

PROPOSTA DE MODELO PARA ESTUDO DOS FLUXOS E DA HIERARQUIA ESPACIAL DAS CIDADES DA SERRA GAÚCHA

MODEL PROPOSAL FOR THE STUDY OF FLOWS AND SPATIAL HIERARCHY OF SERRA GAÚCHA CITIES

Fernando dos Santos Calvetti¹
Isabella Omizzolo²

RESUMO

Partindo de uma tradição de estudos que buscam, desde meados do século XIX, estabelecer modelos matemáticos capazes de descrever o crescimento e desenvolvimento de cidades e regiões metropolitanas, este trabalho analisa a hierarquia espacial da Região Metropolitana da Serra Gaúcha. Essa região é a segunda concentração urbana em tamanho de população do Estado, além de desempenhar papel de destaque no desenvolvimento econômico e turístico de toda a região. Conceituado entre teorias locacionais clássicas da geografia e da economia e da nova ciência das cidades de Michael Batty, o estudo modela uma possibilidade de medição da movimentação entre as cidades usando de dados abertos e sistemas configuracionais. Neste contexto, o estudo da lógica espacial da região busca contribuir com o desenvolvimento e aperfeiçoamento da rede logística e de transportes da Serra e de todo o Estado, a partir do entendimento dos fluxos entre as cidades.

Palavras-chave: Hierarquia espacial. Desenvolvimento urbano. Serra gaúcha.

ABSTRACT

Starting from a tradition of studies that seek, since the middle of the 19th century, to establish mathematical models capable of describing the growth and development of cities and metropolitan regions, this work analyzes the spatial hierarchy of the Metropolitan Region of Serra Gaúcha. This region is the second urban concentration in size of the state's population, in addition to playing a prominent role in the economic and tourism development of the entire region. Conceptualized among classic locational theories of geography and economics and the new science of cities by Michael Batty, the study models a possibility of measuring movement between cities using open data and configurational systems. In this context, the study of the spatial logic of the region seeks to contribute to the development and improvement of the logistical and transport network of the Serra and of the entire State, based on the understanding of flows between cities.

Key-words: Spatial hierarchy. Urban development. Serra gaúcha.

1 Arquiteto e urbanista, mestre em planejamento urbano e regional, doutorando da FAUUSP no PPG de Arquitetura e Urbanismo e professor da Universidade do Planalto Catarinense

2 Estudante de graduação em Arquitetura e Urbanismo

INTRODUÇÃO

O presente artigo propõe um modelo que usa de dados econômicos e sociais para auferir um método de medição da hierarquia urbana através do uso de sistemas configuracionais. Seja pelo volume na produção acadêmica, seja pelo destaque que experiências empíricas nesse sentido têm na mídia, entende-se que os estudos na área de planejamento urbano e o desenvolvimento de ferramentas de gestão urbana estão cada vez mais voltados a conceitos de planejamento regional.

Mesmo a nível institucional, parte-se da ideia do planejamento urbano e regional voltado a um conceito que vem sendo trabalhado a partir do Estatuto das Metrópoles. Tal documento fixa diretrizes gerais para o planejamento, a gestão e a execução de políticas públicas em regiões metropolitanas e aglomerações urbanas oficializadas pelas unidades federativas.

Entende-se o contexto mundial não apenas de pesquisa, mas também do mercado financeiro, de uma busca por dados, cada vez mais valorizados. Igualmente se busca por ferramentas capazes de analisar os mesmos, que vem sendo cada vez mais produzidos em um mundo cada vez mais conectado. Neste sentido, para o estudo das cidades, o uso de softwares de geoprocessamento busca facilitar o entendimento e a aplicação de dados em mapas georreferenciados. Para esta pesquisa, se usa para a análise das relações regionais entre as cidades da Serra, assim como possibilita a criação de modelos que possam ser analisados e replicados a partir de poucos passos metodológicos.

Os estudos mais difundidos sobre a relação regional entre cidades e aglomerações urbanas e a hierarquia entre elas são feitos ainda por órgãos da esfera pública, como o REGIC (Estudo das Regiões de Influência das Cidades, 2013) e o estudo de Arranjos Populacionais (2007). Ambos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), que assim como grande parte dos estudos de hierarquia urbana, utiliza de modelos gravitacionais nos seus cálculos.

