha das variáveis buscou abarcar diferentes aspectos da diversidade socioeconômica dos municípios que compõem a área de estudo. Este processo levou em consideração os objetivos do trabalho e as unidades espaciais de análise utilizadas em sua construção. A opção por utilizar o conceito de regiões interdependentes (polarizadas) supõe a existência de conexões entre as unidades que a compõem e não necessariamente a existência de áreas homogêneas. As regionalizações a partir da interdependência partem da identificação das forças de atração dos centros que compõem a área de estudo.

No banco de dados da pesquisa, o uso de variáveis de disponibilidade de serviços busca exprimir a capacidade de cada município em atrair a população de seu entorno. A complementaridade existente entre, de um lado, a oferta de serviços disponíveis em determinado centro urbano e, de outro, da demanda por estes por parte dos menores centros, age como um indutor de interações espaciais caracterizadas pela troca de mercadorias, trânsito de pessoas e fluxo de capital.

Sobre esta relação de interdependência, Morrill e Dormitzer (1979) afirmam que as pequenas vilas e cidades com pequena variedade de serviços se desenvolvem para atender à população rural de seu entorno. Numa quantidade menor, cidades maiores oferecem serviços mais especializados que atendam a uma maior área de comércio, enquanto a maior cidade da rede possui maior quantidade e serviços mais especializados, os quais atenderão à toda a região. (MORRILL; DORMITZER, 1979, p. 175). Desta forma, identificar a oferta destes serviços e seu grau de especialização é um passo importante para a caracterização de uma rede urbana e da hierarquia dos centros que a compõem.

O banco de dados foi constituído de variáveis que abarcam 5 diferentes dimensões: Características Socioeconômicas Gerais; Presença de Funções Administrativas e equipamentos especializados; Quantidade e Porte das Empresas; Disponibilidade de serviços de Educação e Saúde. Estas cinco dimensões abarcam características socioeconômicas gerais, que propiciam uma caracterização preliminar dos municípios em aspectos relativos a seu porte, características básicas de rendimento e ocupação de sua população, quantidade de empregados por setor de atividade econômica (utilizada como medida de intensidade de atividade por setores), características gerais das empresas existentes no município, matrículas nos serviços de educação e quantidade de instituições de ensino em diferentes níveis e disponibilidade de serviços de saúde em diferentes níveis de atenção.

As 5 dimensões são apresentadas e discutidas a seguir, bem como as variáveis que as compõem e suas fontes de consulta.

Características Socioeconômicas Gerais

As variáveis selecionadas para esta dimensão se relacionam a condições socioeconômicas gerais dos municípios em estudo, sendo utilizadas como medidas de capacidade de atração geral de fluxos populacionais e de qualidade de vida. Estas variáveis buscam explicar o conceito geral de Massa Socioeconômica através de dados relativos à produção geral, circulação de impostos, infraestrutura de apoio.

- População Urbana – Obtida segundo o último levantamento censitário. Fonte: (IBGE, 2010)
- Número de Agências Bancárias – Número de agências bancárias por município, excluídos postos de serviços. Fonte: (BANCO CENTRAL, 2019)
- Valor Adicionado Bruto, a preços correntes, da Indústria (em R\$ 1.000,00) – Correspondendo ao valor das atividades produtivas deste setor no decurso do período de análise. Fonte: (IPEA, 2010).
- Valor Adicionado Bruto, a preços correntes, dos Serviços (inclusive administração, saúde e educações públicas e seguridade social) (em R\$ 1.000,00) – Correspondendo ao valor das atividades produtivas deste setor no decurso do período de análise. Fonte: (IPEA, 2010).
- Valor Adicionado Bruto, a preços correntes, da Administração, saúde e educações públicas e seguridade social) (em R\$ 1.000,00) – Correspondendo ao valor das atividades produtivas deste setor no decurso do período de análise. Fonte: (IPEA, 2010).
- Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos, a preços correntes (em R\$ 1.000) – Correspondendo aos impostos sobre produtos no município. Fonte: (IPEA, 2010).
- ICMS – Indústria – Representa do total de ICMS recolhido por município, originalmente disponibilizados para os 42 segmentos da CNAE 2.0, agrupadas⁴ segundo grandes grupos de atividade. Fonte: (SEFA, 2019).⁵
- ICMS – Comércio – Representa do total de ICMS recolhido por município, originalmente disponibilizados para os 42 segmentos da CNAE 2.0, agrupadas⁶ segundo grandes grupos de atividade. Fonte: (SEFA, 2019).⁷
- ICMS – Serviços – Representa do total de ICMS recolhido por município, originalmente disponibilizados para as os 42 segmentos da CNAE 2.0, agrupadas⁸ segundo grandes grupos de atividade. Fonte: (SEFA, 2019).⁹

5 Outros Equipamentos de Transporte; Material Eletrônico, Aparelhos e Equipamentos de Comunicações; Metalurgia Básica - Ferrosos; Metalurgia Básica - não Ferrosos; Minerais não Metálico; Móveis; Produção de Combustíveis; Produção de Energia Elétrica; Produtos Alimentícios; Produtos de Metal; Produtos de Perfumaria e Cosméticos; Produtos de Plástico; Produtos Farmacêuticos; Produtos Químicos; Produtos Têxteis; Reciclagem

⁷ Segmento: Comércio Atacadista; Comércio Varejista - Outros; Lojas de Departamentos; Revendedoras de Veículos; Supermercados

⁹ Segmento: Serviços - Outros; Serviços de Comunicação; Serviços de Transporte; Distribuição de Combustíveis; Distribuição de Energia Elétrica

- Quantidade de benefícios emitidos pelo Instituto Nacional do Seguro Social – INSS (Benefícios Previdenciários e de Legislação Específica) – Quantidade de benefícios pagos no ano de referência. Fonte: (INSS, 2019)
- Total de Ativos Bancários: (BACEN, 2019)

Presença de Funções Administrativas e equipamentos especializados

A componente principal relativa à presença de equipamentos urbanos e funções administrativas tem como objetivo identificar, dentre os centros analisados, aqueles que dispõem destas funções urbanas.

As variáveis foram selecionadas visando hierarquizar os centros urbanos, identificando centros de gestão e administração de nível estadual. Desta forma, as funções relativas às administrações regionais de serviços públicos (como educação, saúde e segurança), bem como a presença de equipamentos públicos de atendimento à população (Postos de Atendimento da Receita Federal e do INSS), foram utilizados como indicativos da função urbana de administração.

- Presença de Postos da Receita Federal
- Presença de Superintendência Regional de Saúde
- Presença de Postos de Atendimento do INSS
- Presença de Superintendência Regional de Educação
- Presença de Sedes de Regiões de Segurança Pública
- Presença de Aeródromos Públicos
- Presença de Bibliotecas Públicas
- Presença de Centros Culturais e Galerias
- Presença de Museus
- Presença de Teatros e Cinemas

Empresas por Setores de atividade e Tamanho

A componente temática relativa às empresas por setores de atividade visa identificar, de maneira análoga aos dados relativos ao número de empregados, a predominância de atividades

ligadas a determinados setores da economia nos municípios. Busca-se identificar aqueles que se destacam nos diferentes tipos de atividades econômicas e possuem maior dinamismo econômico.

Além destes dados, foram selecionados dados relativos ao número total (frequência) de empresas por número de empregados. Esta variável busca captar a existência de grandes unidades empresariais, as quais, embora representem apenas uma unidade, impactam de forma significativa a rede urbana onde se inserem, especialmente pela possibilidade de maior disponibilidade de vagas de emprego.

Os dados de empresas por setores de atividade (com base nas seções da CNAE 2.0) foram tratados de maneira individual (mantendo-se as classes). Esta opção se deu em função de permitir a identificação de setores de maior preponderância dentre os municípios analisados, em especial as atividades dos setores de serviços especializados.

Foram selecionadas as seções de atividades econômicas da CNAE 2.0 relacionadas a atividades tipicamente urbanas: Construção; Comércio, Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas; Transporte, Armazenagem e Correio; Alojamento e Alimentação; Informação e Comunicação; Atividades Financeiras, de Seguros e Serviços Relacionados; Atividades Imobiliárias; Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas; Atividades Administrativas e Serviços Complementares; Administração Pública, Defesa e Seguridade Social; Educação; Saúde Humana e Serviços Sociais; Artes, Cultura, Esporte e Recreação e Outras Atividades de Serviços.

- Número de Empresas por seções da CNAE. Frequência (Número de empresas), originalmente disponibilizados para as 21 seções da CNAE 2.0, das quais foram selecionadas as 14 classes que se relacionam a atividades urbanas, tomando como período de referência dezembro de 2010. Fonte: (IBGE, Cadastro de Empresas, 2019)
- Número de Empresas até 9 funcionários. Frequência (Número de empresas) por classe de tamanho. Além do número total de empresas, o porte das mesmas é uma variável importante para a caracterização dos municípios estudados, uma vez que uma grande unidade industrial (embora contabilizada como apenas uma unidade/estabelecimento), tem capacidade de modificar toda uma base produtiva local, atraindo a população do entorno e impactando na geração de emprego e renda. Classe gerada pelo agrupamento

de três classes originais (empresas com 0 empregados; 1 a 4 empregados e 5 a 9 empregados). Fonte: (RAIS/CAGED, 2019)

- Número de Empresas de 10 a 19 funcionários. Frequência (Número de empresas) por classe de tamanho. Fonte: (RAIS/CAGED, 2019)
- Número de Empresas de 20 a 99 funcionários. Frequência (Número de empresas) por classe de tamanho. Classe gerada pelo agrupamento de duas classes originais (empresas com 20 a 49 empregados e 50 a 999 empregados). Fonte: (RAIS/CAGED, 2019)
- Número de Empresas de 100 a 499 funcionários. Frequência (Número de empresas) por classe de tamanho. Classe gerada pelo agrupamento de duas classes originais (empresas com 100 a 200 empregados e 250 a 499 empregados). Fonte: (RAIS/CAGED, 2019)
- Número de Empresas acima de 500 funcionários. Frequência (Número de empresas) por classe de tamanho. Classe gerada pelo agrupamento de duas classes originais (empresas com 500 a 999 empregados e acima de 1.000 empregados). Fonte: (RAIS/CAGED, 2019)

Educação

As variáveis relativas ao Tema Educação foram selecionadas no intuito de se caracterizar os municípios quanto à oferta destes serviços. Partindo-se do princípio que os serviços educacionais são, de forma geral, fatores de atração da população em diferentes níveis, sua utilização na construção de uma variável que indique a capacidade de atração de população pelos municípios é necessária.

O número de matrículas foi selecionado como variável principal na medida em que, para além do número de unidades, o mesmo indica uma hierarquia dos mesmos. Busca-se, desta forma, identificar não apenas o número de estabelecimentos de ensino, mas também a capacidade de atração dos mesmos.

- Matrículas na Educação Básica - Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Indicativo de oferta de serviços educacionais. Fonte: (INEP, 2010)

- Matrículas na Educação Infantil – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Indicativo de oferta de serviços educacionais. Embora o número de instituições de ensino seja de grande valia, o número de matrículas permite uma qualificação destes serviços e uma hierarquização dos mesmos em função de seu tamanho e capacidade de atendimento. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas no Ensino Fundamental – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas no Ensino Médio – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas na Educação Profissional – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas na Educação de Jovens e Adultos - EJA – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas na Educação Especial – Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Matrículas na Educação Superior - Número de matrículas na modalidade de ensino no ano de 2010. Fonte: (INEP, 2010)
- Número de Instituições de Ensino Superior – Número de Instituições que ofereciam esta modalidade de ensino em 2010.
- Número de Alunos em cursos de pós-graduação – Número de alunos matriculados em cursos de pós-graduação em 2010. Fonte (CAPES, 2010).
- Número de Cursos de Pós Graduação – Número de Cursos de Pós-Graduação por município. Fonte (INEP, 2010)

- Número de Tipos de Cursos de Pós-Graduação - Número de Tipos de Cursos de Graduação por município. Fonte (INEP, 2010)

Saúde

As variáveis referentes à componente temática da Saúde buscam identificar a infraestrutura de atendimento à saúde de cada um dos municípios analisados. Estas variáveis abrangem os estabelecimentos de saúde por nível de atenção, o número de internações por município e a mortalidade infantil.

Os serviços de saúde mostram o grau de sofisticação de um município em sua rede, servindo como indicadores de centralidade. A presença de equipamentos de maior nível de complexidade geralmente se correlaciona a maiores hierarquias urbanas, os quais servem de referência aos municípios de seu entorno imediato. Ressalta-se que a estratégia de regionalização do Sistema Único de Saúde – SUS visa a distribuição de recursos materiais e humanos pelo território de modo a garantir a maior cobertura possível e o maior atendimento à população.

- Número de Estabelecimentos de Saúde de Média Complexidade – Número de estabelecimentos de saúde (unidades de saúde) do nível de atenção por município no ano de referência (2010). Classe criada a partir do agrupamento das seguintes classes: Estabelecimentos de Atenção Ambulatorial de Média Complexidade Estadual; Estabelecimentos de Atenção Ambulatorial de Média Complexidade Municipal; Estabelecimentos de Atenção Hospitalar de Média Complexidade Estadual e Estabelecimentos de Atenção Hospitalar de Média Complexidade Municipal. Fonte: (DATASUS, 2019)
- Número de Estabelecimentos de Saúde de Alta Complexidade – Número de estabelecimentos de saúde (unidades de saúde) do nível de atenção por município no ano de referência (2010). Classe criada a partir do agrupamento das seguintes classes: Estabelecimentos de Atenção Hospitalar de Alta Complexidade Estadual e Estabelecimentos de Atenção Hospitalar de Alta Complexidade Municipal. Fonte: (DATASUS, 2019)

- Número de Estabelecimentos de Saúde do Tipo Básico. Número de estabelecimentos (Unidades de Saúde) por tipologia por município no ano de referência (2010). Classe criada a partir do agrupamento das seguintes classes: Centro de Apoio à Saúde da Família – CASF; Centro de Atenção Psicossocial – CAPS; Centro de Saúde/Unidade Básica de Saúde; Centro de Regulação de Serviços de Saúde; Consultórios; Farmácias; Posto de Saúde; Secretaria de Saúde; Unidade de Vigilância de Saúde; Unidade Mista e Unidades Móveis Terrestres. Fonte: (DATASUS, 2019)
- Número de Estabelecimentos de Saúde do Tipo Hospitais Especializados, Clínicas e Pronto-Socorro. Número de estabelecimentos (Unidades de Saúde) por tipologia por município no ano de referência (2010). Classe criada a partir do agrupamento das seguintes classes: Clínica Especializada/Ambulatório Especializado; Pronto Socorro Especializado; Pronto Socorro Geral; Unidade de Serviço de Apoio à Diagnose e terapia; Unidade Móvel de nível pré-hospitalar de urgência/emergência; Hospital Geral; Hospital Dia; Laboratório Central de Saúde Pública – LACEN; Fonte: (DATASUS, 2019)
- Número de Internações por Município: Número de internações no período de referência (2010) em cada um dos municípios. As estatísticas de internação indicam a oferta de serviços de saúde mais especializados, em especial à oferta de leitos. Ressalta-se que uma parcela dos municípios não possui infraestrutura para internação, necessariamente recorrendo à municípios de seu entorno para suprir estes serviços. Fonte: (DATASUS, 2019)
- Número de Equipamentos de saúde. Número de equipamentos de saúde por tipologia existentes nos municípios no ano de referência (2010). A presença destes equipamentos especializados indica uma maior sofisticação e variedade de serviços de atendimento à saúde nos municípios. A oferta de serviços de saúde é indutora de fluxos e interações diversas entre os municípios. As classes de equipamento foram selecionadas com base nos estudos para a delimitação das Regiões de Influência das Cidades – REGIC (IBGE, 2007). As tipologias utilizadas foram: Mamógrafo com comando simples; Mamógrafo com Estereotaxia; Tomógrafo Computadorizado; Ressonância Magnética; Ultrassom Doppler Colorido; Ultrassom Ecógrafo; Ultrassom Convencional; Eletrocardiógrafo;

Eletroencefalógrafo; Equipamento de Circulação Extracorpórea. Fonte: (DATASUS, 2019)

3.2.1. Análise de Componentes Principais

Para a operacionalização do trabalho as variáveis selecionadas foram utilizadas para a qualificação dos centros urbanos em estudo, as quais foram agrupadas segundo temática em 5 blocos. Cada um destes blocos, contendo um número específico de variáveis, foi sintetizado a partir da técnica de Análise de Componentes Principais – ACP. Esta etapa foi necessária em função da grande quantidade de variáveis, as quais, analisadas de forma individual, tornariam o trabalho extenso e difuso, não permitindo, assim, a identificação de padrões de repetição e de concentração.

A Análise de Componentes Principais – ACP é uma das técnicas da estatística multivariada de dados, sendo um dos tipos de análise fatorial. Seu uso permite a análise de padrões e relações entre grande número de variáveis, o qual pode ser resumido em um menor conjunto de fatores (componentes). (HAIR *et al*, 2007, p. 89). A partir desta técnica, o conjunto de dados passa a ser resumido num novo conjunto de fatores – Componentes Principais. Tal técnica é bastante utilizada em situações semelhantes, servindo de apoio a criação de índices em estudos urbanos, regionais e socioeconômicos. Estes trabalhos geralmente lançam mão desta técnica para analisar variáveis correlacionadas, as quais indicam um mesmo fenômeno.

Pode-se apontar como objetivo central da aplicação da ACP, em trabalhos desta natureza, a síntese de um conjunto de variáveis em um número de Componentes Principais, representativas deste fenômeno. Desta forma, ao invés de se trabalhar com um conjunto de 10, 20 ou mais variáveis, o pesquisador pode optar por adotar o Escore da Primeira Componente como uma variável suficientemente representativa deste conjunto.

A partir do cálculo das componentes, estas são trabalhadas para se encontrar os escores de cada unidade espacial analisada. Estes escores permitem criar o *ranking* (dado ordenado) dos casos estudados (no caso da presente pesquisa, dos municípios) com relação ao conjunto de dados sintetizado naquela componente principal. Estes escores podem ser mapeados ou utilizados como índices ou fatores na composição de um índice.

Foram utilizados dois *softwares* para o cálculo das Componentes Principais – o *NinnaPCA* (ALENCAR, 2009) e o *software* IPEAGEO, construído e disponibilizado para download pelo Instituto de Pesquisas Econômicas Aplicadas – IPEA. Os dois softwares operam de maneira semelhante, exigindo que os dados sejam organizados em formato Excel XLS sob

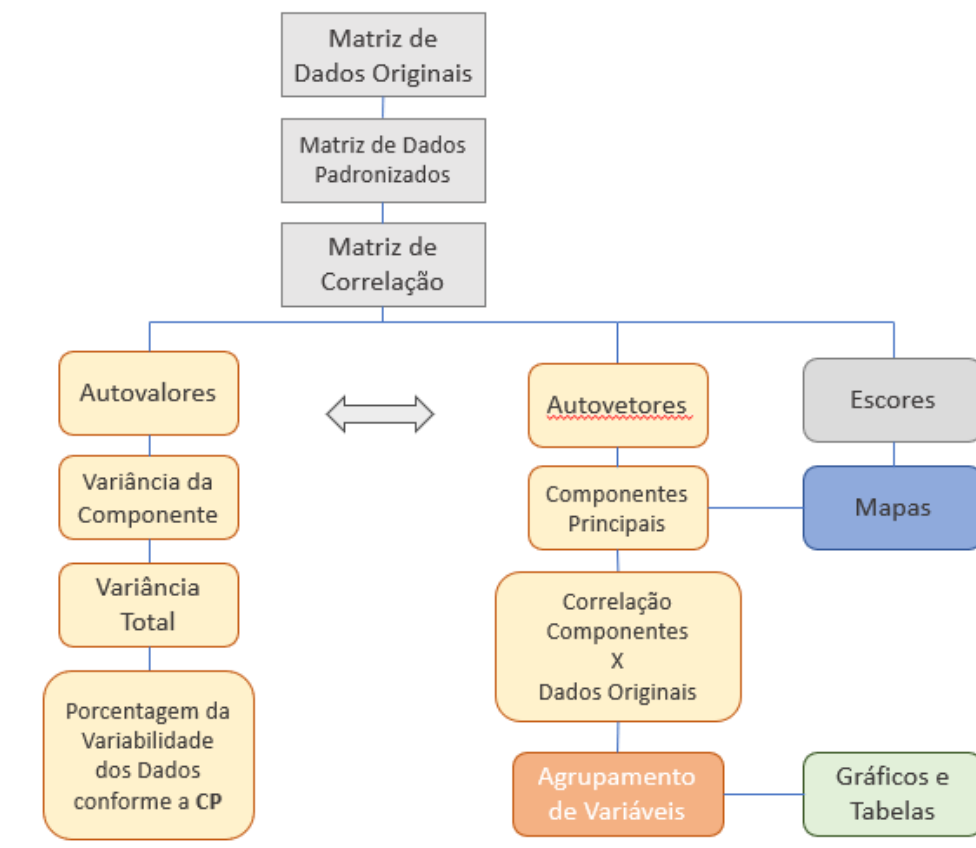
a forma de uma matriz na qual as linhas representam os casos (unidades espaciais – neste caso municípios) e as colunas as variáveis a serem processadas.

Para a pesquisa as principais componentes foram calculadas a partir da matriz de correlação entre os dados, que indica a existência ou não de interdependência entre as variáveis. Segundo Hair et al (2007), nas análises fatoriais de forma geral a matriz de correlação é utilizada para verificar o grau de interdependência entre as variáveis analisadas, sendo que quanto mais próximos os valores de 1 e de -1, maior a correlação, seja ela positiva (no caso de valores positivos), seja negativa (no caso de valores negativos). Os valores próximos a 0, por sua vez, indicam a inexistência de correlação entre as variáveis. (HAIR et al, 2007).

Conjuntos de dados com maiores correlações entre as variáveis que os compõem tendem a gerar componentes principais com maior capacidade de síntese dos dados originais e, portanto, mais relevantes para as pesquisas com finalidades de formulação de índices e agrupamento de variáveis.

O fluxograma a seguir apresenta, de maneira sintética, as etapas de uma Análise de Componentes Principais:

Figura 15: Fluxograma da Análise de Componentes Principais - ACP



Fonte: Adaptado de ALENCAR, 2009

Para o tratamento dos dados foi realizada uma Análise de Componentes Principais para cada uma das 5 dimensões, de maneira a, ao mesmo tempo, reduzir o número de variáveis a serem trabalhadas e manter separados os dados relativos a diferentes dimensões. Os Escores das Componentes Principais geradas para cada uma das dimensões foram adotados como índice de intensidade/massa desta dimensão para cada um dos municípios analisados, em etapa posterior. Estes escores representam a hierarquia de cada um dos municípios com relação ao aspecto nelas sintetizados.

Os 5 blocos temáticos foram tratados a partir da Análise de Componentes Principais de forma isolada, gerando 5 índices independentes.

Desta forma, para cada um dos 5 blocos temáticos de variáveis, foi adotada a Primeira Componente como sendo representativa da variabilidade dos dados contidos neste bloco. Após esta etapa foram avaliadas as Cargas Fatoriais (Loadings), que representam a associação de cada variável original com a componente, indicando o quanto cada uma destas contribui para a formação desta Componente. A combinação linear das variáveis originais e suas cargas fatoriais (loadings) gerou os *Escores* desta Componente Principal. Estes *Escores* foram utilizados para hierarquizar os municípios com relação aos diferentes temas. A Análise de Componentes Principais – ACP, foi utilizada na pesquisa como ferramenta de análise, não havendo o objetivo de aprofundamento nas discussões acerca do tema. Para maiores detalhamentos da técnica, ver Alencar (2009) e Carvalho (2009).

3.3. Definição da Hierarquia Urbana, Fluxos e Interações e Qualificação da Rede de Cidades

Nesta etapa são apresentados os procedimentos metodológicos propostos para o desenvolvimento das 4 etapas apresentadas no Fluxograma Metodológico (Figura 15), a saber: Hierarquização das Sedes Urbanas; Caracterização dos Fluxos e Interações Espaciais; Qualificação das Sedes Urbanas quanto à sua posição geográfica na Rede e Definição das variáveis de maior poder explicativo das interações espaciais.

3.3.1. Hierarquização das Sedes Urbanas

Após a Análise de Componentes Principais e a obtenção das Primeiras Componentes e seus Escores, estes valores foram utilizados indicadores de Hierarquia Urbana após

padronização. Esta etapa visa gerar uma hierarquia urbana geral, baseada em funções urbanas e características socioeconômicas gerais, passível de ser analisada espacialmente.

3.3.2. Análise das intensidades de interação entre as sedes urbanas a partir de fluxos populacionais

A terceira etapa se refere à análise do perfil de interações espaciais existentes entre os municípios de Minas Gerais. A medida da interação espacial existente é utilizada no presente trabalho como forma de avaliação da estrutura espacial de relações e de trocas existentes no estado. A dificuldade em se trabalhar com fluxos e interações ocorre tanto pela disponibilidade de dados referentes ao tema quanto pela manipulação dos mesmos. A construção de uma matriz de fluxos dos municípios de Minas Gerais gerou uma matriz quadrada de 853 linhas por 853 colunas, totalizando 727.609 células.

Em função da maior disponibilidade de dados e periodicidade (permitindo que a metodologia proposta seja replicada em outras realidades/temporalidades), foram selecionados dados representativos de interações espaciais: migração (migrantes por data fixa, analisados a partir de dados contidos no último censo demográfico - 2010).

Os dados de migração tomaram por base o conceito de Migrante de Data Fixa. Considerou-se “migrante” de data fixa os indivíduos que se residiam no município no período de referência do censo, e que cinco anos antes, residiam em localidade diferente da declarada no período de referência do Censo de 2010. Cabe ressaltar que o uso dos dados de migração por data fixa como medida de interação visa à proposição de uma medida que possa ser atualizada e calculada em qualquer contexto, uma vez que este possui atualização em periodicidade censitária e é disponibilizado sob a forma de uma matriz quadrada. Embora haja limitações na utilização de dados de migração data fixa, uma vez que nem sempre as migrações ocorrem em função de motivação socioeconômica, sua disponibilidade e consistência justificam a opção.

Os dados foram organizados em uma matriz quadrada de 853 x 853, sendo os municípios ordenados a partir de seu código municipal. A opção pela utilização do código se deu em função das diferenças nas grafias dos topônimos existente entre as diferentes bases consultadas. Os dados foram recortados para o estado de Minas Gerais, tendo sido excluídos os fluxos com origem ou destino localizados fora do estado. É importante ressaltar que as migrações intraestaduais se mostram, atualmente, mais representativas que os movimentos migratórios inter-estaduais. Tomando por base os dados do Censo Demográfico de 2010, verifica-se que,

do total de 2.730.292 migrantes de nacionalidade brasileira que se destinaram aos municípios do estado nos últimos 10 anos, aproximadamente 69% (1.884.038 migrantes) tinham como origem municípios do próprio estado, enquanto 31% (846.254) tinham como origens municípios de outras unidades da federação. (FJP, 2017). Estes dados mostram a importância dos fluxos migratórios de caráter intra-estadual no contexto atual. As trocas populacionais entre os municípios de uma mesma unidade da federação se constituem importantes medidas do panorama de interações espaciais de caráter regional.

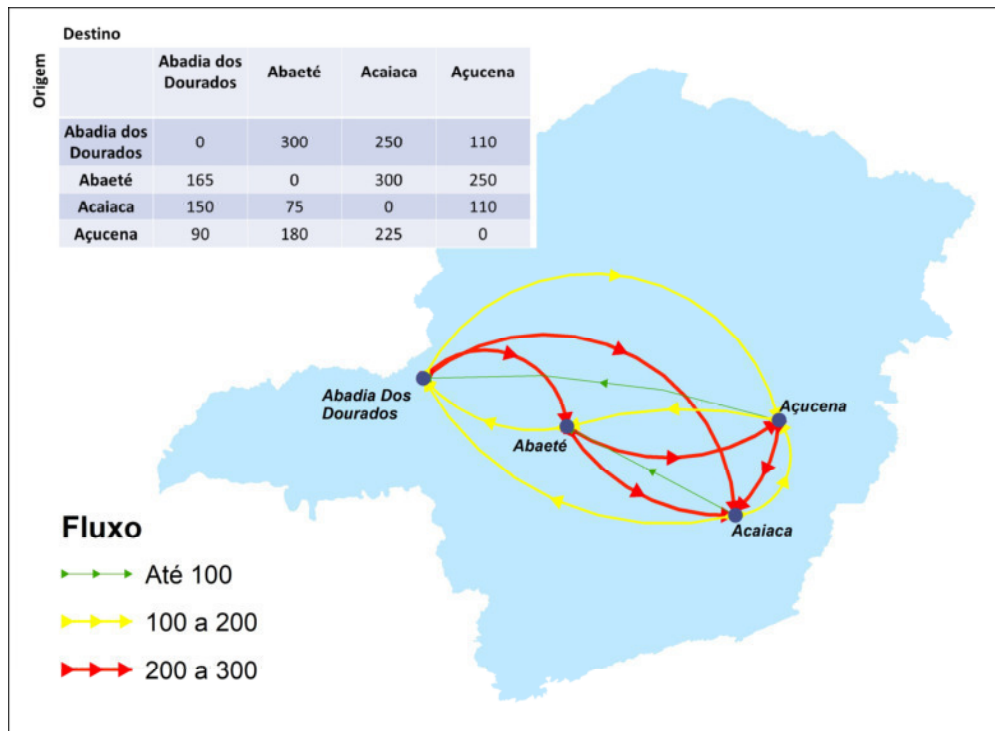
Estes fluxos são utilizados como medidas de intensidades de relações e interações, variáveis importantes na identificação de regiões por critérios de interdependência. As matrizes geradas a partir do tratamento dos dados mostram os municípios com maior quantidade de imigrantes e emigrantes.

Tendo em vista os objetivos da pesquisa, os dados relativos à interação espacial são utilizados como “variável resposta”, uma vez que os mesmos indicam o grau de centralidade de cada município na rede urbana analisada. Busca-se, através da caracterização das massas dos municípios e de sua posição em relação à rede de rodovias existente, identificar os fatores que mais influenciem este fenômeno.

Após a construção das matrizes de origem e destino dos fluxos, a mesma foi transformada em grafo no qual o conjunto de nós é composto pelas 853 sedes municipais de Minas Gerais e as arestas pelos pares de ligação (fluxos) entre os mesmos. Este grafo foi valorado com o total de população em movimento (fluxo migratório), expressando, assim, uma medida de intensidade de relações entre os municípios.

A figura 16 mostra, de maneira esquemática, a construção do grafo a partir dos dados da matriz.

Figura 16: Construção de um grafo a partir das matrizes de fluxo

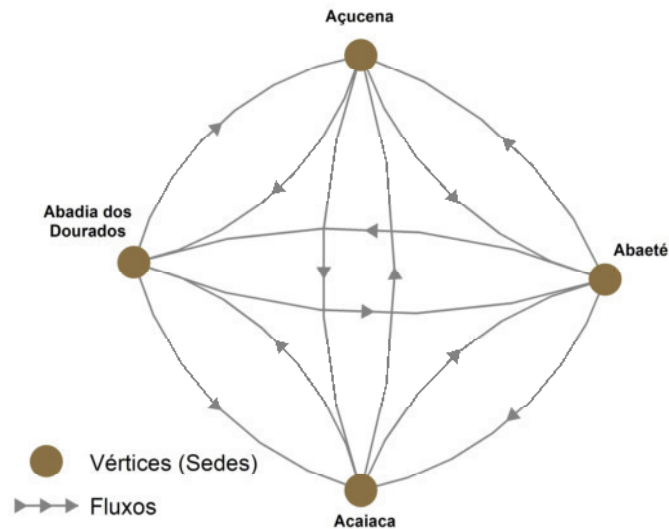


Fonte: Elaborado pelo autor

A matriz de origens e destinos foi transformada num grafo, conforme Figura 16, sendo a migração utilizada como peso das arestas, criando então um grafo direcionado (digrafo) e valorado. O grafo direcionado é composto por arestas com direção, sendo muito utilizado na definição de caminhos mínimos em análises de transporte intra-urbano, uma vez que as ruas apresentam possibilidades de caminho limitadas (mãos e contramãos) e na definição de direção de fluxos diversos.

O grafo apresentado no mapa pode ser simplificado da seguinte forma.

Figura 17: Representação do dígrafo por nós e arestas



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 17 mostra as relações entre as mesmas cidades destacadas no mapa e na tabela, desta vez de forma simplificada. É importante notar que as medidas de interação serão computadas para cada par de vértices duas vezes - indicando fluxos de entrada e de saída. A opção por utilizar esta topologia se dá em função das métricas de grafo a serem avaliadas, para as quais a direção do fluxo tem grande importância.

A criação de uma variável de “saldo líquido” que representasse a diferença entre chegadas e saídas em cada aresta, embora de grande valia à interpretação da dinâmica migratória local, não se mostraria adequada a avaliação da interação total entre cada par de vértices, uma vez que municípios que trocassem grande quantidade de população nos dois sentidos seriam computados com baixo saldo, embora possuam alta capacidade de interação.

Por questões metodológicas e limitações topológicas, esta etapa da pesquisa será utilizada para extrair métricas e medidas de centralidade em grafo apenas dos nós (sedes urbanas) e não das arestas. Uma vez que as arestas, nesta modelagem, não representam de fato os caminhos percorridos pelos migrantes, opta-se por utilizar medidas referentes aos nós. Estes por sua vez, representam topologicamente os municípios analisados no âmbito da pesquisa.

Diante destes pressupostos, foram selecionadas as seguintes medidas para investigação do grau de centralidade de cada município na rede de municípios mineiros.

- Centralidade de Grau – *Degree* – Peso de cada um dos Nós na rede em função da quantidade de conexões que este possui. Indica quantas vezes cada sede municipal serviu de origem ou de destino nas relações de conexão entre as demais.

- Grau Ponderado Médio – *Weighted Degree* – Peso de cada um dos nós na rede em função da quantidade de conexões ponderado pelo volume (intensidade) destas.
- Grau de Entrada - *Indegree* – número de conexões recebidas (que chegam a cada ao nó). Tal valor é utilizado como medida de popularidade de um determinado nó, indicando, neste caso, o quão recorrente é a migração em direção a determinada cidade.
- Grau de Entrada Ponderado - *Weighted Indegree* – Medida de centralidade similar ao grau médio, embora, em sua medida, utiliza-se dos pesos das arestas para definição dos pesos dos nós. Esta medida se mostra muito apropriada aos objetivos da pesquisa, uma vez que indica o quanto a cidade (nó) possui interações de grande intensidade. Neste caso, a centralidade de cada nó é medida não somente pelo número de relações deste, mas também pelo número de relações de grande volume. Mostra, entre outras medidas, o quanto uma sede urbana se liga a sedes urbanas com ligações fortes.

Estas medidas serão adotadas como forma de se criar um Indicador de Interação Espacial para cada uma das sedes urbanas. Ressalta-se, que sua aplicação em grafos permite que sejam verificados laços fortes e fracos, bem como interligações de diferentes naturezas. A centralidade média de cada nó mostra o grau de prevalência do mesmo sobre os demais. O tratamento de dados adotado, optando-se por não replicar quaisquer medidas relativas às arestas, permite que se estabeleça um panorama geral dos municípios mineiros e de sua hierarquia de interdependência. As medidas de Grau Médio - Quantas conexões cada Sede Urbana Possui, Grau Ponderado Médio - quantas conexões e a intensidade destas, Grau de Entrada - quantos fluxos são destinados a cada sede urbana e Grau de Entrada Ponderado - Quantas fluxos ponderados pelo número de migrantes que cada sede recebe, serão utilizadas como indicador de Centralidade das Sedes Municipais. Estas métricas serão padronizadas de 0 a 1 e combinadas a partir de Média Aritmética Simples.

De maneira a complementar as medidas de interação calculadas a partir dos dados de migrante data fixa, foram utilizados os dados de pendularidade por motivo de trabalho para o cálculo dos alcances espaciais das interações. O fenômeno da pendularidade, por sua vez, apresenta uma maior aderência às variáveis de distância, sendo utilizado na pesquisa para se verificar o alcance médio das interações espaciais das sedes urbanas.

3.3.3. Análise da Posição Geográfica das Sedes Urbanas em relação à rede de rodovias

Para a análise da rede de transportes disponível foi utilizada como referência a malha viária obtida junto aos órgãos oficiais. Esta etapa teve como objetivo criar um grafo que representasse a malha rodoviária do estado de Minas Gerais e de seu entorno imediato. Nesta etapa foi utilizado como fonte de dados uma base cartográfica das rodovias de Minas Gerais obtida junto ao DER-MG mediante solicitação por meio eletrônico. Para além desta, foram compatibilizadas diferentes fontes de dados cartográficos, tendo como objetivo a atualização das ligações rodoviárias, bem como informações acerca do tipo de pavimentação das rodovias.

Foram agregados ao banco de dados da pesquisa os dados referentes à rede viária do estado oriunda das cartas topográficas do mapeamento sistemático brasileiro em escala 1:250.000, obtidas já em formato vetorial *Esri Shapefile* junto ao IBGE. Além destas, foi utilizada como referência a base de rodovias federais e rodovias estaduais coincidentes, obtida em meio eletrônico junto ao DNIT. A estes dados foram acrescentados os dados disponíveis na plataforma geocolaborativa OpenStreetMaps, os quais foram utilizados de forma complementar aos dados oficiais. Estes dados foram compatibilizados em ambiente digital, tendo sempre como referência a cartografia oficial. Nesta etapa foram acrescentados *links* viários localizados no entorno do estado de Minas Gerais, os quais se apresentam como importantes ligações para os municípios em regiões fronteiriças.

A verificação e atualização cartográfica da malha viária do estado foi feita a partir de diferentes produtos de sensoriamento remoto, com data de referência de 2018, contemplando as grandes modificações no sistema rodoviário do estado ocorridas após o início das obras de pavimentação rodoviária do Processo, em 2004.

Foi construído um grafo de 2.547 arestas (rodovias) e 2.070 nós (sedes urbanas e entroncamentos viários). Este grafo foi valorado pela distância rodoviária entre todos os nós que compõem a rede. Desta forma, o valor de cada uma das arestas (trechos rodoviários) é obtido pela distância entre os pontos conectados por este trecho. (Entre todos os nós)

Optou-se por adotar tais parâmetros em função de se tratar do modal de transporte de maior predominância no país. Os nós receberam três codificações distintas: uma relativa aos nós correspondentes a sedes urbanas, uma relativa a nós correspondentes a entroncamentos viários e uma terceira codificação referente ao encontro de duas rodovias de diferentes tipologias (rodovias federais e estaduais, por exemplo) ou com diferentes pavimentos (asfáltico ou não).

O uso de uma rede composta por rodovias permite analisar a acessibilidade de cada município, sua posição em relação à rede, bem como sua capacidade de interligação. Partindo-se do pressuposto que a distância age como impedância e atrito às interações espaciais, investigar a posição de cada município em meio à rede de ligações viárias possíveis é etapa essencial à verificação de sua centralidade e de suas áreas de influência.

Os dados foram posteriormente tratados em ambiente Arcgis, sendo feitas alterações em suas feições de modo a manter integridade topológica de rede (interligação entre cada um dos nós da rede). Esta etapa, embora trabalhosa em função da quantidade de arestas geradas, garante que estas linhas possam funcionar como caminho possível entre dois pontos (cidades).

A aplicação do algoritmo de caminho mínimo para cada um dos 853 municípios trouxe como resultado a sequência de arestas a serem percorridas para se acessar, a partir de determinada sede (A), qualquer outra das 852 sedes municipais. A prevalência de algumas arestas sobre as demais evidencia, dentre outros aspectos, as arestas estruturantes das redes urbanas estudadas.

As arestas (rodovias) e seus nós (entroncamentos) são aqui apresentados como fatores de sustentação da rede. Alguns importantes questionamentos surgem da modelagem proposta: quais as arestas mais frequentes nos caminhos mínimos entre todas as sedes municípios? Entre os caminhos mínimos, quais estruturam a rede? Quais os sub-conjuntos de cidades identificados?

Com relação às rodovias, foram extraídas as seguintes métricas em grafo:

- Força dos Nós (Strength) – Medida que identifica o número de conexões de cada um dos nós em uma rede, ponderado pelo grau de importância das arestas incidentes em cada um destes nós. Neste caso, avalia o quanto cada uma das sedes municipais se liga a rodovias de maior importância.
- Centralidade de Proximidade (Closeness Centrality) – Define o quanto cada vértice está mais perto dos demais. Esta métrica mede a posição de cada vértice em relação à rede, mostrando uma medida de acessibilidade média de determinada cidade em relação à toda a rede.
- Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality)- Quando utilizada com relação às arestas, quantifica o número de vezes que esta funciona como ponte ao longo do caminho mais curto entre dois vértices, ou seja, o quanto cada trecho rodoviário é estruturante para a interligação das demais. Sua utilização com relação aos nós avalia o grau de importância deste nó na rede de caminhos mínimos entre todas os nós. Esta

avaliação, em meio a uma rede de cidades, visa identificar quais sedes urbanas funcionam como “hub” de vantagem locacional, se valendo de sua posição na rede para intermediar os caminhos entre as demais.

- Alcance a um raio de 150 quilômetros.

As cinco métricas em grafo apresentadas neste subitem formarão um indicador que representará a posição de cada sede urbana conectada por uma rede de estradas. O conceito de posição, neste caso, avança em relação ao conceito de “Distância”, uma vez que leva em consideração o conceito de distância relativa, bem como avaliar aspectos mais complexos que as distâncias entre as sedes, como a posição de intermediação.

3.3.3.1. Construção do Grafo de Rodovias

O grafo das rodovias de Minas Gerais foi construído tomando como princípio norteador o estabelecimento das conexões de cada uma das 853 sedes municipais do estado entre si e com seu entorno imediato. Este processo partiu de uma base cartográfica previamente existente, obtida mediante solicitação ao DER/MG, à qual foi posteriormente acrescentados dados referentes ao entorno de Minas Gerais.

A primeira etapa consistiu na definição das regras de conectividade a serem utilizadas, de forma a permitir que os dados espaciais gerados pudessem ser utilizados como caminhos para o cálculo das métricas selecionadas.

As rodovias do estado de Minas Gerais constantes no banco de dados fornecido pelo DER-MG são classificadas, segundo suas características e jurisdição, em 8 diferentes classes:

- Via de Acesso Local
- Acesso Coincidente
- Acesso Federal
- Rodovia Estadual de Acesso
- Rodovia Estadual de Ligação
- Rodovia Estadual
- Rodovia Estadual Coincidente
- Rodovia Federal

Segundo dados do Sistema Rodoviário Estadual, os acessos são “as extensões de rodovias que, partindo de rodovias federais ou estaduais, atendem a centros populacionais ou localidades. Os acessos rodoviários geralmente têm extensão de até 10,0 km, entretanto admite-se ligeiras variações na extensão para maior. (DER, 2006)

Já as rodovias estaduais coincidentes são aquelas construídas e conservadas pelo governo do estado, as quais, embora não constante no plano rodoviário estadual, são coincidentes com a diretriz de uma rodovia constante no plano rodoviário federal de 1973. (DER, 2006)

Com relação à situação física das rodovias, estas podem ser classificadas em:

- Planejada - PLA – rodovias fisicamente inexistentes, para as quais são previstos pontos de passagem que estabelecem uma diretriz destinada a atender uma demanda potencial de tráfego. Estas rodovias ainda dependem de estudos mais detalhados para definição de seu traçado final
- Leito Natural – LEN – rodovias existentes, construídas em primeira abertura e que não atendem às normas rodoviárias de projeto geométrico e traçado. Suas superfícies se encontram em terreno natural, não atendendo aos parâmetros para enquadramento em nenhuma classe de rodovia.
- Implantadas – IMP – rodovias construídas de acordo com normas de projeto geométrico. Estas rodovias podem ser enquadradas em classes previamente estabelecidas pelo DNIT e geralmente apresentam sua superfície em revestimento primário.
- Pavimentadas – PAV – Rodovias implantadas e com superfície de rolamento de pavimento asfáltico, de concreto ou alvenaria poliédrica. Além destas características, as rodovias pavimentadas apresentam uma pista com duas faixas de rolamento ou duas pistas separadas.
- Duplicadas – DUP – Rodovias pavimentadas com duas ou mais pistas separadas por canteiro central, separador rígido ou com traçados separados.

Para além destas situações, as rodovias podem ser classificadas segundo o estado em que se encontram suas obras: Em Obras de Implantação, Em Obras de Pavimentação ou Em Obras de Duplicação. Os estados físicos das rodovias foram agrupados segundo seu estado atual de pavimentação, sendo as rodovias divididas em pavimento asfáltico e não pavimentadas. Esta

opção se dá em função das diferentes condições de trafegabilidade das rodovias não pavimentadas (Implantadas e em Leito Natural).

Desta forma, tem-se:

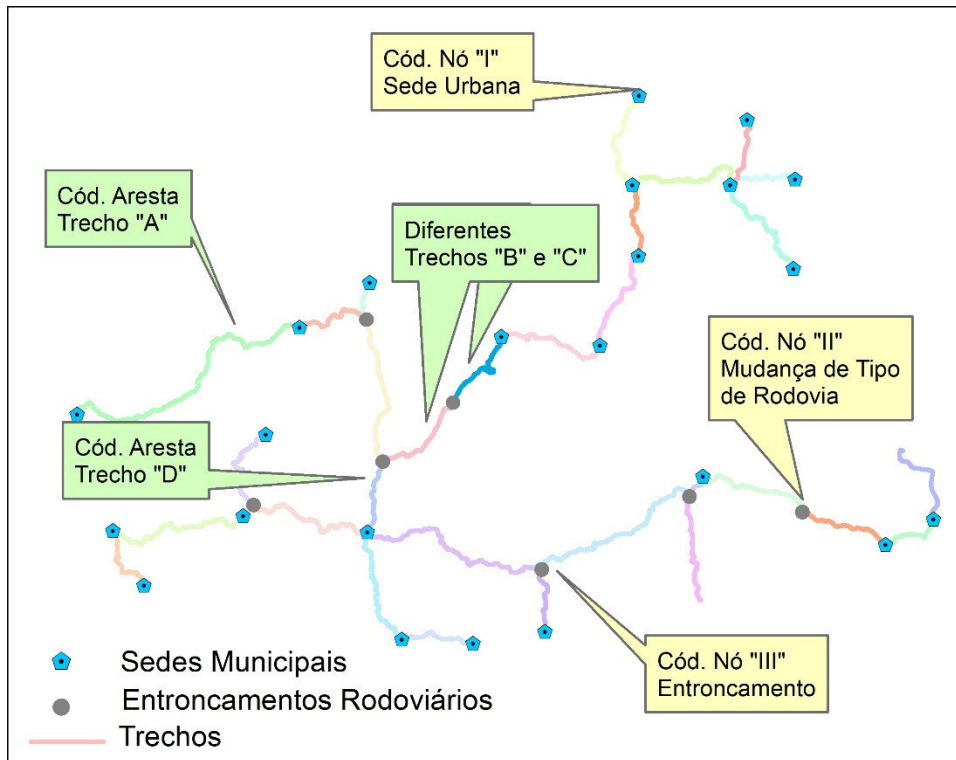
Quadro 03 – Situação de Implantação das Rodovias

Estado das Rodovias	Pavimentação
Implantada – IMP	Não Pavimentada
Leito Natural – LEN	Não Pavimentada
Pavimentada – PAV	Pavimentada
Planejada – PLA	-
Em Obra de Implantação – EOI	Não Pavimentada
Em Obra de Pavimentação – EOP	Não Pavimentada
Em Obra de Duplicação – EOD	Não Pavimentada
Duplicada - DUP	Pavimentada

Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 18 resume o processo de modelagem das rodovias de Minas Gerais e seu entorno imediato como um grafo.

Figura 18: Modelagem da Rede de Estradas como Grafo



Fonte: Elaborado pelo autor

Foram criadas duas classes de feições: pontos (referentes às sedes municipais, pontos de mudança de características das rodovias e entroncamentos viários) e linhas (referentes aos trechos rodoviários).

Cada trecho rodoviário foi definido a partir de uma sede municipal, um entroncamento rodoviário ou uma mudança de característica de rodovia, conforme demonstrado na figura 18.

Na figura, o trecho rodoviário "A" é determinado pela existência de duas sedes urbanas em suas extremidades. Os trechos rodoviários "B" e "C" são determinados pela existência de, num extremo, um entroncamento entre rodovias e em outro, uma sede municipal. Entretanto, estes trechos precisam ser diferenciados por se tratar de rodovias com tipos de pavimentos diferentes. Para tanto, um nó foi inserido no ponto de mudança de pavimentação, dando origem a dois diferentes trechos. O trecho rodoviário "D", por sua vez, é determinado pela existência de uma sede municipal, em um extremo, e de um entroncamento rodoviário, em outro. De maneira análoga, os Nós da Grafo também receberam codificações distintas em função de sua característica. O Nó "I" se trata de uma sede urbana, enquanto o Nó "II" se refere a um ponto de mudança de tipo de rodovia e o Nó "III" se refere a um entroncamento rodoviário.

De maneira a manter um maior detalhamento do banco de dados das rodovias, os trechos foram codificados segundo seu tipo de rodovia e sua pavimentação, os quais foram combinados gerando um identificador único, conforme quadro abaixo:

Quadro 04 – Codificação das Rodovias no banco de dados

Tipo de Rodovia / Pavimentação	Código
Acessos Não Pavimentado	1
Acessos Pavimentados	2
Vias de Acesso Local Não Pavimentada	3
Vias de Acesso Local Pavimentados	4
Rodovias Estaduais Não Pavimentada	5
Rodovias Estaduais Pavimentadas	6
Rodovias Estaduais Coincidentes Não Pavimentada	7
Rodovias Estaduais Coincidentes Pavimentadas	8
Rodovias Federais não Pavimentadas	9
Rodovias Federais Pavimentadas	10

Fonte: Elaborado pelo autor

Desta forma, cada número ímpar indica uma rodovia não pavimentada e cada número par indica uma rodovia pavimentada. Estes códigos foram utilizados para todas as rodovias e trechos rodoviários constantes no grafo (rodovias do estado de Minas Gerais obtidas junto ao DER via download), acessos locais (obtidos junto ao Open Street Maps) e rodovias federais fora do estado (obtidas junto ao DNIT).

A atualização cartográfica dos dados foi feita a partir de imagens orbitais de alta resolução obtidas via WMS – Web Map Service. Esta etapa de atualização se deu no sentido de verificar a condição de pavimentação das estradas, bem como verificar a existência de “links” e a verificação das travessias fluviais.

As distâncias a serem percorridas no grafo de rodovia foram separadas em dois grandes grupos: Rodovias Pavimentadas e Rodovias não Pavimentadas. De forma a permitir captar as diferenças de acessibilidade representadas por estas duas tipologias de rodovias, foram utilizados fatores multiplicadores para as distâncias: 1 para rodovias pavimentadas e 2 para rodovias não pavimentadas. Desta maneira, as distâncias percorridas em estradas não pavimentadas são multiplicadas por 2, adicionando um maior “atrito” à interação nestas áreas.

Diferentes estimadores foram experimentados na construção de fatores de impedância para estes tipos de rodovia, entre os quais velocidade média de tráfego e volume da carga (para os trechos em que estes dados são disponíveis). Entretanto as próprias diferenças internas a cada uma destas classes dificultam tal abordagem, uma vez que, em se tratando de rodovias não pavimentadas, há, de um lado, aquelas com boa capacidade de tráfego e volume diário relativamente alto de veículos e, de outro, aquelas em estado precário de conservação, com grande variação do tipo de leito e não trafegáveis em parte significativa do período de chuvas. Além disso, as diferenças regionais na tipologia destas estradas agem como um dificultador na definição destes parâmetros, havendo variáveis de difícil mensuração como topografia local, largura da estrada, variabilidade climática e de substrato geológico.

Diante destas dificuldades, foram feitos testes empíricos destes parâmetros, partindo sempre da premissa de que a estrada pavimentada representa a melhor condição de trafegabilidade possível de ser encontrada. Os valores 1 e 2, por sua vez, representam bem parâmetros como a velocidade média de percurso. Portanto, todas as métricas foram calculadas utilizando-se desta rede modelada em grafo representando as rodovias de Minas Gerais, seus entroncamentos e as sedes urbanas. Todas as distâncias e medidas partem deste fator multiplicador apresentando nos parágrafos anteriores, o que indica, em certa medida, que todas as distâncias a qual este trabalho se refere, são de fato distâncias ponderadas em um grafo de arestas valoradas.

3.3.3.2. Consistência Topológica das Arestas e Vértices

Após a construção do grafo tornou-se necessária a consistência topológica do mesmo, garantindo que cada uma das arestas pudesse ser utilizada como “caminho” entre os nós por esta conectados. Tendo em vista as diferentes fontes de informação e os objetivos de criação das mesmas (focado em representação das rodovias e não em uma análise topológica de suas arestas), os trechos rodoviários foram disponibilizados com diferentes níveis de consistência.

Durante esta etapa foram conectadas as arestas desconexas, excluídas arestas restituídas de maneira duplicada, além de verificada a conectividade. A análise topológica foi operacionalizada em ambiente “ArcGis”, mediante a implementação das regras topológicas de conectividade. Desta forma, garantiu-se que as arestas estivessem conexas, bem como os nós (sedes municipais). As regras de exclusão de Pseudo-Nós (trechos de rodovias vetorizados sem conectividade) e exclusão de arestas desconexas permitiu a formatação de um Grafo conexo,

no qual é possível se determinar o caminho entre cada uma das sedes municipais que o compõem.