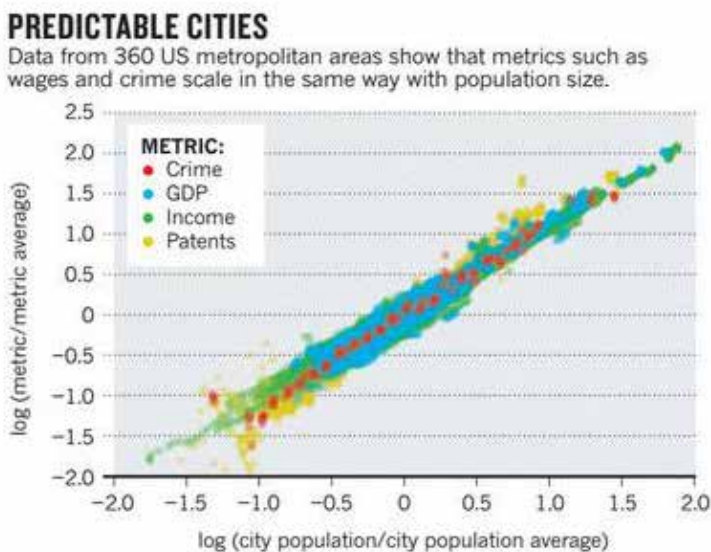
Outra característica intrínseca a tais estudos é que utilizam uma grande quantidade de dados socioeconômicos nos seus cálculos. Tais dados, assim como sua metodologia de levantamento e definição de universo amostral, são de propriedade do IBGE, tornando tais metodologias de difícil levantamento e replicação nos cálculos de pesquisas civis. Esta característica dificulta o acesso e a reprodução da destes mesmos estudos em outros objetos de interesse. Assim, entende-se necessário o desenvolvimento de técnicas alternativas. O objetivo principal da pesquisa na qual esse estudo se insere é desenvolver uma alternativa aos modelos gravitacionais, amplamente utilizados, a partir de dados de fácil acesso e com o uso de sistemas configuracionais.

1 Hierarquia urbana e sistemas configuracionais

A hierarquia das cidades é um assunto tratado em diferentes contextos metodológicos, cultural, histórico e social. Diferentes áreas se propõem a estudá-la, e uma diversidade de modelos já foi proposta na busca do entendimento da relação espacial entre as cidades.

De forma contemporânea, os trabalhos de Bettencourt e West (2007) mostram a importância do tamanho da população de uma cidade para outros indicadores urbanos. Desde número de crimes cometidos ao número de instituições científicas e acadêmicas, muitos indicadores aparentemente sem relação entre si podem ser previstos a partir do número de habitantes de uma cidade (imagem 1).

Imagem 1 Relação entre população e indicadores sociais em cidades dos EUA



Fonte nature.com/nature/journal/v467/n7318/full/467912a.html

A partir disso, a importância da população, por entender que uma diversidade de fenômenos e métricas sociais são escaláveis a partir da quantidade de pessoas de um local. Como mencionado, Bettencourt propõe que o tamanho da população de uma cidade seja o dado básico para se calcular outros indicadores e atividades.

A classificação de cidades a partir do seu tamanho é um tema recorrente na economia. Essa abordagem leva em consideração a ideia de um padrão matemático reconhecível na distribuição da população nas cidades que formam um sistema.