3.3.3.3. Cálculo das Métricas de Grafos

Grau Ponderado Médio ou Força dos Nós (Strength)

O cálculo da “Força dos Nós” foi feito para as 853 sedes municipais conectadas ao grafo das rodovias de Minas Gerais. Tendo em vista se tratar de uma medida ponderada, na qual a força de um nó está relacionada à hierarquia das arestas que o conectam à rede, esta análise foi feita tomando por base as rodovias e suas classificações - Tipologias e pavimentação das mesmas.

Desta forma, foram contabilizadas as rodovias incidentes em cada uma das sedes municipais, levando em consideração sua classificação. Para cada uma das sedes, têm-se, portanto, o número de trechos rodoviários incidentes, representando seu grau de conexão.

Em função da escala, esta análise foi construída a partir das áreas urbanizadas dos municípios, representada em geometria poligonal, e não apenas de sua sede municipal representada como geometria pontual. Esta abordagem se faz necessária em função da existência de recorrentes situações nas quais a utilização apenas do ponto da sede para a contagem dos trechos rodoviários incidentes poderia subestimar o grau de conexão das sedes.

A figura 19 exemplifica esta situação.

Figura 19: Processo de Contagem de Conexões às Sedes Municipais



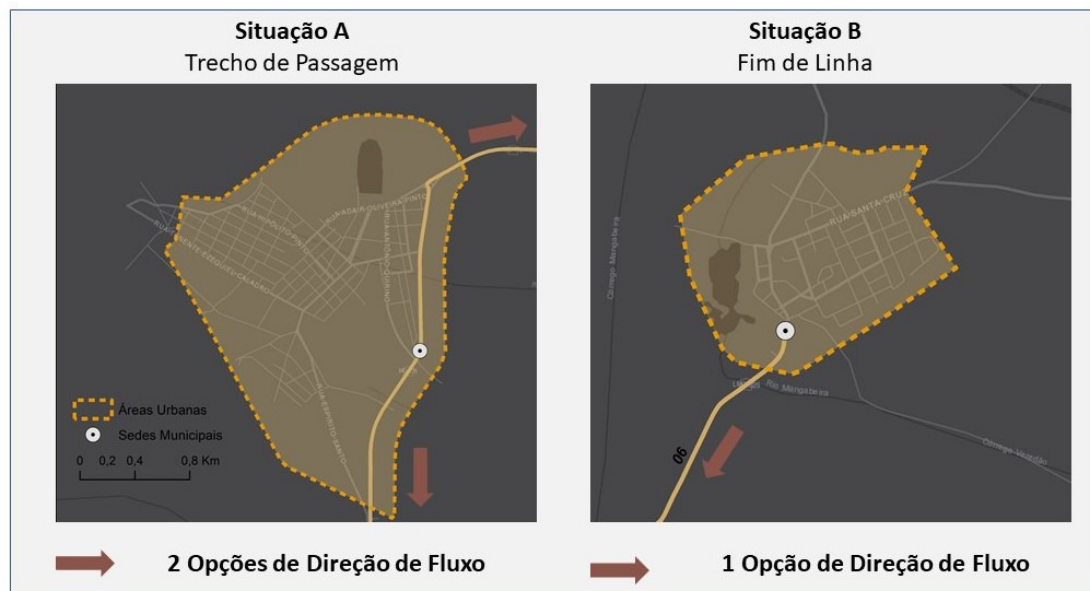
Fonte: Elaborado pelo autor

No caso exemplificado na figura 19, a utilização da incidência das rodovias apenas no ponto das sedes, poderia subestimar seu grau de conectividade, uma vez que, nesta abordagem, apenas uma rodovia estadual - de Código 06, seria contabilizada.

Desta forma, optou-se por utilizar a área urbanizada dos municípios, obtida pela união dos setores censitários de cada uma das 853 sedes urbanas dos municípios de Minas Gerais. Nesta modelagem, por exemplo, é possível verificar a existência de uma Rodovia Federal (Código 10) e outra rodovia Estadual (Código 06), conectando esta sede urbana.

Outra diferenciação foi feita com relação à posição das sedes municipais em relação às rodovias. Com o objetivo de distinguir as posições de “trecho de passagem” das posições de “fim de linha”, foram contabilizados os sentidos de fluxo a partir das sedes urbanas. Desta forma, uma sede urbana conectada apenas por uma rodovia, mas localizada em um trecho de passagem, possui 2 sentidos possíveis de fluxo, enquanto uma sede urbana conectada por apenas uma rodovia e localizada em um “fim de linha”, possui apenas um sentido possível de fluxo. Esta abordagem permite a identificação de posições estratégicas, como entroncamentos rodoviários.

Figura 20: Diferentes Situações de Conexões às Sedes Municipais



Fonte: Elaborado pelo autor

Esta etapa gerou um banco de dados contendo o número de conexões/direções possíveis por tipo para cada uma das 853 sedes municipais em Minas Gerais. A medida de “Força dos Nós” é elaborada a partir da ponderação das conexões segundo suas tipologias.

As classes de rodovia foram então agrupadas em três grandes grupos, tendo como objetivo a qualificação das conexões entre as sedes municipais. As rodovias Federais e rodovias Estaduais Coincidentes, por representarem diretrizes gerais de fluxo de caráter nacional, foram agrupadas em uma primeira classe; as rodovias estaduais e rodovias estaduais de ligação e de acesso foram agrupadas em uma segunda classe; e as vias de acesso local, bem como os demais acessos, foram agrupados em uma terceira classe.

Quadro 05 – Classificação das Rodovias e seu agrupamento

Classificação Original	Pavimentada	Não Pavimentada
Via de Acesso Local	1	0,5
Acessos	1	0,5
Rodovia Estadual	2	1
Rodovia Estadual Coincidente	3	1,5
Rodovia Federal	3	1,5

Fonte: Elaborado pelo autor

Para cada uma das sedes municipais foi contada a quantidade de direções possíveis e a tipologia de rodovia (conforme figuras 19 e 20), sendo estes valores ponderados de acordo com os valores do quadro 05.

Proximidade (Closeness Centrality)

A centralidade de Intermediação visa identificar os pontos da rede em análise localizados de forma mais acessível em relação aos demais.

Tomando por base as menores distâncias entre todos os nós componentes da rede, a medida de Centralidade de Proximidade permite identificar os nós (vértices) localizados a uma menor distância em relação aos demais.

Sua utilização no presente trabalho tem por objetivo identificar os nós com menor distância total em relação aos demais.

Equação 06: Centralidade de Proximidade (*Closeness Centrality*)

$$C_c(v_k) = \frac{1}{\sum_{j=1}^n \text{dist}(v_j, v_k)}$$

Onde:

dist (v_j, v_k) - Distância (comprimento do menor caminho) entre o vértice v_j e v_k .

Fonte: Adaptado de HIGGINS e RIBEIRO (2018)

Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality)

A Centralidade de Intermediação visa identificar os pontos da rede em análise localizados estrategicamente ao longo dos caminhos entre todos os nós da rede.

Partindo do conceito de “Caminho Mínimo” (Caminho de menor distância entre cada um dos vértices de um determinado grafo), a centralidade de intermediação indica a recorrência de um determinado Nó (Cidades e Entroncamentos Rodoviários) entre todos os caminhos mínimos da rede. Tal análise visa quantificar e qualificar as posições dos nós com relação a sua acessibilidade, bem como a importância dos mesmos na conectividade geral da rede.

Tomando por base o algoritmo proposto por Freeman (1977), foram calculados os valores de centralidade de intermediação dos nós que compõem a rede em estudo.

Equação 07: Centralidade de Intermediação (*Betweenness Centrality*)

$$C_b(v_k) = \frac{\sum d_{ikj}}{\sum d_{ij}}$$

Onde:

$i \neq j \neq k$

d_{ikj} - Número de caminhos geodésicos entre i e j que passam por k

d_{ij} - Número de caminhos geodésicos entre i e j

Fonte: Adaptado de HIGGINS e RIBEIRO (2018)

Alcance em Rede (*Reach*)

O alcance em rede foi calculado para cada uma das sedes urbanas visando verificar o grau de isolamento ou de proximidade entre estas.

O cálculo da métrica de alcance foi feito utilizando as ferramentas do conjunto Network Analyst em ambiente ArcGis 10.3 e do UNA – Urban Network Analysis (ferramenta de análise espacial pelo Cityform Lab, do MIT¹⁰), foi calculado o número de sedes capazes de serem acessadas a partir de uma determinada cidade, tomando por base o raio de 150 quilômetros.

O alcance médio de 150 quilômetros representa quantas sedes podem ser acessadas a um tempo médio de viagem de 2 horas a partir de cada cidade, indicando um maior isolamento (no caso de cidades com poucas vizinhos acessíveis neste tempo de percurso) ou maior proximidade (para o caso das cidades com maiores valores). Busca-se verificar a estrutura espacial do entorno das cidades e suas relações com os vizinhos mais próximos.

A partir das medidas propostas objetiva-se analisar a rede composta pelas cidades de Minas Gerais. A abordagem a partir da teoria de grafos permite analisar os subconjuntos que a compõem de maneira integrada: Nós (Cidades), Arestas (rodovias) e intensidade das relações (interações espaciais medidas através da migração e da pendularidade). O uso das métricas selecionadas é uma maneira de se abordar os municípios e sua centralidade a partir de índices que sejam mensuráveis e comparáveis. A centralidade dos municípios é aqui verificada a partir do conjunto de suas variáveis (variáveis de massa), seu perfil em uma rede de interações

¹⁰ Disponível em <http://cityform.mit.edu/projects/urban-network-analysis.html>

(medidas relativas aos nós) e sua posição relativa a rede de estradas que garante a conectividade da rede (medidas relativa às arestas).

Desta forma, evita-se o problema metodológico relativo á topologia usualmente adotada nos estudos do gênero, composta por 853 nós (cidades) e diferentes arestas as conectando (linhas de fluxo). Uma vez que há uma clara limitação de caminhos possíveis para se alcançar cada um dos nós, representada pela distribuição heterogênea da rede de estradas, opta-se por analisar as intensidades (fluxos) separadamente às arestas (rodovias).

Assim, para cada município foram criados três conjuntos de dados, dispostos da seguinte maneira:

- Variáveis de Massa – Utilizadas para hierarquizar os municípios quanto às suas capacidades de atração e grau de sofisticação na rede, separadas em 6 dimensões.
- Variáveis de Intensidade de Relação - Extraídas a partir do grafo relacional entre municípios, tendo como fator de ponderação os fluxos entre cada par.
- Variáveis de Posição em relação a rede de estradas – Utilizadas para verificar o quanto cada cidade ocupa papel central na rede de estradas e pode se valer desta vantagem locacional em suas relações com as demais.

3.3.4. Análise da Relação entre Intensidade de Fluxos/Interações, Massas e Posições na Rede de Estradas

A partir deste arranjo, optou-se por utilizar as variáveis de massa e de posição em relação a rede de estradas como variáveis explicativas do padrão de interações (fluxos) existente entre as unidades analisadas.

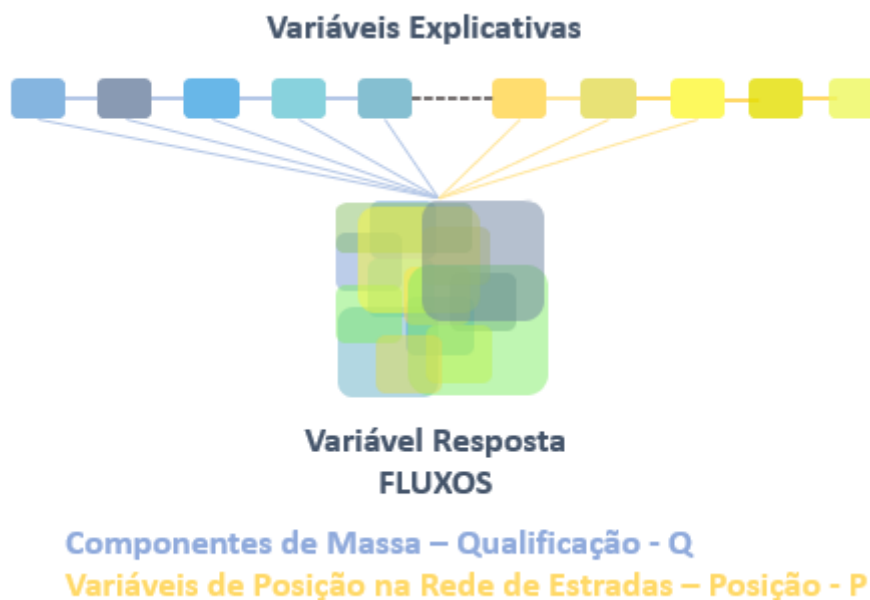
Busca-se, nesta etapa, responder aos questionamentos: quais variáveis de massa são preponderantes na conformação do atual panorama de interações?; Qual o impacto da posição dos municípios em relação às estradas para sua capacidade de atração? Como se comportam as massas e distâncias neste arranjo espacial?

Partindo-se dos pressupostos de Fotheringham (1983), segundo os quais as interações espaciais podem ser explicadas por um conjunto de variáveis que abrangem as características das áreas analisadas, suas distâncias e o número de oportunidades disponíveis em outras regiões, o presente trabalho adota as medidas de grafo e de massa como forma de interpretar esta estrutura espacial

Além da quantificação e qualificação dos três aspectos que compõem a rede em análise (nós, arestas e fluxos), esta etapa busca entender como estas se relacionam. A hipótese de que os fluxos podem ser explicados pelas relações entre massas e as posições dos elementos em análise traz a necessidade de se relacionar estes três conjuntos de variáveis.

Propõe-se, nesta etapa, a utilização da técnica de Regressão Linear Múltipla, na qual os dados relativos massas e os índices extraídos sobre as posições das sedes municipais serão utilizados como variáveis explicativas que buscam explicar que buscam interpretar a variável Resposta (fluxos).

Figura 21: Relação entre Relações/Interações, Massas e Posições na Rede de Estradas



Fonte: Elaborado pelo autor

A Figura 21 traz, de maneira resumida, o tratamento a ser realizado nos dados. Busca-se identificar, dentre as variáveis de entrada, quais possuem maior participação na geração dos fluxos, permitindo avaliar de que forma estas se relacionam.

Nesta etapa serão utilizadas, como variáveis explicativas as 5 dimensões obtidas através de Análise de Componentes Principais e as 4 medidas de posição obtidas em relação a rede de rodovias.

4. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Nesta seção são discutidos aspectos sobre a área de estudo, partindo do histórico de ocupação e de formação de sua rede urbana e uma breve contextualização socioeconômica dos municípios que a compõem.

O objetivo da caracterização da área de estudo é, além de permitir uma contextualização geral, identificar aspectos da dinâmica recente que possam ser abordados na proposta metodológica.

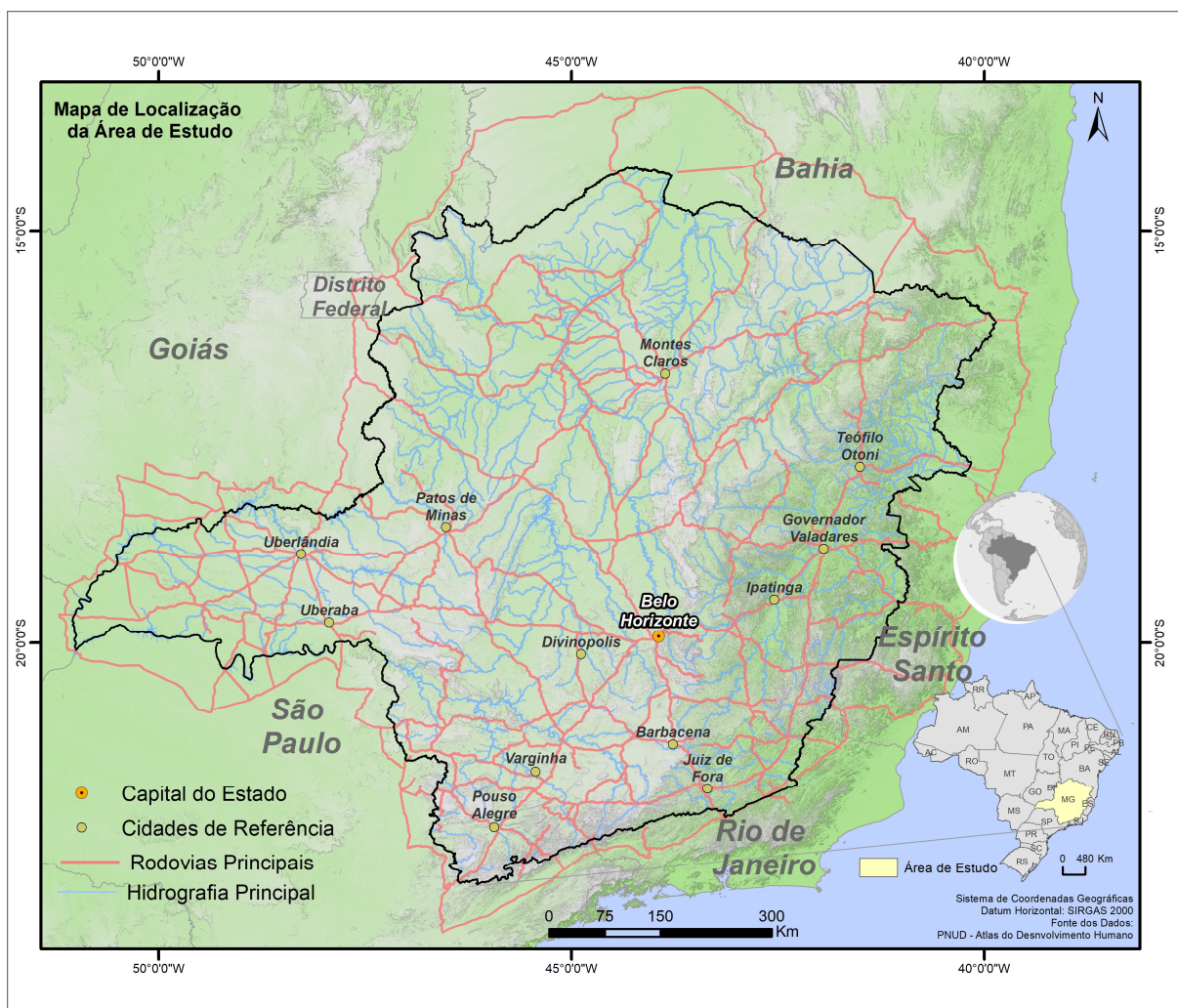
4.1 Localização da Área de Estudo

A área de estudo abrange o estado de Minas Gerais, seus municípios e especialmente suas 853 sedes urbanas. Nesta proposta, as relações e interações abordadas se referem às 853 cidades de Minas Gerais, sendo excluídas, para fins metodológicos, aquelas originadas ou com destino em outros estados.

A abordagem de Minas Gerais excluindo-se as influências externas a este, se deve ao caráter metodológico da tese. Embora seja importante reconhecer que, especialmente nas cidades localizadas em áreas fronteiriças com outros estados, como observado nos casos de Teófilo Otoni, Juiz de Fora e Uberlândia, as influências dos outros estados se mostram presentes, a proposta pela análise apenas das interações internas visa a abordagem de forma homogênea de todas as cidades analisadas.

Abordar outros estados requereria um nível de informações tão vasto quanto detalhado, uma vez que no presente trabalho são tratadas questões locais como acessibilidade e mobilidade.

Figura 22: Localização da Área de Estudo



Fonte: Elaborado pelo autor

4.2 Histórico de Ocupação e Formação da Rede Urbana

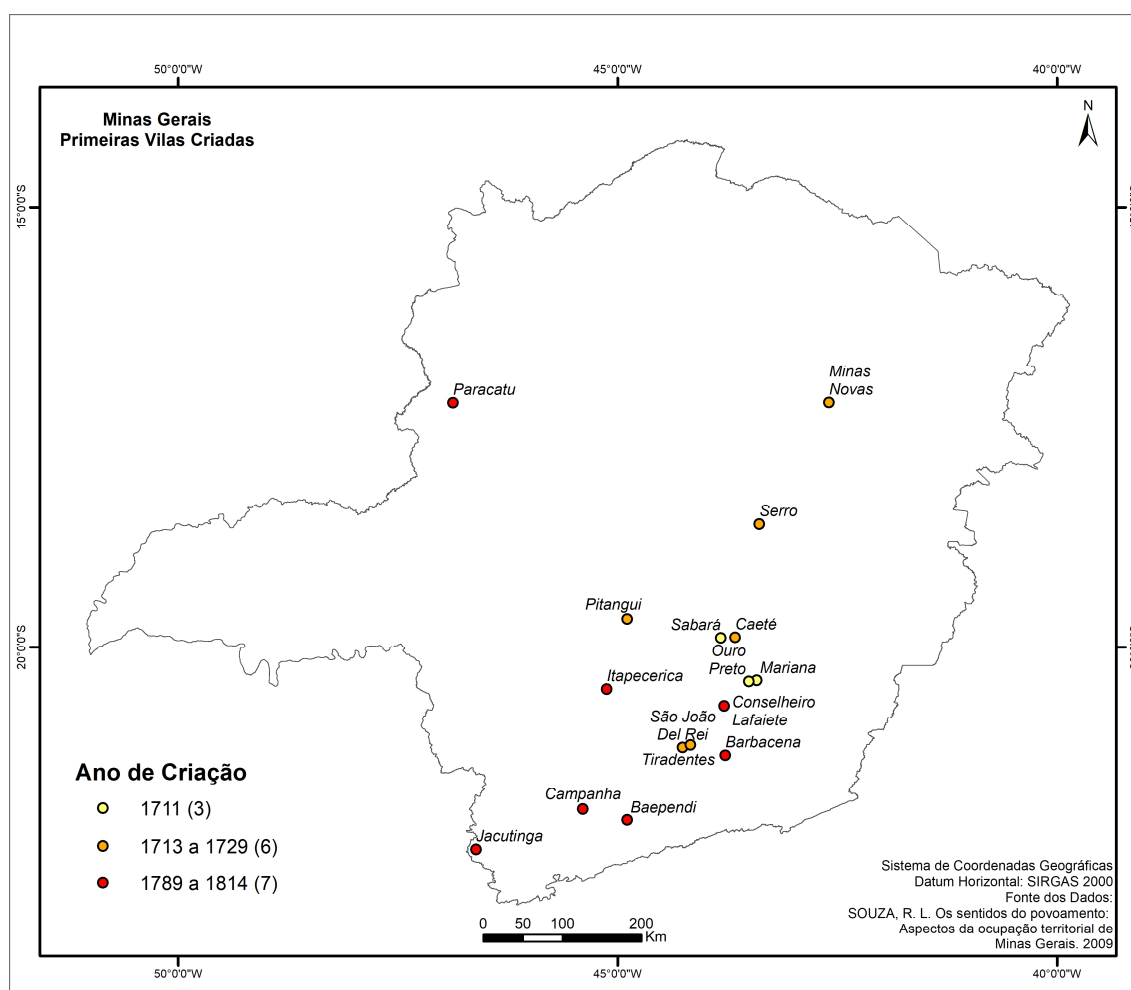
O processo de ocupação do território de Minas Gerais se deu ligado aos diferentes ciclos econômicos vivenciados no estado. A mineração do ouro, em primeiro momento, seguida dos ciclos do café e da extração e beneficiamento do minério de ferro são importantes fatores indutores da ocupação, sendo primordiais à compreensão da conformação da rede urbana local. Entretanto, faz-se necessário discutir o processo de ocupação do território brasileiro desde o período colonial, bem como as modificações na matriz de atividades econômicas vivenciadas desde então.

O primeiro recurso explorado pelos colonizadores – o pau-brasil, não implicava na necessidade de desenvolvimento de extensos povoamentos e ocupações fixas. Desta forma, tais cidades só vieram a ganhar relativo destaque após a consolidação do ciclo de produção de cana-de-açúcar, produção esta conduzida no sistema de Plantation, marcado pela presença massiva de mão-de-obra escrava de origem africana, bem como de grandes latifúndios dedicados a monocultura.

A partir do descobrimento do ouro nas Minas Gerais, tem-se início forte fluxo migratório com direção à região, principalmente para as áreas localizadas no entorno de Ouro Preto (então Vila Rica). A efervescente atividade minerária promoveu a chegada de diferentes fluxos populacionais à região das Minas Gerais, sendo estes de mais variadas origens. As mudanças de ordem demográfica experimentadas durante o período trouxeram consigo a necessidade de que porções do território mineiro se dedicassem a produção de gêneros alimentícios, bem como impulsionaram o surgimento de cidades que servissem de apoio a atividade mineradora ao longo dos acessos e estradas. A atividade pecuária, em especial nestas regiões que serviam de apoio à atividade mineradora, se tornou importante atividade econômica durante o período, contribuindo para a ocupação de regiões no interior de Minas Gerais.

O povoamento não se fez, igualmente, de maneira uniforme, ocupando de forma célere regiões mais distantes do litoral e deixando quase intocadas regiões mais próximas do Rio de Janeiro e que, não por acaso, viriam a ser chamadas da mata. Era o ouro o único motivo que levava os imigrantes a desbravarem Minas, o que não implicou o abandono das regiões que não o possuíam. Várias delas, pelo contrário, foram efetivamente povoadas sem que a mineração fosse o fundamento de sua vida econômica, sendo São João del Rey o exemplo mais claro de um próspero núcleo urbano direcionado para outras atividades, embora outras regiões que não possuíam metais preciosos somente fossem efetivamente ocupadas depois de findo o ciclo que povoaria as demais regiões, permanecendo, se tanto, locais de passagem. Com a migração, assim, o povoamento adensou-se não apenas na Capitania, mas também em algumas regiões fronteiriças, especialmente na Capitania do Rio de Janeiro, onde toda uma população de baixa renda concentrou-se, tirando proveito indireto das atividades mineradoras pelo do transporte de cargas e produção agrícola. (SOUZA, R.L. 2009. p.5)

Figura 23: Primeiras Vilas



Fonte: Adaptado de SOUZA, R.L., 2009, p.5

Durante o período de apogeu da exploração aurífera, os constantes fluxos populacionais em direção à região das minas, bem como a consolidação dos centros urbanos no estado produziram consequências que puderam ser sentidas em São Paulo e no Rio de Janeiro. Estas, por sua vez, experienciaram relativo declínio econômico no contexto colonial. A posterior abertura do Caminho Novo contribuiu para a consolidação do Rio de Janeiro como capital nacional, destino da produção aurífera. Paralelamente observa-se o declínio da atividade comercial em São Paulo, culminando no fechamento da Casa de Fundição Paulista em 1760. (SOUZA, R.L. 2009, p.9)

Com o declínio da produção aurífera, novas alternativas econômicas passam a ser exploradas, especialmente a cafeicultura. Novas regiões na porção sudeste do país passam a desempenhar papel de relevância no cenário nacional, dentre as quais destacamos a Zona da Mata Mineira, bem como os estados do Rio de Janeiro e São Paulo. Diferentemente do ocorrido no ciclo do ouro, estas regiões passam então a ser o destino preferencial dos fluxos

populacionais recém-chegados à região e ao país. A alta produção cafeeira produziu, dentre outros impactos, duas importantes modificações na estrutura territorial do país, a primeira em termos de infraestrutura – representada pela consolidação da rede ferroviária como forma de escoamento da produção e a segunda em termos de mecanização da produção, principalmente nas áreas onde a acumulação de capital se deu de maneira mais intensa.

Este capital recém acumulado, aliado à presença de imigrantes chegados ao território durante os ciclos econômicos anteriores, bem como a existência de algum grau de mecanização da produção e do escoamento, foram essenciais ao processo de industrialização do país, ocorrido a partir do século XVII.

Importantes trabalhos abordaram as cidades de Minas Gerais, especialmente a partir da década de 1960. Destacam-se, dentre estes, os trabalhos de Leloup (1970), IBGE (1972), Fundação João Pinheiro (1977), IGA (1979), Amorim Filho, Bueno e Abreu (1982), CEMIG (1987), Amorim Filho e Abreu (1999).

Em seu trabalho pioneiro, Leloup (1970) identifica quatro grandes topologias genéticas de cidades em Minas Gerais:

- Cidades Coloniais: Cidades localizadas, em sua grande maioria, na porção central do Estado de Minas Gerais, as quais são remanescentes do período colonial (notadamente marcado pelos ciclos do ouro e dos diamantes). Uma vez esgotados tais ciclos, tais cidades passam a se caracterizar por diferentes funções urbanas: religiosas, universitárias, administrativas e turísticas.
- Cidades agrícolas: Cidades desenvolvidas como centros urbanos de regiões agropecuárias. Embora esta tipologia seja bastante comum no estado, seu desenvolvimento se associa, em grande parte, a presença de produtos agropecuários como o café e a pecuária leiteira.
- “Company Towns”: Cidades criadas isoladamente ou em sobreposição a núcleos previamente existentes em função da instalação de grandes unidades industriais (especialmente usinas metalúrgicas) a partir da década de 1920. Notadamente distribuídas espacialmente na região central do estado, na área conhecida como “Zona Siderúrgica”.
- “Cidades-cogumelo”: Cidades caracterizadas por crescimento acelerado em função de diferentes fatores. Dentre estes fatores, podemos apontar a localização ao longo de

importantes eixos viários, como ocorrido nos exemplos de Nanuque, Uberlândia, Governador Valadares e Coronel Fabriciano (ARRUDA e AMORIM FILHO, 2002).

Para além das quatro tipologias apresentadas, Leloup (1970) identifica Belo Horizonte como centro de explosão demográfica, tendo passado de 8.000 habitantes (em 1900), para 177.000 habitantes (em 1940).

A partir de critérios socioeconômicos, Leloup (1970) apresenta duas hierarquias urbanas de Minas Gerais, 1950 e 1960.

Quadro 06: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1950

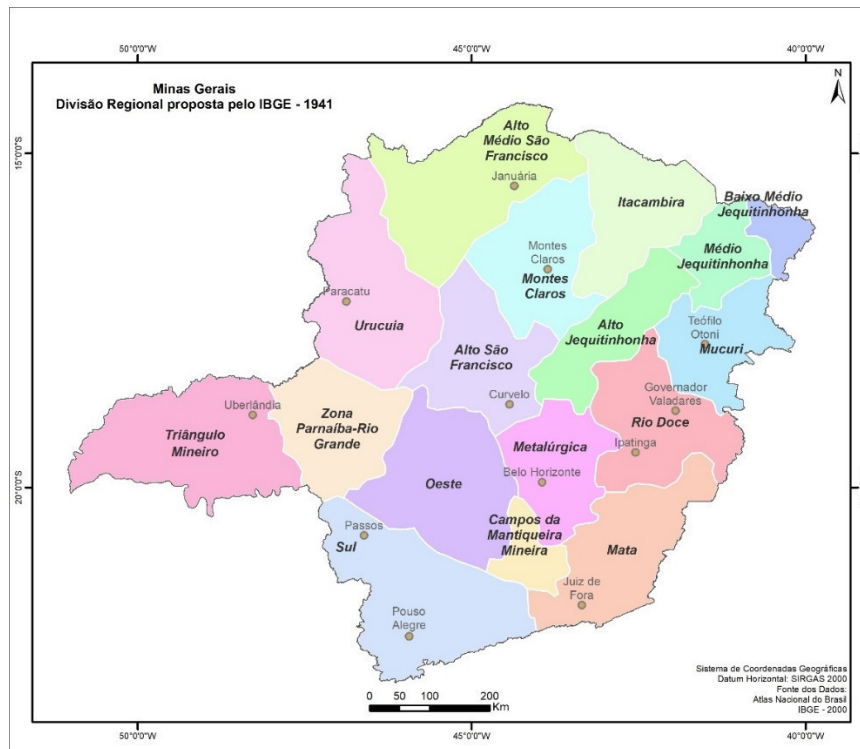
Capitais Regionais	Belo Horizonte; Juiz de Fora
Grandes Centros Regionais	Uberlândia; Uberaba
Centros Regionais	Montes Claros; Teófilo Otoni; Governador Valadares; Araguari; Caratinga; Ponte Nova; Barbacena; São João Del Rey; Itajubá; Poços de Caldas.
Centros Intermediários	Ituiutaba; Patos; Diamantina; Araxá; Passos; Formiga; Lavras; Ubá; Leopoldina; Muriaé; Manhuaçu; Varginha; Três Corações; Pouso Alegre
Centros Industriais	Pirapora; Curvelo; Sete Lagoas; Divinópolis; Nova Lima; Ouro Preto; Conselheiro Lafaiete; Santos Dumont; Cataguases; Além Paraíba
Centros Locais	Demais Cidades

Fonte: LELOUP (1970).

É importante ressaltar que a década de 1940 é marcada pela primeira tentativa de regionalização do território de Minas Gerais. A primeira proposta de divisão regional do estado de Minas Gerais foi feita em 1941, 4 anos apenas após a criação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, substituindo o INE (Instituto Nacional de Estatística), criado em 1936.

Esta proposta tomou como fator norteador o aspecto geográfico, considerado crucial para os interesses do Estado, que buscava, à época, intensificar os processos de integração nacional e apoiar a crescente base industrial nacional. As informações geográficas atualizadas permitiram o planejamento mais preciso e, conseqüentemente, um maior controle sobre o espaço.

Figura 24: Divisão Regional proposta pelo IBGE – 1941



Fonte: Adaptado de DINIZ e BATELLA, 2005

O trabalho de 1941 consistiu da primeira tentativa esforço sistematizado de se produzir uma divisão regional do país, sendo esta proposta com diversas finalidades (administrativas, estatísticas e didáticas). Esta proposta dividiu o território brasileiro em regiões segundo critérios diversos, classificando o território de Minas Gerais em 17 regiões (zonas fisiográficas).

A proposta partiu das seguintes premissas:

- 1 – a de que havia uma consciência de diferenciações regionais no país, já suficientemente importantes para que fossem feitos estudos dos problemas brasileiros, por região e para que se divulgassem estatísticas, segundo estas mesmas unidades regionais;
- 2 – a de que uma Divisão Regional deveria ser estável e permanente, pois como seu uso visava, sobretudo os serviços de estatística, tal divisão permitiria a comparabilidade de dados estatísticos em diferentes épocas;
- 3 – a de que devendo ser estável, o melhor critério a adotar seria o das regiões naturais, cuja evolução não sofre alterações bruscas, fornecendo base conveniente para comparação no tempo;
- 4 – e a de que, como sistema em que se apoiaram as Divisões Regionais daquela época era o baseado no princípio da divisão, ela deveria partir de um todo – o Brasil – subdividindo-o, sucessivamente, em unidades menores que iam desde as Grandes Regiões (unidades maiores), essas definidas por características socioeconômicas, porém circunscritas à área da unidade imediatamente superior, definida pelas condições naturais. (GALVÃO e FAISSOL *apud* DINIZ e BATELLA, 2005.p.64)

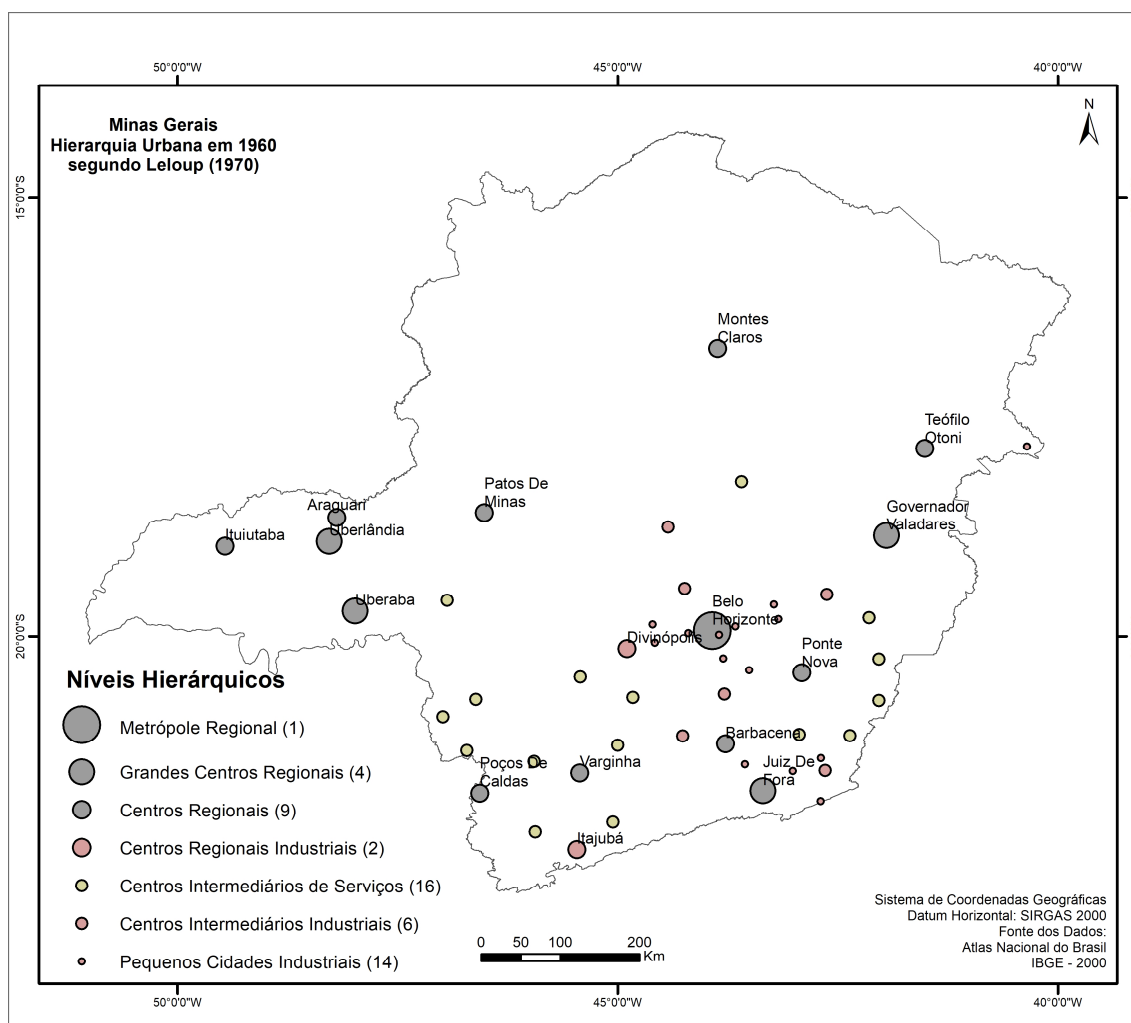
ressalta-se a ocorrência de 97 emancipações municipais no estado, que passou, em 1960, a ser composto por 482 cidades, número aproximadamente 25% maior que as 385 cidades existentes em 1950 (IBGE, 2019).

Quadro 07: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1960

Metrópole Regional	Belo Horizonte
Grandes Centros Regionais	Juiz de Fora; Governador Valadares; Uberlândia; Uberaba
Centros Regionais	Montes Claros; Teófilo Otoni; Araguari; Patos de Minas; Ituiutaba; Ponte Nova; Barbacena; Poços de Caldas; Varginha
Centros Regionais Industriais	Divinópolis; Barbacena; Itajubá
Centros Intermediários de Serviços	Diamantina; Araxá; São Sebastião do Paraíso; Passos; Guaxupé; Alfenas; Pouso Alegre; Formiga; Lavras; Oliveira; São Lourenço; Ubá; Muriaé; Carangola; Manhuaçu; Caratinga.
Centros Intermediários Industriais	Curvelo; Sete Lagoas; Coronel Fabriciano; Conselheiro Lafaiete; São João Del Rey; Leopoldina
Pequenas Cidades Industriais	Nanuque; Itabira; João Monlevade; Caeté; Nova Lima; Pará de Minas; Betim; Itabirito; Ouro Preto; Santos Dumont; São João Nepomuceno; Além Paraíba; Cataguases; Itaúna
Centros Locais	Demais Cidades

Fonte: Leloup, 1970

Figura 26: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1960, segundo Leloup (1970)



Fonte: Adaptado de LELOUP, 1970 *apud* ARRUDA e AMORIM FILHO, 2002.

Os quadros 06 e 07 mostram as modificações na hierarquia da rede urbana de Minas Gerais, especialmente uma maior estratificação nos níveis intermediários desta hierarquização.

Destacam-se, na proposta feita por Leloup (1970) para o ano de 1950, a posição de Belo Horizonte, juntamente com Juiz de Fora, enquanto capital regional. Em nível hierárquico imediatamente inferior, encontram-se as cidades de Uberlândia e Uberaba, no Triângulo Mineiro.

Os centros regionais identificados pelo autor são Montes Claros, no norte do estado; Teófilo Otoni, na porção nordeste; Governador Valadares e Caratinga, a leste; Araguari, no Triângulo Mineiro; Ponte Nova, na Zona da Mata; Barbacena e São João Del Rey, no Campo das Vertentes e; Itajubá e Poços de Caldas, a sul.

A classificação proposta para 1960 apresenta maior grau de estratificação, refletindo as mudanças demográficas e de padrão de ocupação vivenciadas no estado de Minas Gerais durante o período.

Belo Horizonte, desta vez, é tratada como Metrópole Regional. O nível hierárquico imediatamente inferior é composto por quatro cidades: Uberlândia e Uberaba, além de Governador Valadares (que apresenta uma subida de nível relativa à 1950) e Juiz de Fora (que desce um nível hierárquico em relação à 1950).

Outro aspecto interessante da proposta de 1960 é a diferenciação das cidades de níveis intermediários quanto às suas funções, agrupando, de um lado, aquelas ligadas às atividades industriais e, de outro, aquelas ligadas aos serviços. Esta abordagem se mostra muito apropriada à realidade do estado à época, uma vez que a diferenciação entre estes centros de hierarquia intermediária ocorre em função das atividades neles desenvolvidos, para além de seu porte.

Além da hierarquização propriamente dita, Leloup (1970) aponta também as diferentes relações existentes entre os centros urbanos de Minas Gerais, bem como os diferentes fluxos estabelecidos entre estes. O período de 1960 é marcado pela diminuição da polarização em torno da metrópole Rio de Janeiro, passando a se voltar aos centros de Belo Horizonte e São Paulo. Esta última se ampliou consideravelmente na porção sul do estado e no Triângulo Mineiro, tanto em função do maior dinamismo da capital paulista como da pavimentação de importantes eixos viários que ligam o as cidades mineiras à esta capital.

Na década de 1980 o Instituto de Geociências Aplicadas (IGA) promove um estudo da hierarquia urbana de Minas Gerais, desta vez a partir da análise de seus fluxos.

De acordo com a fundamentação teórica da Geografia Urbana – embora critérios como os demográficos e aqueles ligados às mensurações dos equipamentos industriais, comerciais e de serviços urbanos sejam importantes na caracterização das hierarquias e topologias das cidades – quando se trata de redes urbanas, as análises de fluxos são absolutamente necessárias. Entre os fluxos mais estudados para se conhecer, com profundidade, as interações espaciais que hierarquizam e definem as redes urbanas estão os fluxos de pessoas, capitais, mercadorias, informações, trens, veículos rodoviários, cartas, telefonemas e, mais recentemente, mensagens eletrônicas. (ARRUDA e AMORIM FILHO, 2002, p. 194).

Optou-se neste estudo por utilizar os fluxos rodoviários medidos a partir das viagens de ônibus entre os centros urbanos do estado, identificando os centros de concentração das interações espaciais.

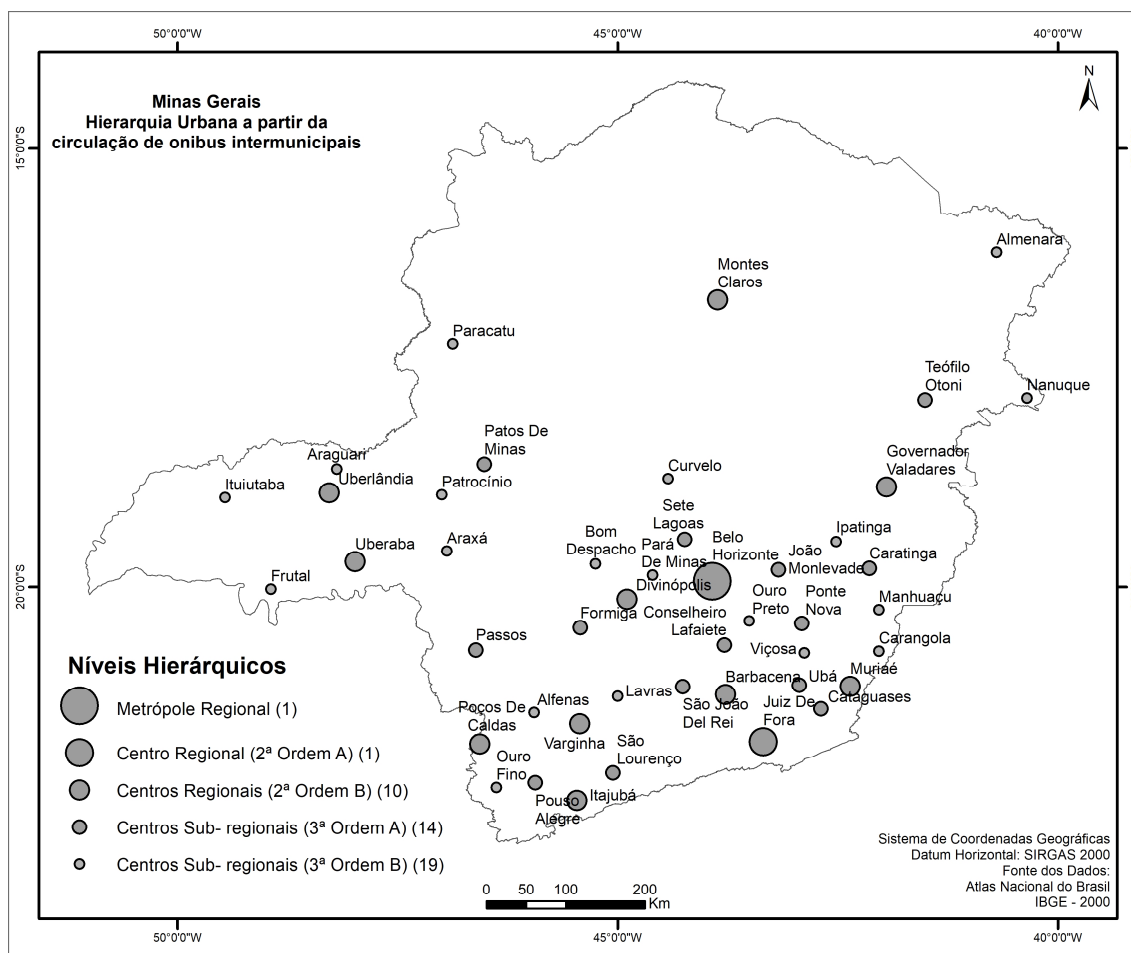
Belo Horizonte se destaca no cenário estadual, possuindo ligações diretas por ônibus para grande parte das cidades existentes no estado à época. O quadro 08 sumariza a hierarquização proposta a partir de fluxos rodoviários.

Quadro 08: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais a partir da circulação de ônibus intermunicipais

Metrópole Regional	Belo Horizonte
Centro Regional (2ª Ordem A)	Juiz de Fora
Centros Regionais (2ª Ordem B)	Barbacena; Divinópolis; Governador Valadares; Itajubá; Montes Claros; Poços de Caldas; Muriaé; Uberaba; Uberlândia; Varginha
Centros Sub-regionais (3ª Ordem A)	Caratinga; Cataguases; Conselheiro Lafaiete; Formiga; João Monlevade; Passos; Patos de Minas; Ponte Nova; Pouso Alegre; São João Del Rey; São Lourenço; Sete Lagoas; Teófilo Otoni; Ubá
Centros Sub-regionais (3ª Ordem B)	Alfenas; Almenara; Araguari; Araxá; Bom Despacho; Carangola; Curvelo; Frutal; Ipatinga; Ituiutaba; Lavras; Manhuaçu; Nanuque; Ouro Fino; Ouro Preto; Paracatu; Pará de Minas; Patrocínio; Viçosa

Fonte: IGA , 1980.

Figura 27: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1980, segundo o IGA



Fonte: Adaptado de IGA, 1980

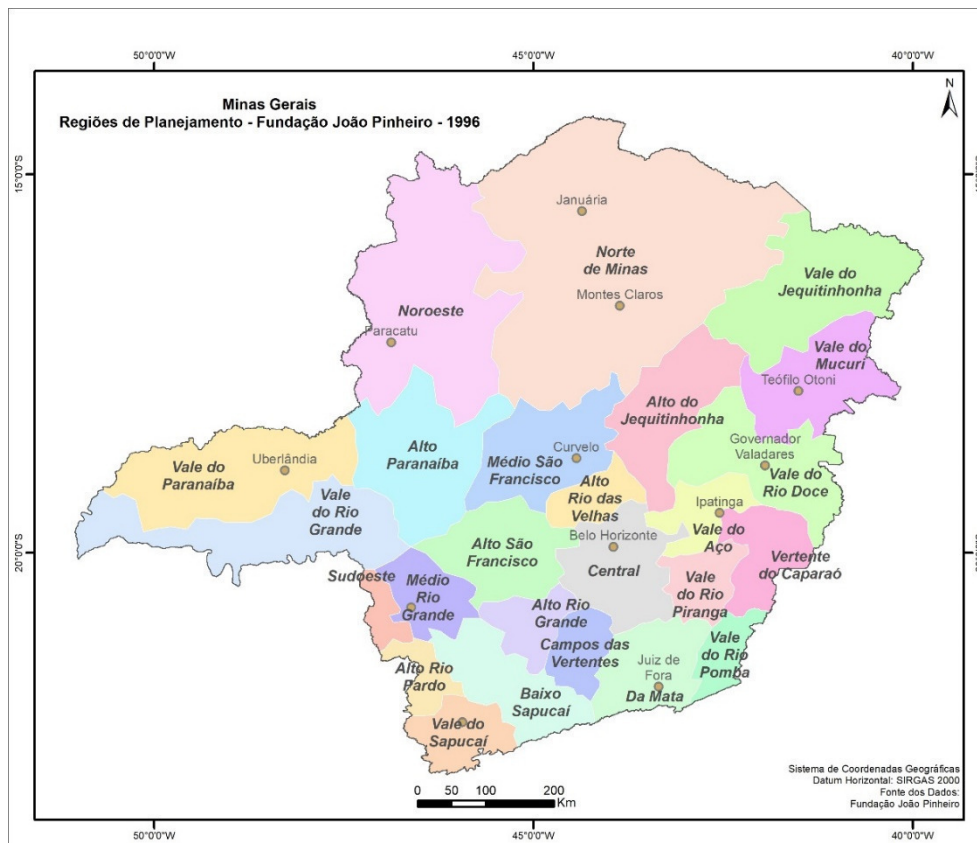
A proposta metodológica a partir dos fluxos de viagens intermunicipais permitiu, dentre outras conclusões, identificar o alcance das áreas de influência dos centros urbanos de maior hierarquia. Além destes, a análise das interações permitiu a identificação de áreas de maior dinamismo interno, caracterizadas como subsistemas urbanos, nos quais um centro regional concentra os fluxos dos centros de menor nível hierárquico localizados em seu entorno.

Tomando por base metodologias similares, uma nova divisão regional do estado de Minas Gerais é proposta em 1996. Partindo de conceitos de interação espacial e interdependência entre unidades espaciais, a Fundação João Pinheiro propõe nova regionalização de Minas Gerais. Utilizando um Modelo Potencial Modificado com massas calculadas através de Análise de Componentes Principais e distâncias rodoviárias entre as sedes municipais, foram identificados os principais centros urbanos e suas áreas de influência (FJP, 1996).

Os objetivos desta nova proposta eram, dentre outras, a de promover uma descentralização administrativa e tornar a prestação de serviços no estado mais eficiente, bem

como incentivar a formulação de propostas e programas de caráter local. Desta forma, a utilização de uma modelagem de interação espacial se mostra bastante adequada aos objetivos.

Figura 28: Divisão do estado em Regiões de Planejamento proposta pela FJP - 1996



Fonte: Adaptado de FJP, 1996

Esta proposta de regionalização dividiu o estado em 25 regiões de planejamento, as quais minimizavam as distâncias entre os municípios que as compunham e o município central de cada uma das regiões.

Desta forma, permite-se o melhor acesso da população a serviços e o melhor alcance dos projetos e políticas públicas geridos no âmbito destas microrregiões. O conceito de região, neste caso, se assemelha à proposta romana de subdivisões do espaço voltada à administração e controle do território

Esta proposta evidencia uma relação próxima dos estudos de redes urbanas e área de influência das cidades e o planejamento regional vigente à época, sendo os primeiros subsídios à regionalização.

Ainda na década de 1980 e partindo de uma abordagem mista (gabinete e visitas de campo), Amorim Filho, Bueno e Abreu (1982) propuseram um estudo sobre a hierarquia urbana

de Minas Gerais. Este estudo abrangeu as 102 cidades com população superior a 10.000 habitantes em 1980, sendo excluídas aquelas inseridas, à época, na Região Metropolitana de Belo Horizonte. A partir de dados quantitativos, técnicas de geoprocessamento e visitas à campo, os autores propuseram a hierarquização dos centros urbanos de Minas Gerais em quatro níveis.

Quadro 09: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais segundo Amorim Filho, Bueno e Abreu (1982)

Nível 1 – Grande Centro Regional	Juiz de Fora
Nível 2 – Cidades Médias de Nível Superior	Uberlândia, Uberaba, Barbacena, Varginha, Poços de Caldas, Itajubá, Pouso Alegre, Governador Valadares, Sete Lagoas, Montes Claros, Divinópolis, São Lourenço, Caxambu
Nível 3 – Cidades Médias Propriamente Ditas	Teófilo Otoni, Patos de Minas, Ituiutaba, Caratinga, Araguari, Passos, São João Del Rey, Formiga, Curvelo, Diamantina, Ubá, Araxá, Machado, Viçosa, Carangola, Itabira, Ponte Nova, Lavras, Alfenas, São Sebastião do Paraíso, Oliveira, Conselheiro Lafaiete, Três Corações, Itaúna, Leopoldina, Ouro Preto, Ouro Fino, Santa Rita do Sapucaí, Guaxupé, João Monlevade, Além Paraíba, Coronel Fabriciano, Pará de Minas, Cataguases, Ipatinga, Congonhas, Santos Dumont, Visconde do Rio Branco, Boa Esperança, Muriaé, São João Nepomuceno, Campo Belo, Nanuque
Nível 4 – Centros Emergentes	Patrocínio, Bom Despacho, Pirapora, Timóteo, Frutal, Tupaciguara, Manhuaçu, Sacramento, Manhumirim, Três Pontas, Arcos, Dolores do Indaiá, São Gonçalo do Sapucaí, Itabirito, Nova Era, Bambuí, Janaúba, Monte Carmelo, Carmo do Paranaíba, Pium-í, Abaeté, Ibiá, Lagoa da Prata, Mantena, Corinto, Pedra Azul, São Gotardo, Santa Bárbara, Itapeçerica, Resplendor, Raul Soares, Paracatu, Unai, João Pinheiro, Itambacuri, Aimorés, Carlos Chagas, Januária, Bocaiúva, Conselheiro Pena, Araçuaí, Almenara, Salinas, Jequitinhonha, Mariana

Fonte: AMORIM FILHO, BUENO e ABREU, 1982.

estado. Em 1988, em estudo denominado “Estrutura Espacial de Minas Gerais”, a Fundação João Pinheiro investiga a rede urbana de Minas Gerais tomando por base os pressupostos teóricos da Teoria dos Lugares Centrais, de Walter Christaller¹¹.

A partir de dados relativos às funções do setor terciário e administrativas existentes nas cidades, agrupadas segundo indicadores funcionais, estas foram caracterizadas e hierarquizadas segundo suas funções. Neste trabalho foram gerados 13 níveis hierárquicos, havendo um maior detalhamento em relação aos demais estudos sobre a hierarquia urbana de Minas Gerais (FJP, 1988).

As áreas de influência, por sua vez, foram identificadas a partir da aplicação de um *Modelo Potencial*. Este modelo, baseado na capacidade de atração da população medida a partir das “massas” dos centros urbanos (suas ofertas de diferentes tipos de serviços) e a distância entre os mesmos, visa identificar as áreas polarizadas em relação a determinados centros urbanos (FERREIRA, 1971).

Para além da hierarquia urbana, tal estudo avança no sentido da identificação das principais porções do território de Minas Gerais polarizadas pelo Rio de Janeiro e pelas cidades de Goiânia e Brasília. Foram identificadas as cidades de Juiz de Fora (centro de região) e as microrregiões de Além Paraíba, Cataguases, Juiz de Fora, Ubá, Leopoldina, Muriaé e Ubá (centros de microrregião) como estando sob influência do Rio de Janeiro. Além destas, a microrregião de Unaí foi apontada como área sob influência de Brasília/Goiânia.

O estudo confirma a tendência de aumento da área de influência de Belo Horizonte no estado, substituindo, em parte, a influência exercida pelo Rio de Janeiro em determinadas porções do estado.

Metodologia similar foi utilizada para a identificação das áreas de influência das cidades de Minas Gerais, em trabalho produzido pela CEMIG em 1987. Partindo das distâncias rodoviárias entre as cidades de Minas Gerais e de uma Massa Socioeconômica constituída de um grupo de variáveis socioeconômicas, foi aplicado o Modelo Potencial Modificado. A partir deste foi possível identificar as áreas de influência dos principais centros urbanos do estado.

Posteriormente, durante a década de 1990, é elaborado o estudo *Ciudades intermedias y tecnópolis potenciales em Minas Gerais*, o qual atualiza e detalha o *ranking* das cidades médias de Minas Gerais, elaborado em estudo anterior (AMORIM FILHO; ABREU, 2000).

Novamente o estudo se limitou às cidades com população superior à 10.000 habitantes, excluídas as localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte. Neste estudo foram

¹¹ CHRISTALLER, W. *The central places in southern Germany*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice- Hall, 1966.

utilizadas 07 variáveis socioeconômicas abrangendo aspectos referentes ao desenvolvimento humano, renda per capita, acessibilidade, indústrias de ponta, ensino superior, dentre outras (AMORIM FILHO; ABREU, 2000).

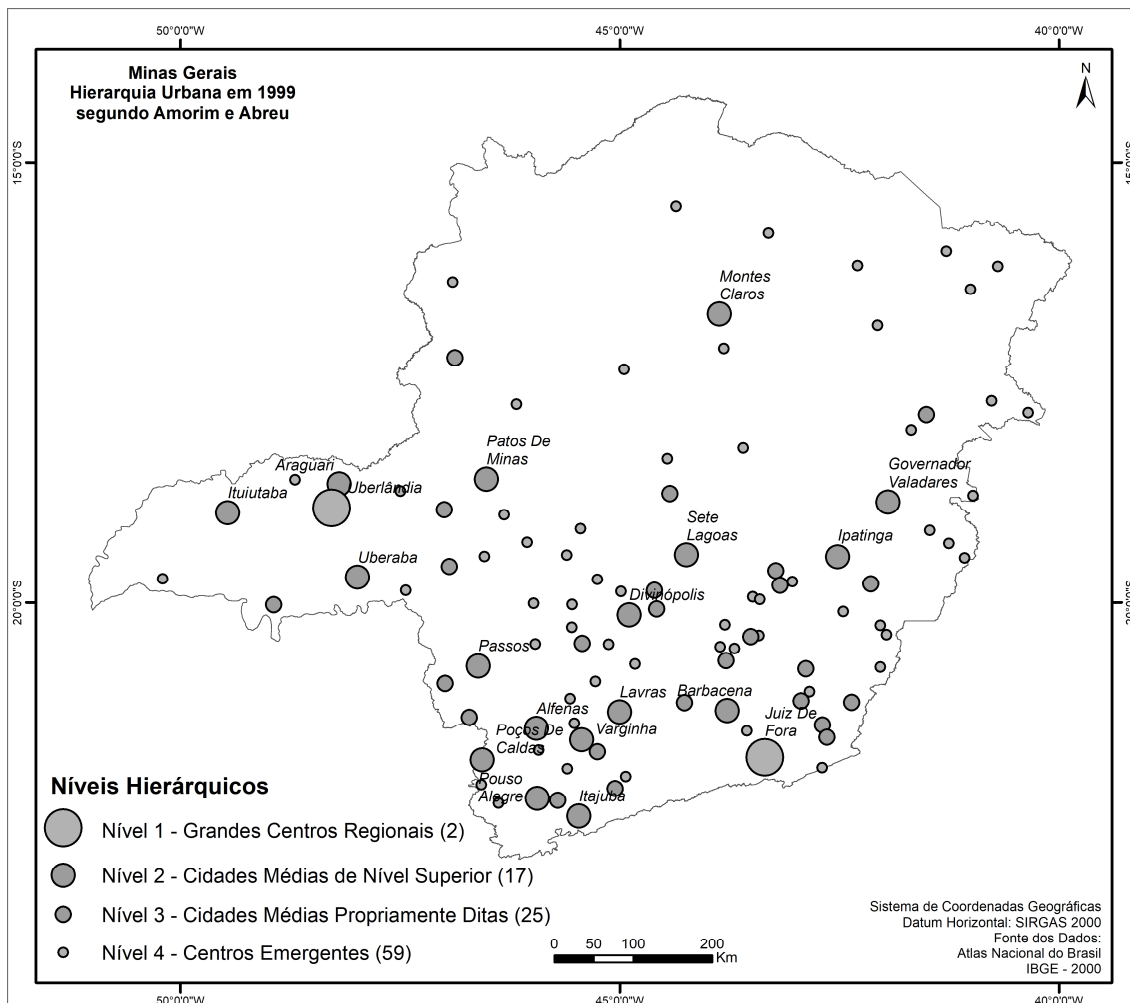
Estas variáveis foram utilizadas para hierarquizar as cidades nos níveis intermediários em Minas Gerais.

Quadro 10: Hierarquia das Cidades de Minas Gerais segundo Amorim Filho e Abreu (2000)

Nível 1 – Grandes Centros Regionais	Juiz de Fora, Uberlândia
Nível 2 – Cidades Médias de Nível Superior	Alfenas, Araguari, Barbacena, Divinópolis, Governador Valadares, Ipatinga (aglomeração), Itajubá, Ituiutaba, Lavras, Montes Claros, Passos, Patos de Minas, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Sete Lagoas, Uberaba, Varginha
Nível 3 – Cidades Médias Propriamente Ditas	Araxá, Caratinga, Cataguases, Conselheiro Lafaiete, Curvelo, Formiga, Frutal, Guaxupé, Itabira, Itaúna, João Monlevade, Leopoldina, Muriaé, Ouro Preto, Paracatu, Pará de Minas, Patrocínio, Santa Rita do Sapucaí, São João Del Rey, São Lourenço, São Sebastião do Paraíso, Três Corações, Teófilo Otoni, Ubá, Viçosa
Nível 4 - Centros Emergentes	Abaeté, Aimorés, Além Paraíba, Almenara, Andradas, Araçuaí, Arcos, Bambuí, Barão de Cocais, Boa Esperança, Bocaiúva, Bom Despacho, Campo Belo, Carangola, Carlos Chagas, Carmo do Paranaíba, Caxambu, Congonhas, Conselheiro Pena, Corinto, Diamantina, Dolores do Indaiá, Ibiá, Itabirito, Itambacuri, Itapeçerica, Janaúba, Iturama, Januária, Jequitinhonha, João Pinheiro, Lagoa da Prata, Machado, Manhuaçu, Manhumirim, Mantena, Mariana, Monte Carmelo, Nanuque, Nova Era, Nova Serrana, Oliveira, Ouro Branco, Ouro Fino, Pedra Azul, Pirapora, Pium-í, Raul Soares, Resplendor, Sacramento, Salinas, Santa Bárbara, Santos Dumont, São Gonçalo do Sapucaí, São Gotardo, Três Pontas, Tupaciguara, Unaí, Visconde do Rio Branco

Fonte: AMORIM FILHO e ABREU, 2000.

Figura 30: Hierarquia Urbana de Minas Gerais em 1999, segundo Amorim Filho e Abreu



Fonte: Adaptado de AMORIM FILHO e ABREU, 2000

A comparação deste estudo com o estudo proposto pelos mesmos autores na década anterior permite verificar as alterações ocorridas nos níveis hierárquicos das Cidades Médias de Nível Superior (que passa a contar com as cidades de Ipatinga, Timóteo e Coronel Fabriciano, no Vale do Aço, além das cidades de Alfenas, Araguari, Lavras, Passos e Patos de Minas).

A partir da avaliação de um conjunto de funções urbanas de baixa, média e elevada complexidade, em 1993, a rede urbana brasileira é estudada pelo IBGE no projeto Região de Influência das Cidades (REGIC). Foram elencadas 14 funções urbanas consideradas de baixa complexidade e 30 funções urbanas de complexidade média e elevada, consideradas como geradoras de fluxos. Esta pesquisa, embora extensa, não abrangeu a totalidade dos municípios do Brasil, uma vez que nem todos atingiam, à época, um grau mínimo de centralidade.

Segundo o IBGE 2000, os critérios utilizados para inclusão das cidades na pesquisa foram:

[...] municípios dotados de, pelo menos, três das seguintes características (a partir de informações levantadas pela pesquisa Informações Básicas Municipais – IBM/1989, produzida pelo IBGE:

- ser sede de comarca;
- contar com agência bancária;
- dispor de médico residente na cidade; e/ou
- dispor de emissora de rádio AM (IBGE, 2000, p.22)

Além destes dados, a pesquisa levou em conta os relacionamentos espaciais entre as cidades analisadas, utilizando dados relativos à origem e destino dos habitantes em busca de serviços e comércio.

Quadro 11: Relações Espaciais e Redes Regionais das Cidades de Minas Gerais

Grau de Centralidade	Redes Regionais		
	Minas Gerais	Rio de Janeiro	São Paulo
Máxima	Belo Horizonte	Rio de Janeiro	São Paulo
Muito Forte		Juiz de Fora	Juiz de Fora Uberlândia
Forte	Varginha Divinópolis Governador Valadares Montes Claros Teófilo Otoni	Viçosa	Varginha Uberaba Poços de Caldas Alfenas
Forte para Média	Itajubá Pouso Alegre São Lourenço Três Corações Ipatinga Lavras Manhuaçu Patos de Minas Sete Lagoas Caratinga	Barbacena Carangola Muriaé São João Del Rey Ubá	Itajubá Pouso Alegre Passos Patos de Minas
Média	Contagem Curvelo Diamantina João Monlevade Pirapora Ponte Nova Coronel Fabriciano	Além Paraíba Cataguases Leopoldina	Santa Rita do Sapucaí Araxá Ituiutaba Araguari Monte Carmelo Patrocínio
Média para Fraca	Caxambu Betim Manhumirim Capelinha Itabira	Três Rios Bicas Visconde do Rio Branco	Caxambu Ouro Fino Baependi Pium-í

	Ouro Preto Pará de Minas Bom Despacho Itaúna Oliveira Aimorés Guanhães Mantena Espinosa Janaúba Januária Almenara Nanuque Boa Esperança Campo Belo		
--	--	--	--

Fonte: ALVIM, 2009, a partir de IBGE, 2000.

A partir da metodologia adotada foi possível identificar seis diferentes graus de hierarquia das cidades de Minas Gerais, bem como os graus de interação entre estas. As áreas de influência dos centros de maior nível hierárquico foram identificadas a partir da análise das interações espaciais, medidas através da matriz de origem das pessoas que se dirigiam a estes centros com finalidade de comércio e serviços (ALVIM, 2009).

Desta forma, permitiu-se identificar as porções do território de Minas Gerais sob maior influência do Rio de Janeiro e de São Paulo. De maneira paralela ao estudo realizado pela Fundação João Pinheiro na década de 1980 (Estrutura Espacial de Minas Gerais), observa-se um maior detalhamento da hierarquia urbana do estado, bem como das áreas sob influência do Rio de Janeiro e de São Paulo. É importante ressaltar que, há época da realização da REGIC 1993, o território de Minas Gerais já se encontrava sob forte influência de São Paulo, tanto no Sul de Minas como no Triângulo Mineiro.

Os estudos das Regiões de Influência das Cidades são atualizados pelo IBGE em 2008. Neste novo estudo, diferentes técnicas de análise espacial e estatística foram empregadas na definição da hierarquia dos centros urbanos do país e suas respectivas áreas de influência. Utilizando um conjunto de variáveis abrangendo funções administrativas, de comércio e serviços, é proposta uma nova hierarquia das cidades mineiras (IBGE, 2008).

Partindo dos estudos das Regiões de Influência das Cidades, em 2017 o IBGE lança uma nova proposta de regionalização do território brasileiro, desta vez pautada nos conceitos de Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias (IBGE, 2017).

Esta proposta partiu da identificação de cidades polo e dos municípios vinculados a estas, dando suporte aos conceitos de Rede e interdependência.

Para a delimitação das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias, objeto da presente proposta de regionalização, foi utilizada, em um primeiro momento, a Divisão Urbano-Regional em suas escalas imediata e intermediária (Regiões Imediatas de Articulação Urbana e Regiões Intermediárias de Articulação Urbana). Cabe lembrar também que a própria Divisão Urbano-Regional partiu do Regic 2007, e que nenhum desses estudos respeita os limites das Unidades da Federação. Para a delimitação das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias, no entanto, isso não era aplicável, uma vez que tais regiões têm como restrição os limites das Unidades da Federação. Da mesma forma, as Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias possuem um balizamento, em termos de números mínimo e máximo de municípios na composição de cada uma das escalas (Imediata e Intermediária), ou seja: a noção de uma homogeneidade/proporcionalidade territorial e municipal, criando regiões com a mesma hierarquia, porém com extensões territoriais e quantitativos de municípios bastante diversos (IBGE, 2017, p.23).

Esta proposta partiu da identificação de cidades polo e dos municípios vinculados a estas, dando suporte aos conceitos de Rede e interdependência.

As Regiões Geográficas Intermediárias correspondem a uma escala entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas, em analogia às meso e microrregiões propostas em 1990 (IBGE, 2017).

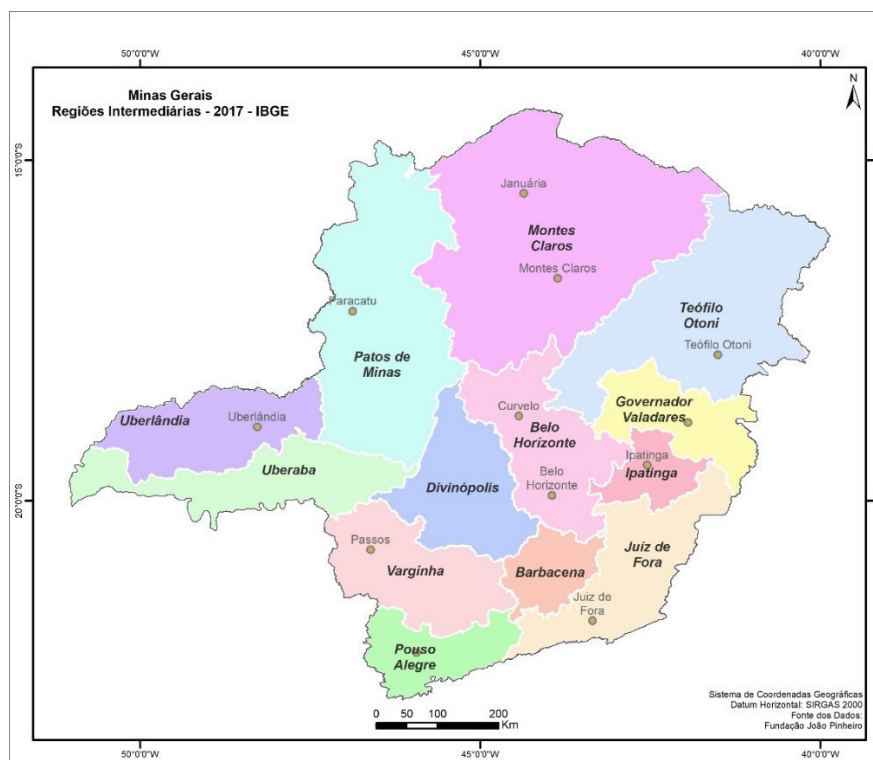
Para cada uma das Regiões Geográficas Intermediárias há um pólo de maior hierarquia, em torno do qual se organizam as regiões imediatas e os municípios que as compõem. Já as Regiões Geográficas Imediatas têm como elemento de referência as redes urbanas, sendo estruturadas a partir dos centros urbanos que atendem às necessidades cotidianas das populações dos municípios de seu entorno (IBGE, 2017).

Foram tomados como referência os estudos: Regiões de Influência das Cidades – REGIC, de 2007, os quais identificaram a hierarquia dos centros urbanos do país; Divisão Urbano-Regional, de 2008, que forneceu uma visão regional do Brasil a partir da articulação de seus

fluxos em três diferentes escalas; Gestão do Território, de 2014, que aborda o território do país a partir dos fluxos de gestão e as conexões por estes geradas; Logística de Transportes do Brasil, de 2014, que apresenta a estrutura de transportes e os equipamentos de logística associados e Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil, de 2016, que apresenta o quadro dos arranjos populacionais (estrutura de municípios com forte conexão entre suas populações em razão de deslocamentos cotidianos) (IBGE, 2017).

Esta proposta de divisão regional se afasta das tradições regionais francesas e se aproxima dos conceitos de regiões polarizadas, muito comuns nos estudos regionais realizados no âmbito de Análise Espacial. Nestes, a definição de regiões não se dá pela homogeneidade, mas sim pelo grau de interdependência das unidades que o compõem.

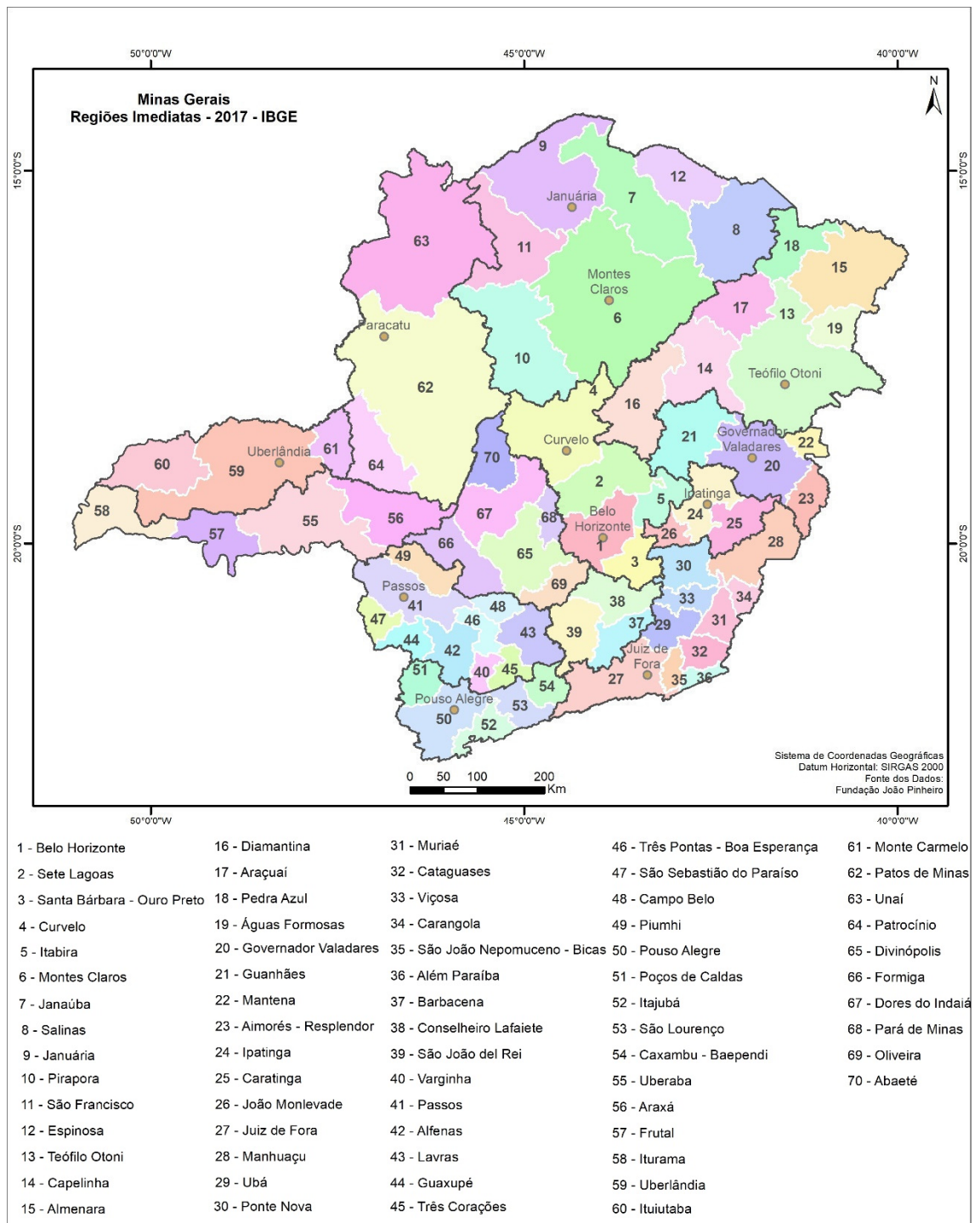
Figura 31: Divisão do estado em Regiões Intermediárias proposta pelo IBGE – 2017



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017

Nesta proposta, Minas Gerais é dividido em 13 Regiões Intermediárias, as quais se subdividem em 70 Regiões Imediatas, cada uma destas tendo por referência uma cidade polo.

Figura 32: Divisão do estado em Regiões Imediatas proposta pelo IBGE - 2017



Fonte: Adaptado de IBGE, 2017

Por se basearem em premissas similares e utilizarem metodologias pautadas em conceitos de interação espacial e interdependência, podemos relacionar as divisões regionais de 1996, proposta pela Fundação João Pinheiro e a divisão do estado em Regiões Imediatas de 2017, proposta pelo IBGE. Embora se traduzam num diferente número de regiões (em função das

diferenças de operacionalização, variáveis e mudanças na própria estrutura espacial), alguns dos territórios podem ser facilmente identificados em ambas as propostas.

As diferentes propostas de regionalização refletem os diferentes objetivos dos órgãos que as elaboraram, bem como as mudanças destes ao longo do tempo. Além disso, a análise comparativa destas permite destacar os diferentes níveis de informação (cartográficas e estatísticas) disponíveis nos momentos em que foram criados, assim como os preceitos teóricos e metodológicos em voga à época de suas elaborações.

4.3 Caracterização Socioeconômica

A dinâmica demográfica de Minas Gerais é marcada pela predominância de taxas de crescimento da população mais expressivas durante os períodos de 1970/1980 e 1980/1991. Durante este período, diferentes fatores contribuíram para o incremento populacional verificado na porção sudeste do país, destacando-se as altas taxas de natalidade em municípios predominantemente rurais e os grandes movimentos migratórios com destino a essas regiões.

Em analogia à dinâmica brasileira, Minas Gerais também registra acréscimo em sua população no período de 1970 a 2010, embora este tenha se dado em ritmos variados entre os diferentes períodos censitários.

Tabela 01: Taxas de Crescimento Populacional – Brasil e Minas Gerais – 1970/1980/1991/2000 e 2010

Unidades Espaciais	Taxa 1970/1980	Taxa 1980/1991	Taxa 1991/2000	Taxa 2000/2010
Brasil	27,78 %	23,37 %	15,70 %	12,29 %
Minas Gerais	16,49 %	17,66 %	13,73 %	9,45 %

Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE 2019

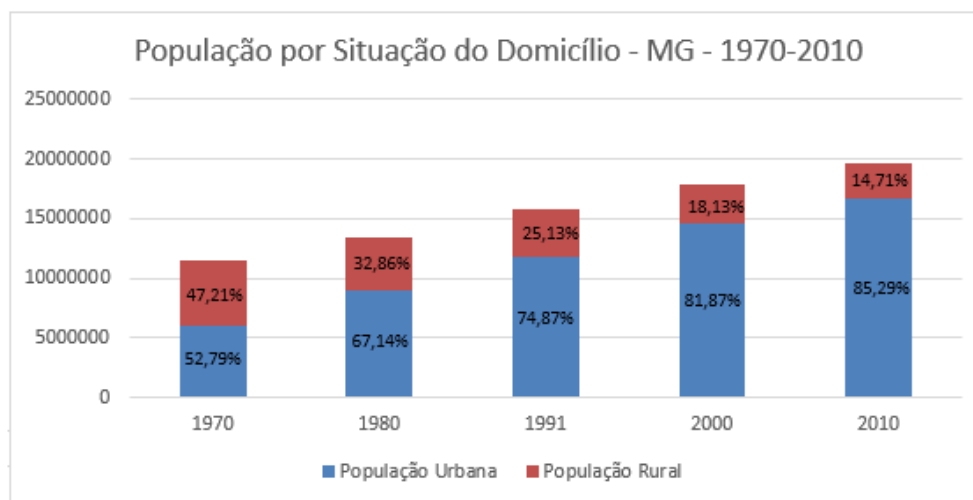
Os dados contidos na tabela 01 destacam a taxa de crescimento da população no período para Minas Gerais e para o Brasil. Embora a análise do período como um todo mostre um padrão semelhante, as variações intercensitárias verificadas apresentam diferenças sensíveis (IBGE, 2019, *on-line*).

Conforme os dados da tabela 01, enquanto para o Brasil é possível identificar (dentro os momentos analisados) um período de crescimento populacional mais expressivo durante as décadas de 1970 a 1980 (27,78%), em Minas Gerais há dois momentos com incremento populacional semelhantes, de 1970 a 1980 e de 1980 a 1991 (16,49% e 17,66%,

respectivamente). É importante ressaltar que estas décadas são marcadas por intensa atividade industrial e minerária no estado.

Os dados relativos a situação do domicílio da população em Minas Gerais estão representados na Gráfico 01, apresentado a seguir.

Gráfico 01: População por Situação do Domicílio – Minas Gerais – 1970, 1980, 1991, 2000 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

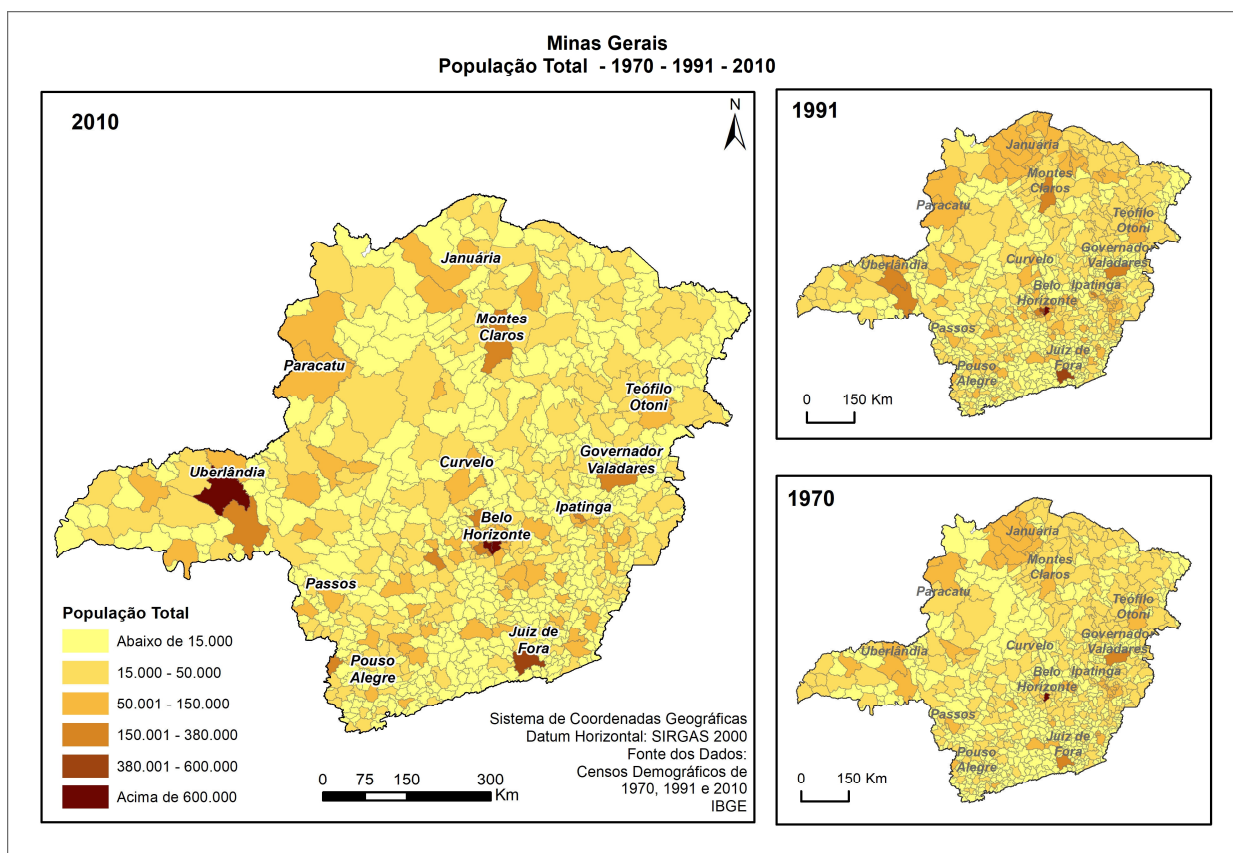
Conforme Gráfico 01, Minas Gerais se caracterizou pelo aumento da participação da população urbana em relação à população total, que passou de 52,79%, em 1970, para 85,29%, em 2010. O processo de urbanização de Minas Gerais se assemelha ao vivenciado no Brasil e nos países do Sudeste, de forma geral (MARTINE, 1994).

Durante o período de análise, Minas Gerais passou de 11.485.663 habitantes, distribuídos em 6.063.298 habitantes em área urbana e 5.422.365 habitantes em área rural para 19.597.330 habitantes, sendo que destes, 16.714.976 habitantes viviam em áreas urbanas e apenas 2.882.354 habitantes viviam em áreas rurais (IBGE, 2019).

Embora em 1970 a taxa de urbanização já ultrapassasse os 50% no estado, indicando uma predominância de população em áreas urbanas, podemos considerar que neste período houvesse uma distribuição com tendência ao equilíbrio urbano/rural. A partir de 1980, há o aumento da predominância da população urbana, que se aproxima dos 75%.

O conjunto de mapas apresenta a distribuição espacial da população de Minas Gerais em três diferentes períodos censitários: 1970 – 1991 – 2010.

Figura 33: Mapa de População de Minas Gerais – 1970, 1991 e 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

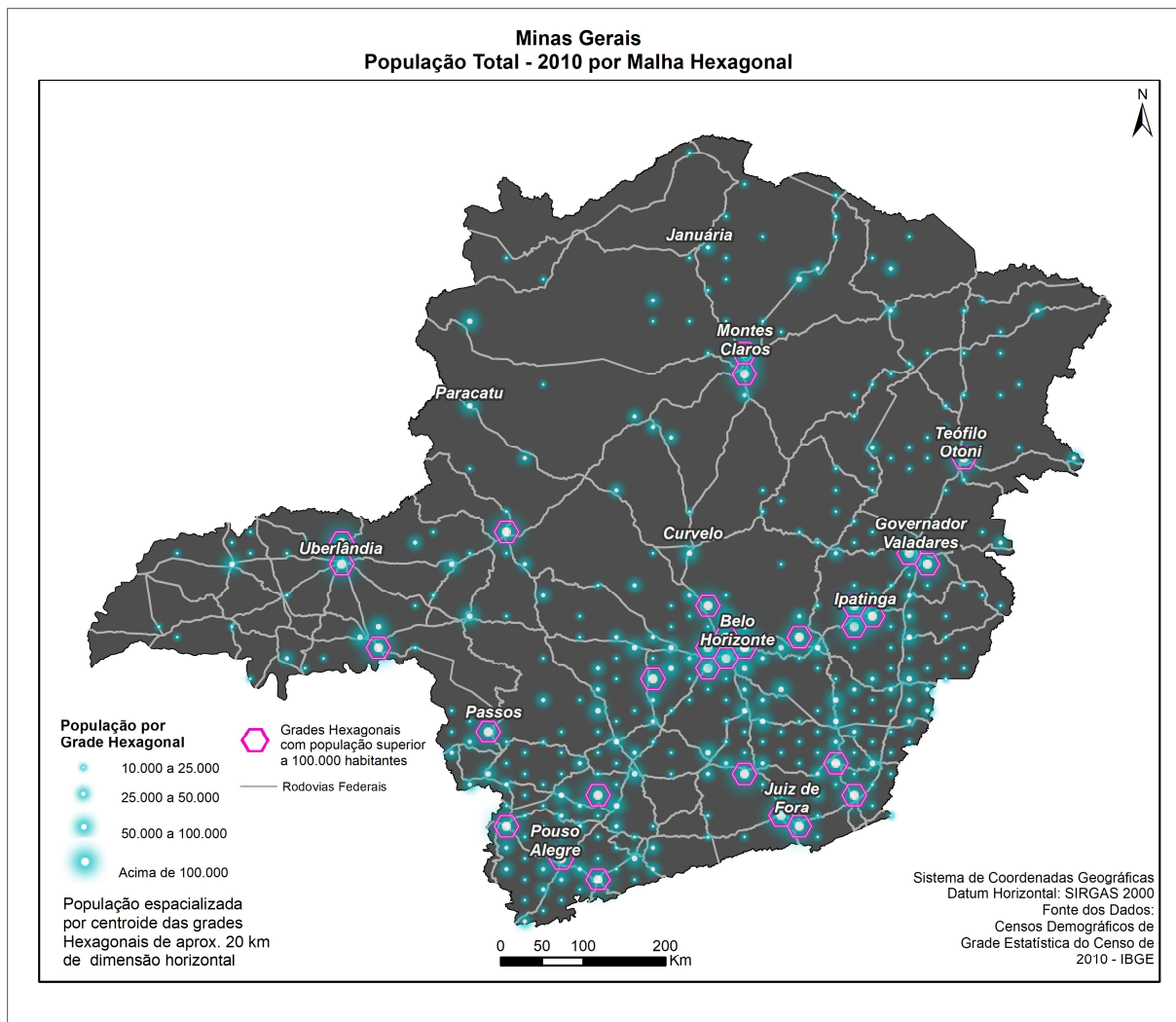
O conjunto de mapas da Figura 33 representa a distribuição espacial da população total em três períodos. Enfatiza-se que, no período 1970/1991, a taxa de crescimento acumulado da população foi de aproximadamente 37%, enquanto de 1991 a 2010, esta foi de aproximadamente 24%.

A construção dos mapas, utilizando os mesmos intervalos de classificação de dados, garante a comparação entre os diferentes momentos. Embora os períodos se diferenciem substancialmente quanto ao número de municípios existentes, é possível analisar o padrão de distribuição e concentração da população.

Os mapas mostram o aumento relativo de municípios com população superior a 380 mil habitantes no período. Durante o período de 1970 a 1991 observa-se que estes deixaram de estar restritos à porção central de Minas Gerais e aos pólos regionais. O período entre 1991 e 2010 é marcado pelo aumento da população de diversos municípios, que ultrapassam os 380 mil habitantes, com destaques para Uberlândia, Juiz de Fora, Governador Valadares, Montes Claros.

Analisando detalhadamente a população do ano de 2010, verifica-se a grande participação dos grandes centros regionais na população total do estado.

Figura 34: Mapa de População de Minas Gerais por Grade Estatística – 2010



Fonte: Elaborado pelo autor

De forma a detalhar esta distribuição espacial da população mineira, foram utilizados os dados referentes à grade estatística, disponibilizados para os dados do Censo de 2010 pelo IBGE (2010). Esta grade estatística traz dados da população (população total e por sexo) e domicílios ocupados em duas diferentes escalas: grades de 200x200 metros para áreas urbanas e 1.000x.1000 metros para áreas rurais. Esta grade de dados visa permitir a extração e análise de dados para diferentes níveis territoriais, como sub-bacias, biomas, dentre outras.

Neste trabalho, os dados das grades foram agrupados em uma grade hexagonal de 20 quilômetros de lado, de forma a representar a população do estado indiferente dos municípios

e divisões regionais. O uso da grade hexagonal se deve ao fato da mesma garantir uma distância uniforme entre 6 centróides vizinhos, ao invés de 4, como nas grades quadradas.

O mapa mostra os pontos de concentração da população, em especial nos grandes centros regionais e seu entorno imediato. A grande aglomeração populacional se dá nas porções centro e sudeste do estado, na qual a distância entre as áreas de maior densidade de ocupação também é menor.

A malha de rodovias federais, por sua vez, mostra o direcionamento das ocupações, indicando uma forte correlação entre a densidade de malha viária e a densidade de pontos com população superior a 100.000 habitantes. Pode-se afirmar que estas densidades possuem alto grau de correspondência espacial, indicando que as tais rodovias, ao funcionarem como principal forma de escoamento de pessoas e produtos, podem também ser fatores de indução à ocupação.

Produto Interno Bruto

A história de ocupação de Minas Gerais e da formação de sua rede urbana se relaciona de maneira muito direta às atividades econômicas desenvolvidas durante os diferentes períodos no estado. Estas atividades, ao atraírem e fixarem a população, atuaram no sentido de moldar o território e suas diferenciações locais e regionais.

Embora o PIB, por si só, não seja a melhor variável para se analisar a conjuntura de produção e distribuição de riquezas, sua utilização se dá em função da disponibilidade de dados em série histórica e pela possibilidade de detalhar os dados em sub-índices, o que permite a identificação de diferenças entre os municípios analisados.

Tabela 02: Taxas de Crescimento do PIB – Minas Gerais e Brasil – 1999 a 2012

	Taxa Simples de Variação no Período												
	1999/ 2000	2000/ 2001	2001/ 2002	2002/ 2003	2003/ 2004	2004/ 2005	2005/ 2006	2006/ 2007	2007/ 2008	2008/ 2009	2009/ 2010	2010/ 2011	2011/ 2012
Minas Gerais	12,05	10,64	14,79	16,47	19,15	8,64	11,48	12,36	17,09	1,60	22,41	9,90	4,50
Brasil	10,75	10,40	13,49	15,03	14,21	10,60	10,35	12,32	13,94	6,83	16,38	9,89	6,01

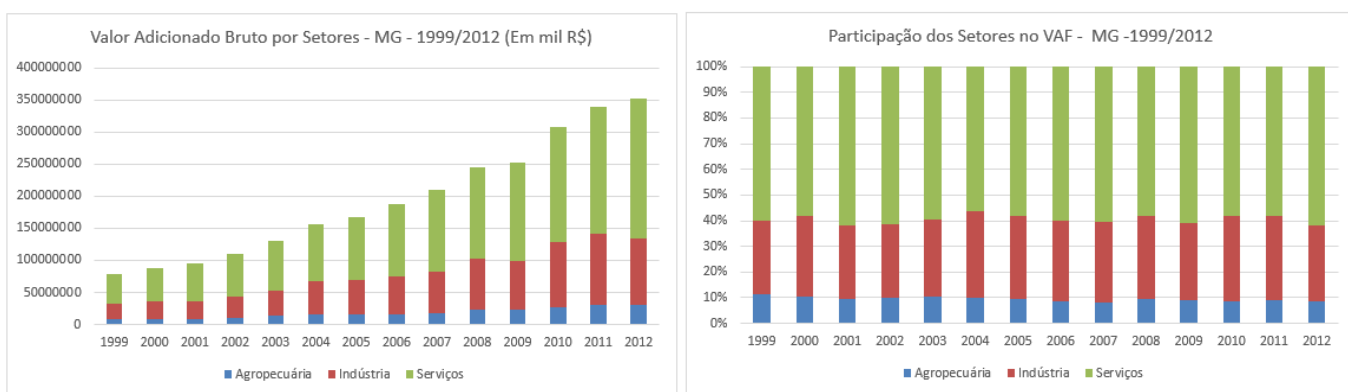
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2012 (*on-line*)

Conforme a Tabela 02, o Produto Interno Bruto de Minas Gerais apresenta padrão de variação semelhante ao verificado no Brasil durante o período de 1999 a 2012. Nota-se um

aumento das taxas (que passam de aproximadamente 10%) entre 1999 e 2001 para aproximadamente 15 e 19% no período de 2003 a 2004 no estado e no país, respectivamente.

Após este período, ocorre uma desaceleração relativa do crescimento, embora em ambas unidades analisadas este se mantenha próximo aos 10%. Outro período de destaque é o de 2008 a 2009, marcado por forte crise em cenário internacional. Impactado diretamente na diminuição da exportação de *commodities*, representativas tanto na economia do estado como do país, de forma geral, o crescimento no Produto Interno Bruto cai para taxas próximas aos 6% no Brasil, enquanto em Minas Gerais estes valores foram inferiores aos 2%.

Gráfico 02: Valor Adicionado por Setores – MG – 1999 a 2012



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2012.

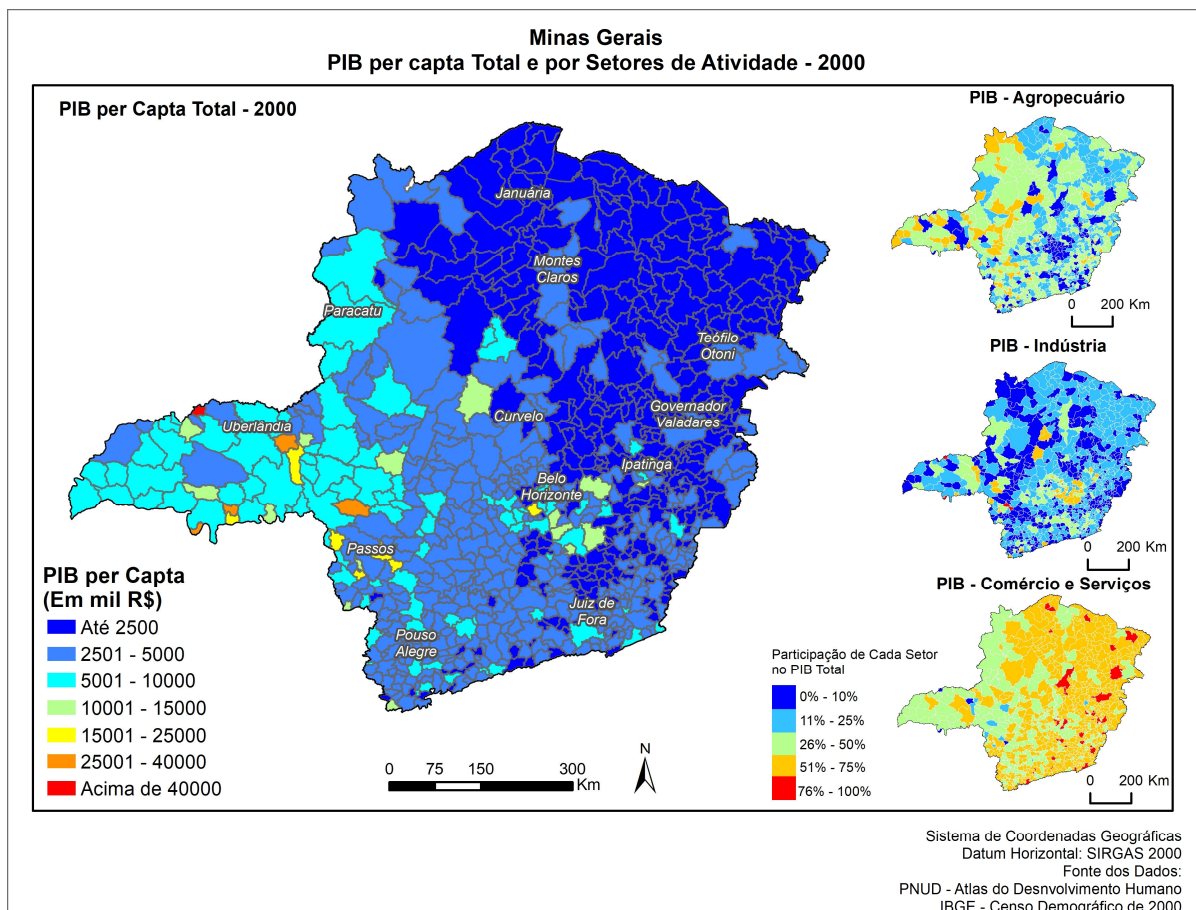
Conforme os dados do Gráfico 02, analisando-se a composição da produção de riquezas no estado durante o mesmo período a partir dos setores agropecuário, indústria e serviços, verifica-se que o crescimento absoluto pode ser explicado pelo aumento nos valores totais de todos os setores analisados.

Destaca-se, entretanto, o aumento mais expressivo do Valor Adicionado Bruto dos setores industriais e de serviços, em especial aquele ocorrido nos períodos de 2003 a 2004 e de 2007 a 2008. A participação de cada setor na Valor Adicionado Total apresenta poucas variações no período.

Destaca-se o aumento da participação do setor industrial no total produzido nos mesmos períodos em que se observa o aumento significativo no valor adicionado total (2003 a 2004 e 2007 a 2008), o que indica que parte considerável deste aumento pode ser explicada pelo aumento da participação das atividades industriais.

Analisando a distribuição espacial da variável PIB pelos municípios de Minas Gerais para os anos de 2000 e 2010, verifica-se alterações significativas nos padrões de concentração desta, tanto dos valores totais como dos valores relativos aos setores que o compõem.

Figura 35: Produto Interno Bruto – PIB dos Municípios de Minas Gerais – 2000



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2012

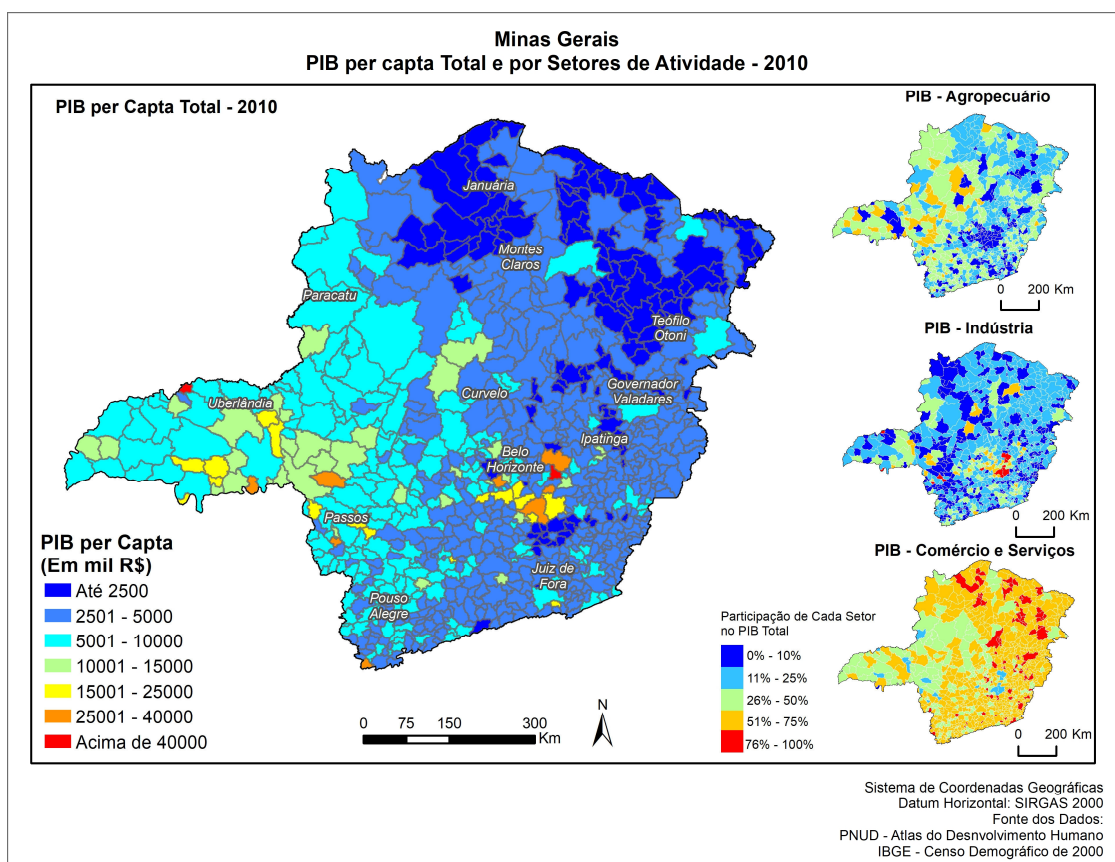
O mapa de PIB total e por setores de atividade mostra a distribuição destas variáveis. Optou-se por trabalhar com o PIB normalizado pela população (*PIB per capita*), formando base comparativa para municípios de portes muito diferentes.

Observa-se que, em 2000, o PIB se concentrava especificamente em duas regiões – Região Central (no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte) e na porção oeste do estado (Mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba). Além destas regiões, há destaques isolados para os municípios do Sul de Minas em torno de Pouso Alegre e para Juiz de Fora, a sudeste.

Os padrões espaciais dos setores (Agropecuário, Indústria e Comércio e Serviços) mostra distribuições distintas. Para as atividades ligadas ao setor agropecuário há destaque para as

porções oeste, sudoeste e noroeste do estado, ligadas historicamente à atividades ligadas ao setor. O PIB industrial, por sua vez, concentra-se na porção central do estado, no entorno da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Os valores de escala mostram que a atividade industrial, mesmo em áreas nas quais esta não tem grande representatividade na produção total, possui alto valor agregado, produzindo altos valores de PIB *per capita*. Com relação ao PIB do setor de Comércio e Serviços, observa-se que este se possui menor participação nos municípios das porções oeste e noroeste do estado.

Figura 36: Produto Interno Bruto – PIB dos Municípios de Minas Gerais – 2010



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de IBGE, 2012

A distribuição espacial de 2010, embora guarde grandes semelhanças com a de 2000, mostra o aumento do PIB *per capita* nos municípios ao sul do estado, bem como nos municípios de Governador Valadares, Teófilo Otoni. Além disso, a mesorregião do Triângulo Mineiro / Alto Paranaíba também apresenta um aumento nos valores.

Com relação aos setores da economia, observa-se uma manutenção dos padrões anteriormente observados. É importante observar um aumento nos valores de PIB *per capita* de comércio e serviços, o que impactou diretamente no aumento dos dados gerais no estado.

Além da análise do PIB e do Valor Adicionado Fiscal, outro dado importante é o de predominância de empregados acima dos 18 anos por setores da economia. De forma a comparar a composição da força de trabalho empregada e sua concentração espacial, foram selecionadas as variáveis referentes aos empregados no setor agropecuário e nos setores de comércio e serviços. Uma vez que estes dados mostraram a existência de áreas de concentração de Valor Adicionado Fiscal diferentes para cada um destes setores, buscou-se comparar o grau de concentração da mão-de-obra nestes setores.

Esta análise deu origem a um mapa bivariado contendo os dois setores: de um lado o percentual de empregados no setor agropecuário e, de outro, o percentual de empregados no setor de comércio e serviços. Para a construção deste, os dados foram agrupados em três classes utilizando critérios de quebras naturais: baixa concentração – de 0 a 35%; média concentração – de 35 a 60% e; alta concentração – acima de 60%. A cada uma destas classes foram dados pesos que, combinados, ajudaram a construir a legenda.