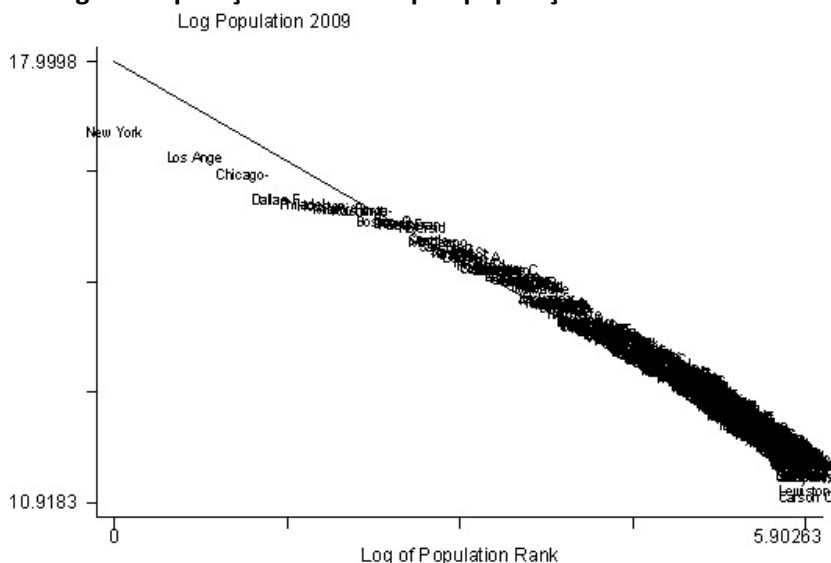
A chamada lei de Zipf (1949), por exemplo, se refere a um padrão de distribuição muito encontrado em diferentes campos das ciências naturais e sociais, aplicável à realidade urbana. A distribuição que segue essa proporção se dá pela lógica de que a frequência do dado estudado – no caso número de pessoas – é inversamente proporcional à sua colocação no ranking dos elementos do sistema, em ordem logarítmica de base natural.

A aplicação teórica dessa lei seria como no seguinte exemplo: em um sistema com n cidades, a maior cidade, que tem uma população de X pessoas, corresponde ao 1º lugar no ranking. A população da 2ª cidade seria então de $X/2$ pessoas, a população da 3ª cidade seria de $X/3$ pessoas, e assim por diante. Até chegarmos à n -ésima cidade do ranking, que apresentaria uma população de X/n pessoas.

O gráfico correspondente aos valores logarítmicos dessa tabela de valores resulta em uma reta. Estudos que aplicaram a lei de Zipf em diferentes lugares do mundo utilizando dados censitários encontraram resultados com congruência de valores consideravelmente alta (imagem 2).

A aplicação desse método por si só é bem interessante, mas insuficiente para se determinar o papel de uma cidade no seu sistema. A lei de Zipf aplicada somente à população das cidades deixa evidentemente muitas outras informações de fora, além de não considerar a distribuição espacial das cidades no sistema.

Imagem 2 Aplicação da lei de Zipf à população dos EUA em 2009.



Fonte economix.blogs.nytimes.com/2010/04/20/a-tale-of-many-cities/?r=1

No trabalho de Holmes e Lee (2010) se evidencia que em áreas populacionais densas a lei de Zipf precisa de ajustes, sendo o comportamento de distribuição nessas áreas diferente de áreas com cidades mais espalhadas. Esse estudo sugere que a lei de Zipf não tem as ferramentas necessárias para estudar a distribuição populacional de um sistema genérico de cidades.

A lei de Zipf resulta em algo muito próximo à distribuição verificada pelo princípio de Pareto (1967). Tal princípio depois foi chamado de “princípio 80-20”. Ele afirma que para muitos fenômenos, 80% das consequências vêm de 20% das causas.

Aplicada ao estudo das cidades, tem-se uma distribuição populacional que flutua numa faixa de valores onde aproximadamente 80% da população de um sistema reside apenas nas 20% maiores cidades.

Essas seriam algumas das primeiras tentativas de aplicação de matemática pura ao estudo da distribuição da população nas cidades. Tais aplicações podem ainda ser úteis para pesquisa, embora careçam de maior complexidade nos seus métodos e atribuição de valores.

Em estudo de Gabaix (2004) há uma tentativa de explicação de como é possível essa regularidade da lei de Zipf aplicada à distribuição populacional nas cidades. O trabalho mostra matematicamente que a lei de Zipf aparece em uma área desde que a taxa de crescimento populacional seja independente da sua população inicial.

Tal fenômeno é comumente chamado de lei de Gibrat. Essa proposta também é chamada de “lei dos efeitos proporcionais” e é bastante usada na economia para se calcular e prever tamanhos e distribuições de empresas em um determinado território.

Segundo Gibrat (1931), no processo de crescimento de determinada entidade (empresas, populações, cidades) as taxas de crescimento sempre possuem distribuições idênticas e independentes entre si, com média e variância bem definidas. Tais padrões obedeceriam a uma ordem logarítmica de cálculo.