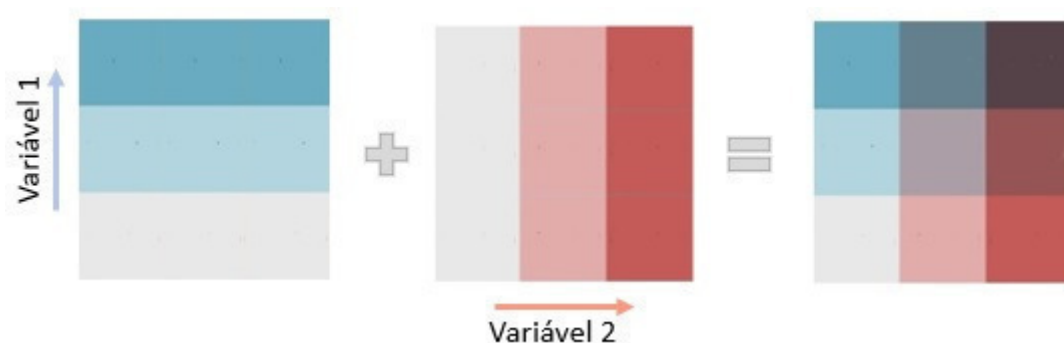
Quadro 12: Classes para Mapa Bivariado

Taxa de Concentração de empregados no setor	Classe	Nota
0 a 35%	Baixa	1
35 a 60%	Média	2
Acima de 60%	Alta	3

Fonte: Elaborado pelo autor

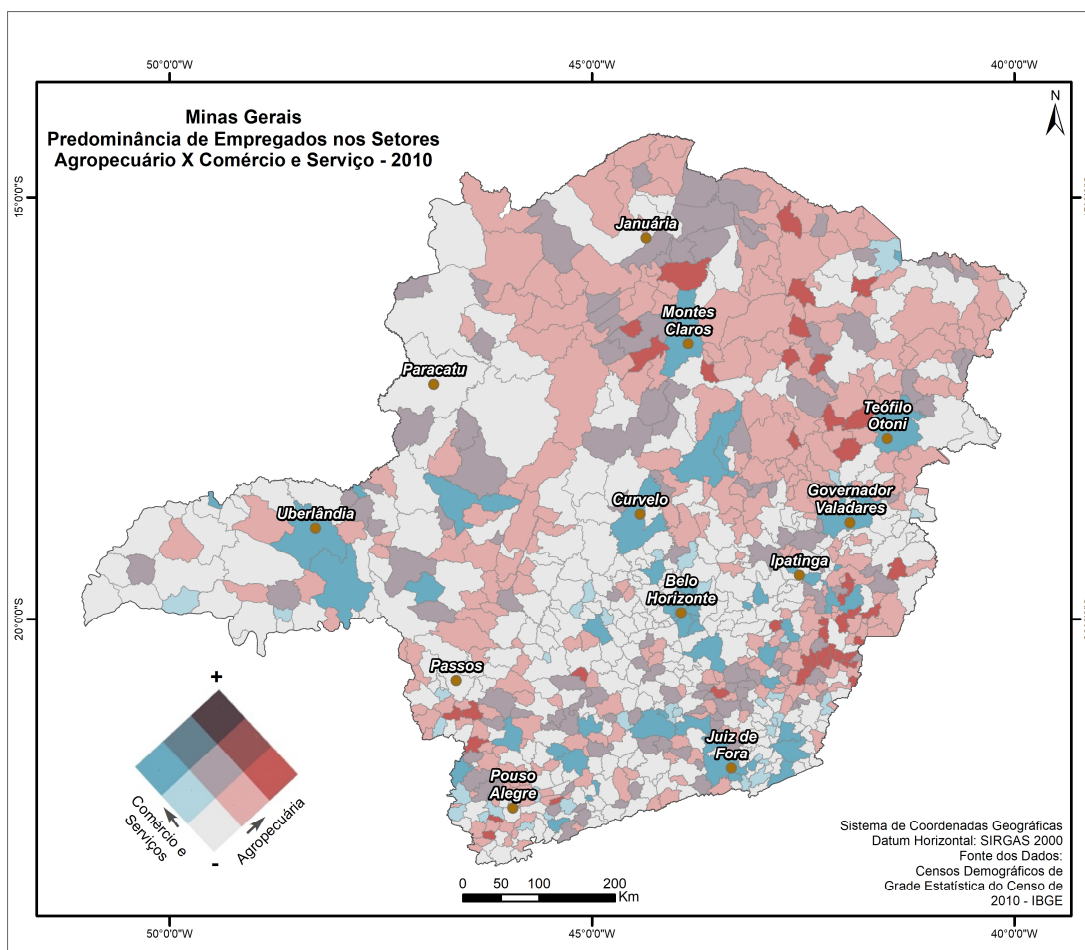
Desta maneira são geradas duas legendas: uma com três tons de azul representando a intensidade da concentração do número de empregados no setor de comércio e serviços e uma legenda com três tons de vermelho representando a intensidade da concentração do número de empregados no setor agropecuário. Estas legendas são combinadas mostrando a variação da intensidade dos fenômenos captados pelas duas variáveis pela área de estudo.

Figura 37: Esquema de uma legenda de mapa bivariado



Fonte: Elaborado pelo autor com base em STEVENS, 2015 e NELSON, 2020

Figura 38: Concentração de empregados nos setores agropecuário e de comércio e serviços – Minas Gerais - 2010



Fonte: Elaborado pelo autor a partir de STEVENS, 2015 e NELSON, 2020

O mapa da figura 38 mostra uma maior predominância de municípios com maior percentual de empregados no setor agropecuário nas porções norte e nordeste do estado. Os municípios da porção que se estende do extremo noroeste ao extremo sudeste do estado se

caracterizam, em grande parte, por baixa concentração dos dois setores, o que indica, em certo ponto, algum grau de diversificação da base econômica (uma vez que o número total de empregados não se concentra em apenas duas atividades).

Outra observação interessante é a de que os grandes centros regionais se caracterizam, em sua grande maioria, pela predominância de atividades ligadas aos setores de comércio e de serviços, o que revela seu papel como referência ao atendimento dos municípios vizinhos nas demandas relativas a estas atividades. Esta situação pôde ser observada em diferentes regiões, vocações regionais e portes dos municípios, como Belo Horizonte, Juiz de Fora, Uberlândia, Governador Valadares, Teófilo Otoni e Montes Claros.

5 APRESENTAÇÃO DOS DADOS E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 Hierarquização dos Centros Urbanos

A primeira etapa do trabalho consiste na hierarquização dos centros urbanos a partir de dados socioeconômicos que abrangem 5 dimensões: características socioeconômicas gerais, funções administrativas e presença de equipamentos especializados, empresas por atividade e porte, equipamentos de atendimento à educação e equipamentos de atendimento à saúde. A opção por uma hierarquia urbana baseada em 5 dimensões tem como objetivo captar a capacidade e o dinamismo socioeconômico das cidades de Minas Gerais, bem como sua capacidade de atendimento de serviços.

A escolha das variáveis, bem como seu agrupamento em dimensões, permite avaliar tanto a hierarquia geral das cidades, como também avaliar o desempenho de cada uma destas nos rankings individualizados das dimensões. Uma vez que um dos objetivos da tese é avaliar a capacidade de cada dimensão em explicar as interações espaciais/fluxos observadas nestas cidades, cabe a avaliação individualizada destas dimensões.

Além disso, cabe ressaltar que o agrupamento das variáveis em dimensões temáticas traz como resultado adicional a possibilidade de se avaliar diferenças regionais e vocações específicas dos centros urbanos.

Retomando os conceitos de Interação Espacial discutidos no item 2.3, busca-se verificar, dentre os principais elementos de diferenciação dos centros urbanos, quais aqueles que mais se relacionam ou explicam a capacidade destes em atrair os residentes das cidades de seu entorno. Torna-se, portanto, necessário, que se produza uma hierarquia dos centros urbanos e se elabore uma discussão das dimensões que a originam.

Os quadros 13, 14, 15, 16 e 17 sumarizam os 10 primeiros municípios ranqueados segundo os Escores das Primeiras Componentes para cada uma das 5 Dimensões. O ranking apresentado foi construído a partir dos escores das Componentes Principais de maior autovalor.

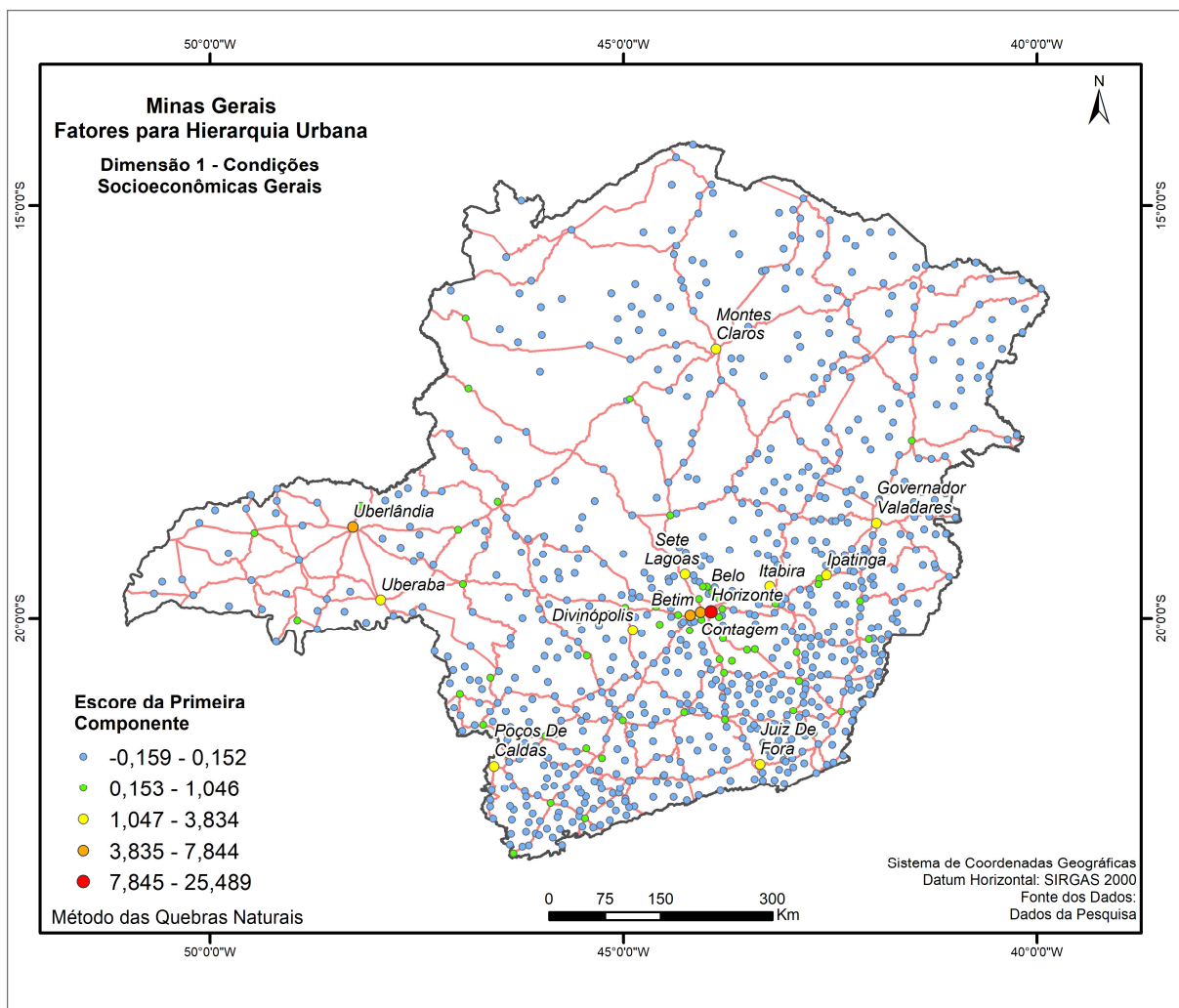
Quadro 13 - Ranking das Cidades – Dimensão 1 - Características Socioeconômicas

Posição no Ranking	Cidade	Escore da Primeira Componente Principal
1º	Belo Horizonte	25,488
2º	Betim	7,844
3º	Contagem	6,497
4º	Uberlândia	6,132
5º	Juiz de Fora	3,833
6º	Uberaba	2,310
7º	Ipatinga	2,232
8º	Montes Claros	1,690
9º	Sete Lagoas	1,651
10º	Governador Valadares	1,400
11º	Itabira	1,358
12º	Divinópolis	1,231
13º	Poços de Caldas	1,225
14º	Varginha	1,045
15º	Ouro Preto	1,016

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa da Figura 39 apresenta o escore da Dimensão 1 – Características socioeconômicas.

Figura 39: Dimensão 1 – Características Socioeconômicas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

As variáveis relacionadas a esta dimensão, em especial aquelas ligadas às atividades econômicas (Produto Interno Bruto, ICMS, Valor Adicionado Fiscal) caracterizam e hierarquizam os centros urbanos quanto à sua capacidade de acumulação de capital.

Retomando os conceitos de Funções Urbanas apresentadas, podemos correlacionar esta dimensão ao que Garnier (1997) definiu como “Funções de Enriquecimento”, que podem ser definidas como geradoras de fluxos monetários e suscetíveis a capitalização. A disponibilidade e a acumulação de capital nos centros urbanos transpõem os conceitos de setores primários, secundários e terciários, propondo a interrelação de fluxos entre estes.

A dimensão 1 - Características Socioeconômicas Gerais -, destacou os municípios de Belo Horizonte, Betim, Contagem, Uberlândia, Juiz de Fora, Uberaba, Ipatinga, Montes Claros, Sete

Lagoas e Governador Valadares como os mais desenvolvidos. Este conjunto de variáveis mostra, dentre outras questões, a grande capacidade econômica destes municípios, nos quais se concentra a produção de parte considerável da riqueza do estado.

Diante deste aspecto, o ranking desta Dimensão apresenta grande variabilidade de características das cidades que o compõem, tendo como destaques cidades fortemente marcadas por atividades de setor terciário (como Belo Horizonte, Juiz de Fora e Governador Valadares), como municípios com parte importante de seu Produto Interno Bruto gerado em atividades do setor secundário (como Itabira e Betim).

A segunda dimensão - Funções administrativas e presença de equipamentos especializados, indica a capacidade das cidades em fornecer atividades administrativas descentralizadas aos seus moradores e ao seu entorno. As variáveis selecionadas têm por objetivo avaliar o grau de capilaridade dos serviços públicos estaduais a partir de suas estruturas descentralizadas (superintendências, postos de atendimento e sedes regionais. As funções administrativas se inserem no que Garnier (1997) definiu como “Funções de Responsabilidade”, caracterizada por desempenhar um papel importante na vida dos seus moradores, intermediando o alcance a serviços essenciais.

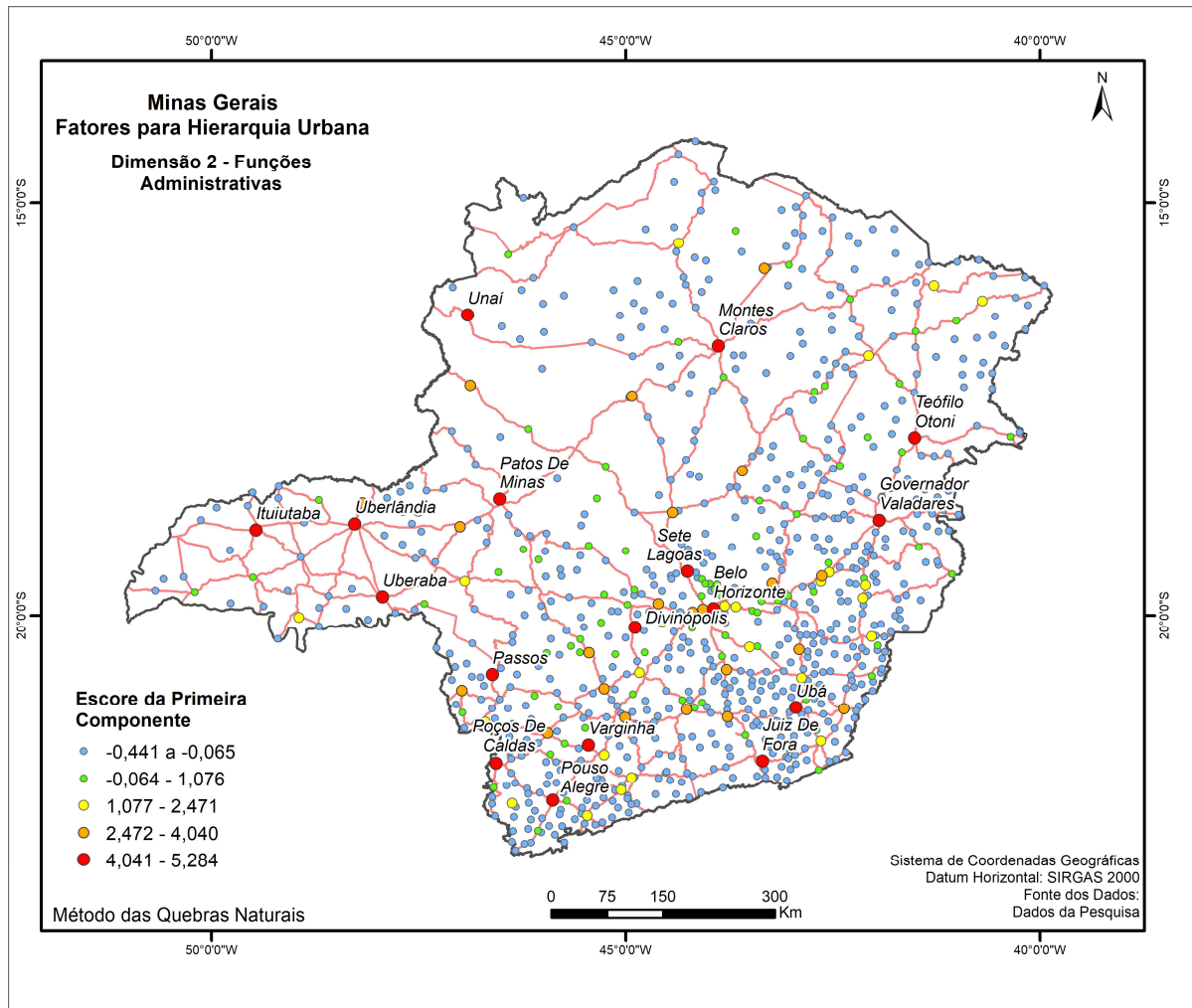
Quadro 14 - Ranking das Cidades – Dimensão 2 - Administração Pública e Equipamentos Especializados

Posição no Ranking	Cidade	Escore da Primeira Componente Principal
1º	Belo Horizonte	5,488
1º	Divinópolis	5,488
1º	Governador Valadares	5,488
1º	Juiz de Fora	5,488
1º	Montes Claros	5,488
1º	Patos de Minas	5,488
1º	Pouso Alegre	5,488
1º	Uberaba	5,488
1º	Uberlândia	5,488
1º	Teófilo Otoni	5,488
2º	Sete Lagoas	4,751
2º	Barbacena	4,751
3º	Unai	4,482
4º	Poços de Caldas	4,246
4º	Curvelo	4,246

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa da figura 40 espacializa o Escore da Dimensão 2 – Funções administrativas e presença de equipamentos especializados.

Figura 40: Dimensão 2 – Funções administrativas e presença de equipamentos especializados



Fonte: Elaborado pelo autor

A função urbana de administração exerce papel importante na organização das redes urbanas. Seu alcance espacial, evidenciado pelo grande número de cidades com maiores níveis hierárquicos no mapa (classes em vermelho e laranja), ressalta a estratégia do poder público em descentralizar parte de seus serviços, impulsionando fluxos de caráter regional em direção a estes centros urbanos.

Tal conjunto de variáveis foi construído a partir de uma matriz binária representando a presença ou ausência de determinada infraestrutura de serviços públicos nas cidades analisadas. Desta forma, os valores utilizados se diferem das demais componentes, construídas a partir de dados relativos às quantidades de determinado elemento/característica. A opção por uma matriz

binária ocorre em função da própria natureza diferenciada destes dados – presentes ou não nas cidades. A existência ou não de determinada infraestrutura de apoio administrativo indica a necessidade ou não da população se deslocar para ter acesso aos mesmos, bem como indica o grau de descentralização destes.

Este conjunto de dados, relativo à existência de funções administrativas e equipamentos especializados analisados, traz como destaques as cidades de Belo Horizonte, Divinópolis, Juiz de Fora, Montes Claros, Patos de Minas, Pouso Alegre, Uberaba, Uberlândia, Governador Valadares e Teófilo Otoni. Estas cidades se encontram empatadas em uma primeira posição quanto a esta dimensão, uma vez que se localizam nestas grandes quantidades de equipamentos especializados e infraestruturas de apoio à gestão descentralizada do estado.

A terceira dimensão - Empresas por setores da economia e porte - avalia o número de empresas pelas 14 seções selecionadas da CNAE 2.0, bem como o porte das empresas presentes nas cidades analisadas. Foram selecionadas, dentre as 22 seções de atividades da CNAE 2.0, 14 atividades indicadoras de do grau de urbanização dos centros urbanos. Os dados desta dimensão mostram, além da predominância das atividades econômicas ligadas aos setores de indústria, comércio e serviços, o volume total de empresas em atividade no período de análise.

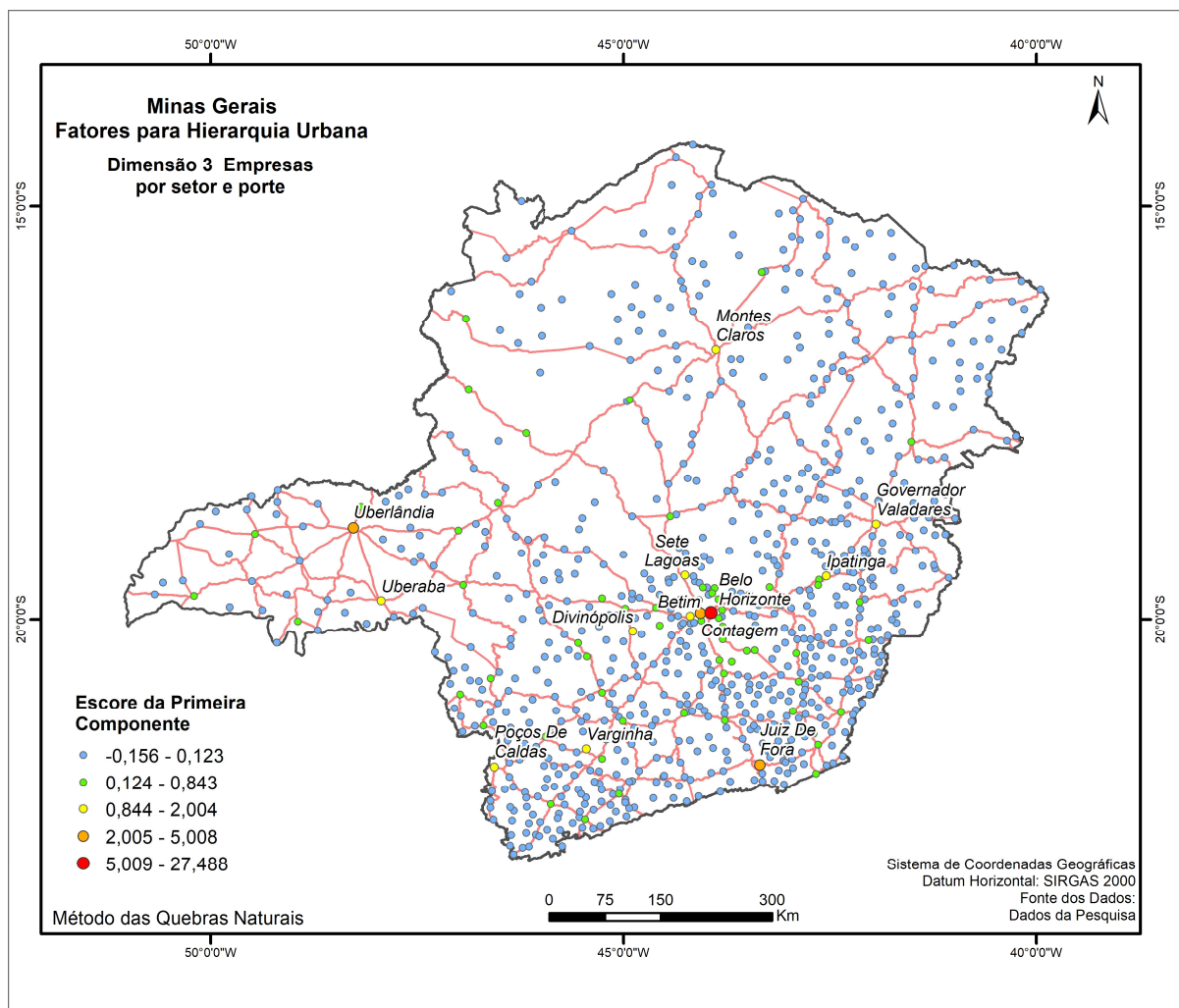
Quadro 15 - Ranking das Cidades – Dimensão 3 - Empresas por Atividade e Porte

Posição no Ranking	Cidade	Escore da Primeira Componente Principal
1º	Belo Horizonte	27,488
2º	Uberlândia	5,007
3º	Juiz de Fora	4,515
4º	Contagem	3,726
5º	Uberaba	2,004
6º	Montes Claros	1,912
7º	Governador Valadares	1,452
8º	Ipatinga	1,427
9º	Betim	1,427
10º	Sete Lagoas	1,288
11º	Divinópolis	1,249
12º	Poços de Caldas	1,163
13º	Varginha	0,937
14º	Pouso Alegre	0,843
15º	Patos de Minas	0,753

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa da figura 41 apresenta o Escore da Dimensão 3 – Empresas por setor da economia e porte para as cidades de Minas Gerais.

Figura 41: Dimensão 3 – Empresas por setores da economia e porte



Fonte: Elaborado pelo autor

A caracterização e hierarquização a partir do número de empresas em atividades urbanas visa, além de avaliar a intensidade de atividades urbanas em cada cidade analisada, verificar possíveis centros de “gravidade” e de atração de população. Uma vez que a presença de atividades econômicas de diferentes setores da atividade indica maior dinamismo econômico, há uma maior atração de pessoas (e interações) em direção a estas cidades.

As cidades se caracterizam, dentre outros aspectos, pela aglomeração de pessoas e atividades, em diferentes graus de desenvolvimento e de diversificação. Esta aglomeração gera redução de custos e um aumento da conveniência em função da coexistência, em um menor espaço, de pessoas e atividades diversas. (MORRIL e DORMITZER, 1979, p.173).

O grau de especialização e a diversificação destes centros urbanos fazem destes centros de poder econômico e social, além de político (HARTSHORNE, T.1980). Desta forma, o nível de diversificação na disponibilidade de atividades econômicas hierarquiza os centros urbanos quanto ao seu nível de poder econômico.

Destacam-se os municípios de Belo Horizonte, Uberlândia, Contagem, Juiz de Fora, Uberaba, Montes Claros, Governador Valadares, Ipatinga, Betim, Sete Lagoas e Divinópolis.

A dimensão 4 - Educação - avalia a oferta de serviços educacionais, com ênfase para o número de matrículas e instituições de ensino. A oferta de diferentes níveis de ensino é um indicador de maior grau de centralidade em uma rede urbana, uma vez que indica uma área de possível convergência de diferentes demandas por este serviço.

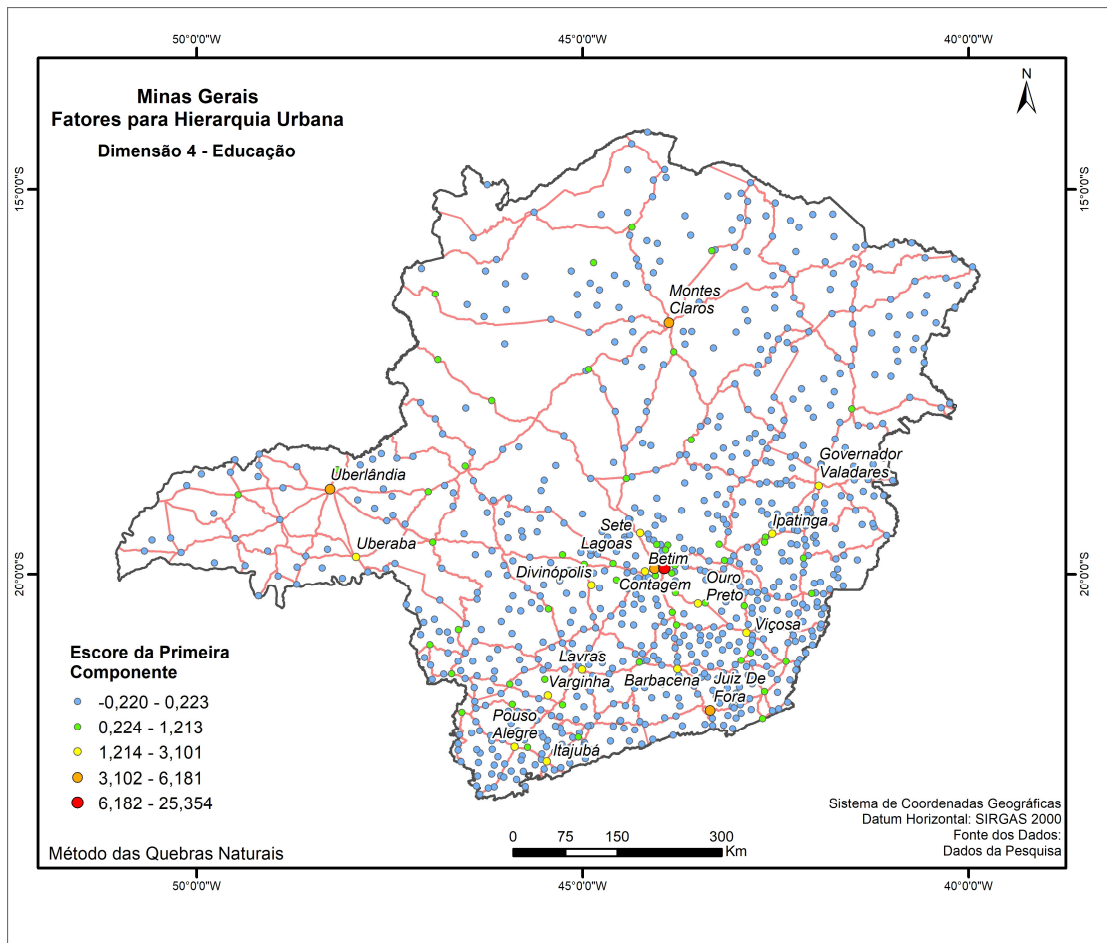
Quadro 16 - Ranking das Cidades – Dimensão 4 – Educação

Posição no Ranking	Cidade	Escore da Primeira Componente Principal
1º	Belo Horizonte	25,353
2º	Uberlândia	6,180
3º	Juiz de Fora	5,843
4º	Montes Claros	4,053
5º	Contagem	3,752
6º	Uberaba	3,100
7º	Betim	2,741
8º	Governador Valadares	2,423
9º	Ipatinga	2,413
10º	Viçosa	2,340
11º	Sete Lagoas	2,104
12º	Lavras	1,937
13º	Divinópolis	1,829
14º	Ribeirão das Neves	1,748
15º	Pouso Alegre	1,608

Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa da figura 42 espacializa o Escore da Dimensão 4 – Educação.

Figura 42: Dimensão 4 – Educação



Fonte: Elaborado pelo autor

Os serviços educacionais se relacionam também às Funções de Responsabilidade propostas por Garnier (1997), desempenhando papel no fornecimento de serviços essenciais e afirmando o poder de atração das cidades. Os serviços educacionais se mostram importantes medidas para a centralidade dos centros urbanos, uma vez que representam uma demanda essencial e de caráter permanente.

Por se tratar de um serviço local de atendimento à população, a oferta educacional representa importante papel na diversificação dos centros urbanos nas redes urbanas em que se inserem. A atuação da cidade no fornecimento destes serviços, em diferentes escalas, é indicativo de seu papel regional.

Destacam-se, neste conjunto de dados, os municípios de Belo Horizonte, Uberlândia, Juiz de Fora, Montes Claros, Contagem, Uberaba, Betim, Governador Valadares, Ipatinga, Viçosa, Sete Lagoas e Lavras.

A dimensão relativa ao ensino indica, ainda que indiretamente, a disponibilidade dos diferentes níveis e modalidades de ensino, o que pode ser tomado como uma medida de atração de fluxos de pessoas. Cabe ressaltar que estas variáveis se relacionam diretamente aos dados de pendularidade por Motivo de Estudo, presentes no Censo de 2010.

A quinta Dimensão - Saúde - hierarquiza as cidades quanto à sua capacidade de atendimento às demandas de saúde de sua população e da população de seu entorno. Sua construção leva em consideração a quantidade de estabelecimentos de média e alta complexidade, hospitais e clínicas especializadas, equipamentos e número de internações.

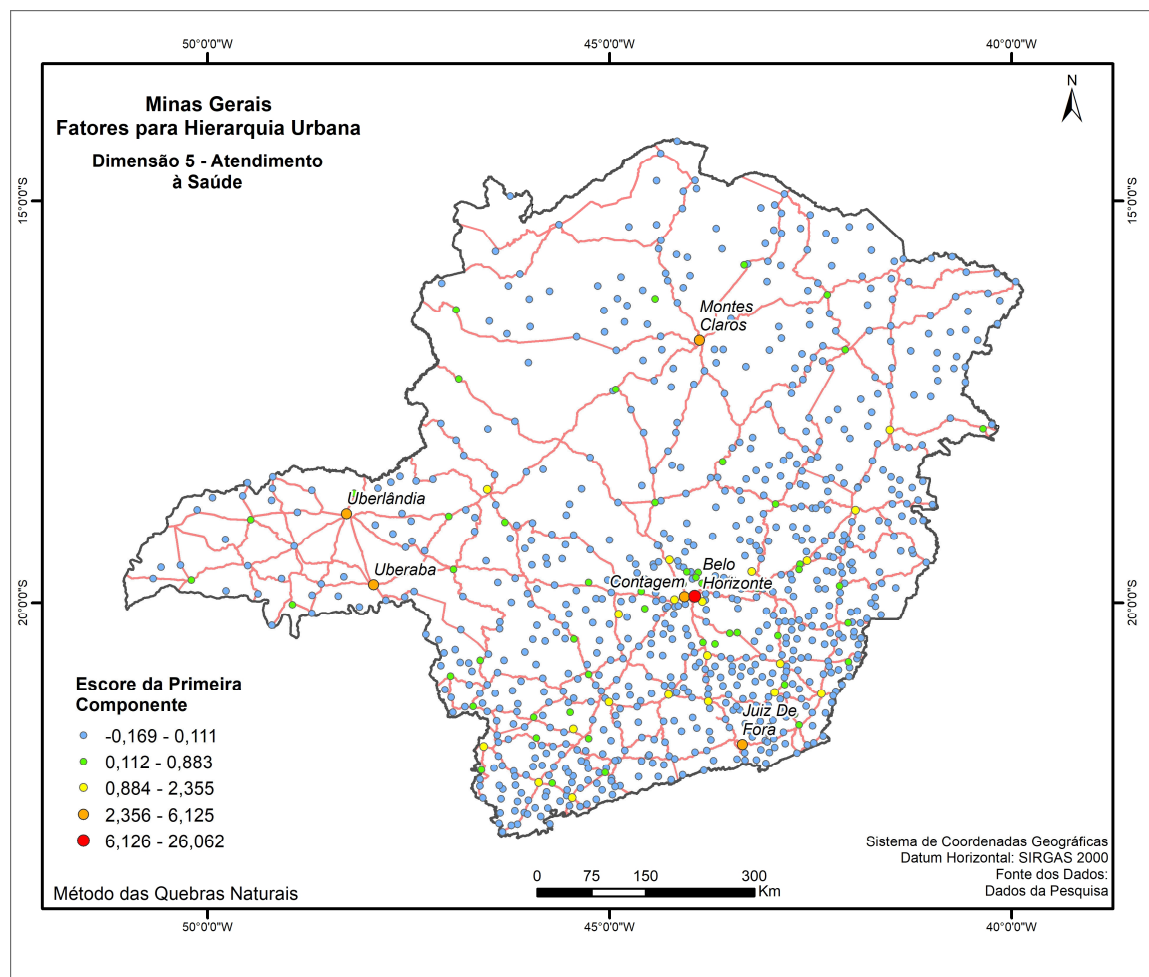
Quadro 17 - Ranking das Cidades – Dimensão 5 – Saúde

Posição no Ranking	Cidade	Escore da Primeira Componente Principal
1º	Belo Horizonte	26,062
2º	Uberlândia	6,125
3º	Juiz de Fora	5,807
4º	Uberaba	3,470
5º	Contagem	3,315
6º	Montes Claros	3,192
7º	Divinópolis	2,354
8º	Governador Valadares	2,170
9º	Poços de Caldas	2,002
10º	Barbacena	1,918
11º	Ipatinga	1,712
12º	Lavras	1,572
13º	Betim	1,527
14º	Varginha	1,520
15º	Sete Lagoas	1,499

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados do escore da Dimensão 5, relacionados à disponibilidade de serviços de atendimento à saúde, são apresentados no mapa da figura 43.

Figura 43: Dimensão 5 – Saúde



Fonte: Elaborado pelo autor

Tal dimensão avalia a quantidade de equipamentos de atendimento à saúde e especialização destas, além de permitir verificar quais cidades funcionam como referência para a população da região onde se insere (medido através do número de internações).

De maneira análoga à dimensão 4, os serviços de saúde também se relacionam às Funções de Responsabilidade propostas por Garnier (1997). Desta forma, a dimensão 5 hierarquiza os centros urbanos em relação ao fornecimento de serviços à população residente em escalas local e regional.

Cabe ressaltar que o próprio modelo de atendimento à saúde descentralizado proposto pelo SUS influencia nas diferenciações de complexidade de serviços ofertados nos municípios. A estratégia descentralizada, materializada, dentre outros programas, no TFD - Tratamento

Fora do Domicílio, implica no deslocamento da população de cidades menos capacitadas em termos de infraestrutura em direção aos centros de referência em saúde.

Destacam-se, como importantes centralidades quanto a esta dimensão, as cidades de Belo Horizonte, Uberlândia, Juiz de Fora, Uberaba, Contagem, Montes Claros, Divinópolis e Governador Valadares.

A análise do mapa da figura 43 permite ainda verificar a distribuição destas cidades pelo estado. A localização esparsa e bem distribuída destas cidades revela a distribuição dos recursos de atendimento à saúde, coerente com um modelo de atendimento descentralizado.

Os cinco índices relativos às dimensões foram combinados em um único valor, um indicativo geral de hierarquia urbana das sedes. Os dados foram padronizados utilizando a escala de 0 a 1, sendo posteriormente combinados. Desta forma, cada uma das cinco dimensões representou 20% do total.

Quadro 18 - Ranking das Cidades por Dimensão e Geral

Ranking	Dimensão 1	Dimensão 2*	Dimensão 3	Dimensão 4	Dimensão 5	Geral
1º	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte	Belo Horizonte
2º	Betim	Divinópolis	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia	Uberlândia
3º	Contagem	Governador Valadares	Juiz de Fora	Juiz de Fora	Juiz de Fora	Juiz de Fora
4º	Uberlândia	Juiz de Fora	Contagem	Montes Claros	Uberaba	Uberaba
5º	Juiz de Fora	Montes Claros	Uberaba	Contagem	Contagem	Montes Claros
6º	Uberaba	Patos de Minas	Montes Claros	Uberaba	Montes Claros	Governador Valadares
7º	Ipatinga	Pouso Alegre	Governador Valadares	Betim	Divinópolis	Divinópolis
8º	Montes Claros	Uberaba	Ipatinga	Governador Valadares	Governador Valadares	Pouso Alegre
9º	Sete Lagoas	Uberlândia	Betim	Ipatinga	Poços de Caldas	Patos de Minas
10º	Governador Valadares	Teófilo Otoni	Sete Lagoas	Viçosa	Barbacena	Contagem

Obs: Para o caso da Segunda Dimensão – Relativa às funções urbanas de administração, as cidades classificadas no quadro se encontram empatadas, possuindo todos os serviços públicos avaliados.

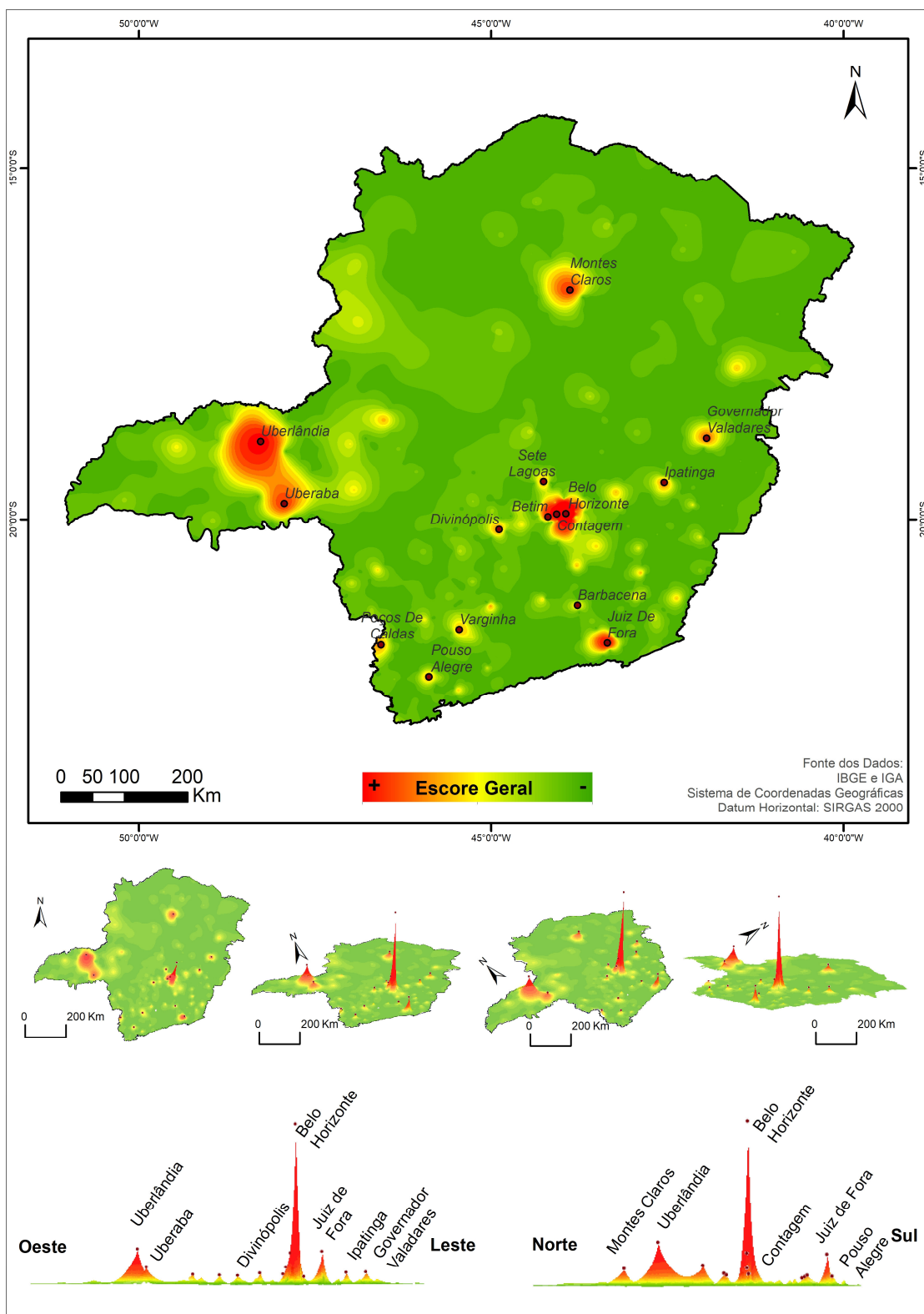
Fonte: Elaborado pelo autor

Estes dados foram interpolados e são apresentados sob a forma de um “Relevo Socioeconômico”, a partir do qual é possível se avaliar visualmente a variação destes valores entre as cidades de Minas Gerais.

Cabe ressaltar que a opção pelo uso da interpolação foi feita com o objetivo de permitir identificar os pontos mais evidentes para os valores de massa socioeconômica no estado. Desta forma, não são estimados valores de intensidade do fenômeno em áreas intermediárias às sedes urbanas e nem propostos alcances e áreas de influência com base nestas técnicas. O mapa da figura 44 apresenta a distribuição dos maiores escores pelas sedes urbanas de Minas Gerais, permitindo visualizar os picos de intensidade do fenômeno.

Os dados foram tratados e apresentados, incluindo-se um exagero vertical de escala (aplicado de maneira uniforme para todo o mapa), no intuito de facilitar a visualização do grau de centralidade das sedes urbanas de Minas Gerais.

Figura 44: Massa Socioeconômica



Fonte: Elaborado pelo autor

O “Relevo Socioeconômico” é uma representação em três dimensões construída a partir de dados pontuais (escores das componentes), sendo utilizado em estudos de interação espacial como indicativo de força gravitacional ou mesmo Massa Socioeconômica.

Tal conceito, presente desde os primeiros estudos de interação espacial, em especial aqueles produzidos por Steward (1940), Harris (1954), Hansen (1959) e Isard (1960), pode ser interpretado como uma medida de probabilidade de interação espacial. Partindo-se da premissa básica destas aplicações de que as interações espaciais seriam resultado da razão direta entre as massas de dois centros e inversa da distância entre os mesmos, o conceito de massa se relaciona à disponibilidade de serviços ou outras infraestruturas que possam gerar atração de população ou gerar outros tipos de interação entre as regiões estudadas.

As diferenças no “relevo” (acentuadas pelo uso do exagero vertical da escala), permitem a diferenciação entre os centros urbanos, condição essencial à própria configuração de uma rede urbana. Destas diferenciações decorrem as relações de complementaridade, as quais explicam fortemente as relações de oferta e demanda existentes entre os centros.

Uma vez que a hipótese de todas as atividades econômicas, oportunidades, serviços e funções urbanas estarem presentes em um único local no espaço não ocorre no mundo real em função de diferentes formas de apropriação do sítio, condições historicamente construídas e necessidade de utilização de porções do espaço para diversas atividades, a diferenciação entre as sedes se torna um relevante.

Desta forma, a rede urbana se configura de maneira dinâmica, interconectando áreas de diferentes níveis hierárquicos, com diferenciações consideráveis em sua complexidade de funções urbanas.

No caso específico da construção do mapa da figura 44, embora não tenha sido utilizada, nenhuma modelagem Gravitacional ou Potencial, os dados revelam como a “massa” socioeconômica, entendida aqui como condição predisponente à ocorrência de interações espaciais, se configura espacialmente em Minas Gerais.

As cidades de maiores disponibilidade e sofisticções de suas funções urbanas se apresentam, desta forma, como áreas mais prováveis ao acontecimento de trocas e interações de diferentes naturezas. Quão mais sofisticados os centros urbanos, maior a probabilidade destes se tornarem destino dos moradores de seu entorno no atendimento de diversas demandas, bem como maior a probabilidade de concentração de capital.

Destacam-se, no contexto mineiro, a cidade de Belo Horizonte (Metrópole de nível estadual), e em nível imediatamente inferior, as cidades de Uberlândia, Uberaba, Juiz de Fora e Montes Claros (Grandes Centros Regionais). Além destes, as cidades na Região

Metropolitana de Belo Horizonte, especialmente Contagem e Betim, também se destacam com relação ao nível de sofisticação de funções urbanas.

Os perfis “topográficos” mostram, no sentido de Oeste para Leste, as cidades de Uberlândia, Uberaba, Pouso Alegre, Belo Horizonte, Juiz de Fora e Governador Valadares. No sentido Norte-Sul, por sua vez, destacam-se a presença de Montes Claros, Belo Horizonte, Juiz de Fora e Pouso Alegre.

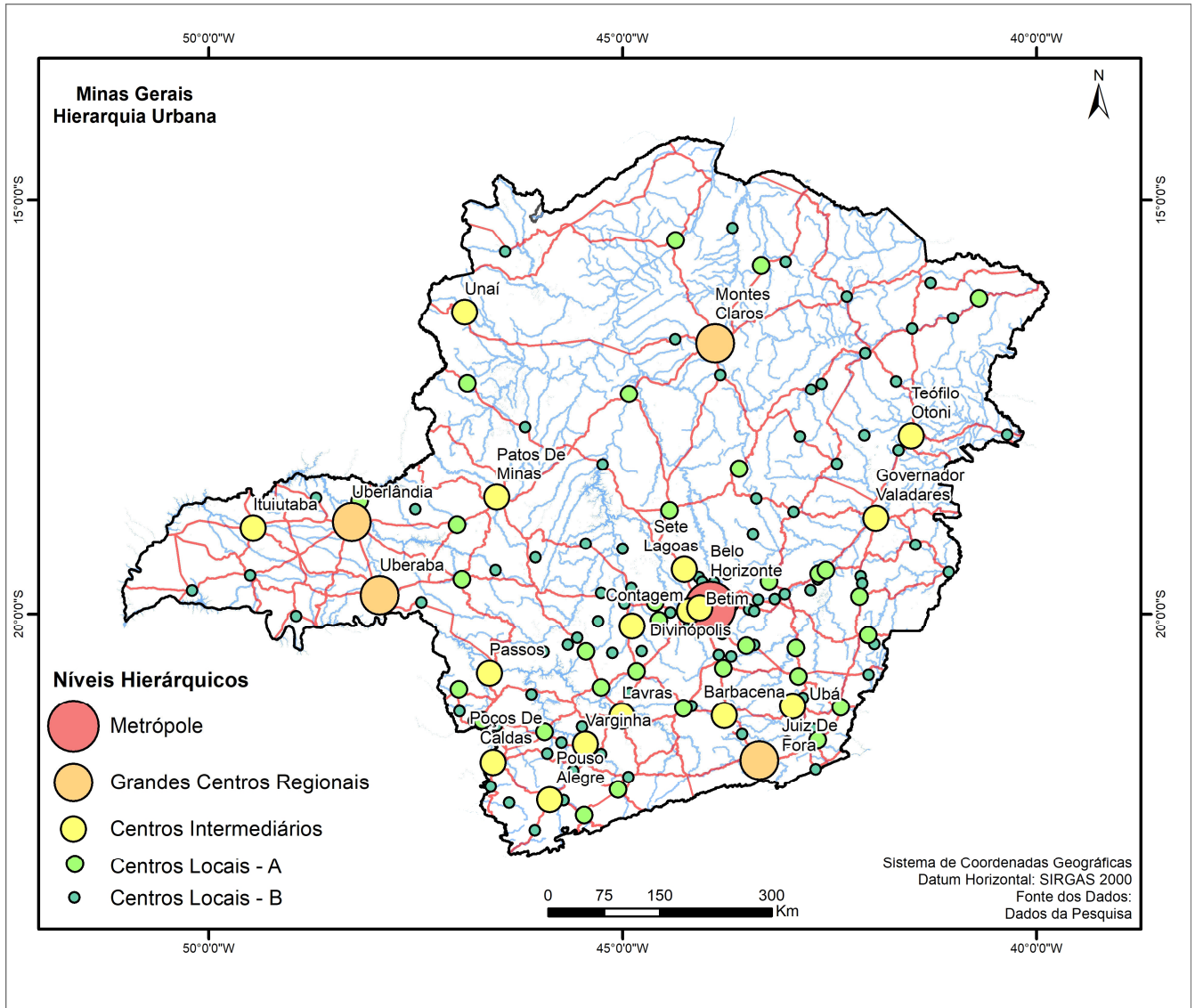
O mapa permite identificar, para além destes centros, as cidades de níveis hierárquicos intermediários, as quais, embora possuam menor preponderância na escala estadual, servem de referência às populações das cidades menores em seu entorno, destacando-se: Sete Lagoas, Poços de Caldas, Varginha, Barbacena, Divinópolis, Ipatinga e Teófilo Otoni.

Os dados utilizados para a construção do ranking geral foram então analisados no intuito de se agrupar as cidades de níveis semelhantes. Tomando-se por base os estudos de hierarquia urbana que se apoiaram em técnicas estatísticas semelhantes, especialmente em Amorim e Abreu (1999) e IBGE (2008).

Desta forma, foram propostos 6 níveis hierárquicos a serem identificados a partir do critério de agrupamento de K-Médias. Esta opção se justifica pela existência de dois grupos muito distintos quanto às funções urbanas – Belo Horizonte, de um lado, e municípios com funções urbanas muito limitadas, de outro. Desta forma, a presença destas duas classes de extremo (outliers), permite a hierarquização das demais sedes urbanas em quatro níveis hierárquicos.

Com os escores padronizados das cinco dimensões agrupados segundo o método de K-Médias, foi gerada a classificação da hierarquia urbana, apresentada na Figura 45.

Figura 45: Hierarquia Urbana de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa evidencia a diferenciação de Belo Horizonte, Metrópole de caráter estadual, em relação aos demais centros urbanos do estado. Ocupando a primeira posição do ranking em todos os aspectos analisados, a cidade de Belo Horizonte se apresenta como grande metrópole do estado, desempenhando funções que lhe garantem maior centralidade. A disponibilidade de uma grande variabilidade de funções urbanas e o elevado grau de sofisticação destas, torna Belo Horizonte a principal centralidade na rede.

Tratando-se da capital de uma unidade da federação, Belo Horizonte concentra as funções administrativas de maior relevância. Além destas, a cidade se destaca pelas questões socioeconômicas, tornando-se ambiente propício às funções de acumulação de capital e na difusão de bens e serviços de diversas naturezas, tais como educação e saúde.

Lugar Central da rede urbana do estado, Belo Horizonte fornece bens e serviços a todas as demais localidades do estado. O alcance de sua área de influência abrange todos os municípios do estado, uma vez que o nível de especialização de suas funções urbanas torna a capital diferenciada em relação mesmo aos centros de hierarquia imediatamente inferior.

Belo Horizonte, também capital no sentido administrativo, reúne todos os aspectos que a caracterizam como centralidade nesta rede urbana, uma vez que se destaca fortemente em todos os aspectos analisados – socioeconômica, administração pública, emprego, saúde e educação.

Podemos analisar as causas que levaram Belo Horizonte a se destacar no contexto de Minas Gerais e seus desdobramentos. É importante ressaltar que se trata de uma cidade planejada, escolhida para ser a nova capital do estado em função de uma série de fatores, dentre os quais sua posição geográfica.

Desta forma, a escolha de Belo Horizonte como capital fez com que se dirigissem à cidade fluxos de pessoas e capitais. Em torno dos recém-chegados funcionários públicos ligados às funções administrativas da cidade e do estado, surgiram diferentes funções urbanas. Esta primeira concentração urbana criou as condições para a continuidade dos processos de acumulação demográfica e de capital.

Analisando este contexto a partir das funções urbanas propostas por Beaujeu-Garnier (1997), a escolha de Belo Horizonte como nova capital do estado e o estabelecimento das funções de Responsabilidade – primeiramente as funções de administração, propriamente ditas, seguidas dos serviços urbanos necessários à vida da população deslocada a este centro urbano, deslocaram o centro de gravidade de Minas Gerais de Ouro Preto em direção a este.

Estas funções são, então, seguidas das funções de enriquecimento, caracterizadas pela concentração de diferentes fluxos monetários com direção à nova capital. Esta situação de aglomeração de fluxos, pessoas e ideias, constituíram as primeiras condições ao estabelecimento de Belo Horizonte como centro da rede urbana mineira.

O segundo nível hierárquico engloba os Grandes Centros Regionais – Uberlândia, Juiz de Fora, Uberaba e Montes Claros. Estas cidades apresentam elevado grau de sofisticação de suas funções urbanas, se destacando por elevada concentração de capital, completude de funções urbanas de administração, complexidade no atendimento à saúde e de equipamentos educacionais. Funcionam, portanto, como mediadoras das relações na rede urbana do estado, possuindo alcance relativamente elevado e atendendo às demandas (mesmo que estas sejam especializadas) dos moradores dos centros intermediários e dos centros locais da rede.

Os centros intermediários identificados a partir da metodologia proposta correspondem às quatro cidades identificadas na REGIC 2007 (IBGE, 2008), classificados então como sendo Capitais Regionais B.

A área de influência destes centros se estende por uma vasta região de Minas Gerais, seguindo os preceitos da Teoria dos Lugares Centrais, segundo os quais os centros de menor nível hierárquico estarão sob influência direta de um destes quatro centros urbanos para atendimento de suas demandas especializadas. Este limite de área de influência ocorre nas porções do espaço de transição entre centros urbanos de referência.

O terceiro nível hierárquico é composto pelos centros intermediários, englobando cidades com elevado grau de especialização de funções urbanas. Destacam-se, dentre estes, aqueles com presença de todos os equipamentos de administração descentralizadas: Divinópolis, Teófilo Otoni, Patos de Minas, Governador Valadares e Pouso Alegre. Todos estes centros urbanos possuem os equipamentos de apoio administrativo local, os quais representam o grau de capilaridade das funções administrativas no estado de Minas Gerais.

Cabe ressaltar que a função administrativa possui grande preponderância na formação/fortalecimento de centralidades. Em sua teoria, Christaller (1933) destaca as atividades administrativas, associando-as a um dos princípios para organização espacial dos Lugares Centrais. O chamado Princípio administrativo, juntamente com o Princípio do Mercado e o Princípio do Transporte, forma os pilares básicos para a organização dos lugares centrais.

Em nível hierárquico inferior encontram-se os Centros Locais A, caracterizados por cidades com algum nível de sofisticação de suas funções urbanas, embora ainda não apresentem diversidade e intensidade suficientes para se tornarem referências de caráter intermediário. Estes centros urbanos se caracterizam, em geral, pela presença de um bom nível de serviços urbanos, os quais são suficientes ao atendimento da população local e dos centros de menor hierarquia do entorno.

De maneira análoga aos centros regionais, estas cidades se apresentam como “mediadoras” das relações entre os pequenos centros e demais cidades da rede urbana e os centros de nível hierárquico superior. Entretanto, sua principal diferenciação se dá com relação ao nível de sofisticação dos serviços e funções urbanas disponíveis. Se nos Grandes Centros Regionais há completa equipamentos administrativos e serviços urbanos com elevado grau de sofisticação, os Centro Locais se caracterizam por bom nível de comércio e serviços e equipamentos de saúde intermediários. Com relação à disponibilidade de serviços educacionais, ressalta-se que este nível hierárquico reúne centros urbanos com elevado grau de sofisticação (presença de universidades e cursos de pós-graduação).

O quinto nível hierárquico apresenta as cidades com características de transição e início de consolidação das funções urbanas avaliadas. Os Centros Locais B diferem do nível antecessor, especialmente pela ausência nestes de funções urbanas ligadas à administração e à gestão descentralizada das atividades públicas de nível estadual.

Embora nem sempre se caracterizem por funções urbanas sofisticadas, ressalta-se que parte das cidades classificadas neste nível se destacam pela presença de atividades econômicas importantes. São os casos de cidades em situações metropolitanas (como os casos de Nova Lima, Brumadinho e Timóteo), marcadas por intensa atividade econômica e serviços educacionais de saúde com média complexidade, embora com poucas funções administrativas.

Tomando como exemplo Nova Lima, a primeira dimensão (relacionada às condições socioeconômicas gerais) classifica o centro urbano como o 19º dentre as 853 cidades de Minas Gerais. A segunda dimensão (relacionada à presença de funções administrativas e equipamentos especializados), por sua vez, o classifica como apenas o 155º.

Sua condição metropolitana, assim como as dos demais exemplos apresentados anteriormente, indica alto grau de interdependência com as cidades de seu entorno. Por se localizarem em regiões metropolitanas, no entorno de grandes centros de gestão, estas cidades não possuem função administrativa de caráter regional.

O quadro 19 apresenta os cinco primeiros níveis da Hierarquia Urbana de Minas Gerais proposta na tese. O sexto nível, composto pelas cidades com intensidade de funções urbanas reduzida e menor porte não é apresentado no quadro. Esta classe representa as cidades com baixo grau de urbanização, bem como baixa diversificação e complexidade nas funções urbanas, as quais apresentam diferentes características e estágios iniciais de desenvolvimento. Além destes fatos, opta-se por não apresentá-la em função do volume de dados.

Quadro 19 – Hierarquia Urbana de Minas Gerais

Nível Hierárquico	Cidade
1-º Metrópole Estadual	Belo Horizonte
2º Grandes Centros Regionais	Juiz de Fora; Montes Claros; Uberaba; Uberlândia
3º Centros Intermediários	Barbacena; Betim; Contagem; Curvelo; Diamantina; Divinópolis Ituiutaba; Passos; Patos De Minas; Poços de Caldas; Pouso Alegre São João del Rei; Sete Lagoas; Unaí; Varginha; Governador Valadares; Ponte Nova; Teófilo Otoni; Ubá
4º Centros Locais A	Alfenas; Araguari; Araxá; Campo Belo; Caxambu; Conselheiro Lafaiete; Formiga; Frutal; Guaxupé; Itajubá; Itaúna; Januária Lavras; Monte Carmelo; Oliveira; Ouro Preto; Pará de Minas;

	Paracatu; Patrocínio; Pirapora; São Lourenço; São Sebastião do Paraíso; Almenara; Araçuaí; Caratinga; Coronel Fabriciano; Ipatinga; Itabira; Janaúba; Leopoldina; Manhuaçu; Muriaé; Pedra Azul; Viçosa
5º Centros Locais B	Abaeté; Andradas; Arcos; Bambuí; Barão de Cocais; Boa Esperança; Bocaiúva; Bom Despacho; Brasília De Minas; Brasópolis; Brumadinho; Buritis; Caeté; Cambuí; Campina Verde; Campo do Meio; Campos Gerais; Carandaí; Carmo do Paranaíba; Carmo do Rio Claro; Cássia; Cláudio; Conceição das Alagoas; Confins; Congonhas; Coração de Jesus; Corinto; Coromandel; Dolores do Indaiá; Elói Mendes; Esmeraldas; Extrema; Guapé; Ibiá; Ibitaré; Itabirito; Itapecerica; Iturama; Jacutinga; Jaíba; João Pinheiro; Lagoa da Prata; Lagoa Santa; Machado; Manga; Mariana; Mateus Leme; Matozinhos; Monte Santo de Minas; Morada Nova de Minas; Muzambinho; Nepomuceno; Nova Lima; Nova Serrana Ouro Branco; Ouro Fino; Paraguaçu; Paraopeba; Pedro Leopoldo Pitangui; Piumhi; Pompéu; Prata; Raposos; Ribeirão das Neves Rio Paranaíba; Sabará; Sacramento; Santa Bárbara; Santa Luzia Santa Rita do Sapucaí; Santana de Pirapama; Santo Antônio do Amparo; Santo Antônio do Monte; Santos Dumont; São Francisco; São Gonçalo do Sapucaí; São Gotardo; São João da Ponte Sarzedo; Três Corações; Três Marias; Três Pontas; Tupaciguara Várzea da Palma; Vespasiano; Águas Formosas; Aimorés; Belo Oriente; Capelinha; Caraií; Carangola; Carlos Chagas; Cataguases Conceição do Mato Dentro; Conselheiro Pena; Espera Feliz; Espinosa; Goianá; Guanhães; Inhapim; Itamarandiba; Itambacuri Itaobim; Jequitinhonha; João Monlevade; Malacacheta; Manhumirim; Mantena; Medina; Minas Novas; Monte Azul Mutum; Nanuque; Nova Era; Novo Cruzeiro; Palma; Peçanha; Porteirinha; Raul Soares; Rio Pardo de Minas; Salinas; Santa Maria do Suaçuí; Santana do Paraíso; São João do Paraíso; São João Evangelista; São João Nepomuceno; Senador Firmino; Serro; Taiobeiras; Timóteo; Turmalina; Ubaporanga; Visconde do Rio Branco

Fonte: Elaborado pelo autor

5.2 Análise das Interações Espaciais entre os Centros Urbanos

A análise dos padrões de interação espacial existentes entre as sedes urbanas de Minas Gerais foi feita a partir dos fluxos migratórios existentes entre as mesmas à época do último levantamento censitário. Desta forma, a variável de Migrantes Data Fixa foi utilizada como medida de interação espacial.

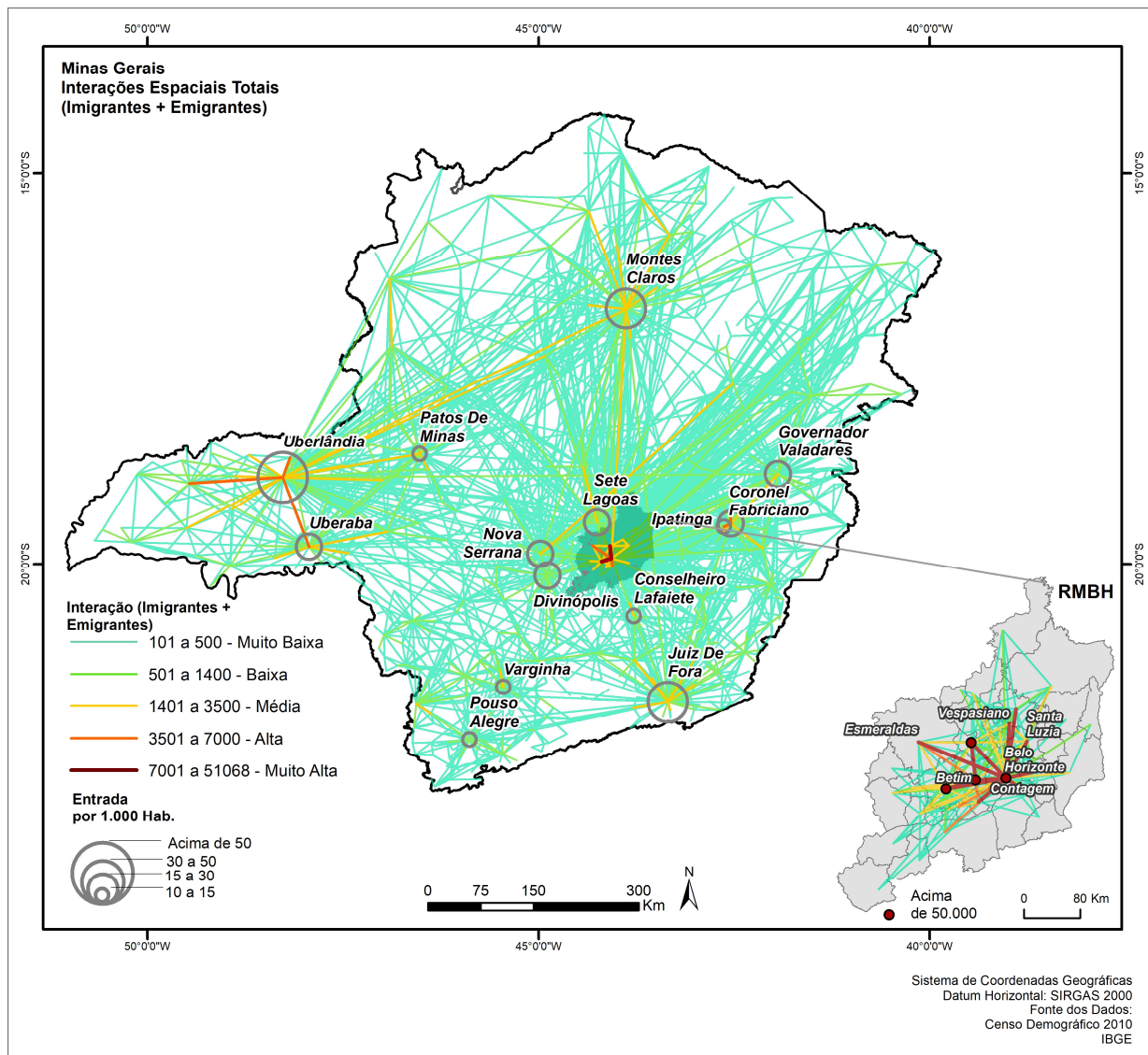
Nesta etapa o estado de Minas Gerais é tratado a partir dos fluxos migratórios entre os 853 municípios (nível de desagregação máximo da informação) em uma matriz de 853 linhas

por 853 colunas (727.609 células). Os fluxos migratórios de origem ou destino fora do estado foram desprezados.

A abordagem a partir das interações totais (imigrantes + emigrantes para cada par de localidades) permite uma medida de grau de integração entre os municípios, uma vez que as medidas de saldo migratório, embora mais apropriadas aos cálculos de incremento populacional, podem omitir relações muito fortes (aquelas nas quais o saldo migratório é baixo em função da grande troca – grande fluxo de pessoas nas duas direções).

O mapa da figura 46 mostra os centros urbanos com maiores interações espaciais no estado de Minas Gerais.

Figura 46: Interações Espaciais totais entre as cidades de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

Para a construção do mapa principal foram excluídos os fluxos com Origem e Destino Belo Horizonte (opção feita apenas para melhor visualização cartográfica). Por se tratar de dinâmicas muito próprias e naturalmente mais intensas que aquelas verificadas no estado de forma geral, tal opção metodológica visa permitir a identificação de centros de importância, os quais seriam encobertos pela enorme quantidade de linhas indicadoras de fluxos.

Os maiores fluxos (acima de 7.000 pessoas em deslocamento) ocorrem entre os municípios da RMBH. Destacam-se, além destas, as interações espaciais presentes entre as cidades de Uberaba e Uberlândia e desta com Ituiutaba e Araguari, e Coronel Fabriciano e Ipatinga, estas últimas também em contexto de região metropolitana (Região Metropolitana do Vale do Aço).

A análise destas interações de maior intensidade permite verificar importantes fatores preponderantes em todos os Modelos de Interação Espacial – a Distância como fator de impedância às interações, bem como as “Massas” como fator de atração. Desta forma, as trocas de maior intensidade ocorrem, no caso de Minas Gerais, a uma distância curta e entre cidades com grande potencial de atração.

Os princípios norteadores de interação espacial propostos por Stewart (1940), Harris (1954) e Isard (1960) podem ser relacionados às situações observadas. As interações espaciais, por sua vez, tendem a se relacionar aos conceitos de distância e massa. Se, por um lado, as oportunidades representadas pelas condições socioeconômicas e ofertas de serviços se tornam atrativos, a distância age como fator de impedância, uma vez que vencer as distâncias sempre envolve algum nível de inconveniências e custos.

A classe seguinte de interações (entre 1.400 e 3.500 migrantes) é caracterizado pelas interações de média e longa distância entre as centralidades de maior nível hierárquicos, como aquelas verificadas entre Uberlândia e Montes Claros e Montes Claros e a Região Metropolitana de Belo Horizonte.

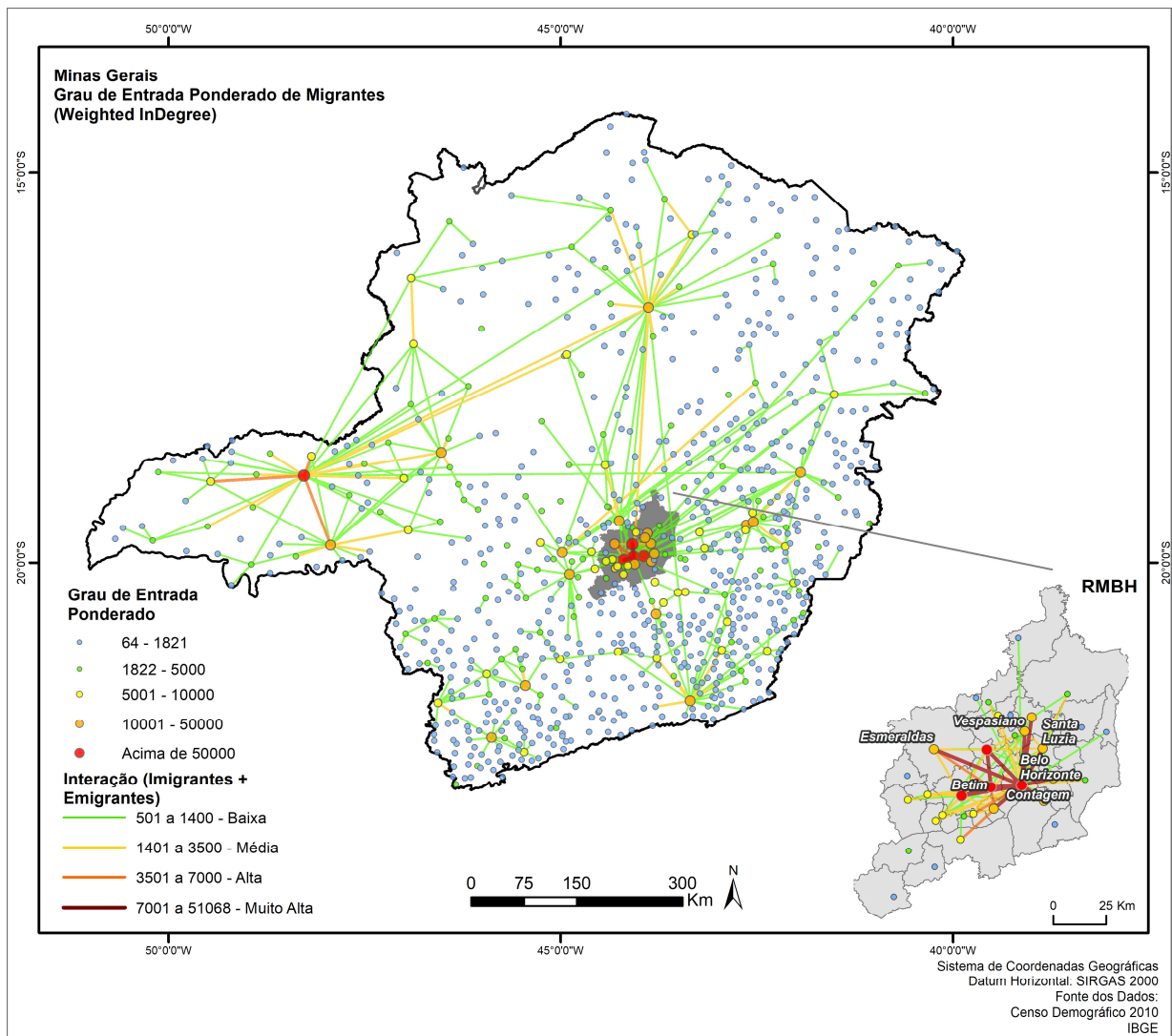
Além destas destacam-se as interações próximas entre os centros de maior nível hierárquico e as cidades de seu entorno, como observa-se entre Uberlândia e as cidades de Campina Verde, Prata, Monte Alegre de Minas, Tupaciguara, Araguari, Iraí de Minas; Uberaba e Conceição das Alagoas, Conquista e Araxá. A norte, ressalta-se as interações de Montes Claros com as cidades em seu entorno, a saber: Jaíba, Januária, Janaúba, Capitão Enéas, Francisco Sá, Bocaiúva, Coração de Jesus e São João da Ponte. Na porção leste do estado destacam-se as interações no entorno de Coronel Fabriciano e Ipatinga com as cidades de Santa do Paraíso, Timóteo, Caratinga e Governador Valadares. A sudeste, Juiz de Fora interage

fortemente com as cidades de Barbacena, Santos Dumont, Lima Duarte, Matias Barbosa, São João Nepomuceno e Ubá.

O penúltimo nível de interações (500 a 1.400 migrantes) é caracterizado pelas interações, além daquelas com destino aos centros já apresentados, das cidades de nível hierárquico imediatamente inferior, como Paracatu e seu entorno - Vazante, Guarda-Mor, Lagoa Grande; Patos de Minas e seu entorno - Lagoa Grande, Lagamar, Lagoa Formosa, Coromandel, Patrocínio; e Teófilo Otoni e seu entorno - Caraí, Poté, Carlos Chagas e Nanuque, além das ligações de Teófilo Otoni com a RMBH e com Governador Valadares.

Destacam-se a sul, neste nível, as cidades de Alfenas - com interações expressivas com Machado, Areado, Alterosa, Paraguaçu e com Poços de Caldas; e Poços de Caldas e suas interações com Cabo Verde, Botelhos, Bandeira do Sul, Campestre, Machado, Andradas e Caldas. Além destas, é importante ressaltar as cidades de Varginha, que possui forte relação com Três Corações, Elói Mendes, Boa Esperança, Alfenas e Nepomuceno; Pouso Alegre com as cidades de Estiva, Congonhal, Silvanópolis, Santa Rita do Sapucaí, Cachoeira de Minas, Poços de Caldas, e Itajubá; e esta última com as cidades de Piranguinho, Pedralva, Maria da Fé e Delfim Moreira.

Figura 47: Grau Ponderado Médio das cidades de Minas Gerais



Fonte: Elaborado pelo autor

Além das medidas e interação par a par, nas quais não necessariamente se analisa a origem e o destino da interação, mas o grau de intensidade desta, foram elaboradas, a partir da Teoria de Grafos, análises a respeito da concentração de fluxos.

Uma medida de grafo pertinente a esta análise é o Grau de Entrada Ponderado - Weighted InDegree, que mede o número de arestas com direção a um determinado nó ponderado pelo fluxo representado por estas arestas. Neste caso específico, tal medida representa o número de vezes que uma sede urbana foi destino dos fluxos migratórios originados nas demais ponderada pelo volume de migrantes em cada um destes fluxos. Desta forma, busca-se identificar não apenas a recorrência com a qual uma determinada cidade é destino de migrantes, mas a frequência com que esta recebe fluxos de grande volume.

Destacam-se, para além das sedes urbanas da RMBH e da cidade de Uberlândia, que correspondem à primeira classe, as cidades de Uberaba, Patos de Minas, Poços de Caldas, Varginha, Pouso Alegre, Juiz de Fora, Ipatinga, Conselheiro Lafaiete, Sete Lagoas, Divinópolis, Nova Serrana, Governador Valadares e Montes Claros.

O uso do Grau de Entrada Ponderado como métrica de avaliação destas cidades permite verificar que, dentre as interações apresentadas no mapa da figura 46, no qual são tratadas as interações totais, estas cidades são, em sua maioria, destino dos migrantes.

As cidades de maiores valores de grau de entrada ponderado indicam uma maior capacidade de atração de fluxos populacionais de diferentes naturezas, tanto aqueles localizados em seu entono imediato como aqueles originados nas demais porções do estado. Desta forma, estas sedes urbanas representam, em suas redes locais, o destino preferencial dos fluxos populacionais.

A partir dos dados de Grau de Entrada Ponderado – medida do número de conexões recebidas ponderado pelo volume destas; Grau de Entrada – medida do número de conexões recebidas; Centralidade de Grau Ponderado - número de conexões gerais ponderado pelo volume destas; e Centralidade de Grau – número de conexões gerais, foi construído um indicador geral de interações espaciais, visando uma classificação geral das sedes urbanas.

Na tabela 03 são apresentados os 25 primeiros centros urbanos com relação às interações espaciais.

Tabela 03: Indicador de Interações Espaciais

Sede Urbana	Indicador de Interações Espaciais
Belo Horizonte	1,0000
Contagem	0,4941
Betim	0,4351
Ribeirão das Neves	0,3815
Uberlândia	0,2897
Montes Claros	0,2677
Ipatinga	0,2571
Juiz de Fora	0,2534
Ibirité	0,2461
Santa Luzia	0,2338
Governador Valadares	0,2306
Sete Lagoas	0,2126
Divinópolis	0,2044
Nova Serrana	0,1972
Vespasiano	0,1809
Uberaba	0,1799

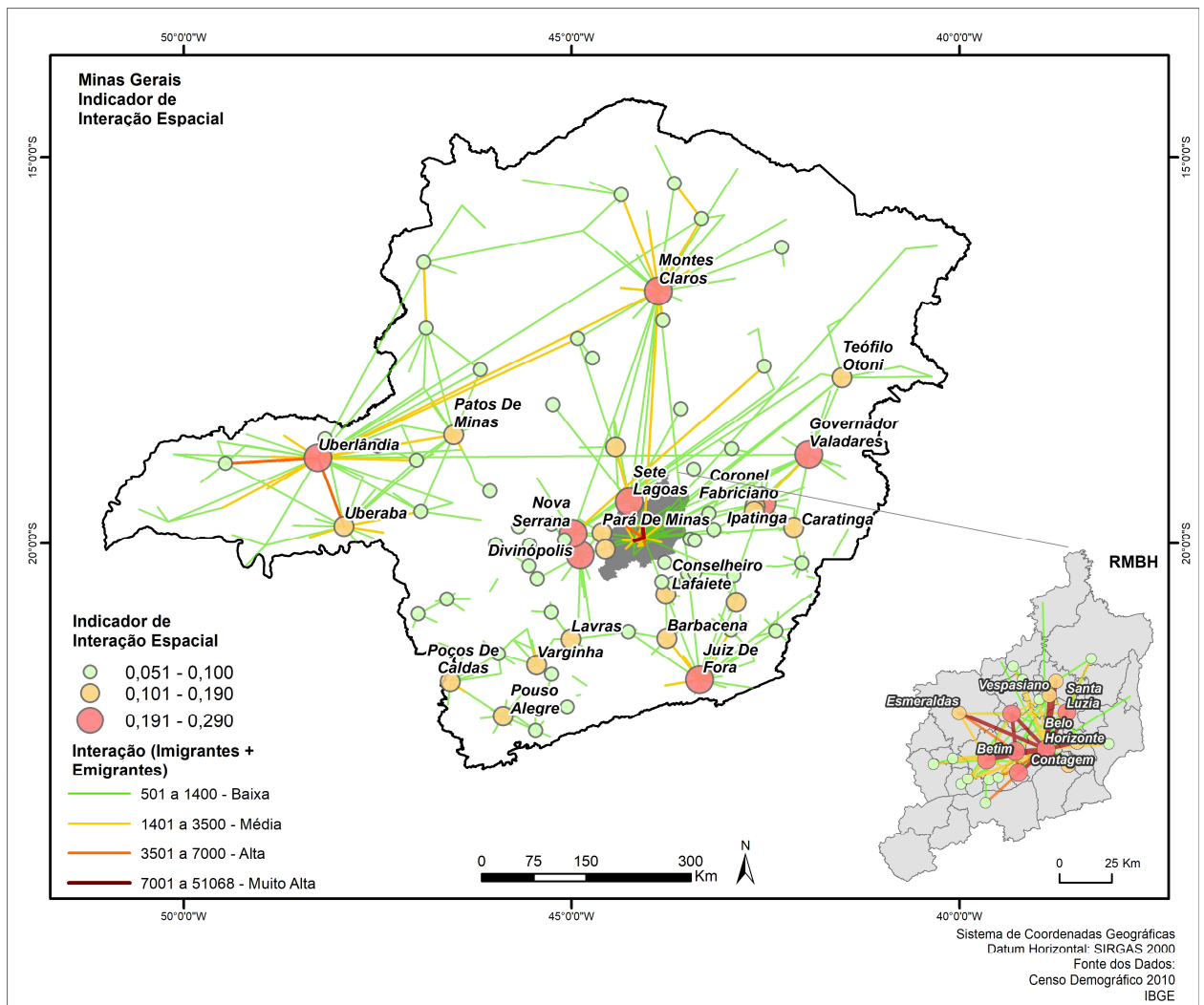
Sabará	0,1660
Esmeraldas	0,1483
Teófilo Otoni	0,1424
Nova Lima	0,1413
Pouso Alegre	0,1412
Coronel Fabriciano	0,1284
Patos de Minas	0,1272
Varginha	0,1236
Pará de Minas	0,1205

Fonte: Elaborado pelo autor

Podemos destacar as cidades da Região Metropolitana de Belo Horizonte como grandes atratoras de fluxos populacionais no contexto do estado. Além das sedes localizadas na RMBH, ressalta-se as cidades de Uberlândia, Montes Claros, Ipatinga, Juiz de Fora, Governador Valadares, Divinópolis, Nova Serrana, Uberaba e Teófilo Otoni.

É importante notar que a construção deste indicador leva em consideração duas métricas básicas em grafo: a centralidade de grau e o grau de entrada, além das duas versões ponderadas destes. Desta forma, pode-se interpretar a lista apresentada anteriormente como um ranking de cidades com maior destinação de fluxos populacionais, bem como mais conectadas.

Figura 48: Indicador de Interação Espacial



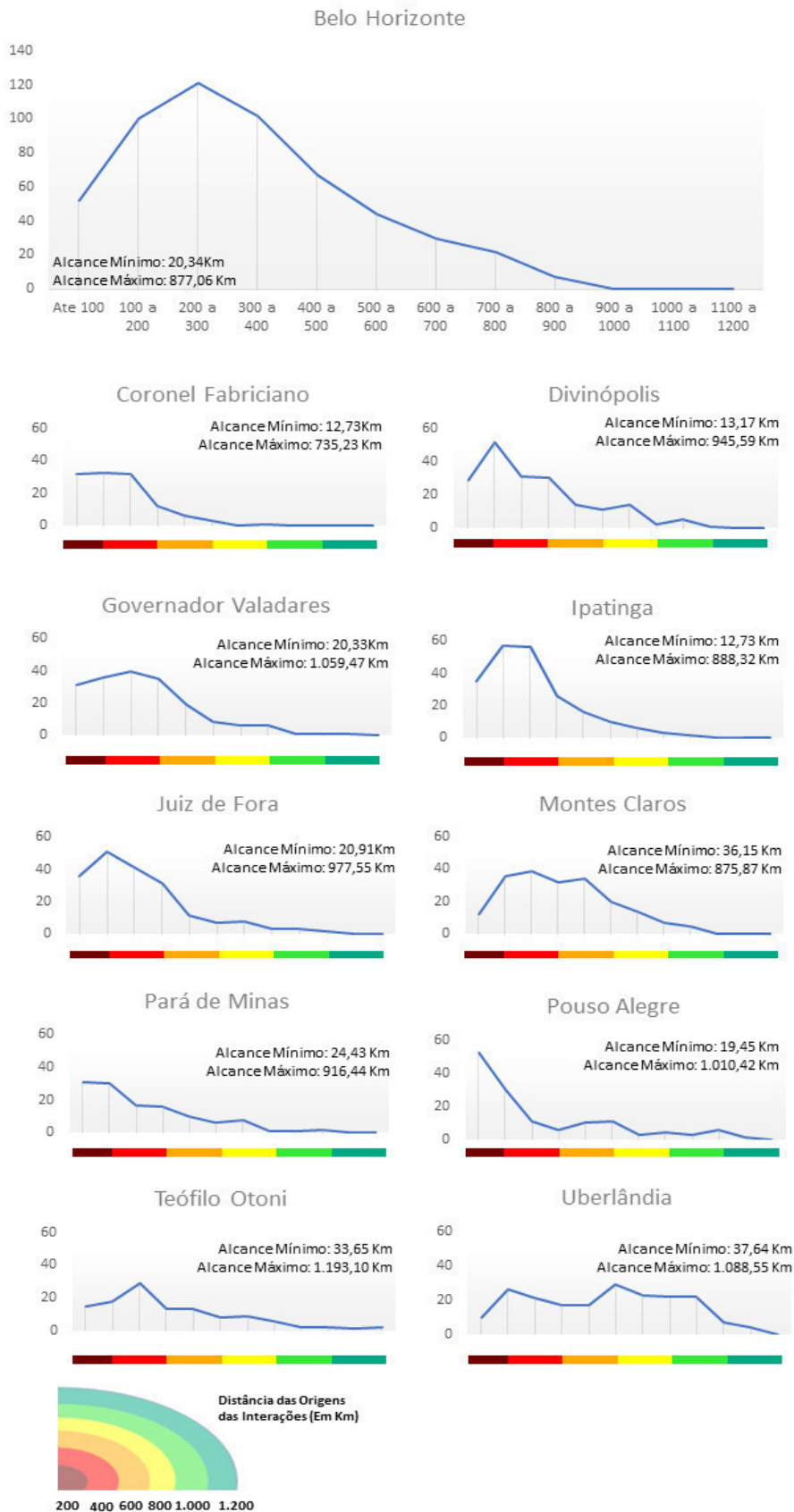
Fonte: Elaborado pelo autor

O mapa da figura 48 mostra a distribuição espacial destes centros urbanos, permitindo verificar, além a concentração destes na RMBH, a existência de grandes centros em todas as regiões do estado. A leste, destacam-se Governador Valadares e Ipatinga, Juiz de Fora, a sudeste; Uberlândia a oeste, Nova Serrana, Divinópolis e Sete Lagoas na porção central do estado e Montes Claros, a norte.

Uma vez que estas sedes urbanas já foram hierarquizadas quanto à sua capacidade hipotética de estabelecer diferentes interações a partir de suas massas, cabe uma análise dos padrões de distância das principais interações estabelecidas por estas sedes. Utilizando a rede de estradas como referência, foram calculadas as distâncias entre os centros apresentados na tabela 03 e as origens dos fluxos populacionais que se dirigem a estes. Cabe ressaltar que na

rede de estradas utilizada as distâncias são ponderadas em função do tipo de pavimento, sendo que as distâncias em rodovias pavimentadas são apresentadas como valores absolutos e as distâncias em rodovias não pavimentadas são multiplicadas por 2.

Figura 49: Decaimento da Distância (*Distance Decay*) para fluxos migratórios



Fonte: Elaborado pelo autor

Os gráficos apresentados na figura 49 mostram o efeito do “Decaimento da Distância” das interações espaciais para as principais sedes urbanas identificadas. No eixo X são apresentadas as distâncias rodoviárias em relação a cada destino e no eixo Y o número de cidades com as quais há interação espacial (quantas origens de fluxos populacionais a cada uma das distâncias). É importante notar a diferença na escala de eixo Y da cidade de Belo Horizonte com relação às demais. Esta opção se deu em razão da grande diferenciação deste centro urbano.

Ressalta-se, como padrão geral, a existência dos maiores picos de interação a distâncias entre 100 e 300 quilômetros. À exceção de Pouso Alegre, Pará de Minas e Coronel Fabriciano, que apresentam o pico de interações às menores distâncias, as demais sedes apresentam uma região em seu entorno na qual há poucos fluxos migratórios.

Em termos de alcance (distância rodoviária máxima para uma cidade de origem de fluxos), não há grandes diferenças entre as sedes urbanas analisadas. Analisando o eixo Y, verifica-se que as cidades de Juiz de Fora, Ipatinga, Pouso Alegre e Divinópolis interagem com um maior número de sedes urbanas, especialmente em curtas distâncias (até 200 quilômetros). Tal situação pode ser explicada pela própria localização destas cidades em áreas mais densamente ocupadas do estado de Minas Gerais. As porções sul, central e sudeste, caracterizadas pela presença de municípios menos extensos, propicia uma maior quantidade de sedes a um alcance médio.

Cidades com maior isolamento na rede e maiores distâncias em relações aos demais centros urbanos, como Montes Claros, Uberlândia, Governador Valadares e Teófilo Otoni, por sua vez, apresentam um padrão de interações mais constante, uma vez que interagem com muitas sedes localizadas a maiores distâncias.

Além dos dados de migração, uma variável importante à análise das interações entre os centros urbanos é a pendularidade. Os movimentos pendulares se caracterizam pela viagem diária em direção a outra cidade para diferentes objetivos. Os dados do Censo 2010 abordam a pendularidade por motivos de estudo e trabalho. Na presente pesquisa foram utilizados os dados referentes aos movimentos pendulares por motivo de trabalho, sendo construída uma matriz contendo origem e destino e o fluxo entre estes. A análise dos movimentos pendulares das cidades que mais recebem fluxos originados nas demais cidades dentro do estado de Minas Gerais permite verificar uma primeira escala de rede urbana, na qual fatores como distância e acessibilidade se mostram presentes diariamente.

As cidades que recebem maiores fluxos de caráter pendular são apresentadas na lista que segue:

Tabela 04: Cidades com maiores interações de caráter pendular

Cidade	Número de Interações Recebidas (Pendulares)	Número de Cidades das quais recebe (Origens)
Belo Horizonte	319.748	290
Contagem	69.129	53
Betim	39.154	50
Ipatinga	21.238	43
Nova Lima	12.988	28
Vespasiano	6.152	24
Ribeirão das Neves	5.764	18
Congonhas	4.808	35
Ouro Branco	4.685	26
Juiz de Fora	4.642	60

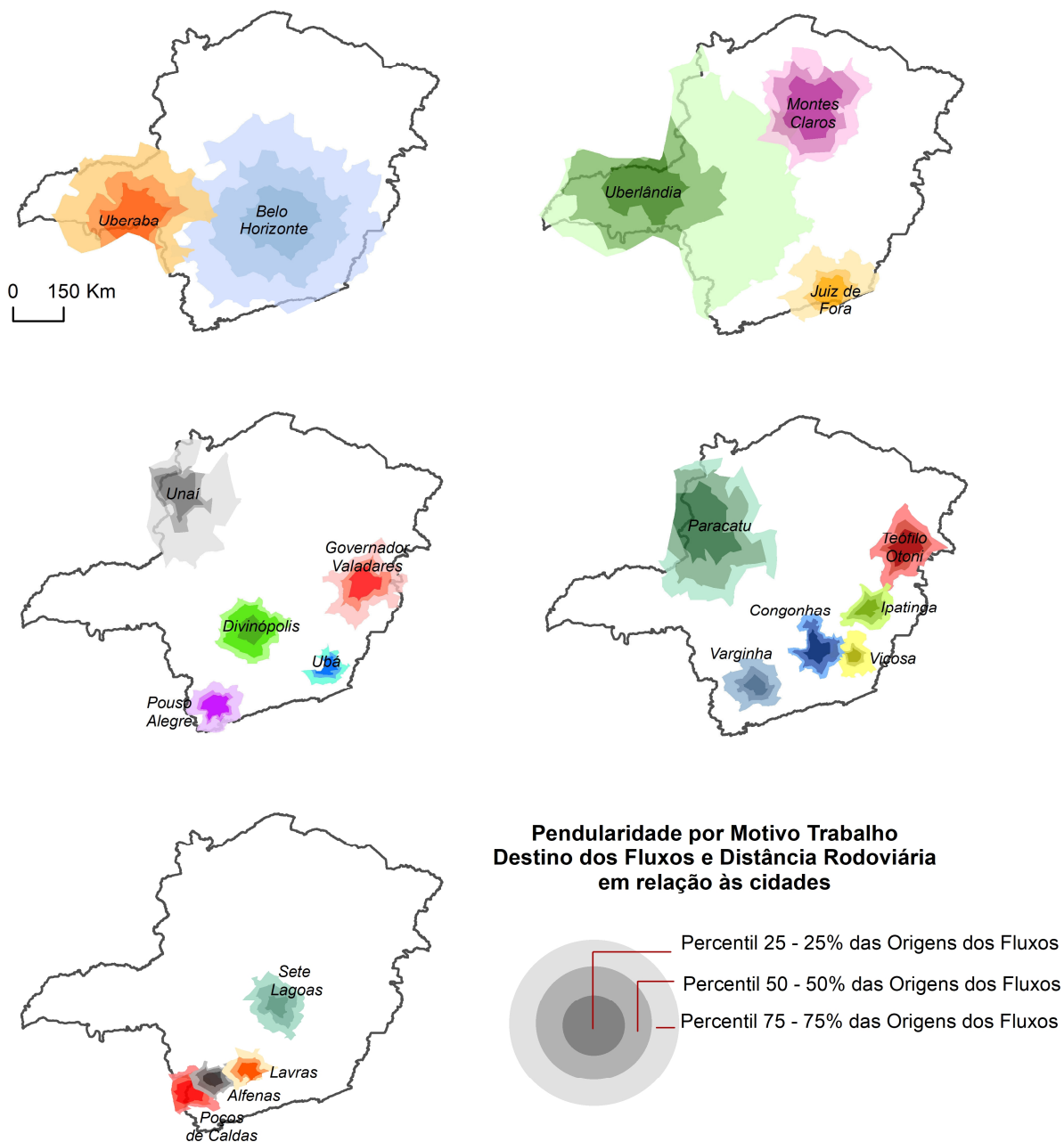
Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados permitem verificar o forte contexto metropolitano dos movimentos pendulares, com destaque para as cidades de Belo Horizonte, Contagem, Betim, Nova Lima, Vespasiano, Ribeirão das Neves e Santa Luzia, localizadas na Região Metropolitana de Belo Horizonte e para as cidades de Ipatinga e Timóteo, na Região Metropolitana do Vale do Aço.

Com o objetivo de permitir verificar o alcance destes movimentos em cada uma das principais cidades destino de movimentos pendulares, foram analisadas as distâncias rodoviárias de cada uma das cidades nas quais estes fluxos se originam. Estes dados foram calculados utilizando a rede rodoviária modelada e computados segundo distância e número de migrantes. Desta forma, tem-se a distância e o número de pessoas em movimento pendular com direção a cada uma destas cidades, permitindo avaliar-se os limites espaciais desta forma de interação.

Para espacializar estes dados de forma sintética, foram utilizados os percentis 25, 50 e 75 (que representam 25, 50 e 75% de todas as cidades das quais recebem fluxos). Esta metodologia permite visualizar, num único cartograma, as áreas de alcance de cada cidade, computando para estas a área que abrange 25%, 50% e 75% de todas as cidades das quais se originam os fluxos com destino a estas.

Figura 50: Alcance dos movimentos pendulares



Fonte: Elaborado pelo autor

Esta análise também englobou as cidades de maiores fluxos migratórios identificadas em etapa anterior da pesquisa. Para cada cor, as maiores intensidades representam a área na qual se localizam 25% das origens das interações, seguida da área onde se concentram 50% das origens das interações, em cor de intensidade média e 75% das origens, em tonalidade mais clara.

Verifica-se, primeiramente, o tamanho do alcance dos centros urbanos em função de seu nível hierárquico, destacando-se as cidades de Belo Horizonte, Uberlândia, Uberaba, Montes

Claros e Juiz de Fora. De maior alcance espacial em função da própria maior disponibilidade de diferentes atividades econômicas, estas cidades dominam os cenários regionais onde se inserem.

O alcance das pendularidades mostra o quanto as pessoas se deslocam, utilizando as rodovias do estado, para estas cidades diariamente para trabalho. É importante ressaltar que, mesmo em se tratando de níveis hierárquicos semelhantes, Juiz de Fora, Uberlândia, Uberaba e Montes Claros apresentam padrões espaciais distintos. Enquanto as cidades do triângulo mineiro expandem seu raio de alcance em direção ao interior do estado e Montes Claros domina boa parte da porção norte, a cidade de Juiz de Fora apresenta um alcance significativamente mais reduzido.

Embora não tenha sido feita uma investigação específica deste fato, nota-se que o isolamento e a distância em relação a outras cidades com maior nível de sofisticação pode ser um dos fatores explicativos desta situação. Esta situação pode ser verificada na cidade de Montes Claros, bem como em Paracatu. Nestas regiões, a inexistência de outros centros urbanos com maior disponibilidade de serviços e menores condições socioeconômicas, podem funcionar como fatores indutores da concentração das interações espaciais nestas cidades.

As cidades da porção centro, sul e sudeste do estado, em geral inseridas em áreas com grande disponibilidade de rodovias, acessos e marcadas por menores distâncias rodoviárias entre as sedes urbanas (dada tanto pela disponibilidade de caminhos como pelo menor tamanho dos municípios), se caracterizam por menores alcances médios. Mesmo em se tratando de cidades de portes semelhantes, como verificamos entre Teófilo Otoni e Pouso Alegre, podemos observar diferenças significativas quanto a este alcance médio, reforçando o papel das posições geográficas e dos contextos regionais neste processo.

O isolamento geográfico das maiores cidades na porção norte e nordeste do estado e as próprias características dos municípios destas regiões, em sua maioria com grandes extensões territoriais, podem ser indicativos da necessidade de percurso de maiores distâncias para se ter acesso a diferentes funções presentes nestes centros urbanos – neste caso o acesso a trabalho. Embora existam áreas de grande sobreposição, nas quais as cidades estão sob influência de dois ou mais centros urbanos, verifica-se a existência de uma rede complexa de ligações de diferentes naturezas, compondo um cenário no qual os conceitos de Hierarquia, Distâncias e Acessibilidade se complementam.

Verifica-se, portanto, que a capacidade de atração de fluxos, sejam estes de caráter permanente ou pendular, depende não somente do tamanho dos centros urbanos (embora estas variáveis apresentem grande capacidade de explica-los), mas também de sua posição

geográfica, que é relativa a esta rede, em especial o seu grau de proximidade com vizinhos de características complementares e a existência de mecanismos para percorrer as distâncias.

Novamente os dados retratam situações distintas entre as porções sul e norte do estado de Minas Gerais, especialmente quando utilizamos as distâncias rodoviárias como medida de grau de isolamento das sedes. Diante destas constatações, propõe-se uma análise pormenorizada da rede rodoviária do estado e da relação desta com as sedes urbanas, visando à identificação de diferentes padrões de distanciamento, relações espaciais e isolamento.

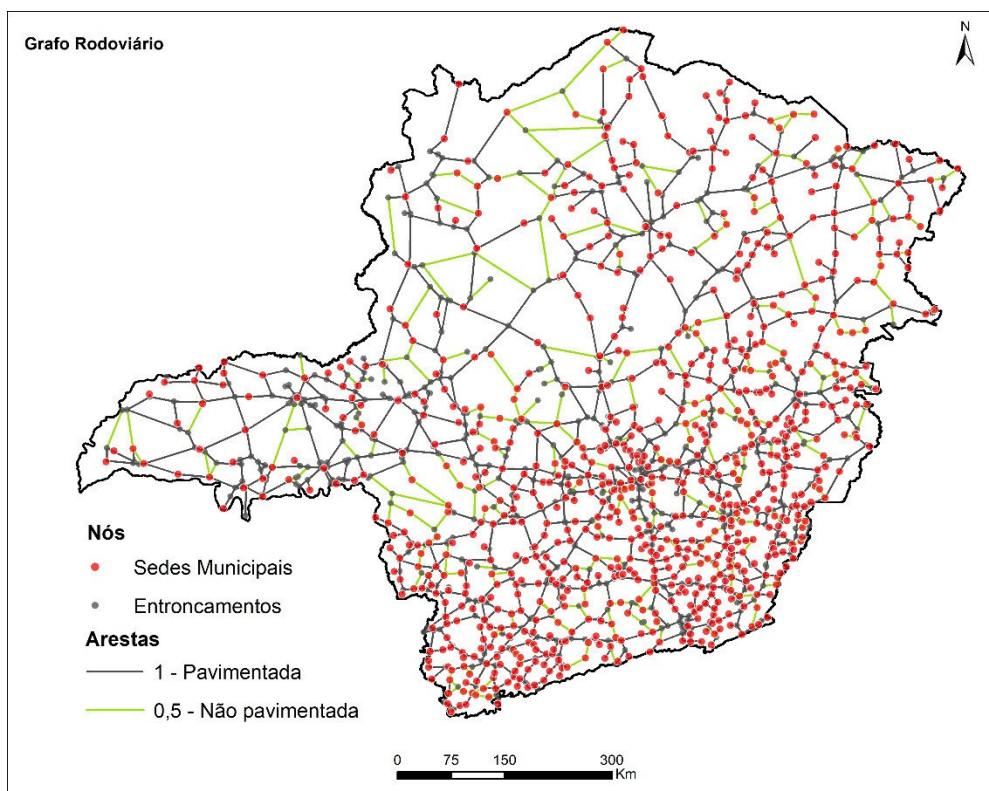
5.3 Análise da Posição dos Centros Urbanos em Relação à Rede de Rodovias

Para a análise das posições geográficas dos centros urbanos de Minas Gerais com relação à rede de rodovias foi utilizado aporte metodológico da Teoria dos Grafos, comumente utilizada na abordagem de situações geográficas envolvendo conceitos de distância, proximidade e vizinhança. Desta forma, a partir da construção de um Grafo representando as sedes municipais (nós) e as rodovias (arestas) que as conectam, foram analisadas as relações de posição geográfica entre estas.

Dois importantes conceitos norteiam esta etapa da pesquisa: a distância rodoviária, medida aqui como atrito/impedância à ocorrência de interação espacial entre sedes municipais e a mobilidade/acessibilidade, medidas como a existência de condições de se percorrer as distâncias entre as diferentes localidades do estado. Desta forma, buscou-se, na construção do grafo, garantir que todas as sedes urbanas de Minas Gerais estivessem conexas, ainda que através de rodovias não pavimentadas.

Foram analisados 2.070 nós, dos quais 853 representam as sedes municipais e os 1.217 restantes representam os entroncamentos rodoviários; e 2.547 arestas representando as rodovias que as conectam.

Figura 51: Grafo da Malha Rodoviária



Fonte: Elaborado pelo autor

Esta rede, considerada um Grafo Conexo (no qual cada um dos nós pode ser acessado), possui as seguintes métricas básicas:

Tabela 05: Métricas Básicas da Rede Rodoviária de Minas Gerais

Grau Médio	2,461
Grau Ponderado Médio	2,258
Densidade do Grafo	0,001
Índice Alfa de Conectividade	0,12
Índice Beta de Conectividade	1,23

Fonte: Elaborado pelo autor

O grau médio representa a média de arestas incidentes em cada um dos nós. Desta forma, em geral cada uma das sedes urbanas em Minas Gerais possui 2,46 caminhos rodoviários incidentes. Este conceito indica que, em média, há aproximadamente 2 caminhos possíveis a partir de cada uma das sedes e dos entroncamentos rodoviários.

O Índice Beta de conectividade, proposto por Kansky (1963) para o estudo comparativo de redes, é uma medida de eficiência em rede construída a partir da relação entre o número de nós e de arestas. O índice Beta de conectividade mede o grau de conectividade de uma determinada rede, sendo que uma rede conectada possui índice Beta igual ou próximo a 1, redes com baixa conectividade possuem índices menores que 1 e redes mais conectadas e complexas apresentam valores maiores que 1 (RODRIGUE et al, 2013). Para o caso de Minas Gerais a relação de arestas para nós é de 1,23, indicando que a rede é conexa.

O Índice Alfa, também proposto pelo mesmo autor, indica o grau de redundância de caminhos possíveis em um grafo, sendo utilizado com mais frequência no estudo de redes rodoviárias. O índice alfa varia de 0 a 1, sendo que redes simples e pouco conectadas apresentam valores iguais ou próximos a 0, enquanto uma rede completamente conectada possui Índice Alfa igual a 1. É importante ressaltar que este índice mede a redundância geral da rede independente da quantidade de nós que esta rede possui, permitindo comparar redes de características diferentes. Para o caso de Minas Gerais, o Índice Alfa de 0,12, indica um grau de redundância aproximado de 12% para os caminhos entre todas as sedes urbanas e entroncamentos em Minas Gerais.

Este índice implica numa baixa redundância de caminhos quando tratamos a rede rodoviária de Minas Gerais como um todo. Entretanto, é importante verificar a existência de grande diferenciação regional na malha rodoviária do estado, havendo áreas de maior densidade de rodovias e entroncamentos e áreas com acessibilidade comprometida. Desta forma, embora haja uma grande quantidade de nós e arestas, há uma baixa quantidade de caminhos alternativos entre as sedes os nós que compõem a rede.

A comparação dos índices Beta e Alfa mostra que a rede rodoviária de Minas Gerais, embora seja um grafo conexo, apresenta baixa redundância de caminhos. Enquanto o primeiro índice mostra todos os nós sejam conexos na rede, o segundo índice mostra que há pouca disponibilidade de caminhos entre estes nós.