Na matemática estatística isso é chamado de padrão estocástico. Estes são definidos como padrões onde o seu estado é indeterminado, com origem em eventos aleatórios.

Tanto a lei de Zipf quanto o princípio de Pareto parecem resultar em sistemas que tem poucas grandes cidades e muitas pequenas cidades. Esse tipo de conjuntura as aproxima da pergunta inicial da qual o geógrafo Walter Christaller faz a sua Teoria do Lugar Central (1933).

Para o geógrafo, a resposta para o porquê desse tipo de distribuição começa a se desenhar a partir da observação do comportamento das

peessoas com relação à oferta de bens e serviços dentro das cidades. Surge então a ideia de um Lugar Central, que seria o centro de uma região onde a densidade de população e atividades econômicas é maior que na região complementar.

O consumidor escolhe um centro que representa menor esforço de deslocamento. Compras e serviços mais frequentes e, portanto mais comuns devem estar disponíveis a distâncias pequenas. O consumidor só estaria disposto a percorrer maiores distâncias para compras e serviços menos frequentes e mais especializados. Aparece então o conceito de centralidade para explicar a teoria.

As distribuições tenderiam a uma hierarquia de lugares centrais. Estes lugares seriam o agrupamento de atividades, que forneceriam maior variedade de bens e serviços. Tais agrupamentos seriam capazes de atrair consumidores e instiga-los a percorrer maiores distâncias.

Também se desenvolvem e se aplicam os conceitos de alcance e limite crítico. O primeiro seria a distância máxima que o consumidor viajaria para adquirir um bem ou serviço. Para Christaller isso equivaleria à distância até o centro mais próximo que ofereça esse bem. O alcance máximo seria o ponto onde o preço total de um bem – o seu valor mais o custo do transporte – equivaleria ao valor do bem.

O Limite crítico seria a demanda mínima necessária para que a oferta de um bem ou serviço fosse economicamente viável. Ou seja, a análise do limite crítico determinaria o número e a localização dos centros usando o retorno mínimo necessário para que o empresário pudesse se manter.

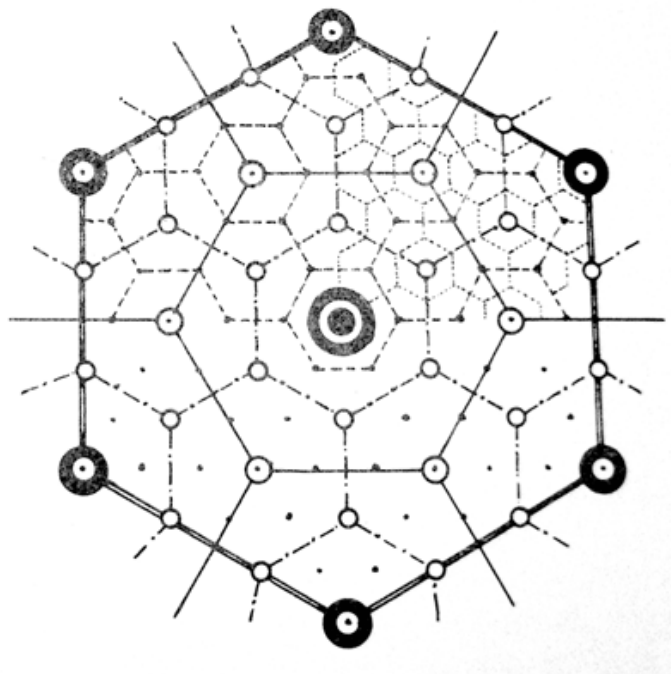
Aqui já é aplicado o conceito de distância. A distância está vinculada à localização espacial entre dois pontos no espaço. A localização das cidades, assim como das populações, comércios e serviços disponíveis ganha importância nessa teoria.

A combinação de alcance e limite crítico resultaria na área de mercado. No seu modelo teórico, que tem entre outros pressupostos uma planície homogênea, com concorrência perfeita e distribuição uniforme da população, Christaller chega à forma hexagonal (imagem 3) para a definição da área de mercado. A forma se justifica por não haver sobreposição de áreas ou partes do terreno sem influência definida, o que ocorreria com a utilização de uma forma circular.