Medidas de Posição em Rede

A partir da rede modelada foram calculadas métricas que expressem aspectos de acessibilidade das posições geográficas dos centros urbanos de Minas Gerais. Retomando os conceitos de posição propostos por Blanchard (1911), Demangeon (1911), George (1983), Pelletier e Dellfante (2000) e Corrêa (2004), busca-se identificar, dentre as sedes urbanas de

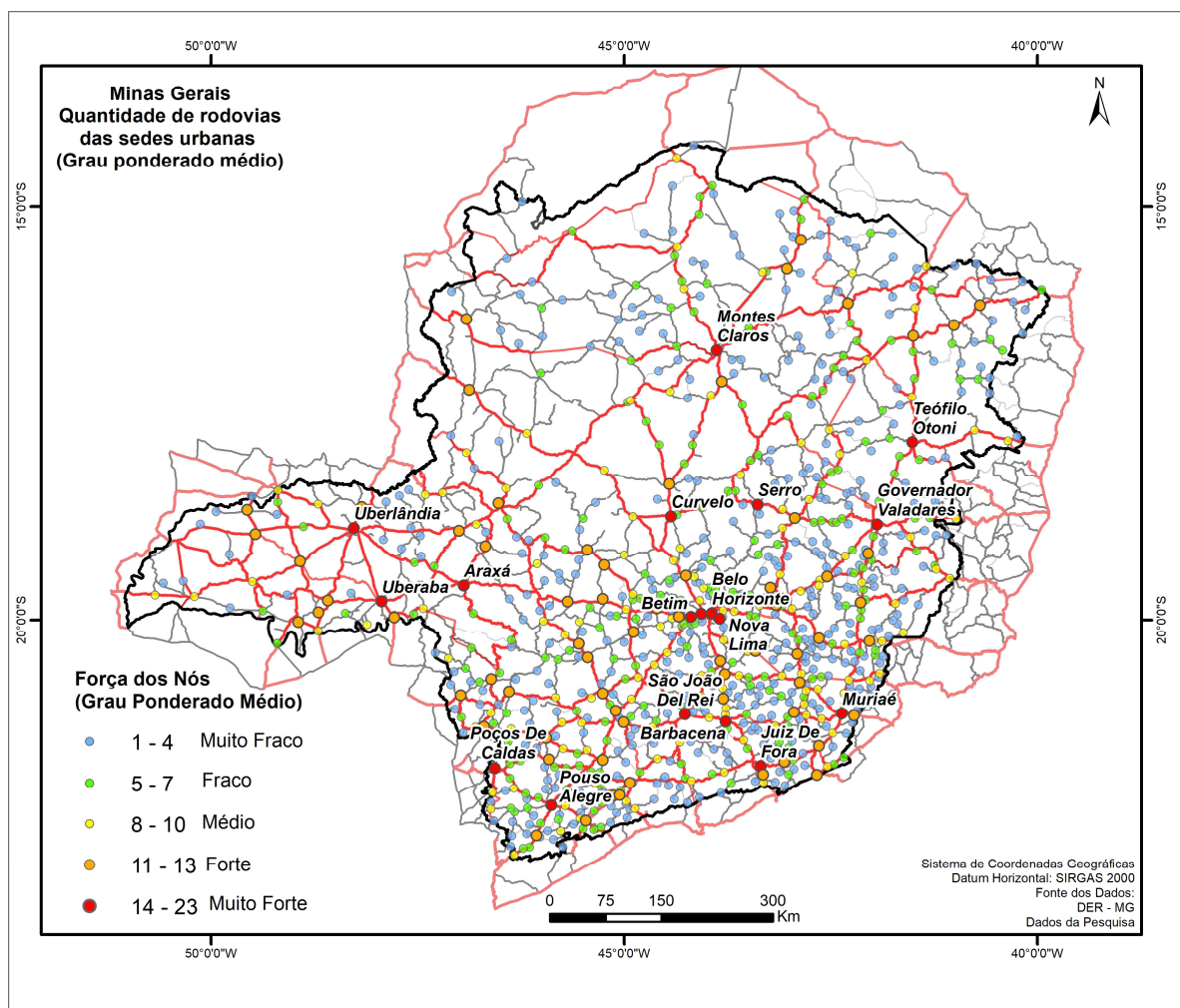
Minas Gerais aquelas que desfrutam de posições geográficas privilegiadas quanto ao sistema de transporte rodoviário.

Todos os autores citados destacam em seus estudos as chamadas posições de cruzamentos e confluência, também chamadas de “Posição Carrefour ou Entroncamento” por George (1983).

Para a análise destas características foram definidas métricas baseadas em análise de grafos que melhor representem a situação de “passagem” em um sistema viário, destacando: o Grau Ponderado Médio - também chamado aqui de força dos nós – uma vez que estima a força de uma determinada localidade a partir das arestas às quais esta se conecta, neste caso as rodovias que conectam cada sede urbana; Centralidade de Proximidade – Closeness Centrality, que indica as áreas para as quais a distância em relação aos demais elementos é minimizada; Centralidade de Intermediação – Betweenness Centrality, que indica a recorrência com a qual um determinado nó é percorrido no caminho mínimo entre todos os demais nós da rede; Alcance a 150 quilômetros, que indica quantas sedes urbanas são acessadas a uma distância ponderada de 150 quilômetros a partir de cada cidade.

A primeira das medidas indica o Grau Ponderado Médio de cada uma das sedes. Diferentemente de uma medida de centralidade de grau absoluto em Grafos medida a partir da contagem do número de arestas incidentes em cada nó, esta medida foi construída a partir de arestas valoradas/ponderadas de acordo com a importância das rodovias incidentes em cada sede urbana. Desta forma, permite-se verificar quais cidades se conectam a rodovias de maior hierarquia, bem como aquelas acessíveis apenas por estradas não pavimentadas. Cabe ressaltar que a construção desta medida levou em conta não apenas a presença da rodovia, mas o número de caminhos possíveis, diferenciando a situação típica de “entroncamento”, na qual há duas ou mais possibilidades de caminho a partir de determinado ponto da situação de “fim de linha”, na qual a estrada que dá acesso a determinada sede urbana não possui continuidade. Estas situações representam características distintas de “força” para os nós, especialmente no que diz respeito aos fluxos de passagem.

Figura 52: Grau Ponderado Médio ou Força dos Nós - *Strength*



Fonte: Elaborado pelo autor

Tal medida destacou as principais posições das sedes urbanas com posições geográficas privilegiadas quanto à mobilidade, especialmente aquelas localizadas em trevos de grandes rodovias federais e em regiões de mudança de direção no ordenamento viário.

Destacam-se, a norte e nordeste, as cidades de Montes Claros - notório entroncamento rodoviário entre as BRs 135, 365 e 251 e a rodovia estadual MG 308 e Teófilo Otoni, onde se encontram as rodovias BRs 116, 342 e 418 e MG 217. Além destas, podemos destacar as cidades de Uberlândia e Uberaba, onde se concentram as rodovias federais BR 365, 452, 455, 262, interligando Minas Gerais aos estados de São Paulo e Goiás, além das diversas rodovias estaduais que interligam a região ao interior do estado de Minas Gerais.

A região sul do estado tem como destaques as cidades de Poços de Caldas, por onde passam as rodovias BR 267, BR 146 e 459, ligando esta porção do estado ao estado de São

Paulo, bem como a cidade de Pouso Alegre, localizada às margens da rodovia BR 381 e 459 e das rodovias estaduais MG 290 e MG 179.

Para além destas cidades, podemos destacar Juiz de Fora e Muriaé, na porção sudeste do estado, além de Governador Valadares, a leste. A Região Metropolitana de Belo Horizonte é marcada pelo encontro de diversas rodovias, que ligam a capital às diferentes porções do estado, também possuindo nós de maior destaque.

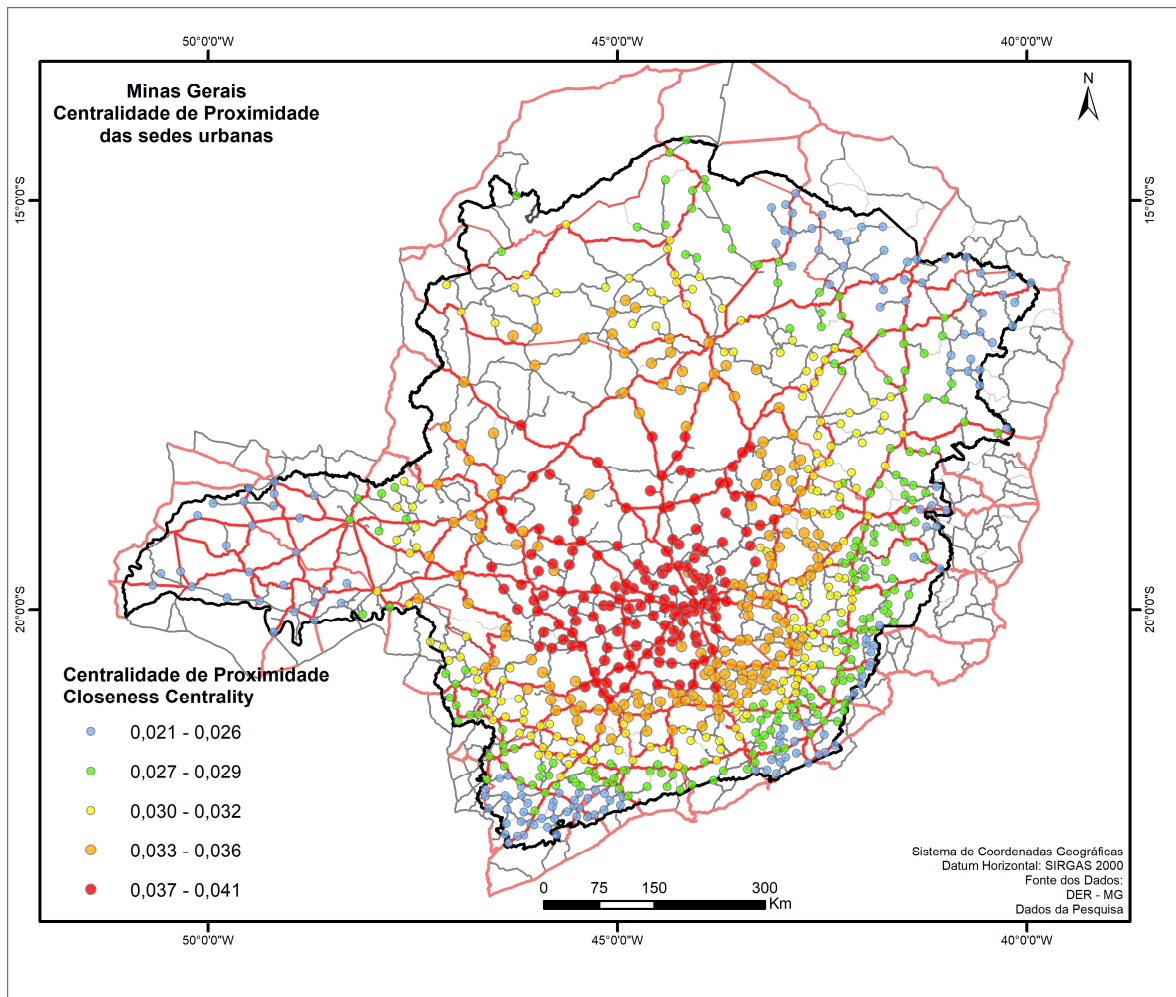
As cidades de Curvelo e Serro, por sua vez, se localizam em posição estratégica não só pela concentração de entroncamentos rodoviários, mas por se localizarem na porção central do estado, funcionando como “acesso” ao norte mineiro. Desta forma, estas cidades possuem características não apenas de posições geográficas de entroncamento, funcionando também como áreas de contato entre a porção centro-sul do estado, marcada por maior quantidade de rodovias e por sedes urbanas localizadas de forma mais concentrada e a porção norte, marcada por menor quantidade de rodovias e entroncamentos, bem como por sedes urbanas espacialmente mais dispersas.

Podemos destacar como nós “Muito Fortes” as cidades de Montes Claros, Teófilo Otoni, Governador Valadares, Serro, Curvelo, Belo Horizonte, Betim, Uberlândia, Uberaba, Araxá, Poços de Caldas, Pouso Alegre, Juiz de Fora e Muriaé. Estes centros urbanos se localizam em posições geográficas que se enquadram no que foi definido por Pelletier e Dellfante (2000) como áreas de cruzamentos e confluências, as quais funcionam como posições de intermediação, favorecendo a circulação e a acessibilidade.

As posições geográficas destes centros urbanos em entroncamentos de importantes rodovias do estado é apontada por George (1983) como um fator propício ao desenvolvimento de centros urbanos, uma vez que a convergência de grandes vias de circulação traz como benefícios menores custos de transporte.

As cidades de Belo Horizonte, Juiz de Fora, Uberlândia, Uberaba e Montes Claros, por sua vez, se caracterizam, para além da localização em entroncamentos rodoviários importante, por ocuparem posição elevada na hierarquia urbana do estado. Desta forma, além de características típicas às cidades de encruzilhada, estas desempenham também papel de centralidade, segundo os tipos-ideais propostos por Corrêa (2004).

Figura 53: Centralidade de Proximidade - *Closeness Centrality*



Fonte: Elaborado pelo autor

A medida de Centralidade de Proximidade - *Closeness Centrality*, indica as áreas de maior acessibilidade dentro de um grafo, sendo esta medida através da distância entre cada um dos nós e todos os demais. Desta forma, tal métrica indica quais sedes possuem uma menor distância total em relação às demais sedes urbanas.

De modo geral, tal medida tende sempre a indicar as maiores centralidades de proximidade nas áreas mais centrais do grafo, as quais, por definição, otimizam os caminhos em relação a todas as direções do grafo. Entretanto, cabe ressaltar que, por se tratar de um grafo valorado, a medida de proximidade indica áreas, para além das localizadas no centro do grafo, mais acessíveis.

É importante ressaltar que as cidades de maior proximidade no contexto do estado de Minas Gerais representam áreas nas quais os custos de transporte são minimizados. As duas primeiras classes de Centralidade de Proximidade, desta forma, representam as cidades com

maior acessibilidade geral dentro da rede. A partir destas, os custos de se acessar qualquer outra porção do estado são minimizados.

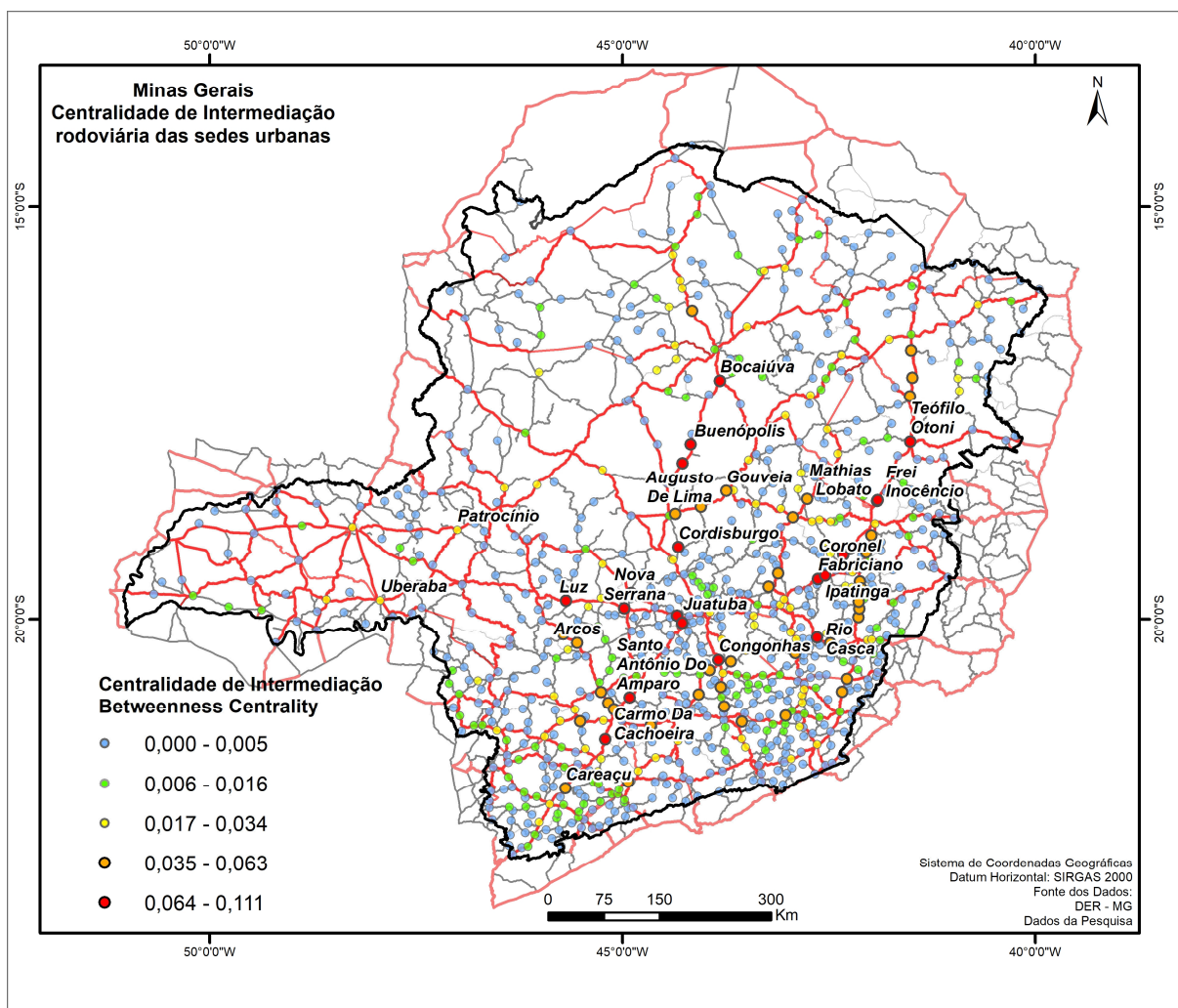
Destacam-se os centros urbanos localizados no entorno de Belo Horizonte, bem como nas porções próximas a Curvelo e Corinto. Localizadas próximas ao centro geodésico do estado de Minas Gerais, estas últimas marcam a transição entre dois padrões distintos de localização: o sul do estado, caracterizado pela maior proximidade entre as sedes urbanas, municípios territorialmente menos extensos e maior densidade de rodovias; e a porção norte, caracterizada por maiores distâncias médias entre as cidades, municípios territorialmente vastos e menor densidade da malha rodoviária.

Esta relação entre as cidades, suas distâncias e sua conectividade são abordadas em diferentes estudos de interação espacial com o intuito de se apreender os diferentes aspectos dos movimentos e trocas. Para além dos conceitos de massa e distância utilizados tradicionalmente nas abordagens gravitacionais, busca-se incluir nas análises os conceitos de estrutura espacial e oportunidades intervenientes.

Estes conceitos presentes nos trabalhos de Stouffer (1940), partem de uma interpretação do arranjo espacial das oportunidades que gerem a atração da população. Tais abordagens partem do pressuposto que o total de interações espaciais é proporcional às oportunidades no destino e inversamente proporcional ao número de oportunidades localizadas no caminho entre a origem e o destino analisados. As chamadas “oportunidades intervenientes” seriam aquelas capazes de persuadir o migrante a se estabelecer em uma outra destino que não o inicialmente proposto.

Desta forma, a localização das cidades e suas distâncias são indicadores na interpretação da chamada estrutura espacial, explicando a distribuição das oportunidades e, conseqüentemente, as probabilidades de interação espacial entre as cidades. O mapa da figura 53, portanto, mostra os diferentes arranjos espaciais de acessibilidade a estas oportunidades em Minas Gerais.

Figura 54: Centralidade de Intermediação – *Betweenness Centrality*



Fonte: Elaborado pelo autor

A medida de Centralidade de Intermediação – *Betweenness Centrality* indica a recorrência com a qual cada nó é visitado no menor caminho entre todos os nós componentes de um grafo. Neste caso, indica quantas vezes cada sede urbana se encontra no caminho de “passagem”, tomando por base o menor caminho entre todas as demais sedes urbanas.

Esta medida, classicamente utilizada na identificação de áreas nodais e pontos de confluência de diferentes fluxos, é adotada na pesquisa como um indicativo de posição geográfica de intermediação. Tais posições são consideradas posições de “prestígio” em grafos, uma vez que agem como “pontes” estruturantes da própria rede, sem as quais o grau de conectividade desta se torna comprometido.

O que se observa, a partir dos dados do mapa, é que não necessariamente os caminhos mínimos convergem para o centro do grafo, região onde se localiza Belo Horizonte – capital do estado e ponto de convergência de inúmeras rodovias.

Tal fato, por si só, indica um aspecto positivo quanto à conectividade geral da rede de estradas de Minas Gerais, uma vez que este demonstra que a conectividade de diferentes porções do estado pode ser feita sem que se necessariamente se passe pelo centro do grafo. Tal propriedade, ligada à redundância de caminhos possíveis, pode ser interpretada como fator de robustez da rede rodoviária, pelo menos no que tange à quantidade de caminhos disponíveis.

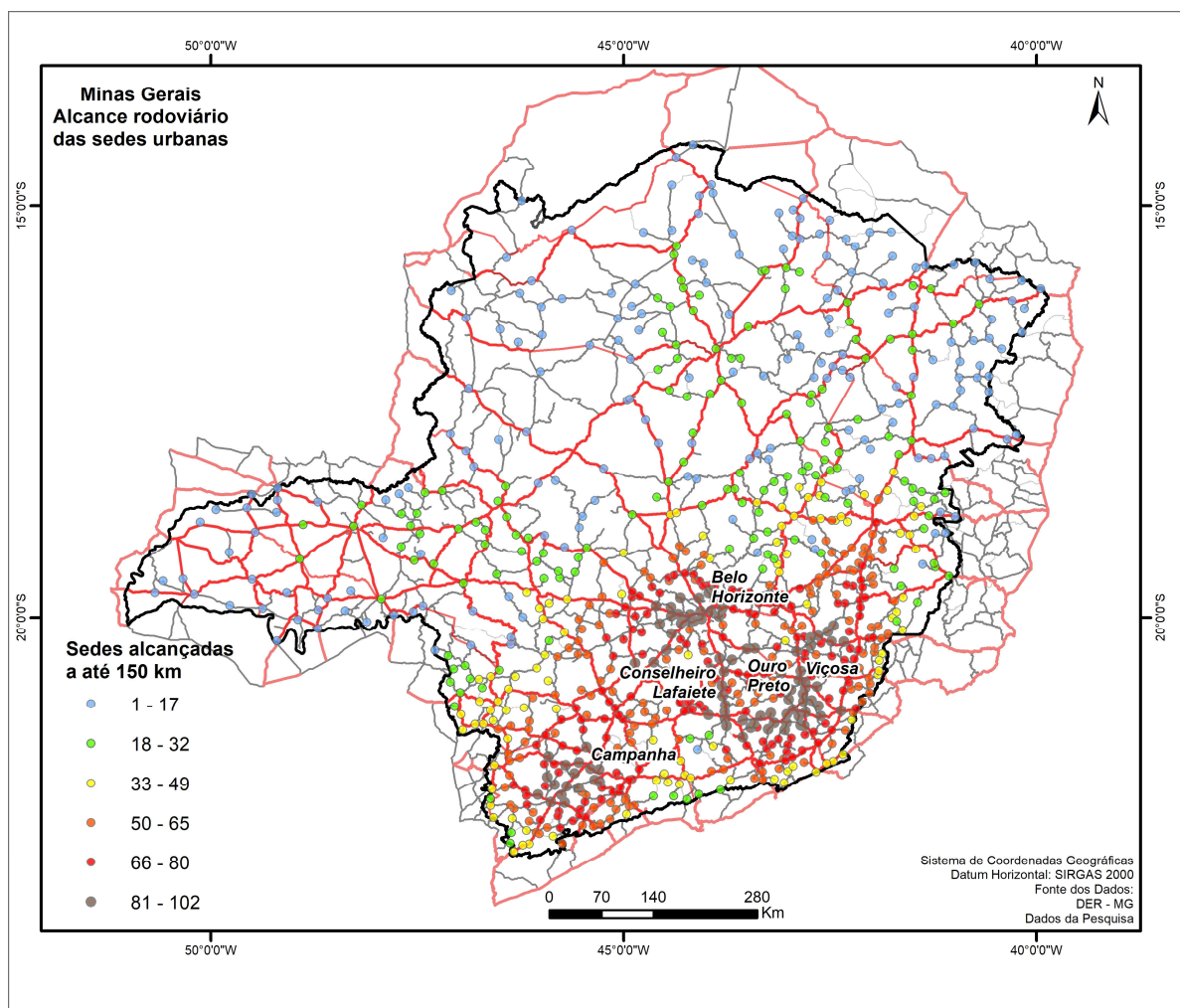
Destacamos as posições de passagem das cidades de Patrocínio e Uberaba, ligando a região do Triângulo Mineiro ao interior e ao noroeste do estado, Buenópolis e Bocaiúva, ligando a porção central do estado à sua porção norte, Ipatinga e Coronel Fabriciano na porção leste, Teófilo Otoni a Nordeste e Carmo da Cachoeira e Careçu, a sul.

É importante ressaltar que as localizações com maior Centralidade de Intermediação se caracterizam também por permitir a mudança de direção dos fluxos rodoviários no estado de Minas Gerais, garantindo a conectividade e a descentralização da rede.

Tais cidades representam o aspecto primordial de uma posição geográfica de entroncamento, uma vez que sua identificação se baseia no conceito de caminho mínimo entre todos os nós que compõem um determinado grafo. Estas posições, portanto, otimizam a relação de distâncias entre os centros urbanos que compõem a rede.

Por se tratar de uma medida global avaliada a partir de todos os nós e arestas da rede, a centralidade de intermediação se mostra uma importante medida de acessibilidade geral dos nós. Esta acessibilidade pode, entretanto, ser medida a partir de medidas locais a partir dos subgrupos de um grafo.

Figura 55: Alcance a 150 quilômetros - Reach



Fonte: Elaborado pelo autor

A medida de alcance em rede foi elaborada utilizando uma distância de corte de 150 quilômetros, o que representa, aproximadamente, 2 horas de tempo de percurso. Esta medida visa identificar as sedes urbanas com maior número de vizinhos em um alcance médio de distância/tempo.

Tabela 06: Alcance em rede e a distância média dos movimentos pendulares

Cidade	Distância Média das Pendularidades (km)	Sedes alcançadas em 150 Km
Uberlândia	376,6	24
Paracatu	302,12	7
Uberaba	268,13	21
Unaí	232,99	8
Patos De Minas	230,25	22
Poços De Caldas	219,41	49

Montes Claros	202,98	27
Nova Serrana	192,7	76
Juiz de Fora	177,18	70
Sete Lagoas	162,85	70
Governador Valadares	161,35	71
Teófilo Otoni	159,3	28
Divinópolis	157,88	78
Varginha	153,78	82
Viçosa	145,87	95
Congonhas	126,79	97
Lavras	119,94	67
Alfenas	119,64	75
Pouso Alegre	107,63	90
Ipatinga	103,31	64
Conselheiro Lafaiete	102,4	95
Barbacena	75,71	82
Ubá	72,49	102
Coefficiente de Correlação de Pearson: -0,795		

Fonte: Elaborado pelo autor

A tabela 06 apresenta os dados das distâncias rodoviárias médias das origens dos movimentos pendulares às cidades com maiores intensidades destas relações. Verifica-se, pelo valor do coeficiente de correlação de Pearson igual a -0,795, uma correlação negativa alta. A partir do teste t de Student verificou-se a significância deste coeficiente de correlação num intervalo de confiança de 95%. Desta forma, verifica-se a tendência de, quanto maior o número de sedes alcançadas até 150 km, menores são as distâncias médias dos movimentos pendulares realizados.

Uma medida de grau de acessibilidade local, como a medida de alcance em rede, visa a identificação de áreas no estado que, em deslocamentos curtos, é possível acessar um maior número de sedes urbanas. Tal conceito se relaciona intimamente às abordagens de interação espacial não gravitacionais, especialmente aquelas que fazem uso dos conceitos de “Destinos Concorrentes” e “Oportunidade Interveniente”. Estes modelos retomam os pressupostos de Stouffer (1940) segundo os quais o número de pessoas percorrendo uma determinada distância é proporcional às oportunidades existentes a esta distância e inversamente proporcional ao número de oportunidades intervenientes (localizadas em pontos intermediários do caminho). Desta forma, há maior probabilidade de deslocamento (de diferentes naturezas) do ponto A ao ponto B quando há mais oportunidades neste segundo ponto e poucas ou nenhuma oportunidade localizada no caminho entre os dois – as chamadas Oportunidades Intervenientes.

As áreas de maior alcance a um raio determinado na rede urbana são aquelas nas quais a existência destas condições de “destinos concorrentes” são maximizadas, uma vez que, a alcances similares, há uma maior quantidade de cidades e uma maior probabilidade de que determinado serviço/bem esteja disponível em uma ou mais destas. O isolamento relativo na rede, por outro lado, favorece a situação de concentração urbana, na qual um único centro está disponível a uma determinada distância, produzindo uma maior concentração de fluxos em direção a este.

O que se verifica no panorama mineiro é, de um lado, a porção sul/sudeste da rede, na qual há grandes possibilidades de conexão, municípios menores e, portanto, com sedes urbanas localizadas mais próximas e maior densidade de rodovias e; de outro, a porção norte/nordeste, caracterizada por menores possibilidades de caminhos, municípios maiores com sedes urbanas espacialmente dispersas e menor densidade de rodovias. A primeira situação, por sua vez, favorecendo a situação de destinos concorrentes e a segunda, mais predisposta a existência de um único centro urbano dominando todos os aspectos da rede.

Divisão da rede rodoviária em Subgrupos

A análise visual do mapa das figuras 53, 54, 55 e 56 permite verificar-se que os valores de Força dos Nós, Centralidade de Proximidade, Centralidade de Intermediação e Alcance não se distribuem de maneira homogênea pela rede do estado, marcada por regiões de alta capilaridade e áreas com maior distância entre as sedes, menor número de rodovias e piores condições de acessibilidade.

Desta forma, procedeu-se uma análise pormenorizada e individualizada da rede de estradas de Minas Gerais, subdividida em subgrupos (clusters). A divisão de uma rede modelada em grafo em subgrupos pode ser feita a partir de diferentes critérios e algoritmos, embora alguns aspectos sejam comuns a grande parte das propostas: a existência de maior número de conexões em relação às conexões totais e um menor grau de conexão com o entorno imediato, entre outros.

Para a subdivisão da rede de estradas de Minas Gerais foi utilizada uma rotina de identificação de classes de modularidade, implementada através do software Gephi¹². A modularidade mede a estrutura do grafo, indicando a probabilidade de existência de clusters

¹² Gephi – 0.9.2. Software gratuito para visualização e análise de Grafos. Bastian M., Heymann S., Jacomy M. *Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks*. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. (2009)

dentro do grafo. Estes clusters representam subgrupos da rede nos quais as conexões internas são significantes e mais fortes que as externas.

Uma rede com alto grau de modularidade tende a possuir conexões fortes entre os nós pertencentes aos subgrupos e conexões mais fracas entre os grupos. Os valores de modularidade variam entre -1 e +1, sendo que os valores mais próximos de 1 indicam uma maior tendência a existência de subgrupos na rede.

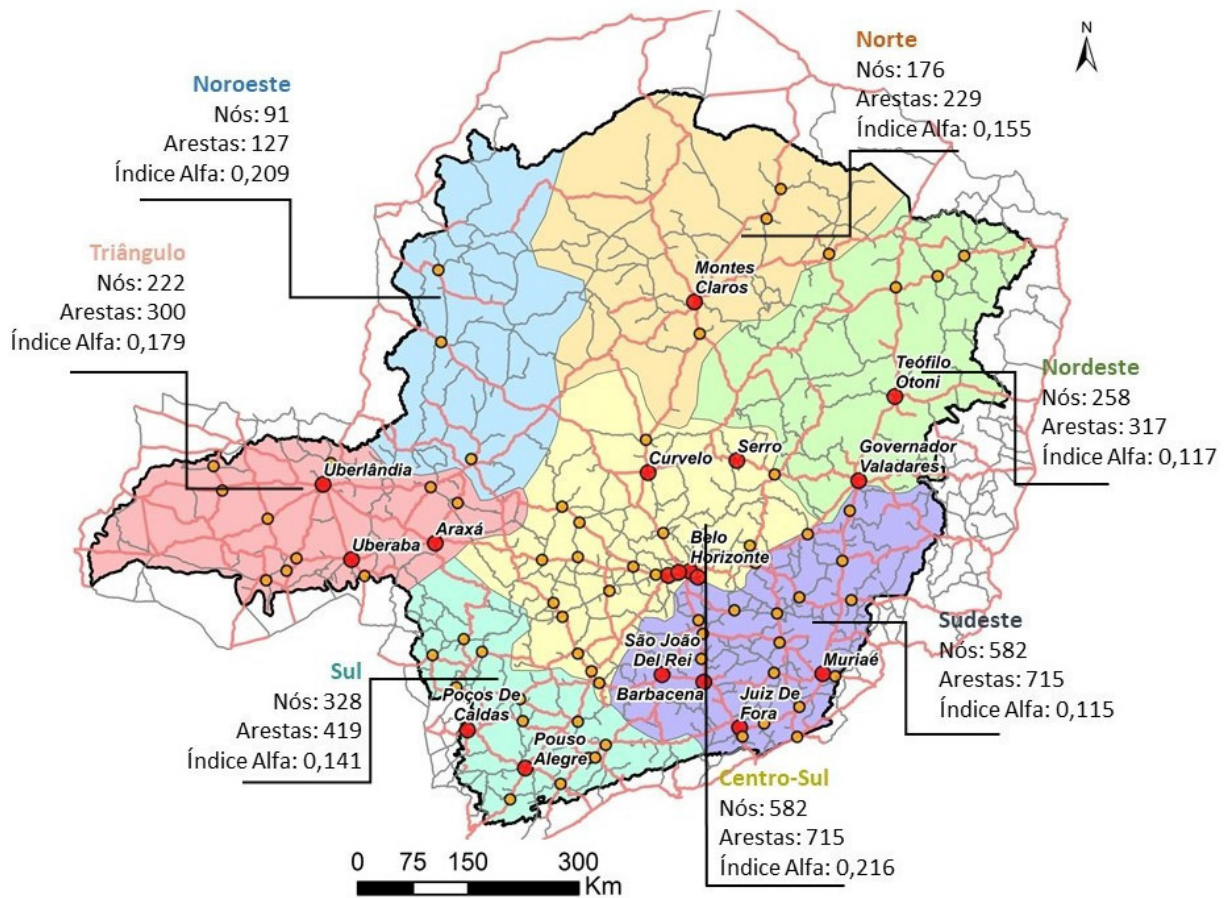
Verificou-se um valor de modularidade 0,908 para a rede rodoviária de Minas Gerais, além da existência de 28 comunidades distintas. Estas comunidades foram agrupadas em 7 subgrupos contíguos, tomando como referência a presença de importantes rodovias federais do estado e de cidades classificadas nos três graus superiores de hierarquia urbana - MetrÓpole, Grandes Centros Regionais e Centros Intermediários.

Para cada uma destas subdivisões da rede rodoviária foram calculados os parâmetros relativos ao grau de conectividade da rede, bem como a acessibilidade em relação às rodovias e as distâncias entre as sedes urbanas. Tal subdivisão, para além de permitir-se verificar a existência de regimes locais de acessibilidade, proporciona uma aproximação de escala na análise espacial, trazendo à tona questões importantes que, em escala regional, poderiam passar despercebidas, tais como a relação entre o relevo e a acessibilidade local.

Subgrupos de Rede

Os subgrupos de rede classificados a partir do critério de modularidade em sete clusters de rede rodoviária são apresentados de forma suscinta no mapa da figura 56.

Figura 56: Subgrupos de Rede



Fonte: Elaborado pelo autor

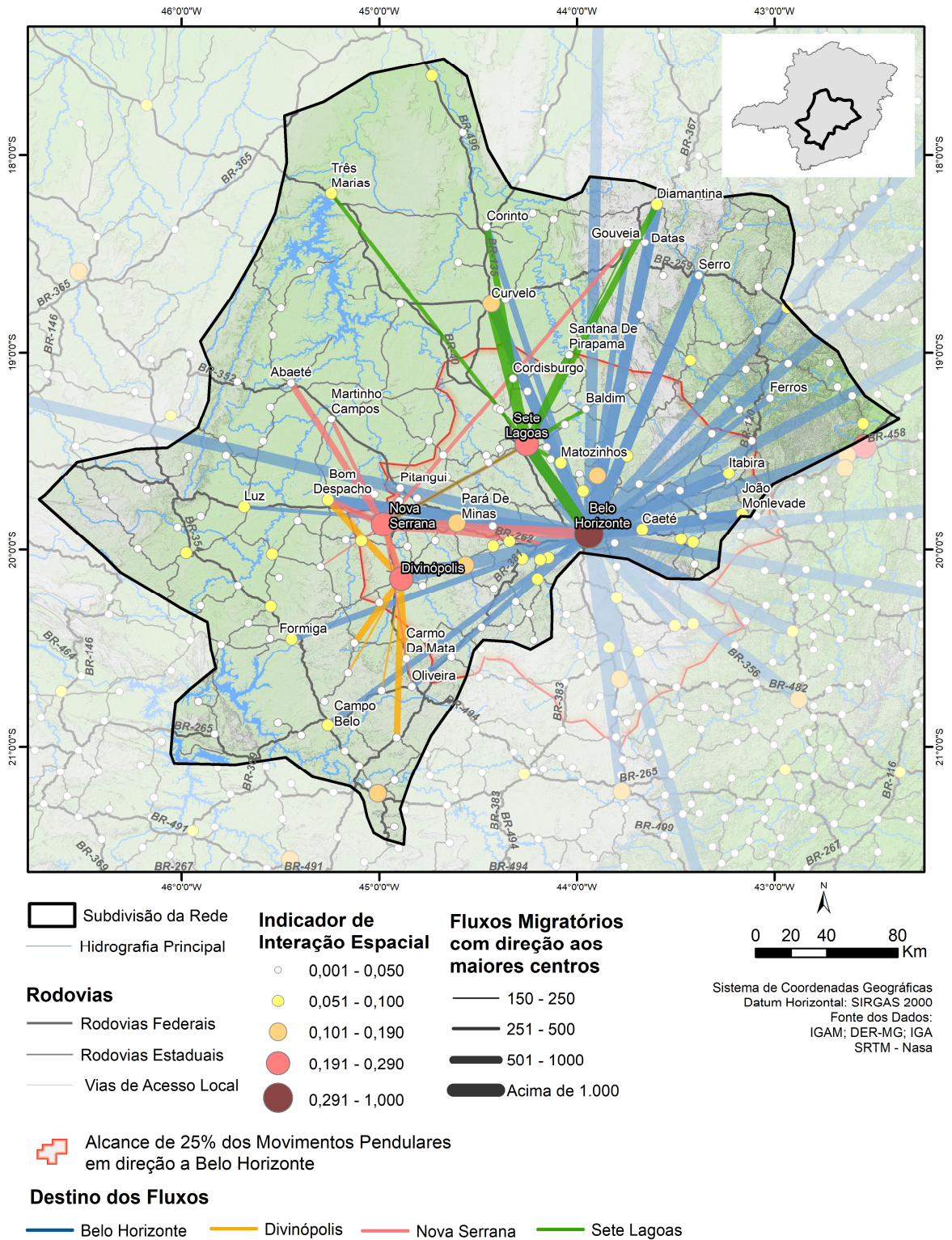
Os sete subgrupos de rede rodoviária em Minas Gerais são apresentados como forma de se identificar diferenças nos padrões de acessibilidade no estado. Partindo do princípio de que a rede rodoviária não se desenvolveu de maneira homogênea por todo o estado, bem como a existência de processos de formação e ocupação diferenciados dos municípios mineiros, esta análise em escala cartográfica ampliada propicia a abordagem da rede urbana em uma escala de vizinhança entre as sedes urbanas.

Busca-se, ainda, identificar padrões espaciais diferenciados, especialmente relacionados à distância entre cada centro urbano. Tais aspectos relativos à distância se perdem em meio às dimensões do estado de Minas Gerais, tornando a mudança de escala necessária. Cabe ressaltar que a mudança de escala, geograficamente, não significa apenas uma mudança no tamanho dos fenômenos abordados, mas também na natureza destes. Diante disto, pequenas variações nos padrões de acessibilidade, então imperceptíveis ou insignificantes no nível regional, podem ser verificados em escala local.

Se, em um conceito regional, estar “perto” e “acessível” pode ser medido a partir do número de caminhos mais curtos que passam por determinada sede urbana, em escala local, estas medidas são menos significativas do que a relação entre distância euclidiana (em linha reta) e a distância por rodovia entre cada par de sede analisado. Tal métrica, por sua vez, em escala regional, tende a ser suavizada em função das grandes distâncias envolvidas.

Os mapas que seguem nas figuras de 57 a 63 apresentam em detalhes estas redes locais. Nestes são apresentados os principais centros urbanos de cada rede, bem como os dados de Fluxos Migratório com destino a estas sedes.

Figura 57: Cluster Centro Sul



Fonte: Elaborado pelo autor

O primeiro cluster, localizado na porção centro-sul do estado, agrega os centros urbanos da região metropolitana, se estendendo, a sul, até a cidade de Lavras e a nordeste até Diamantina.

Este subgrupo da rede rodoviária é composto por 582 nós, dos quais 167 são sedes urbanas e 715 arestas. O índice Alfa de conectividade, que mede o nível de redundância entre todos os nós de uma rede, é de 0,216. Dentre os clusters, ressalta-se que a região centro-sul se mostra a mais conectada. O Índice alfa de 0,216 implica em 21% de redundância entre todos os caminhos possíveis entre as sedes urbanas e os demais nós que compõem esta rede. Se comparada ao índice geral da rede rodoviária de Minas Gerais (0,12), observa-se que a porção centro-sul é consideravelmente mais conexa que o estado como um todo.

Destacam-se neste cluster os centros urbanos de maior hierarquia Belo Horizonte, Betim, Contagem, Divinópolis, Sete Lagoas e Diamantina. A acessibilidade geral desta região é marcada pelas interrupções caracterizadas pela presença da Serra do Espinhaço, a nordeste, e dos grandes reservatórios hídricos do Lago de Furnas, a sudoeste e do Lago de Três Marias, a noroeste. Estas características naturais interferem fortemente na rede de estradas da região e, portanto, na conectividade entre as sedes urbanas.

Do ponto de vista das interações espaciais, destacam-se os centros urbanos de Belo Horizonte em um primeiro nível, Divinópolis, Nova Serrana e Sete Lagoas, num segundo, e Lavras, Itaúna, Pará de Minas, Curvelo e Lagoa Santa, no terceiro. É importante ressaltar que, com o objetivo de melhorar a visualização dos dados, foram excluídas as interações com as cidades da RMBH, à exceção de Belo Horizonte.

A cidade de Belo Horizonte possui ligações mais fortes, para além daquelas estabelecidas com as cidades da região metropolitana com as cidades de Curvelo, Diamantina (representadas pelas linhas azuis mais espessas). Sete Lagoas, por sua vez, recebe fluxos populacionais intensos de Belo Horizonte, Diamantina e Curvelo. A cidade de Nova Serrana estabelece fortes ligações com Sete Lagoas e Divinópolis, estendendo a rede em direção a oeste.

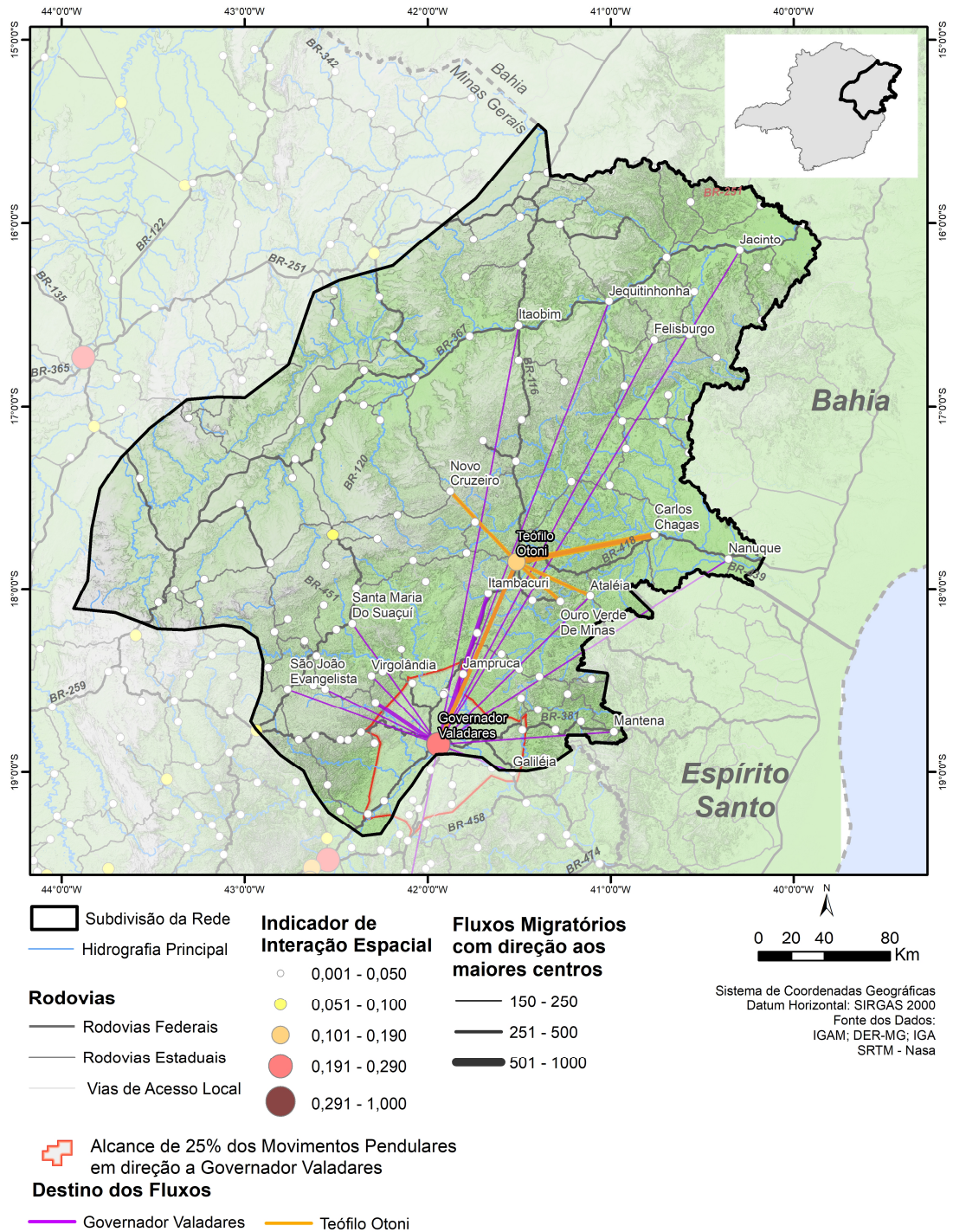
Podemos observar que todas estas sedes urbanas representam nós muito fortes ou fortes (conforme mapa da figura 52), indicando que, além de se caracterizarem por forte dinâmica socioeconômica e acesso a serviços básicos, tais sedes urbanas também se caracterizam por posições geográficas privilegiadas. Belo Horizonte, como capital e centro de toda a rede, concentra grande quantidade de rodovias federais. Curvelo, a norte, localiza-se tanto em um entroncamento de rodovias federais importantes - BR040, BR135, e BR259, como em área de transição entre a porção centro sul do estado e a porção norte. Além disso, Curvelo se configura como importante centro de passagem, apresentando alto valor de Centralidade de

Intermediação, uma vez que permite que os fluxos vindos das porções centro-oeste, norte, leste e sul, se encontrem.

Divinópolis também funciona de maneira análoga. Além de ser considerado um nó forte em função do número de conexões rodoviárias que estabelece, no entroncamento das rodovias MG 050 e BR 494, também se localiza em área de passagem, onde os fluxos originados no oeste mineiro podem se dirigir a Belo Horizonte ou tomarem direção norte, evitando a RMBH.

Tal característica traz como reflexo a confluência de diferentes fluxos nesta localidade, que funciona como “acesso” à porção oeste do Estado e conexão desta com as demais.

Figura 58: Cluster Nordeste



Fonte: Elaborado pelo autor

O segundo cluster engloba a porção nordeste do estado, contendo as cidades de Governador Valadares, Teófilo Otoni, Pedra Azul, Araçuai e Almenara. A acessibilidade da região é feita através das rodovias BR 116 e BR 367.

O cluster nordeste é composto por 258 nós (123 sedes urbanas) e 317 arestas. O índice Alfa de conectividade na região é de 0,117, indicando uma menor acessibilidade com relação

aos demais. Este índice se refere à existência de 11% de redundância entre os caminhos possíveis entre os nós que compõem o cluster. Cabe ressaltar que índice se aproxima ao verificado para o estado como um todo (12%). Os baixos valores de redundância implicam em menores possibilidades de caminhos e a necessidade de se percorrer sempre as mesmas rodovias para se alcançar as sedes urbanas. A baixa disponibilidade de rodovias e de caminhos alternativos torna a acessibilidade local mais dificultada.

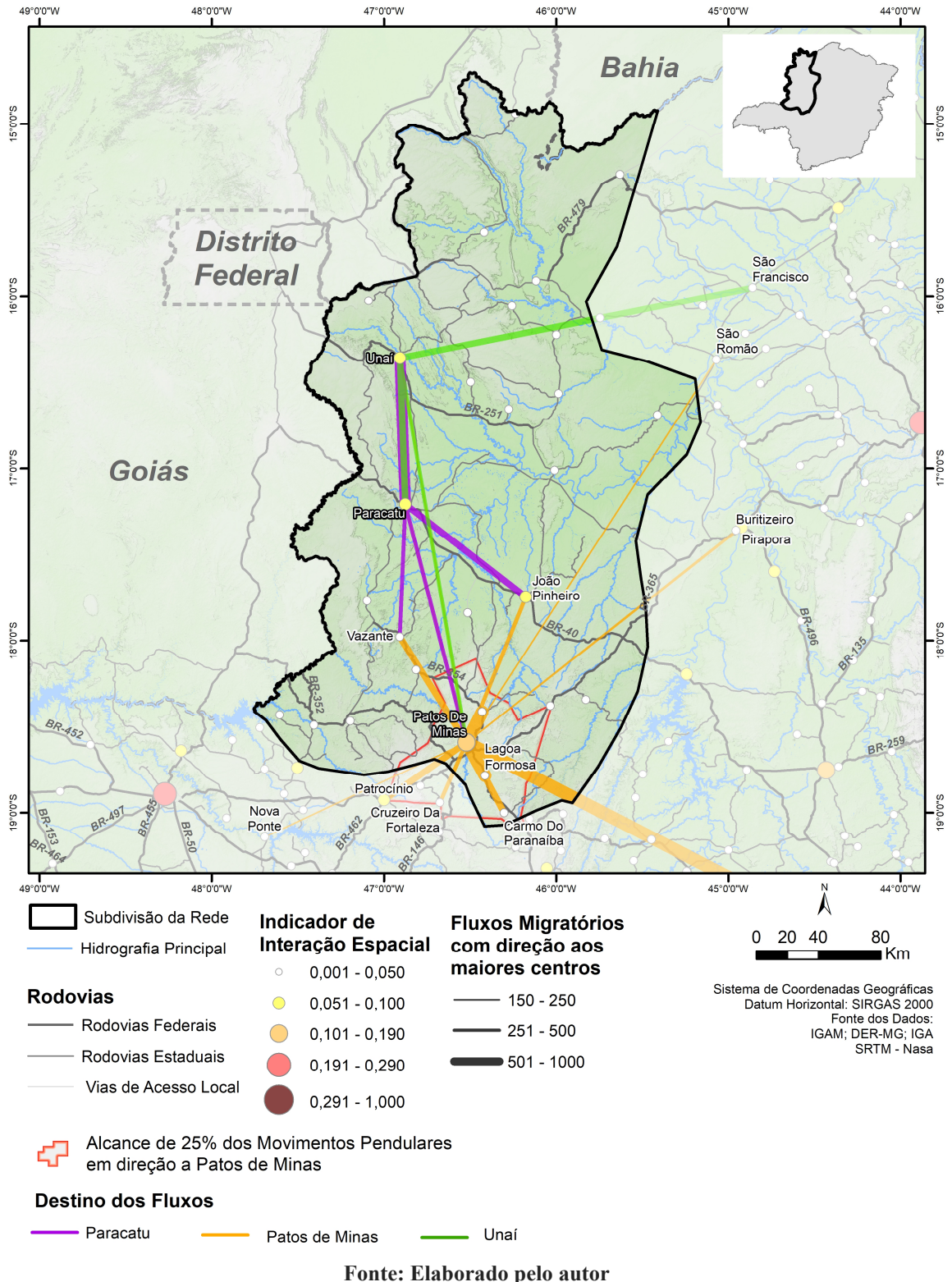
Verifica-se, no mapa, a existência de grande número de sedes urbanas na situação de “fim de linha”, cujas rodovias de acesso não possuem continuidade para além das cidades. Esta situação se relaciona a piores condições de acessibilidade, diminuindo a possibilidade de caminhos de passagem por estas cidades, explicando, em certa medida, o baixo índice Alfa de Conectividade.

Do ponto de vista da interação espacial, a região é marcada pela predominância dos fluxos com direção a Governador Valadares, classificada em um primeiro nível. Além desta cidade, Teófilo Otoni também se destaca (embora com valores significativamente menores). A região nordeste, de ocupação mais esparsa que a verificada nas regiões centro-sul, sul e sudeste do estado, se caracteriza por interações de maior distância, e menores intensidades que as demais. Destacam-se, dentre estas, as interações entre as cidades de Governador Valadares e Teófilo Otoni.

É importante ressaltar que ambas as cidades são consideradas “nós muito fortes” quanto às suas conexões rodoviárias (ver dados do mapa da figura 52). Sua localização em importantes entroncamentos rodoviários – Governador Valadares no encontro das rodovias BR 381, BR 116 e BR 259 e Teófilo Otoni no encontro das rodovias BR 116, BR 342 e MG 217, representam importante papel na acessibilidade local, bem como na conectividade entre as porções central e nordeste do estado, e desta última com o sul do estado da Bahia e norte do Espírito Santo.

Além destas características, as duas cidades são marcadas por forte situação de “intermediação rodoviária”, conectando diferentes porções do estado. É importante ressaltar que esta característica, embora similar à força dos nós descrita no parágrafo anterior, analisa não somente a localização da sede urbana, mas sua capacidade de intermediar fluxos entre os demais nós que compõem a rede. Desta forma, em áreas de menor densidade de rodovias, como verifica-se nesta porção do estado, os entroncamentos rodoviários assumem papel ainda mais importante, dada a escassez de caminhos possíveis.

Figura 59: Cluster Noroeste



O terceiro cluster se localiza na porção noroeste do estado de Minas Gerais, em região limítrofe aos estados de Goiás e Bahia. A região é marcada pela presença das sedes urbanas de Patos de Minas, a sul, Paracatu e Unaí, a noroeste.

A região noroeste é a de menor densidade dentre os subgrupos analisando, sendo composta por 91 nós e 127 arestas. Destes 91 nós, apenas 29 são sedes urbanas. O índice Alfa de conectividade local é de 0,209, o segundo maior dentre todos analisados. Por se tratar de uma região menos densamente ocupada (marcada por municípios maiores), verifica-se uma menor quantidade de nós. O índice de 0,20 implica em 20% de redundância de caminhos possíveis entre os nós do cluster, indicando maior acessibilidade e disponibilidade de caminhos entre as sedes. A análise do mapa permite verificar a existência de poucas sedes urbanas em situações de “fim de linha”, o que explica em partes este maior índice. A localização dos centros urbanos em situações de entroncamentos e ao longo dos caminhos pode ser analisada como um indicador de maior acessibilidade, uma vez que indica a existência de, no mínimo, dois caminhos possíveis a partir de cada sede.

A mobilidade local é garantida pelas rodovias BR 354 e BR 040 no sentido de sudeste para noroeste e inúmeras rodovias estaduais interligando as mesmas. O relevo plano permite a existência de rodovias e vias de acesso em todas as porções desta região.

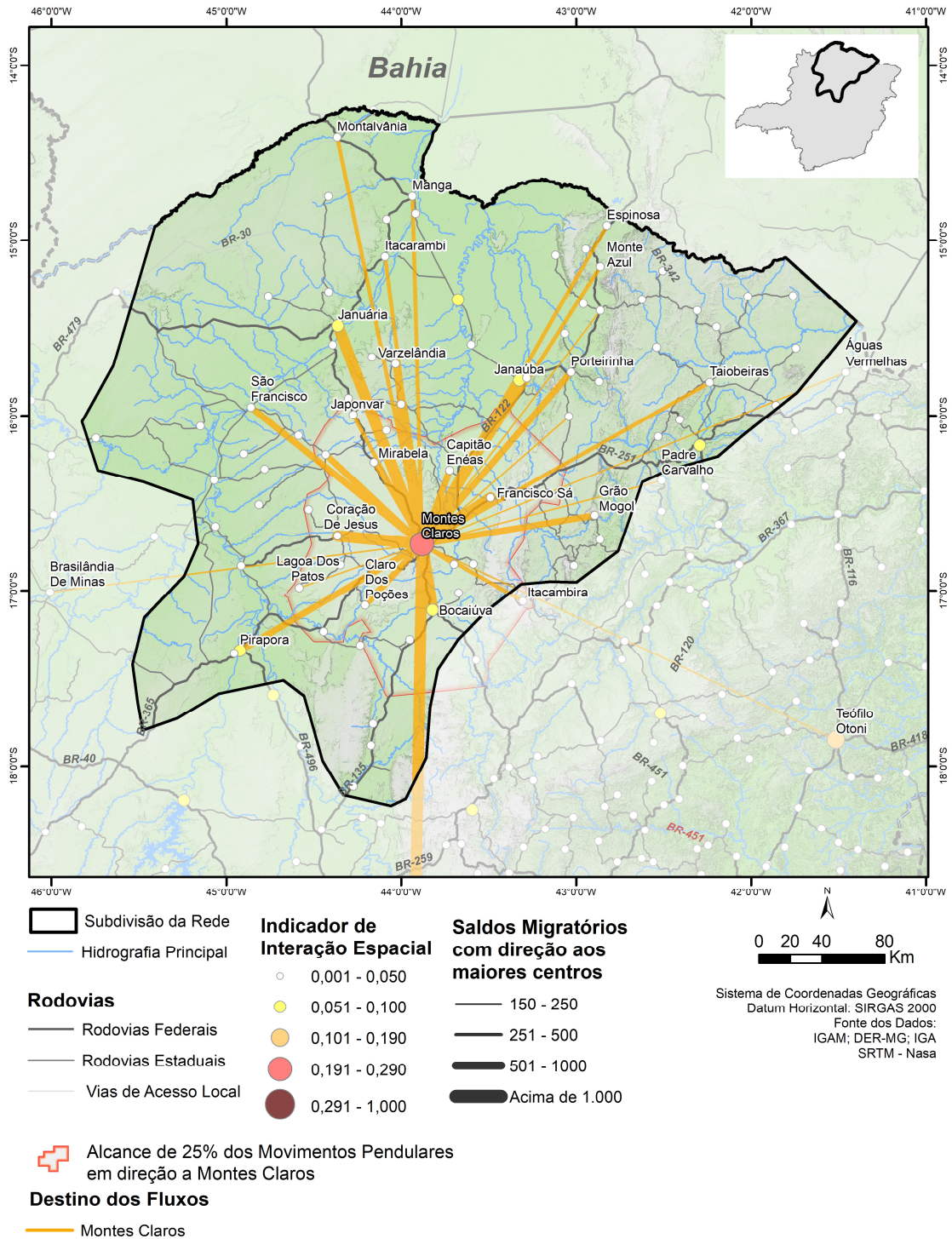
Com relação às interações espaciais, destacam-se nesta região as cidades de Patos de Minas e Paracatu. Embora em valores absolutos estas interações sejam de menor ordem que as verificadas nas demais regiões do estado, verifica-se a existência de uma rede de trocas bem estruturada entre as cidades de Unaí, Paracatu e João Pinheiro e Patos de Minas e Paracatu.

É importante notar que Paracatu e Patos de Minas são também consideradas “nós fortes” com relação a sua conexão rodoviária, sendo a primeira localizada no encontro das rodovias BR 040 e BR 354 e a segunda no encontro das rodovias BR 365 e BR 354. Por se tratar de área de ocupação mais esparsa, caracterizada por uma maior distância média entre as sedes urbanas e um menor número de eixos rodoviários, tais características fazem da posição geográfica dos centros ainda mais relevante.

Além destas características, ressalta-se a localização de Paracatu nas proximidades da fronteira entre Minas Gerais e o estado de Goiás, bem como o Distrito Federal.

Embora possua baixa centralidade de intermediação, influenciada por sua proximidade às bordas do estado, tais cidades se localizam em posições importantes na estruturação dos fluxos locais e interestaduais.

Figura 60: Cluster Norte



Fonte: Elaborado pelo autor

O quarto cluster se localiza na região norte do estado, englobando as cidades de Pirapora (a sul), Januária e Janaúba, a norte e Montes Claros, na porção central.

Esta região possui 176 nós e 229 arestas. Destes nós, 78 são sedes urbanas. O índice alfa de conectividade local é de 0,155, indicando uma baixa disponibilidade de caminhos. Este

índice implica a existência de 15% de redundância nos caminhos possíveis entre os nós que compõem o cluster em análise. Embora este seja superior ao da rede do estado quando analisada de maneira unificada, observa-se que o cluster norte apresenta grau de conectividade inferior aos clusters centro-sul, noroeste e triângulo.

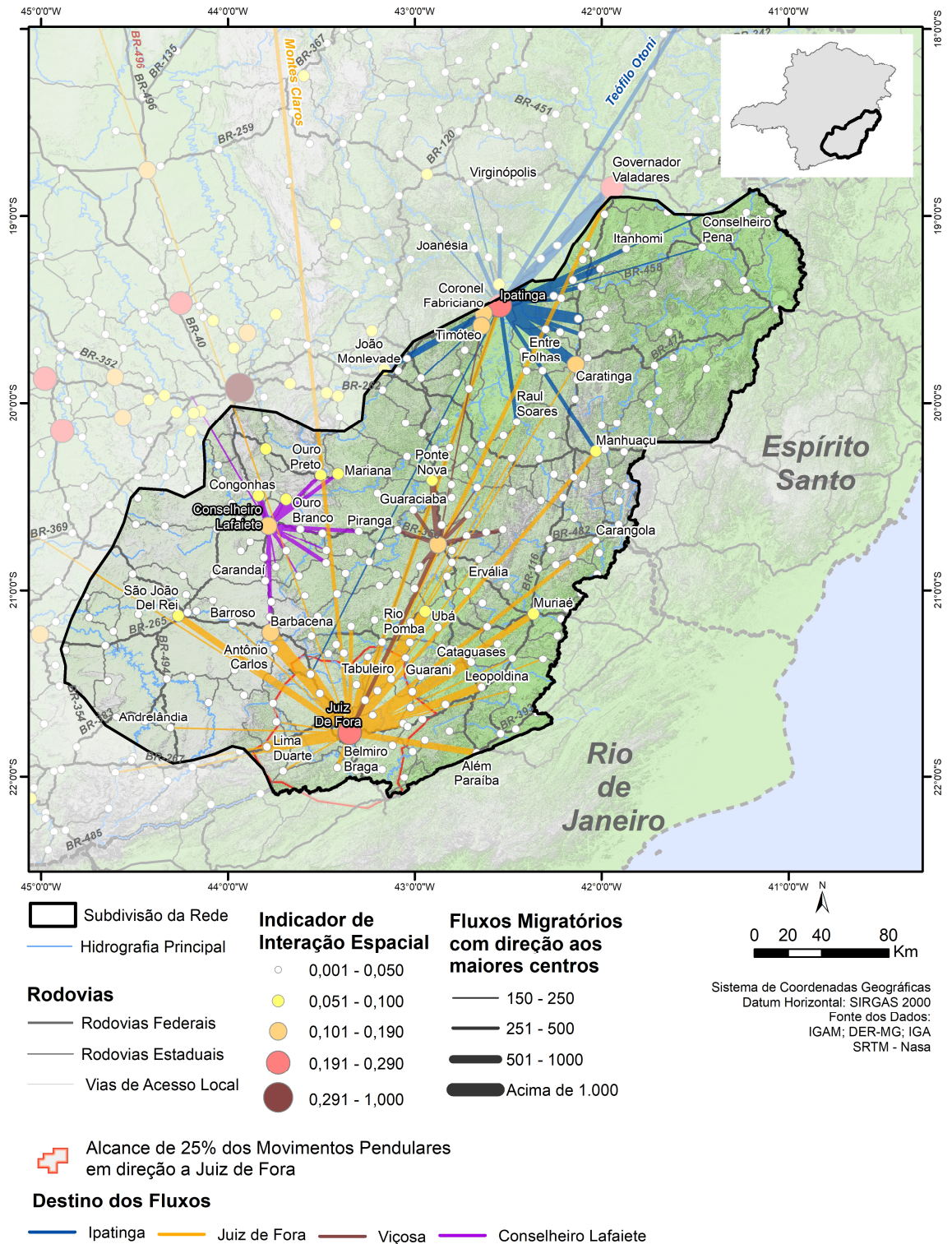
Do ponto de vista das interações espaciais, esta região é caracterizada pela forte predominância da cidade de Montes Claros como destino de fluxos populacionais.

Possuindo maior nível hierárquico dentre as sedes de sua região, o que representa maiores condições socioeconômicas gerais e uma maior capacidade de atendimento em serviços de educação e saúde, a cidade de Montes Claros domina o cenário regional, o que pode ser verificado tanto na intensidade como no alcance dos fluxos em direção a esta.

Destacam-se as interações com as cidades de Pirapora, Januária, Janaúba e Bocaiúva, todos estes de grande intensidade e com padrões de distância completamente diferenciados. Esta característica pode ser explicada por, além das questões relativas à alta classe de hierarquia urbana de Montes Claros, por seu distanciamento em relação aos demais centros urbanos de característica similar.

Montes Claros também se destaca por ser considerada um “Nó Muito Forte”, localizada no entroncamento rodoviário das rodovias BR 135, BR 251, BR 365 e MG 308, ocupando posição de maior destaque no norte mineiro. Estes eixos viários permitem a conectividade entre as porções noroeste do estado, ligando Montes Claros às cidades de Unai e Paracatu, à porção nordeste do estado, ligando-a às cidades de Salinas e Almenara e com a porção centro-sul do estado. Desta forma, Montes Claros, assim como as cidades de Teófilo Otoni, Governador Valadares e Belo Horizonte já analisadas, se apresenta como importante local de contato/conexão e passagem.

Figura 61: Cluster Sudeste



Fonte: Elaborado pelo autor

O quinto cluster se localiza na porção sudeste do estado, em área limítrofe com os estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, englobando os centros urbanos de Juiz de Fora, Barbacena,

São João Del Rei, Ubá e Ponte Nova. A mobilidade da região é feita principalmente pelas rodovias BR 040, BR 116, BR 381 e BR 262.

O grafo da malha rodoviária da região sudeste é composto por 582 nós e 715 arestas, resultando num Índice Alfa de conectividade de 0,115. Este valor de índice alfa indica um baixo valor de redundância de caminhos entre os nós deste cluster, o que pode ser explicado pela grande quantidade de sedes urbanas localizadas em posições de “fim de linha”, nas quais há apenas uma possibilidade de caminho. Embora a porção central do cluster seja caracterizada por maior conectividade e pela presença dos centros urbanos ao longo de rodovias e em entroncamentos, verifica-se nas porções nordeste a existência de uma grande quantidade de cidades em finais de trechos rodoviários. Esta situação de menor disponibilidade de acessos é um dos fatores preponderantes para este índice de conectividade baixo.

Dentre as cidades que compõem a região, destacam-se como centros de concentração de interação espacial as cidades de Juiz de Fora e Ipatinga, em um nível superior de classificação, seguidas das cidades de Conselheiro Lafaiete, Viçosa, Barbacena, Timóteo, Coronel Fabriciano e Caratinga.

É importante ressaltar que as cidades de Ipatinga, Coronel Fabriciano e Timóteo se inserem no contexto da Região Metropolitana do Vale do Aço – RMVA, possuindo fortes relações de trocas de diferentes naturezas, incluídas nestas as trocas populacionais.

No cenário regional destaca-se a cidade de Juiz de Fora como maior nível de hierarquia urbana, representando maior força de atração dentre as demais. Os principais fluxos populacionais com destino a Juiz de Fora se originam nas cidades de São João del Rei, Ubá, Barbacena, Além Paraíba, Santos Dumont, Belmiro Braga e Leopoldina. O alcance de Juiz de Fora dentro da região chega a atrair fluxos de cidades localizadas na RMVA e em seu entorno, como Caratinga, Manhuaçu e Ipatinga. Embora estes fluxos sejam de menor intensidade, a ocorrência destes indica a grande força de atração de Juiz de Fora.

No entorno de Ipatinga estabelecem-se os fluxos com esta cidade, destacando-se aqueles com origem em Caratinga, Inhapim, Coronel Fabriciano, Manhuaçu, Iapu e São João do Oriente. Embora com alcance e intensidades de relações menores que as estabelecidas por Juiz de Fora, resguardando-se as próprias proporções das duas cidades, é válido notar que Ipatinga estabelece importante rede de trocas com as cidades de seu entorno (dentro de sua região).

Além das cidades de Juiz de Fora e Ipatinga, verifica-se na região os fluxos com destino a Conselheiro Lafaiete, originados principalmente em Ouro Preto, Itaverava, Santana dos Montes, Piranga e Ouro Preto. Sua importância, embora de caráter local, pode ser intensificada

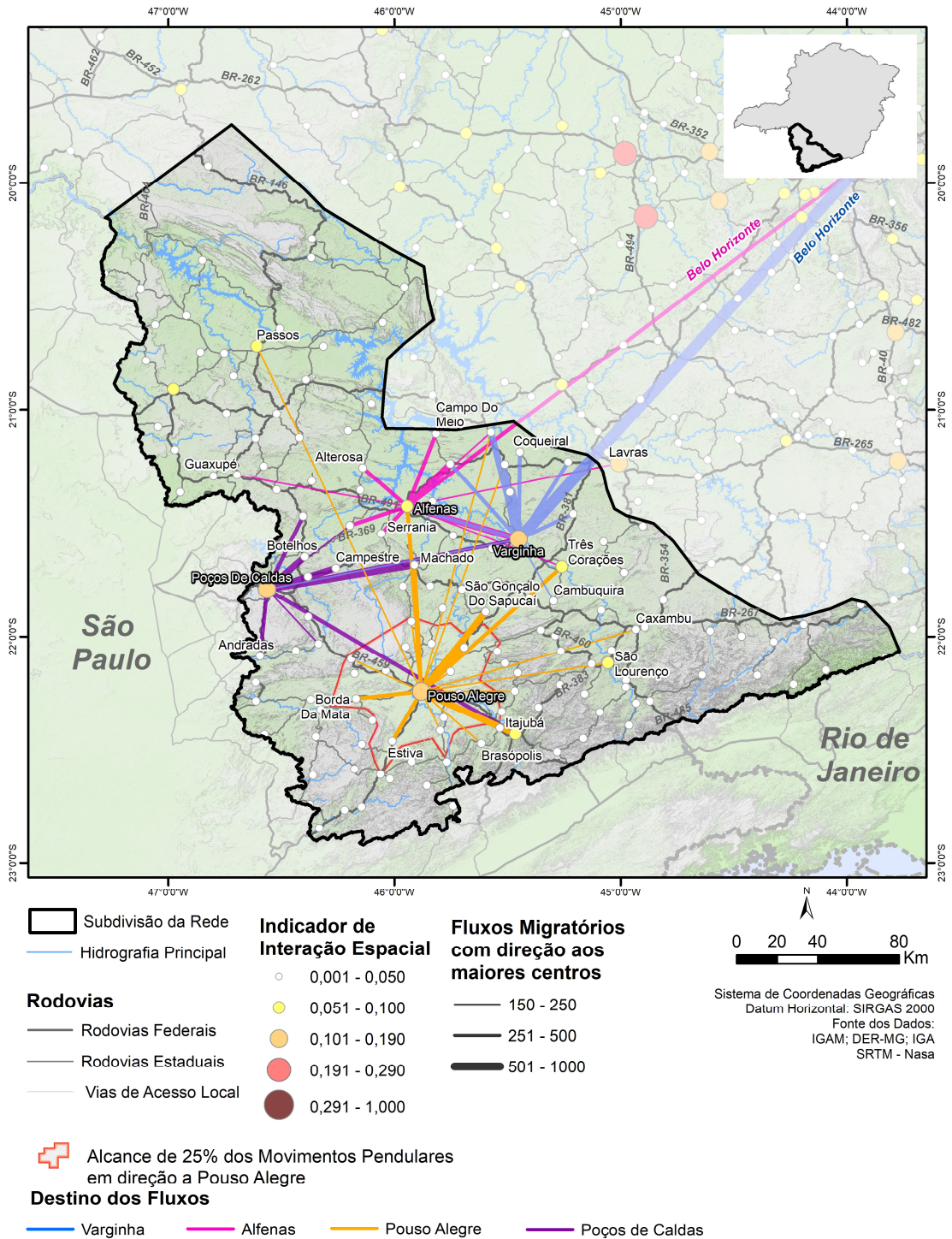
pela própria localização da cidade de Conselheiro Lafaiete, em posição intermediária entre os centros de Juiz de Fora e Ipatinga, minimizando as distâncias de deslocamento.

De maneira análoga a de Conselheiro Lafaiete, a cidade de Viçosa estabelece fortes ligações com as cidades de seu entorno imediato, em especial as cidades de Ponte Nova e Canaã, além de ligações menos intensas com as cidades de Teixeiras, Porto Firme, Pedra do Anta, Araçonga e Paula Cândido.

Do ponto de vista da posição geográfica verifica-se que a cidade de Juiz de Fora se classifica como um “Nó Muito Forte” enquanto a cidade de Ipatinga se classifica como um “Nó Forte”. A primeira localiza-se em importante entroncamento das rodovias BR 040, BR 267 e MG 353. Tais rodovias fazem a conexão entre a porção central do estado e o estado do Rio de Janeiro, a sul, à porção sul e sudoeste do estado de Minas Gerais, ligando Juiz de Fora às cidades de Caxambu, Pouso Alegre e Itajubá e à porção leste do estado, ligando-a às cidades de Muriaé e Manhuaçu. Ipatinga, por sua vez, se localiza em área no entroncamento das rodovias BR 381, BR 458 e MG 232, que fazem a ligação da região centro-sul do estado ao nordeste mineiro, bem como à porção central do estado.

A cidade de Ipatinga também se caracteriza por forte capacidade de intermediação de fluxos (Centralidade de Intermediação de 0,105), permitindo que os fluxos rodoviários originados no sul de Minas possam se dirigir à porção nordeste do estado ou a sua porção central.

Figura 62: Cluster Sul



O sexto cluster se localiza na porção sul do estado, em área limítrofe com os estados de São Paulo e do Rio de Janeiro. O grafo que representa a malha rodoviária desta região é composto por 328 nós e 419 arestas, constituindo um Índice Alfa de Conectividade de 0,141, indicando uma redundância de aproximadamente 14% nos caminhos possíveis entre os nós do

cluster. Esta medida de acessibilidade é superior à verificada no estado de Minas Gerais como um todo (12%), embora menor que a observada nos cluster vizinhos centro-sul e triângulo. É importante ressaltar que o cluster sul é marcado pela presença de elementos topográficos importantes, como a represa de Furnas e a Serra da Canastra, a norte, e a Serra da Mantiqueira a sul. As áreas localizadas no entorno imediato destes elementos são, em grande parte, menos interligadas que as demais, uma vez que se observa, nestas, menor quantidade de rodovias.

As principais rodovias que garantem a conectividade da região são a BR 381, BR 267, BR 491, BR354 e BR 146 e as sedes urbanas de maior hierarquia nesta região são Varginha, Poços de Caldas e Passos.

Com relação às interações espaciais podemos destacar as cidades de Pouso Alegre, Varginha, Poços de Caldas e Alfenas como principais destinos dos fluxos populacionais.

A cidade de Pouso Alegre concentra os principais fluxos populacionais na região em termos de intensidade, os quais se originam nas cidades de Machado e São Gonçalo do Sapucaí, seguidos dos fluxos de origem em Itajubá, Borda da Mata, Pedralva, São Lourenço, Três Corações, São João da Mata e Alfenas.

Os fluxos que se destinam a Varginha se originam principalmente nas cidades de seu entorno, com destaque para as cidades de Boa Esperança, Coqueiral e Três Pontas, além dos fluxos de menor intensidade com origem em Nepomuceno e Campos Gerais.

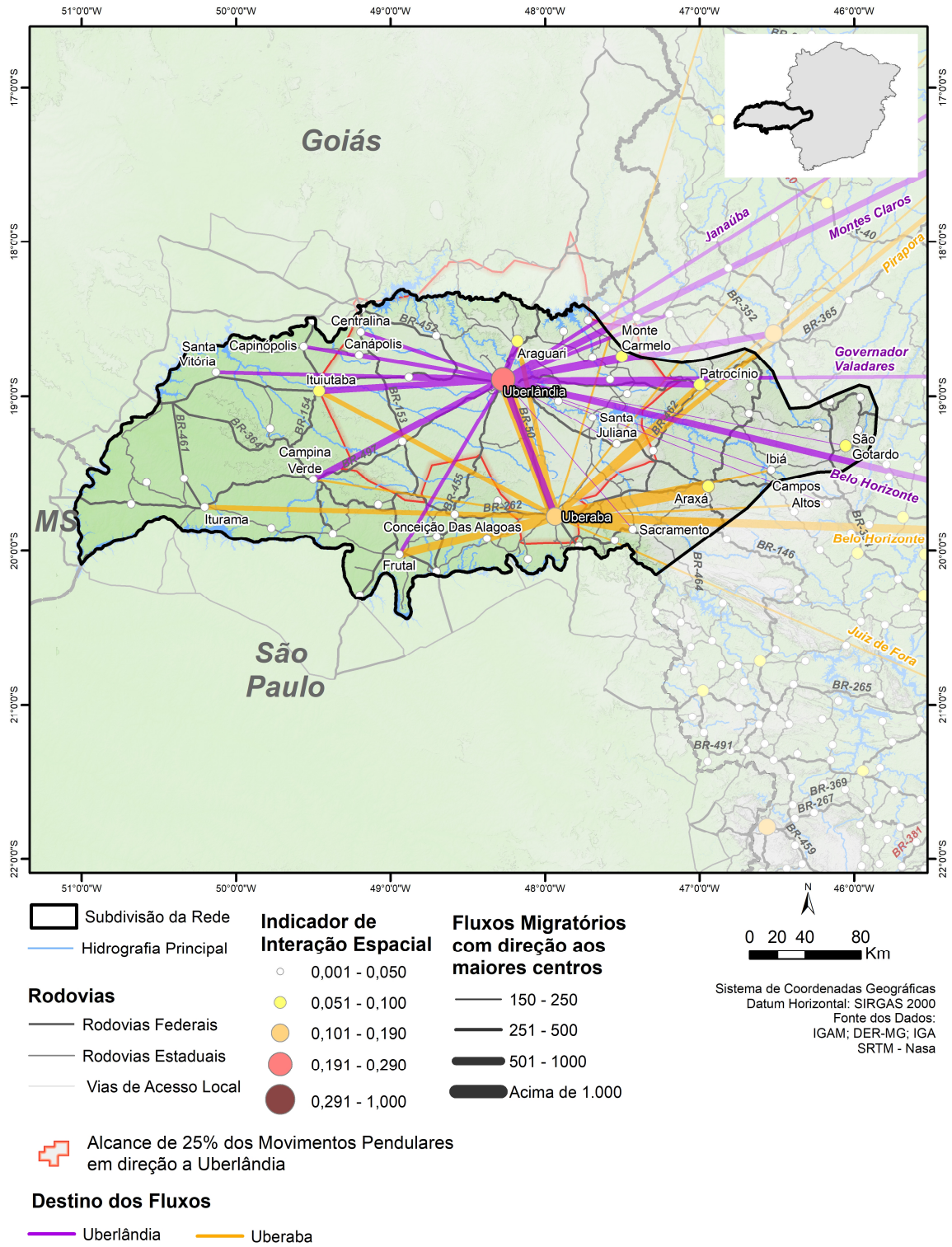
Com menores intensidades, os fluxos com destino a Poços de Caldas se originam principalmente nas cidades de Campestre, seguidos dos fluxos com origem em Cabo Verde, Machado e Varginha. Além destas cidades, Alfenas também estabelece conexões com as cidades de seu entorno dentro da região. Destacam-se, dentre estes fluxos, aqueles originados nas cidades de Alterosa e Campos Gerais, em maior intensidade e, em menor intensidade, os originados em Serrania, Varginha e Campo do Meio.

Diferentemente das demais regiões analisadas, a região sul se caracteriza por menores alcances das principais interações espaciais das sedes urbanas. A existência de quatro cidades com características de interação espacial parecidas (com indicadores relativamente parecidos de interação espacial) localizadas a uma curta distância (comparada às demais regiões) pode ser um fator preponderante nesta caracterização. Tal situação pode ser explicada também pela existência de alta complementaridade entre as cidades, o que favorece o estabelecimento de fluxos diversos entre as mesmas.

Do ponto de vista da posição geográfica, as cidades de Poços de Caldas e Pouso Alegre são consideradas “Nós Muito Fortes”, indicando que se localizam em entroncamentos de importantes eixos rodoviários. Permitindo a conexão entre toda a porção sul do estado com as

regiões sudestes e centro sul de Minas Gerais, bem como a proximidade com o estado de São Paulo, tal posição geográfica favorece a integração destas cidades em sua rede e no estado de forma geral.

Figura 63: Cluster Triângulo Mineiro



Fonte: Elaborado pelo autor

O sétimo cluster se localiza na porção oeste do estado, na região do Triângulo Mineiro, em região limítrofe com os estados de São Paulo, Goiás e Mato Grosso do Sul.

O grafo que representa a malha rodoviária da região é composto por 222 nós e 300 arestas, propiciando um Índice Alfa de Conectividade de 0,17. Comparado ao verificado nas no estado de Minas Gerais, verifica-se que o Triângulo Mineiro se caracteriza por maior grau de conectividade. Este índice implica em aproximadamente 17% de redundância de caminhos possíveis entre os nós do cluster, sendo esta a terceira área mais bem conectada do estado.

Nesta região se destacam, sob a perspectiva da hierarquia urbana, as cidades de Uberlândia, Uberaba e Ituiutaba, conectadas principalmente através das rodovias BR 365, BR 135, BR 497, BR 050, BR 262 e BR 497. A região se mostra a mais conectada por rodovias federais no estado, com grande número de conexões possíveis entre as sedes urbanas.

Os principais centros de concentração de fluxos populacionais na região são Uberlândia, classificada em um nível superior e Uberaba, em nível intermediário. Além destas cidades, destacam-se, em nível inferior, as cidades de Ituiutaba, Araxá e Patrocínio.

Com grande destaque, tanto em hierarquia urbana como em atração de fluxos, a cidade de Uberlândia domina o cenário de interações espaciais dentro da região, sendo destino de fluxos originados em diferentes porções desta. Destacam-se os fluxos populacionais originados nas cidades de Ituiutaba, Campina Verde, Patrocínio e Monte Carmelo, seguidos dos fluxos com origem em Canápolis e Araguari. Em menor intensidade, os fluxos originados em Uberaba, Frutal, Centralina, Santa Vitória, Capinópolis, Ibiá e São Gotardo.

A cidade de Uberaba, por sua vez, tem suas interações mais fortes com as cidades de Araxá, seguidas das interações originadas em Frutal, Patrocínio e Conquista. Além destas, há interações de menor intensidade com as cidades de Iturama e Ituiutaba.

Do ponto de vista da posição geográfica, ambas as cidades são classificadas como “Nós Muito Fortes”, indicando sua localização em grande volume de entroncamentos rodoviários. Aliada ao aspecto rodoviário, a localização das cidades no Triângulo Mineiro pode ser avaliada como uma “posição de contato”, uma vez que as cidades se inserem em um contexto de divisas entre os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, principalmente. Tais características indicam uma posição estratégica, tanto no que diz respeito à capacidade de escoamento de diferentes fluxos (dada pela quantidade de rodovias e caminhos disponíveis), quanto no que diz respeito à conectividade entre diferentes unidades da federação com o interior mineiro.

5.4 Análise da relação entre Intensidade de Fluxos/Interações, Massas e Posições na rede de estradas

Para a análise das relações entre as variáveis que descrevem as massas das cidades, suas posições geográficas em relação à malha rodoviária e a intensidade de fluxos recebidos por estas, foi utilizada a técnica de Regressão Linear Múltipla.

Nesta regressão, a variável resposta utilizada foi o número de imigrantes originados nas demais cidades de Minas Gerais. As variáveis explicativas selecionadas são compostas pelos Escores das 5 Dimensões que representam as medidas de massa/capacidade de atração de cada cidade e 4 medidas de Posição em Rede, que indicam a posição geográfica de cada cidade em relação à rede rodoviária.

As 5 medidas de massa são os 5 escores da Primeira Componente, utilizados na etapa 5.1 para hierarquizar as cidades de Minas Gerais – denominadas aqui como variáveis do grupo “Q – Qualificação”, a saber:

- Q 1 - Características socioeconômicas gerais;
- Q 2 - Funções administrativas e presença de equipamentos especializados;
- Q 3 - Empresas por atividade e tamanho
- Q 4 - Educação
- Q 5 - Saúde

As 5 medidas de posição em relação à malha rodoviária, também em número de 5, foram utilizadas para caracterizar as posições geográficas das cidades, denominadas aqui variáveis do grupo “P – Posição em Rede” a saber:

- P1 - Centralidade de Proximidade (Closeness Centrality)
- P2 - Centralidade de Intermediação (Betweenness Centrality)
- P3 - Grau Ponderado Médio ou Força dos Nós (Strength)
- P4 - Alcance em rede (Reach)

Os dois grupos foram tratados em ambiente R de maneira separada, uma vez que são variáveis com algum grau de correlação entre si e obtidas a partir de técnicas muito distintas.

A primeira análise foi feita com as variáveis do grupo “Q”, relacionadas à massa das cidades. A tabela 07 apresenta a matriz de correlação entre as variáveis explicativas e a variável resposta.

Tabela 07: Correlação Linear entre as variáveis explicativas “Q” e a variável resposta

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	I
Q1	1.00					
Q2	0.43	1.00				
Q3	0.97	0.41	1.00			
Q4	0.96	0.54	0.98	1.00		
Q5	0.96	0.51	0.99	0.99	1.00	
I	0.90	0.48	0.83	0.88	0.84	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados de correlação entre as variáveis mostram que estas possuem uma grande correlação com a variável resposta “I”, especialmente a variável Q1, que indica as condições socioeconômicas gerais de cada cidade. Além de fato, nota-se, dentro o grupo de variáveis explicativas, uma alta colinearidade, à exceção da variável Q2, a qual indica a presença de funções administrativas e equipamentos especializados.

A partir deste modelo, é selecionada a primeira variável explicativa para a composição da Regressão Linear Múltipla. Optou-se pela variável Q1, tanto por sua maior correlação com a variável resposta, como pelo frequente uso deste conjunto de variáveis em estudos de Interação Espacial e na caracterização de redes urbanas.

Coefficientes:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	2199.4	118.7	18.52	<2e-16 ***
Q1	7246.7	118.7	61.03	<2e-16 ***

Significância: 0 ‘****’ 0.001 ‘***’ 0.01 ‘**’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

Residual standard error: 3468 com 851 graus de liberdade
Multiple R-squared: 0.814, Adjusted R-squared: 0.8138
F-statistic: 3724 on 1 and 851 DF, p-value: <2.2e-16

Os resultados obtidos com a Q1 indicam que a variável selecionada explica aproximadamente 81,4% da variabilidade (comportamento) da variável resposta. Os valores relativos à probabilidade de significância (valor Pr) do teste F-Anova indicam alto grau de significância do modelo.

A segunda variável foi adicionada ao modelo após ser verificada a sua pertinência em explicar os resíduos não explicados pela primeira variável escolhida. Uma vez que as demais variáveis apresentam alto grau de colinearidade com a primeira, optou-se por adicionar a variável Q2 ao modelo.

Estimativa	p.value	statistic	n	gp	Method
0.2409527	1.017399e-	12 7.238177	853	1	pearson

Após adicionar a segunda variável, foram calculados os coeficientes do modelo com as duas variáveis.

Coeficientes da Segunda Variável					
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
(Intercept)	2199.4	115.3	19.073	< 2e-16	***
Q1	6849.7	127.7	53.641	< 2e-16	***
Q2	924.3	127.7	7.238	1.02e-12	***

Significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1					
Residual standard error: 3368 com 850 graus de liberdade					
Multiple R-squared: 0.8248, Adjusted R-squared: 0.8244					
F-statistic: 2001 on 2 and 850 DF, p-value: < 2.2e-16					

Os resultados obtidos com o modelo composto pelas variáveis Q1 e Q2 indicam que estas explicam aproximadamente 82,48% do comportamento variável resposta. Os valores relativos à probabilidade de significância (Valor Pr) do teste F-Anova indicam alto grau de significância do modelo.

Desta forma, verifica-se que as variáveis de massa utilizada explicam aproximadamente 82% da variável resposta, ou seja, os fluxos migratórios com destino às sedes urbanas. A adição da segunda variável explicou aproximadamente 24% dos resíduos não explicados pela regressão. O teste F-Anova indicou a consistência deste modelo com duas variáveis: Q1 – que indica a condição socioeconômica geral e Q2 – que indica as funções administrativas e a presença de equipamentos especializados nas cidades.

A partir da segunda variável, o modelo de Regressão Linear fica definido como

$$I = 2199,413 + 6849,709 * X1 + 924.275 * X2$$

Este resultado indica que a variável Q1 apresenta maior correlação com a variável resposta, neste caso os fluxos migratórios com destino às sedes urbanas. Entrar com a explicação das variáveis Q1 e Q2.

A Regressão Linear Múltipla mostrou que as variáveis Q1 – relativa às Condições Socioeconômicas Gerais e Q2 – Funções Administrativas e presença de equipamentos especializados foram eficazes em explicar o comportamento da variável resposta – Fluxos Migratórios. O conjunto de 5 dimensões que compõem a Massa Socioeconômica apresenta um elevado grau de colinearidade entre as variáveis, sendo as variáveis relativas às funções administrativas um fator de diferenciação entre as cidades. O modelo construído com as duas variáveis mostrou que o comportamento da variável resposta pode ser explicado de forma satisfatória pelas variáveis escolhidas – condições socioeconômicas e funções administrativas. Tal situação se alinha às premissas de Interação Espacial apresentadas nos trabalhos pioneiros sobre Interação Espacial, indicando uma forte relação entre a infraestrutura econômica e a capacidade de atrair fluxos populacionais.

Após a verificação deste grupo de variáveis, foram avaliadas as variáveis de posição das sedes na malha de rodovias em relação a mesma variável resposta.

Tabela 08: Correlação Linear entre as variáveis explicativas “P” e a variável resposta

	P1	P2	P3	P4	I
P1	1.00				
P2	0.20	1.00			
P3	0.12	0.38	1.00		
P4	0.23	0.23	0.22	1.00	
I	0.19	0.08	0.46	0.19	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

A partir dos dados de correlação entre as variáveis é possível verificar que este conjunto de variáveis explicativas se relaciona de maneira muito menos intensa com a variável resposta em comparação com as variáveis de qualificação (Q). Optou-se, desta forma, por utilizar a variável de maior correlação para inicializar a construção do modelo.

```

Coeficientes:
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -4105.85   487.11  -8.429 <2e-16 ***
P3           1169.85    78.12  14.975 <2e-16 ***
---
Significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7154 com 851 graus de liberdade
Multiple R-squared: 0.2086,    Adjusted R-squared: 0.2076
F-statistic: 224.3 on 1 and 851 DF, p-value: < 2.2e-16

```

Os dados indicam que esta variável explica aproximadamente 20% do comportamento da variável fluxos migratórios. Os valores relativos à probabilidade de significância (valor Pr) do teste F-Anova indicam alto grau de significância do modelo como um todo.

A segunda variável escolhida foi a que apresentou o segundo maior coeficiente de correlação com a variável fluxos migratórios. Uma vez que as variáveis “P1” e “P4” apresentam o mesmo grau de correlação com a variável resposta “I”, optou-se por adicionar a variável “P1” num primeiro momento.

```

Coeficientes
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept) -10879.51  1605.82  -6.775 2.32e-11 ***
P3           1129.57   77.82  14.516 < 2e-16 ***
P1          228624.38 51701.58  4.422 1.10e-05 ***
---
Significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7077 com 850 graus de liberdade
Multiple R-squared: 0.2264,    Adjusted R-squared: 0.2245
F-statistic: 124.4 on 2 and 850 DF, p-value: < 2.2e-16

```

Com o acréscimo da segunda variável, o modelo passa a explicar aproximadamente 22% da variável explicativa, ou seja, esta variável acrescenta pouca capacidade de explicação ao modelo. Os testes de significância indicam que o modelo possui significância para a análise da variável resposta.

```

(Intercept)    P3    P1
-10879.509  1129.565 228624.378

```

```

Coeficientes
(Intercept) scale(a3) scale(a1)
-6.391e-16  4.410e-01  1.343e-01

```

A análise dos coeficientes de determinação do modelo indica que a variável P1 possui maior significância que a variável P3 com relação à variável resposta – fluxos populacionais. Desta forma, a centralidade de proximidade (Closeness Centrality) possui maior peso para o estabelecimento destes fluxos que a Força dos Nós, embora esta variável apresente uma maior correlação com a variável resposta.

A terceira variável adicionada ao modelo foi a variável P4 – que indica o alcance em rede de cada sede urbana. Este alcance foi calculado contando quantas cidades podem ser acessadas a partir de cada sede urbana em um raio de 150 quilômetros, servindo como medida de acessibilidade aos vizinhos.

O acréscimo desta terceira variável explica aproximadamente 42% dos resíduos não explicados pelas demais.

Coeficientes				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	-10868.192	1603.076	-6.780	2.26e-11 ***
P3	1097.670	79.334	13.836	< 2e-16 ***
P1	206431.783	52815.487	3.909	0.0001 ***
P4	18.463	9.323	1.980	0.0480 *

 Significância: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 7065 com 849 graus de liberdade
 Multiple R-squared: 0.2299, Adjusted R-squared: 0.2272
 F-statistic: 84.49 on 3 and 849 DF, p-value: < 2.2e-16

Embora com uma menor significância que as demais variáveis, a variável a5 também se enquadra nos parâmetros mínimos para que possa ser utilizada no modelo. Adotou-se com limiar uma significância de 95% para a adição das variáveis ao modelo de regressão linear múltipla.

Os coeficientes obtidos para as três variáveis foram: P3 – 10947,67; P1 – 206431,78 e P5 – 18,46. Com as três variáveis adicionadas, o modelo passa a explicar 22,99% da variável resposta. A partir dos coeficientes de determinação, tem-se:

$$I = -10868,19 + 1097,67 * P3 + 206431 * P1 + 18,46 * P5$$

A utilização da Regressão Linear Múltipla na identificação dos grupos de variáveis mais significativas para se compreender as interações espaciais das sedes urbanas, neste caso medida pelos fluxos migratórios com direção a estas, mostrou a preponderância das variáveis de massa na explicação da capacidade de atração das cidades.

Verificou-se, a partir da utilização da técnica, que, das 5 dimensões abordadas para a hierarquização das sedes urbanas, 4 apresentam alta multicolinearidade. Estas dimensões, que caracterizam as cidades quanto à suas características socioeconômicas gerais, empresas por tamanho e porte, quantidade de equipamentos de atendimento de saúde e educação, possuem forte correlação com os fluxos populacionais recebidos por estas cidades. A segunda dimensão, que caracteriza as sedes quanto à presença de funções administrativas e de equipamentos especializados, embora apresente menor correlação com os dados de migração, acrescentou novas informações ao modelo. Desta forma, verifica-se que as variáveis tradicionalmente utilizadas para os estudos de Interação Espacial se mostram eficientes na predição de fluxos populacionais.

Os preceitos iniciais sobre o tema indicavam a necessidade de estabelecimento de uma “Massa Socioeconômica” como forma de se mensurar a capacidade de atração dos centros populacionais. Esta “massa” funciona, em tais abordagens, como fatores de atração populacional, especialmente quando tratadas como disponibilidade de serviços e infraestrutura que possa atrair a população do entorno. A distância, por sua vez, age como um fator de “atrito”, diminuindo a força destas relações.

O uso das variáveis de posição, embora indiquem um menor grau de determinação com relação aos fluxos, se mostraram importantes na construção dos modelos. Destacam-se as variáveis ligadas à proximidade entre os centros (Closeness Centrality) e a quantidade de vizinhos próximos (Reach – Alcance a 150 quilômetros). Além destas, a variável de Força dos Nós, que mede a quantidade de conexões rodoviárias e as características destas rodovias, também se mostrou importante na construção do Modelo de Regressão Linear Múltipla. Em certa medida, estas variáveis indicam que, quanto menores as distâncias entre uma sede e as demais – cidades localizadas em áreas mais acessíveis da malha rodoviária; quanto mais acessíveis as cidades – cidades com maiores quantidades de vizinhos acessíveis em um raio de 150 quilômetros e; quanto mais privilegiadas as localizações - cidades localizadas em entroncamentos de rodovias de grande capacidade de fluxo, melhores as condições para o estabelecimento de fluxos.

Embora medidas através de um grafo, estas medidas confirmam os preceitos básicos sobre interação espacial apresentados nos estudos pioneiros de Isard (1960) e Stewart (1940) e Harris (1954) sobre a relação entre massas e distâncias entre os centros urbanos.

A proposta metodológica apresentada buscou articular e qualificar os elementos relativos à posição geográfica das cidades de Minas Gerais, suas interações espaciais e a hierarquia urbana. A hierarquização das cidades do estado, teve como objetivo a identificação do nível de

sofisticação das funções urbanas presentes nas mesmas e sua infraestrutura socioeconômica. O tratamento estatístico a partir da Análise de Componentes Principais permitiu analisar separadamente cada das dimensões – características socioeconômicas gerais, funções administrativas e presença de equipamentos especializados, empresas por porte e setor, serviços educacionais e de saúde.

Destacam-se, quanto à hierarquia urbana, as cidades de Belo Horizonte (num primeiro nível), Uberlândia, Uberaba e Juiz de Fora (num segundo nível), além das cidades da região Metropolitana de Belo Horizonte. Além destas, foi possível verificar os centros locais (em seus diferentes níveis) de Sete Lagoas, Poços de Caldas, Varginha, Divinópolis, Ipatinga, Governador Valadares e Teófilo Otoni.

Quanto às variáveis utilizadas, verifica-se que as dimensões apresentaram grande capacidade de resumir e explicar as relações hierarquizadas entre as sedes. Cabe ressaltar que as variáveis da segunda dimensão, na qual se incluem as funções administrativas, desempenharam importante papel na diferenciação entre as cidades. A utilização destas possibilitou identificar as sedes urbanas com maior centralidade política, representando a descentralização e a capilaridade do poder estadual. Além deste fato, uma medida da capacidade administrativa das sedes urbanas funciona também como um diferencial das cidades em situação metropolitana daquelas que, embora de menor porte, possuem papel relevante quanto a estas funções. Cita-se, por exemplo, as cidades de Betim e Contagem na RMBH e a cidade de Governador Valadares. Embora as duas primeiras possuam maior porte, a segunda representa maior relevância em termos de funções administrativas de nível estadual. Em função de sua posição e condição metropolitana, as cidades de Betim e Contagem não possuem sedes de administração regional (uma vez que são servidas por estes serviços localizados na capital), enquanto Governador Valadares funciona como referência nestas atividades para as cidades de seu entorno.

O Princípio Administrativo, conforme proposto por Christaller (1933) é um dos pressupostos básicos para a organização espacial dos lugares centrais. As atividades administrativas apresentam grande importância no processo de fortalecimento das centralidades.

Os fluxos migratórios entre as sedes de Minas Gerais foram utilizados como medidas de interação, relacionando-se positivamente com as medidas de massa e inversamente às medidas de distância. Tomando por base os princípios que orientam os estudos e modelos de Interação Espacial, verificou-se que as maiores interações ocorrem em menores distâncias e entre cidades de maior porte e hierarquia. Tal condição, ainda que não integralmente, confirma os

pressupostos de “Força Gravitacional” e “Potencial Gravitacional” sistematizados por Isard (1960).

Os dados de pendularidade por motivo de trabalho foram utilizados para complementar a análise dos padrões de interação espacial existentes entre as cidades do estado. A análise destes dados permitiu identificar padrões diferenciados de movimentação com direção aos centros (de diferentes níveis hierárquicos). Foi possível verificar, dentre outros fatores, maiores áreas de alcance das pendularidades em cidades de maior porte e localizadas em áreas mais isoladas. De certa forma, pôde-se verificar que, quanto mais bem conectadas e mais próxima de seus vizinhos, menores os alcances médios das cidades. Embora a tese não tenha se dedicado a investigar todos os fatores que induzem a estes padrões espaciais, há a indicação de que o isolamento relativo possa ser um fator preponderante a estas questões.

Embora os conceitos de massa e distância tenham sido fatores preponderantes às interações espaciais – o primeiro funcionando como capacidade das cidades em atrair fluxos e o segundo como fator de impedância, observa-se que a posição geográfica das cidades pode ser utilizada para explicar os padrões espaciais das interações. Cidades com níveis hierárquicos e portes semelhantes, portanto, não estabelecem os mesmos padrões espaciais de interação. Os aspectos relativos ao isolamento geográfico e à acessibilidade podem explicar estas diferenciações.

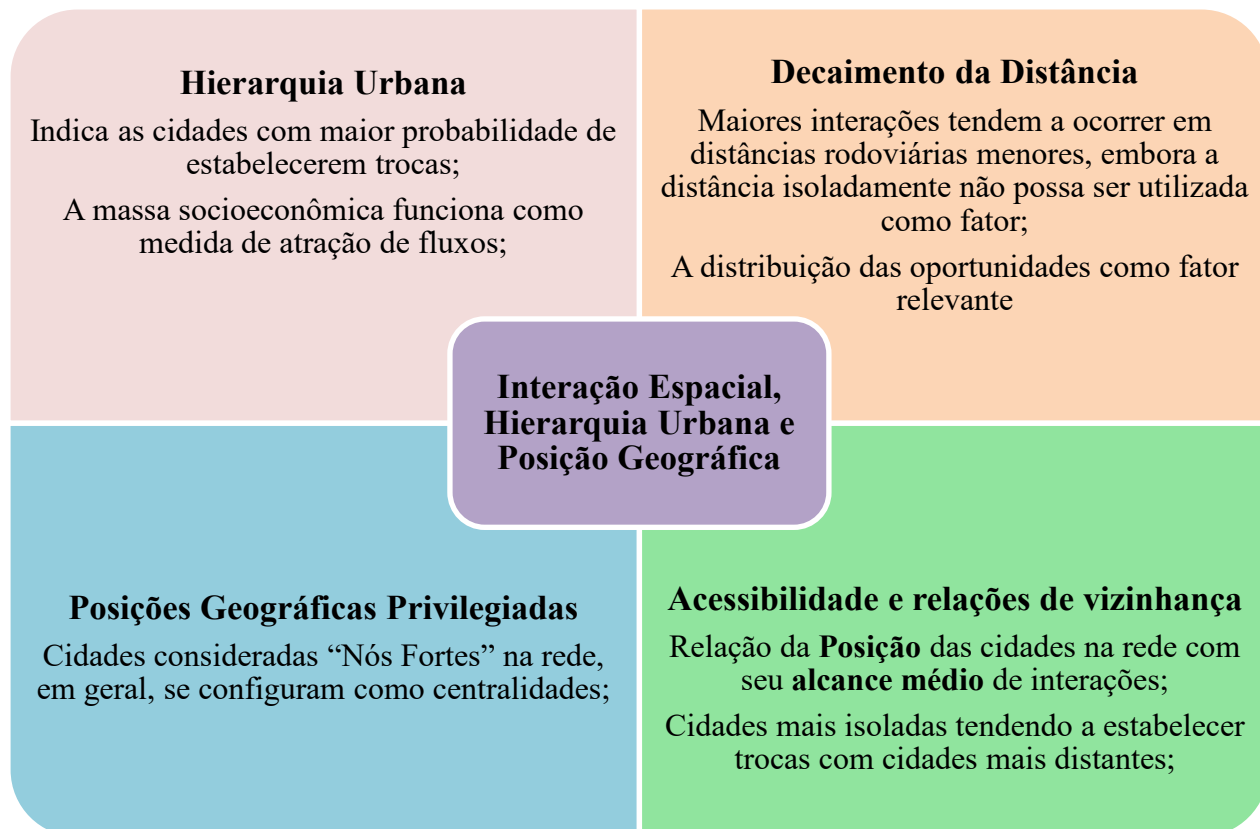
A análise dos indicadores de posição das cidades evidencia esta característica do isolamento geográfico. Em certa medida, quando analisamos os mapas de Alcance (Reach), que sumariza o número de sedes possíveis de serem alcançadas a uma distância de 150 quilômetros e o diagrama que mostra os alcances das pendularidades, é possível verificar que, excetuando-se Belo Horizonte, as cidades localizadas em áreas com maior alcance, concentram suas interações em menor distância. Isto pode se relacionar à presença de outros centros urbanos com nível hierárquico parecido ou maior a uma distância média pequena. Estes centros urbanos funcionariam como “destinos concorrentes”.

Desta forma, a interação espacial entre duas cidades se relacionaria não apenas ao seu tamanho e sua distância, mas também à própria estrutura espacial na qual esta se encontra inserida. De maneira análoga às propostas de Stouffer (1940) e Fotheringham (1983), o relacionamento entre um par de cidades recebe influência das demais cidades de seu entorno. A decisão de se deslocar do centro A ao centro B, portanto, passa também pela análise das disponibilidades de formas de se atender estas demandas em centros “C”, “D” ou “E” localizadas nas intermediações. Diante deste pressuposto, é justificável que as cidades

localizadas em contextos de maior conectividade e menor distância entre as sedes desenvolvam menores áreas de influência (ou alcance de suas interações).

As relações entre as variáveis exploradas na tese são apresentadas de maneira sintética na figura 64.

Figura 64: Quadro Resumo das relações entre Interação Espacial, Hierarquia Urbana e Posição Geográfica



Fonte: Elaborado pelo autor

A proposta metodológica apresentada permitiu verificar uma forte integração entre os temas Hierarquia Urbana, Interação Espacial e Posição Geográfica. As relações entre os nós que compõem a rede podem ser explicados, em primeira medida, pela capacidade destes em fornecer serviços e condições econômicas que atraiam a população de seu entorno, as distâncias entre as cidades e a existência de condições de transporte, e a distribuição espacial destas oportunidades em um sistema interconectado.