A teoria de Christaller evidencia a importância da rede, do espaço físico para a definição da hierarquia. Mais do que isso, a teoria aponta que a grandeza de uma cidade é diretamente definida pela sua localização na rede. Ela seria o resultado da sua disponibilidade de bens e serviços, o que é definida também pelas cidades no seu entorno imediato. Tem-se a partir da

Teoria do Lugar Central que o estudo da disposição e concentração de bens e serviços é necessário para o entendimento da hierarquia das cidades.

Imagem 3 Hierarquia de cidades a partir da sua localização e área de mercado



Fonte thiswill-this.net/07.html

A partir dos conceitos esboçados acima, é possível ter uma ideia melhor da teoria da qual partem muitas das escolhas sobre a metodologia, e de como se pretende usar o geoprocessamento neste exercício.

Dentre os indicadores discutidos por Krafta (1994) sobre desempenho e características atreladas à distribuição espacial das partes que formam o todo, destaca-se para este exercício o modelo de polaridade, onde os pesos são compostos por dois diferentes valores.

O primeiro valor sendo ligado à forma construída (rede) e o segundo a outros atributos. No cálculo participam os pesos das demandas na origem e das ofertas no destino. A distribuição das frações será para todas as entidades que compõe o caminho mínimo. A seguir será apresentado o exercício propriamente dito, assim como o passo-a-passo da sua metodologia.

2 O modelo da Serra Gaúcha

Tanto a definição como a construção do modelo configuracional a ser utilizado nos softwares de geoprocessamento partem dos seguintes pressupostos considerados a partir da bibliografia: (i) a demanda pelos serviços das grandes cidades corresponde não apenas à população local e (ii) a relação de demanda e oferta das cidades é um fator relevante para a determinação da hierarquia de um sistema de cidades.

Destaca-se inicialmente a falta de bibliografia especializada pertinente sobre as relações configuracionais dos municípios da Região Metropolitana da Serra Gaúcha (RMSG), que tem em Caxias do Sul sua maior cidade. Destaca-se também o caráter da atual seção do trabalho, caracterizado como descritivo da metodologia aplicada à construção do modelo de cálculo e seu carregamento com os dados propostos.

A relação do que se chama de oferta e demanda de uma cidade com a população “nativa” e das cidades hierarquicamente menores parece ser influenciada de alguma forma pela distribuição espacial da mesma

Para a construção do modelo, partiu-se das seguintes hipóteses: (i) a posição espacial da cidade no sistema interfere na sua posição hierárquica; (ii) a relação de demanda e oferta tem influência direta sobre o fluxo rodoviário entre as cidades; (iii) a distribuição de unidades comerciais e serviço é mais diretamente ligado ao tamanho do “papel regional” da cidade do que ao tamanho da sua população; (iv) o modelo de polaridade é capaz de descrever a proporção do volume de tráfego entre cidades.

A preparação para a construção do modelo parte do arquivo disponibilizado pelo IBGE com todos os municípios do estado do Rio Grande do Sul, representados por polígonos, até sua transformação em pontos únicos, um para cada município.

A escolha da área a ser trabalhada, a Região Metropolitana da Serra Gaúcha (RMSG), deu-se pela existência de cidades com diferentes escalas de tamanho e hierarquia, segundo os estudos prévios do IBGE (2007; 2013). E também pela concentração de 10% dos pontos de pedágio do estado nessa região devido ao alto fluxo rodoviário que passa pelas estradas que ligam e cortam as cidades.