Se, por um lado, a chamada “Massa Socioeconômica” representa a capacidade de atrair fluxos e a probabilidade de interações espaciais, a posição geográfica representa papel de apresentar as condições predisponentes de diferentes arranjos espaciais destas interações. A proximidade entre as sedes urbanas ou o relativo isolamento geográfico destas pode ser

considerado um fator de diferenciação das interações espaciais, ora concentrando todos os fluxos em uma única cidade isolada, ora distribuindo estes por um conjunto de localizações espacialmente concentradas.

As medidas de massa socioeconômica, utilizadas também como variáveis de hierarquização das sedes urbanas, se mostram importantes como medidas da capacidade de atração de fluxos por cada cidade. Além de indicarem a força de atração de fluxos de cada centro, as medidas de massa também indicam a probabilidade destas cidades em estabelecerem trocas de diferentes naturezas, uma vez que sumarizam diferentes aspectos referentes à oferta e à demanda por bens e serviços.

A distância, funcionando como atrito e impedância às interações, implica na ocorrência das maiores interações em distâncias rodoviárias menores, embora esta distância isoladamente não seja um fator explicativo dos padrões espaciais de interação espacial no estado. Atuam, como forças importantes a este processo, as distribuições espaciais das oportunidades, configurando o que foi denominado estrutura espacial por Fotheringham (1983) e corroborando a proposta de Stouffer (1940), segundo a qual a probabilidade de deslocamento da população entre os diferentes centros depende não apenas da complementaridade existente entre estes, mas também da distribuição das oportunidades pelo espaço.

A acessibilidade local e as relações de vizinhança entre as sedes urbanas funcionam como fatores indutores a ocorrência de diferentes interações espaciais. Áreas mais conectadas tendem a permitir uma maior interação entre as cidades nestas localizadas. Por outro lado, o cenário de distribuição espacial destas sedes atua reforçando as condições de surgimento de cenários de maior distribuição ou concentração dos fluxos. Cidades espacialmente mais isoladas tendem, neste contexto, a estabelecerem trocas a distâncias rodoviárias maiores, enquanto cidades localizadas em posições geográficas de maior número de vizinhos de caráter complementar a um determinado alcance espacial, tendem a estabelecerem trocas em distâncias rodoviárias menores. Se, por um lado as medidas de massa socioeconômica funcionam como estimativas da quantidade de fluxos e trocas com direção a uma determinada cidade, o alcance espacial destas trocas, depende do contexto de conectividade e vizinhança no qual cada cidade se localiza.

As posições geográficas privilegiadas em termos rodoviários se caracterizam, por sua vez, como centralidades na rede urbana do estado. Esta característica é reforçada pela própria conformação histórica da rede rodoviária – que busca conectar os centros de maior população e, por consequência, atua no sentido de criar as condições para que estes se tornem cada vez

mais dinâmicos. Desta forma, num processo de retroalimentação, verifica-se a forte relação entre posições privilegiadas na rede rodoviária e as centralidades das sedes urbanas.

Ressalta-se a necessidade de investigações específicas sobre estes efeitos da posição geográfica, especialmente a partir do uso de novos dados de interação espacial. Embora os dados de migração e pendularidade permitam revelar aspectos importantes das relações entre as cidades, outras interações espaciais podem acrescentar informações a respeito da circulação de mercadorias, hábitos de consumo e de atendimento à saúde, entre outros.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho se relaciona às temáticas de Interação Espacial e Hierarquia Urbana, utilizando técnicas de Análise Espacial na proposição de uma metodologia que integre os conceitos fundamentais de uma rede urbana: suas cidades (representando os nós), sua malha rodoviária (representando as arestas que garantem sua conectividade) e os fluxos/interações (que representam o funcionamento do sistema).

Partindo do objetivo geral de apresentar proposta metodológica para análise da articulação e qualificação das relações entre cidades, a rede de estradas que as conecta e a intensidade dos fluxos populacionais existentes entre estas, foram propostos cinco objetivos específicos, que se desdobraram nas etapas da pesquisa.

O primeiro objetivo específico se relaciona à construção de um banco de dados espaciais contendo dados diversos que permitam uma posterior hierarquização dos centros urbanos. A escolha destas variáveis se baseou no conceito de funções urbanas, com destaque para aquelas propostas por Beaujeu-Garnier (1997). As cidades foram então abordadas segundo suas capacidades socioeconômicas gerais, a presença de funções administrativas e equipamentos especializados, a quantidade de empresas e seu porte e a oferta dos serviços de educação e saúde. O tratamento das variáveis a partir da técnica da Análise de Componentes Principais revelou a presença de Belo Horizonte no topo dos cinco rankings representados pelos escores da Primeira Componente. Os dados das ACPs (cada um destes relativo a uma dimensão) foram utilizados como variável de classificação e hierarquização das cidades de Minas Gerais, segundo objetivo específico da tese. Esta variável única, também chamada de Massa Socioeconômica, permitiu verificar os níveis de capacidade socioeconômica e a disponibilidade de serviços das cidades do estado.

A “Massa Socioeconômica”, medida de capacidade de atração de interações espaciais diversas segundo os estudos pioneiros de Steward (1940), Harris (1954), Hansen (1959) e Isard (1960), indica a maior probabilidade destas cidades em estabelecerem trocas com seu entorno. Ao encontro deste conceito podemos citar os preceitos da Teoria dos Lugares Centrais, proposta por Christaller (1933), segundo os quais os Lugares Centrais são os centros urbanos que exercem papel de centralidade em sua rede. Esta centralidade se manifesta através da oferta de bens e serviços ao alcance das demais localidades em uma determinada área de influência. Desta forma, os centros urbanos exercem diferentes funções urbanas em sua rede.

As cidades de maior “Massa Socioeconômica”, então, representam estas centralidades na rede urbana de Minas Gerais, exercendo funções ao mesmo tempo interligadas e

hierarquizadas. A partir destes dados foi proposta a hierarquia urbana de Minas Gerais, tomando por base a existência de seis classes de hierarquia. Esta hierarquia é fortemente marcada pela presença de Belo Horizonte, funcionando como grande centralidade nesta rede. Capital do estado e cidade de maior porte e diversificação, Belo Horizonte possui um grande alcance de área de influência, possuindo funções urbanas especializadas e se diferenciando dos demais centros do estado.

Verificou-se que a presença de funções administrativas foi um importante fator de diferenciação das cidades do estado, uma vez que representa, em certa medida, a descentralização da administração de nível estadual. Desta forma, permitiram identificar as cidades que servem de referência administrativa ao seu entorno. A presença dos equipamentos de capilaridade da administração estadual permite também a diferenciação das cidades para além de seu porte, uma vez que a hierarquia urbana se refere às funções de cada cidade na rede em que se inserem. Cidades de porte parecidos em contextos espaciais distintos podem ser então diferenciadas quanto à sua função.

O terceiro objetivo específico se relaciona às medidas de interação espacial entre as sedes urbanas, tomando como base os dados de fluxos migratórios do censo de 2010. A análise dos dados permitiu verificar que os fluxos de maior intensidade ocorrem em curtas distâncias entre os municípios que compõem a Região Metropolitana de Belo Horizonte. Além da RMBH, verificou-se fortes interações entre os municípios do triângulo mineiro e na Região Metropolitana do Vale do Aço.

A opção metodológica de utilizar os fluxos migratórios como medidas de interação espacial mostrou que estes se comportam de maneira similar ao previsto nos trabalhos pioneiros sobre o tema, relacionando-se positivamente com as medidas de massa e inversamente às medidas de distância. Verifica-se, portanto, que as maiores interações ocorrem em menores distâncias e entre cidades de maior porte e hierarquia.

O uso da distância rodoviária de forma ponderada (diferenciando trechos pavimentados e não pavimentados) como medida de custo/impedância, se mostrou eficaz na avaliação das interações espaciais, principalmente quando se analisa os padrões espaciais de maneira individualizada. Uma vez que a rede do estado possui grande heterogeneidade quanto à disponibilidade de caminhos e na distância média entre vizinhos, esta análise pormenorizada permite identificar padrões locais de alcance em interação espacial.

De forma complementar aos fluxos migratórios, foram utilizados os dados relativos aos movimentos pendulares por motivo de trabalho. A pendularidade, por suas características

intrínsecas, é uma medida eficiente de alcance e mobilidade, uma vez que sua ocorrência está ligada à capacidade de se deslocar, constantemente, de uma cidade a outra.

Analisando a posição geográfica das cidades, foi possível identificar as áreas com maiores características de passagem no estado. As cidades localizadas nestas posições possuem capacidade de intermediar os fluxos, permitindo também a mudança de direção destes. A centralidade de intermediação (Betweenness Centrality) revelou aspectos da malha rodoviária relacionados à possibilidade de se deslocar pelo estado sem necessariamente se dirigir ao centro (RMBH). Funcionando como uma espécie de “anel de contorno”, estas localizações garantem, por exemplo, o acesso à região norte (como no caso de Bocaiúva), a mudança de direção dos fluxos originados no oeste mineiro, (como no caso das cidades de Luz e Nova Serrana) e a interligação ao nordeste mineiro (como observado em Teófilo Otoni).

A análise das rodovias indicou também uma relação forte entre as cidades de maior hierarquia urbana e as posições geográficas privilegiadas, representada pela variável “Força dos Nós (Grau Ponderado Médio)”. De forma geral, todas as cidades de maior nível hierárquico se localizam em importantes entroncamentos viários. Cabe ressaltar que esta questão possui caráter de retroalimentação, uma vez que tanto os maiores entroncamentos propiciam o surgimento e o desenvolvimento de centros urbanos, como a presença de importantes cidades é levada em consideração como fator de implantação de uma rodovia. As posições geográficas de entroncamento, por seu caráter de conectividade e passagem, são tradicionalmente consideradas posições privilegiadas.

A avaliação das variáveis descritivas utilizadas na pesquisa para a explicação dos fluxos populacionais, feita através de uma Regressão Linear Múltipla, apontou a capacidade explicativa das variáveis de massa. Pôde-se constatar, dentre outros fatores, que os conceitos de massa socioeconômica tradicionalmente utilizados nestes trabalhos se mostram eficientes como variáveis preditivas de fluxos. As variáveis de posição, embora em níveis menos intensos, mostraram que fatores como a localização privilegiada (força dos nós), proximidade de vizinhos (alcance de 150 quilômetros) e localização geral na rede (closeness centrality) apresentam maiores relações com a capacidade de atrair fluxos populacionais.

A proposta metodológica apresentada traz, como contribuições, a possibilidade de uma análise de Hierarquia Urbana baseada em funções urbanas, abrangendo diferentes aspectos que se mostram presentes no processo de complementaridade entre os centros urbanos analisados. Além desta contribuição, a análise a partir das posições geográficas permitiu identificar diferentes padrões de interação espacial entre as cidades mineiras, tanto em escala regional como local. Aspectos relativos à acessibilidade das cidades puderam ser avaliados e

mensurados. Ressalta-se, ainda, a possibilidade de se replicar esta metodologia em diferentes escalas e com uso de séries históricas, uma vez que a mesma foi elaborada com o uso de dados públicos e disponíveis em meio digital.

Questões metodológicas se apresentam como desafios, dentre as quais podemos apontar a escassez de dados em volume e regularidade sobre interações espaciais de diferentes naturezas. Embora a utilização dos dados de migração e de pendularidade tenha permitido revelar importantes aspectos da relação entre as cidades do estado, estas relações são, por natureza, mais amplas e complexas. Faz necessário explorar outros aspectos desta relação, como o transporte de mercadorias, os fluxos monetários e informacionais. Além destas questões, há sempre a dificuldade de se modelar uma rede rodoviária em ambiente computacional de forma a captar os diferentes padrões de conectividade e acessibilidade, especialmente em um estado tão heterogêneo.

Algumas limitações se fazem presentes em função das opções metodológicas adotadas durante a construção da proposta metodológica. O uso de uma variável de interação espacial como a migração por data fixa, embora traga a robustez de se basear em um dado amplamente utilizado, atualizado em periodicidade censitária e disponível de forma completa, não permite avaliar outras formas de interações espaciais, muitas das quais de grande importância no contexto das redes urbanas. Desta forma, novos estudos poderão adotar medidas de interação também multivariadas (a exemplo das medidas de massa socioeconômica), as quais abarquem os diferentes aspectos destas trocas e relações – como movimentação de cargas, transporte coletivo de passageiros, tratamento fora do domicílio, dentre outros. Desta forma, poderiam ser abarcados sistemas completos de trocas e interações existentes.

Outro aspecto importante se deve ao fato da limitação espacial do estudo, restrito às trocas ocorridas entre as cidades de Minas Gerais, desprezando-se seu entorno. Esta abordagem, justificada pelo fato de as migrações intra-estaduais assumirem um papel de expressão nos últimos anos e pela limitação de dados para a análise das posições geográficas, não permite contemplar as dinâmicas complexas em regiões de fronteira e regiões de transição. Desta forma, o dinamismo destas porções do território do estado foi captado de maneira apenas parcial.

É importante ressaltar que as duas opções metodológicas apresentadas nos parágrafos anteriores, embora tragam as limitações e desafios já discutidos, permitiram a abordagem dos diferentes aspectos que caracterizam as redes urbanas de forma integrada e dinâmica.

A presente proposta metodológica se difere das abordagens usuais em interação espacial e redes urbanas, principalmente pela opção de analisar os três aspectos que compõem as redes urbanas – nós, arestas e relações, de maneira indissociável. Desta forma, as interações espaciais

são contextualizadas aos aspectos de conectividade e acessibilidade das cidades. O desenho metodológico a partir da Teoria de Grafos trouxe, dentre outros benefícios, a possibilidade de se avaliar de maneira objetiva e comparada as posições geográficas das sedes urbanas do estado. Desta forma, a pesquisa aborda de maneira objetiva uma variável tradicionalmente abordada de forma qualitativa, oferecendo possibilidades de se avaliar a estrutura espacial das redes urbanas.

A abordagem da interação espacial associada ao conceito de posição geográfica se mostra uma importante contribuição do estudo, permitindo que conceitos discutidos em pesquisas fundamentais sobre o tema, como as propostas de Fotheringham e Weber (1980) e Stouffer (1940) possam ser operacionalizados e visualizados.

Além destas contribuições, é importante ressaltar que a proposta metodológica apresentada na tese pode ser replicada, com maior ou menor nível de detalhe, a diferentes unidades espaciais e recortes temporais.

O aporte da Teoria de Grafos ao estudo se mostrou muito eficaz tanto à análise dos fluxos populacionais quanto à análise das posições geográficas das sedes urbanas. As medidas obtidas pela manipulação do grafo acrescentam, além de uma metodologia para se lidar com as distâncias, uma forma de abordar relações de vizinhança, alcance e conectividade.

Algumas questões emergem para pesquisas futuras com relação a estas relações entre fluxos, massas e posições, dentre as quais destacamos a aplicação de metodologia semelhante em escala nacional ou internacional, evitando-se assim os efeitos de borda causados pela análise delimitada a uma unidade geográfica de nível intermediário. Desta forma, situações como a das cidades de Juiz de Fora (que possui forte relação com o estado do Rio de Janeiro), Uberlândia (que possui relações com as cidades do estado de Goiás e de São Paulo) e as cidades do sul de Minas (que se relacionam com o estado de São Paulo) poderiam ser avaliadas em uma ótica global. Ressalta-se, nesta proposição, a dificuldade de se obter e tratar informações atualizadas sobre as redes de estrada que interligam todas as cidades, permitindo a construção de um grafo conexo. Além desta dificuldade, o caráter dinâmico e mutável inerente às redes urbanas se apresenta, por um lado, como um desafio, e por outro, como possibilidade de aplicação da proposta metodológica para diferentes períodos, permitindo a construção de uma série histórica que permita identificar a evolução destes sistemas.

7. REFERÊNCIAS

- ABREU, J.F et al. **Organização Espacial de Minas Gerais – 1970-1980**. CEMIG – Companhia Energética de Minas Gerais, 1987.
- ABREU, J.F. **Interação Espacial, Potencial e Potencialidades: Um Estudo de Caso – O Estado de Minas Gerais 1970/1980**. Tese de Professor Titular, IGC/UFMG, Belo Horizonte, 1991.
- ABREU, J.F. **Migration and Money Flows in Brazil – A Spatial Analysis**. Tese (Doutorado). University of Michigan, Ann Arbor. 1982.
- ABREU, J.F; BARROSO, L.C. (Org.). **Geografia, modelos de análise espacial e GIS**. Belo Horizonte: Ed. PUC Minas, 2003. 231
- ABREU, J.F; VELOSO, C.C. Minas Gerais: Potencialidades Regionais – Vale do Aço – Zona da Mata (1950 – 1980). **Caderno de Geografia**. Belo Horizonte. V.2, n.1. p 19-41, dez. 1991
- AKAMINE, A. **Explorando alternativas para construção de modelos neurais de interação espacial**. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de São Carlos. 2005.
- ALBRECHT, J. **Key concepts e techniques in GIS**. Los Angeles: Sage, 2007.
- ALENCAR, B.J. **A análise multivariada aplicada ao tratamento da informação espacial: uma abordagem matemático-computacional em análise de agrupamentos e análise de componentes principais**. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial, 2009.
- ALVIM, A.M.M. **Análise da Rede Urbana de Minas Gerais a partir dos fluxos migratórios nos períodos 1986-1991 e 1995-2000**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Tratamento da Informação Espacial. 2008. 187 p.
- AMORIM FILHO, O.B. et al. Os eixos de desenvolvimento em Minas Gerais e suas tecnópoles. **Anais do 5º encontro nacional de prática de ensino da Geografia**. Belo Horizonte. PUC - Minas, 25/28 maio de 1999, p. 35-52.
- AMORIM FILHO, O. B.; BUENO, M. E. T.; ABREU, J. F. Cidades de porte médio e o programa de ações sócio-educativo-culturais para as populações carentes do meio urbano em Minas Gerais. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 12 n. 23-24, 33-46, 1982.
- AMORM FILHO, O.B; ABREU, J F de. Ciudades intermedias y tecnópoles potenciales en Minas Gerais-Brasil. **Tiempo y Espacio**, n. 9-10, p. 23-32, 2000.

ANAC. Agência Nacional de Aviação Civil. **Lista de aeródromos públicos**. Disponível em <https://www.anac.gov.br/assuntos/setor-regulado/aerodromos/cadastro-de-aerodromos/aerodromos-cadastrados/aerodromospublicos-12.xls>. Acessado em 10 Fev. 2019.

ANTT. **Agência Nacional de Transportes Terrestres. Anuário Estatístico de Transportes – 2010 – 2017**. Brasília. 2018. Disponível em <http://www.transportes.gov.br/images/BIT_TESTE/Publica%C3%A7oes/anuario_estatistico_transportes_2010_2017.pdf>. Acesso em 05 Maio 2019

ARBIA, G; PETRARCA, F. Effects of scale in spatial interaction models. **Journal of Geographical Systems**. 15. 249-264. 2013

ARRUDA e AMORIM FILHO, O.B. **Os Sistemas Urbanos**. IN – Minas Gerais do Século XXI. Vol. II. Belo Horizonte. BDMG. 2002

BACEN – Banco Central. Estaban – **Estatística Bancária Mensal por município**. Online. Disponível em <https://www4.bcb.gov.br/fis/cosif/estban.asp?frame=1> , Acessado em 02/03/2019

BANCO CENTRAL. **Estatísticas Bancárias dos Municípios**. Disponível em <https://www.bcb.gov.br/estatisticas/estatisticabancariamunicipios>. Acessado em 10 Fev. 2019

BARROSO, M. M. A. A matemática na limpeza urbana: trajeto ótimo do caminhão de lixo. In: Congresso Nacional de Matemática Aplicada e Computacional. **Anais**. Caxambu, 1998.

BARROSO, M. M. A. Conjunto dominante: uma ferramenta para tratamento de dados espaciais. In: **Aula Magna**, Belo Horizonte, ano 7, n. 6, pp. 68-75, 2001.

BASTIAN, M., HEYMANN, S., JACOMY, M. **Gephi: an open source software for exploring and manipulating networks**. International AAAI Conference on Weblogs and Social Media. 2009 ;Disponível em <https://gephi.org/>. Acessado em 01/02/2019.

BAVELAS, A. Communication patterns in task oriented groups. **Journal of the Acoustical Society of America**, v. 22, pp. 725-730, 1950.

BEAUJEU-GARNIER. J. **Geografia Urbana**. Lisboa. Calouste Gulbenkian. 1997.

BELIZARIO, I, V. **Avaliação de algoritmos de agrupamento em grafos para segmentação de imagens**. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo.2012.

BENEVOLO, L. **História da Cidade**. São Paulo: Perspectiva. 1983

BIZER, C.; BONCZ, P.; BRODIE, M.; ERLING, O. The meaningful use of big data: four perspectives – four challenges. **SIGMOD Record**, v.40, n.4, p.56-60, Dec. 2011.

BLACK, W. Spatial Interaction modeling using artificial neural networks. **Journal of Transport Geography**. Vol. 3. p.159-166. 1995.

BLANCHARD, R. **Grenoble, étude de géographie urbaine**, Armand Colin, Paris, 1911

BOAVENTURA NETTO, P.; JURKIEWICZ, S. **Grafos: introdução e prática**. São Paulo, 2009.

BONACICH, P. Power and Centrality: a Family of measures. **The American Journal of Sociology**. V.92, n.1, p.1170-1182, 1987.

BORDIN, A. S.; GONÇALVES, A.L.; TODESCO, J.. Análise da colaboração científica departamental através de redes de coautoria. **Perspectivas em Ciência da Informação**, v. 19, n. 2, p. 37-52, 2014.

BRUNHES, J. **Geografia humana**. 1ª edição brasileira. Rio de Janeiro: Editora Fundo de Cultura, 1962.

BRYCE, J. **The American Commonwealth**. 3 vol. Londres. Macmillian. 1988

CAREY, H.C. **Principles of social Science**. Filadélfia. Lippincott. 1858

CARVALHO, P.F.B. **O Modelo Potencial e a Análise de Componentes Principais como metodologias para estudo da interação espacial, hierarquização e agrupamento de municípios - o caso da Microrregião de Divinópolis/MG**. 2007. Anais do V Encontro Nacional da Associação Brasileira de Estudos Regionais e Urbanos – Recife - Outubro/2007

CARVALHO, P.F.B. **Subsistemas e Tipologias da Migração Populacional no Brasil a partir de dados censitários: uma proposta metodológica**. Tese (Doutorado) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais - Programa de Pós-Graduação em Geografia - Tratamento da Informação Espacial. 2009

CASTELLS, M.. A questão urbana. **O Fenômeno Urbano: delimitações conceituais e realidades históricas**. São Paulo: Ed. Paz e Terra, 2000.

CASTELLS, M. **A Sociedade em Rede**. 8 ed. São Paulo. Paz e Terra. 2005. 177 p.

CASTRO, J.F.M. **Caracterização espacial do sul de Minas e 'entorno' utilizando-se o modelo potencial e a análise de fluxos em sistemas digitais: uma proposta metodológica**. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2000.

CASTRO, J.F.M.; ALENCAR, B.J.; SOARES, T.L. Análise da infraestrutura socioeconômica e das áreas de influência da Zona da Mata de Minas Gerais (1991 - 2000). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte, v.22, n.37 , p.29-46, jan. 2012.

CHORLEY, R.J.; HAGGET, P. **Modelos socio-economicos em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1975

CHORLEY, R.J.; HAGGETT, P., (Ed): **Models in geography**. London: Methuen, 1967.

CHRISTALLER, W. **Die zentralen Orte in Süddeutschland**. Jena: Gustav Fischer. 1933

CHRISTALLER, W. **Central Places in Shouthern Germany**. Prentice-Hal, INC. Englewood Cliffs, New Jersey. 1966. 230p.

CHRISTOFOLETTI, A. As características da nova Geografia. **Geografia**. V.1, n.1. p-3-34, 1976

CLAUSET, A.; NEWMAN, M. E. J.; MOORE, C. Finding community structure in very large networks. *In: Physical review E*, v. 70, n. 6, 2004.

CLAVAL, P. **A Geografia Cultural**. 3 Ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2007.

CORRÊA, R. L. **Posição Geográfica de Cidades**. Cidades. Vol. 1 n.2, 2004. P.317-323. 2004

CORRÊA, R.L. **Redes Geográficas: Reflexões sobre um tema persistente**. Cidades. Vol. 9 n 16. p.199-218 (2011)

CORRÊA, R.L. **Estudos sobre a Rede Urbana**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil. 2006.

CORRÊA, R.L. Redes Geográficas: Reflexões sobre um tema persistente. *In: Revista Cidades*. Vol. 9, N.16. Presidente Prudente: Grupo de Estudos Urbanos.. p.199-218. 2012

CORRÊA, R.L. Reflexões sobre a dinâmica recente da rede urbana brasileira. **Anais do IX Encontro Nacional da ANPUR**. Vol. 1. P.424-430 Rio de Janeiro. 2001

CORRÊA, R.L. **Trajetórias Geográficas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 1997

CORRÊA. R. L. **O Espaço Urbano**. São Paulo. Editora Ática. 1999. 94p.

DATASUS. **Informações de Saúde**. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/spamg.def>. Acessado em 10 Fev. 2019

DEMANGEON, A. **Eléments de Géographie par L'image**. Paris, Librairie de l'Enseignement. 1991

DER. Departamento de Estradas de Rodagem de Minas Gerais. **Sistema Rodoviário Estadual – SRE**. 2006

DINIZ, A.; BATELLA, W. O Estado de Minas Gerais e suas regiões: um resgate histórico das principais propostas oficiais de regionalização. **Sociedade & Natureza**, 17 (33). P.59-77. 2005

DJKSTRA, E.W. A Note on Two Problems in Connexion with Graphs. **Numerische Mathematik**, volume 1, páginas 269-271, 1959.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. Disponível em <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/index.html>. Acessado em 01 Jun. 2015.

FARIA, A. H. P.; ALVES, D. F. C; DINIZ, A. M. A.. A Análise de Redes Sociais para o Estudo de Gangues: uma abordagem a partir da teoria de grafos. **Revista Brasileira de Segurança Pública**. V. 12, N. 2. São Paulo, 2018.

DOI: <https://doi.org/10.31060/rbsp.2018.v12.n2.943>.

FDC. Fundação Dom Cabral. **Pesquisa Custos Logísticos no Brasil** – 2017. Disponível em: < <http://www.fdc.org.br/> > Acesso em 05 Maio 2019

FERREIRA, C M. de C. **Um estudo de regionalização do Estado de Minas Gerais por meio de um modelo potencial**. Belo Horizonte: CEDEPLAR, 1971.

FERREIRA, M.C. Considerações teórico-metodológicas sobre as origens e a inserção do Sistema de informação geográfica na Geografia. In: VITTE, A.C. (Ed). **Contribuições a história e a epistemologia da Geografia**. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p.101-125. 2006.

FERREIRA, M.C. **Iniciação à análise geoespacial: teorias, técnicas e exemplos para geoprocessamento**. 1ed. São Paulo: Editora Unesp, 2014

FISCHER, K. Central Places: The Theories of von Thünen, Christaller, and Lösch. In: Eiselt H., Marianov V. (eds) **Foundations of Location Analysis**. International Series in Operations Research & Management Science, vol 155. Springer, Boston, MA. 2011.

FISCHER, M.; REGGIANI, A. Spatial Interaction Models: From the gravity to the Neural Network Approach. In. **Contributions to Economic Analysis**. Vol. 266.. p 317-346. 2004

FISCHER, M.M; GOPAL, S, Artificial neural networks: a new approach to modelling interregional telecommunication flows, **Journal of Regional Science**, Vol. 34(4), pp. 503–527. 1994.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Estrutura Espacial do Estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte. 1988. 165p.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Movimentos Migratórios no Brasil**. 2017. Disponível em <http://migracao.fjp.mg.gov.br/#dados>. Acesso em 10/10/2019

FOTHERINGHAM, A. S; WEBBER, M.J. Spatial Structure and Parameter of Spatial Interaction Models. **Geographical Analysis**. Vol. 2 N.1. Ohio State University Press 1980

FOTHERINGHAM, A.S. Some theoretical aspects of destination choice and their relevance to production-constrained gravity models. **Environment and Planning A** 15: 1121 – 1132 1983

FOTHERINGHAM, A.S; HAYNES, K. Gravity and Spatial Interaction Models. Beverly Hills. Sage. 1984

FOTHERINGHAM, A. S.; ROGERSON, P. **Spatial Analysis and GIS**. London:Taylor & Francis. p. 172. 2005.

FREEMAN, L. C. Centrality in Social Networks: Conceptual Clarification. *In: Social Networks* 1, 215–239, 1979

FU, P.; SUN, J. GIS in the Web era. *In: WebGis: Principles and Applications*. Redlands: ESRI Press, 2011.

FJP. Fundação João Pinheiro. **Estrutura Espacial de Minas Gerais**. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, 1988.

GALVÃO, M; FAISSOL, S. A divisão regional da década de 1940: suas características e fundamentos. *In Revista Brasileira de Geografia*. Rio de Janeiro. V.31, n.4. p.181-218. 1969

GEORGE, P. **Geografia Urbana**. São Paulo. Difel. 1983

GEORGE, P. **Os métodos da Geografia**. São Paulo. Difel. 1986

GOODCHILD, M.F. **Representation and Computation of Geographic Dynamics**. Working Paper. University of California: UCB, 2008. Disponível em <http://www.geog.ucsb.edu/~good/papers/448.pdf>. Acessado em 01 Jun. 2015.

GOULD, P. **The Geographer at work**. Londres: Routledge e Kegan Paul, 1985.

GREVE..., dos Caminhoneiros: a cronologia dos 10 dias que pararam o Brasil. BBC. 2018. Disponível em < <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-44302137>>. Acesso em: 05 Jun. 2019.

HAESBERT, R. **O mito da desterritorialização: do “fim dos territórios” à multi-territorialidade**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2004

HAGERSTRAND. T. **Diffusion of Innovations**. Chicago: Chicago University Press, 1968.

HAGGET, P; CHORLEY, R. **Network Analysis in Geography**. London. Edward Arnold, 1969.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

HANSEN, W.G. How accessibility shapes land use. **Journal American Institut of Planners**, 25. 73-91. 1959

HARRIS, C.D. The market as a factor in the location of industry in the United States. **Annals, Association of American Geographers**, 44. 315-348. 1954

HARTSHORN, T. **Interpreting the City: An Urban Geography**. Michigan. Wiley. 1980.

HARVEY, D. **Explanation in Geography**. Jaipur: Rawat Publications, 2011.

HAYNES, K. E.; FOTHERINGHAM, A. S. **Gravity and Spatial interaction models**. Beverly Hills: Sage. p. 9-13. 1984.

HIGGINS,S.; RIBEIRO, A. **Análise de redes em Ciências Sociais**. 2018

HILHORST, J. G. M. **Planejamento regional**: enfoque sobre sistemas. Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

HUFF, D.L. A note on the limitations of intra-urban gravity models. *In*: Land Economics. Vol. 39. P.81-89. 1962

HUFF, D.L. Defining and estimating a trading area. **Journal of Marketing**. Vol. 28. N. 3. p.34-38. 1964.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **A Região de Influência das Cidades (REGIC 1993)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **A Região de Influência das Cidades (REGIC 2007)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE Cidades. *On-line*. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 16 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto dos Municípios (2012)**. *On-line*. Sistema IBGE de Recuperação Automática. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pib-munic/tabelas>. Acesso em: 17 maio 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Arranjos Popacionais e concentrações urbanas do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro. 2016. 167 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/geografia_urbana/arranjos_populacionais/default.shtm>. Acesso em 05 Maio 2019

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro, 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em mesorregiões e microrregiões**. Volume 1. Rio de Janeiro: IBGE, 1990.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Divisão regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias**. Rio de Janeiro: IBGE, 2017.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Redes e Fluxos do Território: Gestão do Território 2014**. Rio de Janeiro. 2014. 118p. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/redes_fluxos/gestao_do_territorio_2014/default.shtm>. Acesso em 05 Dez. 2018

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Regiões de Influência das Cidades 2007**. Rio de Janeiro. 2008. 201p. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/geografia/regic.shtm>>. Acesso em 05 Dez. 2018

INEP. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar da Educação Básica**. 2010. Disponível em <http://inep.gov.br/educacao-basica>. Acessado em 10 Fev. 2019

INSS. Instituto Nacional de Seguridade Social. **Estatísticas Municipais 2000 a 2017**. Disponível em <http://www.previdencia.gov.br/dados-abertos/estatisticas-municipais-2000-a-2016/>. Acessado em 10 Fev. 2019

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Contas Regionais**. Disponível em <http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>. Acessado em 10 Fev. 2019

ISARD; W. Potential Models. In **Methods of Regional Analysis: an Introduction to Regional Science**. Massachusetts: The M.I.T Press 1960.

JEFFERSON, M. The Law of the Primate City. **Geographical Review** 29 (2): 226–232. 1939.

JOHNSTON, R. **Geografia e geógrafos: a geografia humana anglo-americana desde 1945**. São Paulo: Difel. 1986.

JOHNSTON, R.J. **City and Society: An Outline for Urban Geography**. Londres. Unwin Human LTDA. 1984

KANSKY, K. Structure of transportation networks: relationships between network geography and regional characteristics. **Research Papers, n. 84, University of Chicago**, Department of Geography. 1963

KANSKY, K; DANSCOINE, P. Measures of network structure. In: **Flux**. Número especial. p.89-121. 1989

LELOUP, Y. **Les villes du Minas Gerais**. f. Thèse (Doctorat em Géographie) – Institut des Hautes Etudes de L'Amérique Latine, Université Paris IV. Paris, 1970

LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Sistemas e Ciência da Informação Geográfica**. 3ª Edição, Porto Alegre: Bookman, 2013. 540

LÖSCH, A. **The Economics of Location**. New Haven: Yale University Press, 1954, 520 pp.

LOWRY. I.S. **A model of Metropolis**. California. Ed. Rand. 1964

MAGUIRE, D.J.; GOODCHILD, M.F; RHIND, D. **Geographical information systems: principles and applications**. New York: Longman Scientific e Technical, 1991.

MARQUES, Eduardo Cesar. **Estado e redes sociais: permeabilidade e coesão nas políticas urbanas no Rio de Janeiro**. Editora Revan, 2000.

MARTIN, E. **Carte des Communications Rapides entre Paris et le reste de la France**. Coleção de Mapas da Universidade de Chicago. Disponível em https://luna.lib.uchicago.edu/luna/servlet/detail/UCHICAGO~2~2~348~1231802:Carte-des-communications-rapides-en?qvq=q:_luna_media_exif_filename%3DG5831-P3-1882-M3.tif&mi=0&trs=1#. Acessado em 10/10/2019

MARTINE, G. **A redistribuição espacial da população brasileira durante a década de 80.** 1994.

MEYER, W. B. Urban Primacy before Mark Jefferson, **Geographical Review**, 109:1, 131-145, DOI: 10.1111/gere.12308. 2019

MORENO, J. **Who shall survive? Foundations of sociometry, group psychotherapy and sociodrama.** New York, Beacon: Beacon House Inc., 1953.

MORRIL, R.L.; DORMITZER, J.M. **The Spatial Order.** North Scituate: Doxbury Press, 1979.

NELSON, J. Multivariate Mapping. **The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge** (1st Quarter 2020 Edition), John P. Wilson (ed.). 2020 DOI: 10.22224/gistbok/2020.1.5.

OPENSHAW, S. **Neural Network, genetic, and fuzzy logic models of spatial interaction.** Environment and Planning A. Vol. 30. pg. 1857-1872. 1989

OPENSHAW. **Some Theoretical and applied aspects of spatial interaction shopping models.** 1975.

PACIONE, M. **Urban geography: a global perspective.** Londres: Routledge, 2001.

PELLETIER, J, DELLFANTE, C. **Cidades e Urbanismo no mundo.** Lisboa. Instituto Piaget. 1997

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.** Disponível em <http://atlasbrasil.org.br/2013/>. Acessado em 20 Fev. 2019

RAFFESTIN, C. **Por uma Geografia do Poder.** São Paulo. Editora Ática. 1993. 269 p.

RAIS/CAGED. **Bases Estatísticas RAIS/CAGED.** Disponível em: <http://bi.mte.gov.br/bgcaged/inicial.php>. Acessado em 10 Fev. 2019

REILLY, W.J. **The law of retail gravitation.** New York. G.P. Putman 1931

RICH, D. **Potential Models in Human Geography.** Concepts and techniques in modern Geography. N.26. Geo Abstracts. Norwich, Eng.1980.

RICHARDSON, H.W. **Economia regional: teoria da localização, estrutura urbana e crescimento regional.** Rio de Janeiro: Zahar, 1975.

RODRIGUE, J.P; COMTOIS, C; SLACK, B. **The Geography of Transport Systems.** 3ª ed. Routledge. Londres e Nova York. 2013

ROY, J.R; THILL, J. Spatial Interaction modelling. **Papers in Regional Science.** Vol. 83. p339-361. 2004

SANTOS, C; VOGEL, A. **Quando a rua vira casa: a apropriação de espaços urbanos de uso coletivo em um centro de bairro**. São Paulo. Projeto, 1985.

SCHNEIDER, M. .Gravity models and trip distribution theory. **Papers and Proceedings of the Regional Science Association** 5: 51–56. 1959

SEFA. Secretaria de Estado da Fazenda de Minas Gerais. Evolução anual da arrecadação por município. Disponível em http://www.fazenda.mg.gov.br/governo/receita_estado/evolucao_anual/evolucao_receita_por_municipio/. Acessado em 10 Fev. 2019.

SEVTSUK, A; MEKONNEN, M. Urban network analysis: a new toolbox for measuring city form in ArcGIS. **Proceedings of the 2012 Symposium on Simulation for Architecture and Urban Design**. p. 1-10. 2012

SOUZA, R. L. Os sentidos do povoamento: Aspectos da ocupação territorial de Minas Gerais. **Revista Ciências Humanas – Universidade de Taubaté (UNITAU)**. VI. 1 N.1. 2009

SPOSITO, E.S. **Redes e Cidades**. São Paulo. Editora UNESP. 2008. 161 p.

STEVENS, J. **Bivariate Choropleth Maps: A How-to Guide**. 2015. Disponível em <<https://www.joshuastevens.net/cartography/make-a-bivariate-choropleth-map/>>. Acesso em 01 Dez. 2018.

STEWART, J.Q An inverse distance variation for certain social influences. **Science**, 93, 89-90. 1941

STEWART, J.Q. A measure of the influence of population at a distance. **Sociometry**. N.5, p.63-71. 1942.

STOUFFER, S.A. Intervening opportunities: a theory relating mobility and distance. **American Sociological Review**. N.6. p.845-867. New York. 1940.

SZWARCFITER, J. L. 1984. **Grafos e algoritmos computacionais**. Rio de Janeiro: Campus.

TINKLER, K, J. **An Introduction to Graph Theoretical: Methods in Geography**. Concepts and techniques in modern Geography. N.14. Geo Abstracts. Norwich, Eng.1977.

TOBLER, W. Automation and Cartography. **Geographical Review**. V. 49. p.526-534. 1959

TOBLER W. A computer movie simulating urban growth in the Detroit region. **Economic Geography**, v. 46, n. 2, p. 234-240, 1970.

ULLMAN, E. The role of transportation and the bases of interaction. In **Man's role in changing the face of the earth**. The Geographical Review. Chicago. Chicago Press. p.862-880. 1956.

UNDP. **United Nations Development Programme. Human Development Indices and Indicators**. 2018 Statistical Update. New York. 2018. Disponível em

<http://hdr.undp.org/sites/default/files/2018_human_development_statistical_update.pdf>.
Acesso em 05 Maio 2019

VON BERTALANFY, L. **General System Theory – Foundations, Development, Applications**. Nova Iorque. George Braziller. 1968

THUNEN, J.H. von. The isolate State: An English edition of Der Isolierte Staat (1926). Nova Iorque. Pergamon Press. 1966

WASSERMAN, S.; FAUST, K. **Social Network Analysis: Methods and Applications** Vol. 8. Cambridge: Cambridge University Press.1994

WHITE, H.; BOORMAN, S.; BREIGER, R. Social Structure from Multiple Networks I. Blockmodels of Roles and Positions. **American Journal of Sociology**, v. 81, p. 730-870, 1976.

WILSON, A. A statistical theory of spatial distribution models. **Transportation Research**, 1, 253-269. 1967

WILSON, A. **Entropy in urban and regional modelling**. Pion. London. 1970.

WILSON, A. **Some new forms of spatial interaction model: a review**. 1974.

8. APÊNDICES

Apêndices A – Matrizes de Correlação das variáveis que compõem as 5 Dimensões para Análise de Componentes Principais

Matriz de Correlação de Varáveis – Dimensão 1 - Características Socioeconômicas

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12
V1	1.00	0.64	0.98	1.00	0.88	0.93	0.46	0.91	0.90	0.98	0.96	0.88
V2	0.64	1.00	0.70	0.67	0.83	0.86	0.87	0.64	0.44	0.59	0.53	0.40
V3	0.98	0.70	1.00	0.99	0.94	0.97	0.55	0.94	0.91	0.96	0.96	0.89
V4	1.00	0.67	0.99	1.00	0.90	0.94	0.49	0.90	0.91	0.99	0.97	0.89
V5	0.88	0.83	0.94	0.90	1.00	0.98	0.78	0.87	0.76	0.83	0.82	0.73
V6	0.93	0.86	0.97	0.94	0.98	1.00	0.71	0.90	0.81	0.89	0.88	0.78
V7	0.46	0.87	0.55	0.49	0.78	0.71	1.00	0.46	0.31	0.39	0.35	0.25
V8	0.91	0.64	0.94	0.90	0.87	0.90	0.46	1.00	0.80	0.87	0.87	0.78
V9	0.90	0.44	0.91	0.91	0.76	0.81	0.31	0.80	1.00	0.92	0.98	1.00
V10	0.98	0.59	0.96	0.99	0.83	0.89	0.39	0.87	0.92	1.00	0.97	0.90
V11	0.96	0.53	0.96	0.97	0.82	0.88	0.35	0.87	0.98	0.97	1.00	0.97
V12	0.88	0.40	0.89	0.89	0.73	0.78	0.25	0.78	1.00	0.90	0.97	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

Factor Loadings:

V1 - 0,9782	V7 - 0,5804
V2 - 0,7301	V8 - 0,9216
V3 - 0,9979	V9 - 0,9098
V4 - 0,98684	V10 - 0,9595
V5 - 0,94304	V11 - 0,9576
V6 - 0,97561	V12 - 0,8884

- V1 - População Urbana
- V2 - Valor Adicionado Bruto, a preços correntes, da Indústria (R\$ 1.000)
- V3 - Valor adicionado bruto, a preços correntes, dos Serviços, inclusive administração, saúde e educação públicas e seguridade social (R\$ 1.000)
- V4 - Valor Adicionado Bruto, a preços correntes, da Administração, saúde e educação públicas e seguridade social (R\$ 1.000)
- V5 - Impostos, líquidos de subsídios, sobre produtos, a preços correntes (R\$ 1.000)
- V6 - PIB a Preços Correntes (R\$ 1.000)
- V7 - ICMS Total - Indústria
- V8 - ICMS Total - Comércio
- V9 - ICMS Total - Serviços
- V10 - Total de Beneficiários INSS (Previdenciários e de Legislação Específica)
- V11 - Total de Agências Bancárias
- V12 - Total de Ativos Bancários (R\$ 1000)

Matriz de Correlação de Varáveis – Dimensão 2 – Funções Administrativas e presença de equipamentos especializados

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10
V1	1,000	0,558	0,489	0,707	0,526	0,587	0,017	0,621	0,407	0,645
V2	0,558	1,000	0,354	0,663	0,552	0,447	-0,006	0,536	0,298	0,440
V3	0,489	0,354	1,000	0,453	0,290	0,505	0,059	0,397	0,480	0,505
V4	0,707	0,663	0,453	1,000	0,497	0,566	0,011	0,576	0,354	0,504
V5	0,526	0,552	0,290	0,497	1,000	0,341	0,027	0,553	0,264	0,445
V6	0,587	0,447	0,505	0,566	0,341	1,000	0,032	0,458	0,364	0,464
V7	0,017	-0,006	0,059	0,011	0,027	0,032	1,000	0,040	-0,004	0,010
V8	0,621	0,536	0,397	0,576	0,553	0,458	0,040	1,000	0,361	0,525
V9	0,407	0,298	0,480	0,354	0,264	0,364	-0,004	0,361	1,000	0,462
V10	0,645	0,440	0,505	0,504	0,445	0,464	0,010	0,525	0,462	1,000

Fonte: Elaborado pelo autor

Factor Loadings:

V1 - 0,3864	V6 - 0,3253
V2 - 0,3358	V7 - 0,0159
V3 - 0,3019	V8 - 0,3485
V4 - 0,3712	V9 - 0,2629
V5 - 0,3067	V10 - 0,3434

- V1 - Presença de Postos da Receita Federal
- V2 - Presença de Superintendência Regional de Saúde
- V3 - Presença de Postos de Atendimento do INSS
- V4 - Presença de Superintendência Regional de Educação
- V5 - Sedes de Regiões de Segurança Pública
- V6 - Presença de Aeródromos Públicos
- V7 – Presença de Bibliotecas Públicas
- V8 – Presença de Centros Culturais e Galerias
- V9 – Presença de Museus
- V10 – Presença de Teatros de Cinemas

Matriz de Correlação de Varáveis – Dimensão 3 - Empresas por Atividade e Porte

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
V1	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V2	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9	0.9
V3	0.9	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9
V4	1.0	1.0	0.9	1.0	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	0.9	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
V5	1.0	0.9	0.9	0.9	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	0.9
V6	1.0	0.9	0.9	0.9	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	0.9
V7	1.0	0.9	0.9	1.0	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	0.9
V8	1.0	0.9	0.9	1.0	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	0.9
V9	1.0	0.9	0.9	1.0	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	0.9
V10	0.9	0.9	0.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	1.0	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8
V11	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V12	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V13	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V14	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V15	1.0	1.0	1.0	1.0	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	0.9
V16	1.0	1.0	0.9	1.0	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	0.9
V17	1.0	0.9	0.9	1.0	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	0.9
V18	0.9	0.9	0.9	0.9	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	1.0

Fonte: Elaborado pelo autor

Factor Loadings:

V1 - 0,2396	V7 - 0,2379	V13 - 0,2386
V2 - 0,2345	V8 - 0,2365	V14 - 0,2391
V3 - 0,2239	V9 - 0,2385	V15 - 0,2385
V4 - 0,2369	V10 - 0,2278	V16 - 0,2396
V5 - 0,2366	V11 - 0,2393	V17 - 0,2368
V6 - 0,2365	V12 - 0,2382	V18 - 0,2218

- V1 - Número de Empresas - Construção
- V2 - Número de Empresas - Comércio, Reparação de Veículos Automotores e Motocicletas
- V3 - Número de Empresas - Transporte, Armazenagem e Correio
- V4 - Número de Empresas - Alojamento e Alimentação
- V5 - Número de Empresas - Informação e Comunicação
- V6 - Número de Empresas - Atividades Financeiras, de Seguros e Serviços Relacionados
- V7 - Número de Empresas - Atividades Imobiliárias
- V8 - Número de Empresas - Atividades Profissionais, Científicas e Técnicas
- V9 - Número de Empresas - Atividades Administrativas e Serviços Complementares
- V10 - Número de Empresas - Administração Pública, Defesa e Seguridade Social
- V11 - Número de Empresas - Educação
- V12 - Número de Empresas - Saúde Humana e Serviços Sociais
- V13 - Número de Empresas - Artes, Cultura, Esporte e Recreação
- V14 - Número de Empresas - Outras Atividades de Serviços
- V15 - Número de Empresas - Até 9 Funcionários

- V16 - Número de Empresas - De 10 a 19 Funcionários
- V17 - Número de Empresas - De 20 a 99 Funcionários
- V18 - Número de Empresas - De 100 a 499 Funcionários

Matriz de Correlação de Varáveis – Dimensão 4 – Educação

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
V1	1.00	0.99	1.00	1.00	0.97	0.99	0.95	0.96	0.88	0.86	0.78
V2	0.99	1.00	0.99	0.99	0.97	0.98	0.96	0.97	0.89	0.87	0.80
V3	1.00	0.99	1.00	1.00	0.96	0.99	0.95	0.95	0.87	0.86	0.77
V4	1.00	0.99	1.00	1.00	0.97	0.98	0.95	0.96	0.89	0.87	0.78
V5	0.97	0.97	0.96	0.97	1.00	0.95	0.93	0.97	0.90	0.88	0.78
V6	0.99	0.98	0.99	0.98	0.95	1.00	0.94	0.95	0.86	0.84	0.80
V7	0.95	0.96	0.95	0.95	0.93	0.94	1.00	0.92	0.81	0.80	0.83
V8	0.96	0.97	0.95	0.96	0.97	0.95	0.92	1.00	0.89	0.88	0.80
V9	0.88	0.89	0.87	0.89	0.90	0.86	0.81	0.89	1.00	1.00	0.75
V10	0.86	0.87	0.86	0.87	0.88	0.84	0.80	0.88	1.00	1.00	0.77
V11	0.78	0.80	0.77	0.78	0.78	0.80	0.83	0.80	0.75	0.77	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

Factor Loadings:

V1 - 0,3114	V7 - 0,3010
V2 - 0,3121	V8 - 0,3071
V3 - 0,3100	V9 - 0,2907
V4 - 0,3116	V10 - 0,2877
V5 - 0,3079	V11 - 0,2642
V6 - 0,3086	

- V1 - Matrículas na Educação Básica
- V2 - Matrículas na Educação Infantil
- V3 - Matrículas no Ensino Fundamental
- V4 - Matrículas no Ensino Médio
- V5 - Matrículas na Educação Profissional
- V6 - Matrículas - EJA
- V7 - Matrículas Educação Especial
- V8 - Número de Instituições de Ensino Superior
- V9 - Número de Alunos em Cursos de Pós-graduação
- V10 - Total de Cursos de Pós-graduação
- V11 - Número de tipos de cursos de Graduação

Matriz de Correlação de Varáveis – Dimensão 5 – Saúde

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15
V1	1.00	0.88	0.93	0.97	0.97	0.97	0.89	0.97	0.97	0.98	0.96	0.97	0.98	0.93	0.94
V2	0.88	1.00	0.90	0.94	0.92	0.88	0.88	0.91	0.88	0.89	0.89	0.90	0.88	0.91	0.85
V3	0.93	0.90	1.00	0.95	0.95	0.95	0.86	0.95	0.94	0.95	0.95	0.93	0.95	0.94	0.90
V4	0.97	0.94	0.95	1.00	0.98	0.97	0.90	0.97	0.96	0.97	0.96	0.96	0.97	0.94	0.92
V5	0.97	0.92	0.95	0.98	1.00	0.97	0.90	0.97	0.98	0.98	0.97	0.96	0.98	0.93	0.93
V6	0.97	0.88	0.95	0.97	0.97	1.00	0.87	0.97	0.97	0.98	0.95	0.96	0.98	0.93	0.94
V7	0.89	0.88	0.86	0.90	0.90	0.87	1.00	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.91	0.84
V8	0.97	0.91	0.95	0.97	0.97	0.97	0.90	1.00	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.94	0.92
V9	0.97	0.88	0.94	0.96	0.98	0.97	0.90	0.97	1.00	0.98	0.95	0.96	0.98	0.92	0.93
V10	0.98	0.89	0.95	0.97	0.98	0.98	0.90	0.97	0.98	1.00	0.97	0.97	0.99	0.94	0.95
V11	0.96	0.89	0.95	0.96	0.97	0.95	0.90	0.97	0.95	0.97	1.00	0.95	0.96	0.94	0.91
V12	0.97	0.90	0.93	0.96	0.96	0.96	0.90	0.97	0.96	0.97	0.95	1.00	0.97	0.93	0.93
V13	0.98	0.88	0.95	0.97	0.98	0.98	0.89	0.97	0.98	0.99	0.96	0.97	1.00	0.93	0.96
V14	0.93	0.91	0.94	0.94	0.93	0.93	0.91	0.94	0.92	0.94	0.94	0.93	0.93	1.00	0.88
V15	0.94	0.85	0.90	0.92	0.93	0.94	0.84	0.92	0.93	0.95	0.91	0.93	0.96	0.88	1.00

Fonte: Elaborado pelo autor

Factor Loadings:

V1 - 0,2613	V6 - 0,2610	V11 - 0,2599
V2 - 0,2465	V7 - 0,2453	V12 - 0,2601
V3 - 0,2568	V8 - 0,2620	V13 - 0,2629
V4 - 0,2617	V9 - 0,2606	V14 - 0,2550
V5 - 0,2627	V10 - 0,2637	V15 - 0,2518

- V1 - Estabelecimentos de Média Complexidade
- V2 - Estabelecimentos de Alta Complexidade
- V3 - Unidades Básicas de Saúde
- V4 - Hospitais, Clínicas Especializadas e Policlínicas
- V5 - Número de Internações
- V6 - Mamógrafo com Comando Simples
- V7 - Mamógrafo com Estereotaxia
- V8 - Tomógrafo Computadorizado
- V9 - Ressonância Magnética
- V10 - Ultrassom Doppler Colorido
- V11 - Ultrassom Ecógrafo
- V12 - Ultrassom Convencional
- V13 - Eletrocardiógrafo
- V14 - Eletroencefalógrafo
- V15 - Equipamento de Circulação Extracorpórea