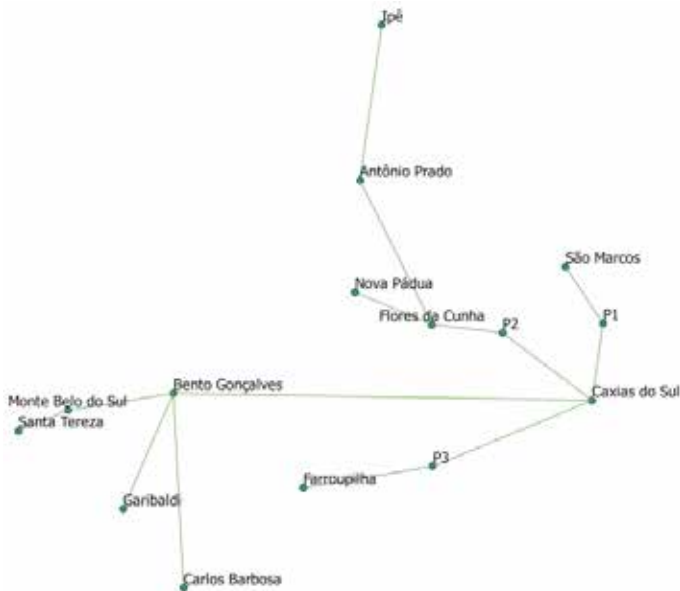
A partir da delimitação do espaço trabalhado, usou-se de mapas e informações disponibilizados pelo Departamento Autônomo de Estradas e Rodagem do Rio Grande do Sul (DAER) para fazer as conexões necessárias entre os municípios. Partindo destas informações também se mapeou as praças de pedágio e as suas respectivas localizações na rede.

O modelo espacial é assim definido como as cidades e os pedágios sendo representados por pontos. Estes por sua vez estão conectados por

linhas que representam as estradas (imagem 4).

Os dados com os quais o modelo foi carregado foram a população de cada cidade (IBGE), que define a demanda pelos serviços, e o número de estabelecimentos que compõe o setor terciário (levantamento disponibilizado pelo MET), que define a oferta (tabela 2). Além dos indicadores calculados pelo software Medidas Urbanas, também foi calculada com o uso da extensão MMQGIS no software Qgis a chamada Hub Distance, entendida como a soma das distâncias de um ponto para todos os outros (tabela 1).

Imagem 4 Modelo espacial



Fonte Autor com uso de Qgis v2.10.1

PEDÁGIO	acessibilidade		centralidade		polaridade		potencial		mmqgis	
	valor	%	valor	%	valor	%	valor	%	valor	%
P1	6,9677	32,22102503	2,4116	22,0543586	2,0491	21,85986	2,0491	21,86826	4001,079	25,25165985
P2	6,9677	32,22102503	3,463	31,6695321	2,8307	30,198	2,8307	30,2096	4154,297	26,21864763
P3	7,6893	35,55794994	5,0602	46,2761093	4,494	47,94214	4,4904	47,92214	7689,441	48,52969252

Tabela 1 Indicadores espaciais nos pedágios

Com os resultados obtidos a partir dos softwares, é possível comparar o fluxo virtual nos pedágios com o fluxo real. Tendo as proporções se mantido e, portanto também se mantido a hierarquia entre as praças de pedágio, leva-se a crer que o indicador escolhido, de polaridade, é também capaz de descrever as diferenças hierárquicas entre as cidades.

Fica claro aqui que trata-se exclusivamente de um estudo de morfologia urbana, que leva em conta alguns quesitos e que por consequência exclui tantos outros. Compararam-se então os resultados de polaridade, dos cálculos feitos pelo MMQGIS e o fluxo real diário registrado em cada pedágio da RMSG (tabela 3) a partir do coeficiente de correlação de Pearson.

	FID	município	pop	oferta	HubDist
0	0	Antônio Prado	12837	961	9206.356575376399633
1	1	Bento Gonçalves...	109926	9196	6268.183866174028481
2	2	Carlos Barbosa	25193	1945	11454.062878407576136
3	3	Caxias do Sul	435564	31101	4556.172749296893926
4	4	Farroupilha	71281	4553	7689.441344882736303
5	5	Flores da Cunha	27135	2430	4154.296938942637098
6	6	Garibaldi	30692	2640	6840.126075053710338
7	7	Ipê	6017	437	9206.356575377321860
8	8	Monte Belo do...	2670	152	3136.192435641016345
9	9	Nova Pádua	2445	102	4915.695910302951233
10	10	Santa Tereza	1717	126	3136.192435641016345
11	11	São Marcos	20105	1382	4001.079486917543818
12	12	P1	0	0	4001.079486917671147
13	14	P3	0	0	7689.441344882470730
14	13	P2	0	0	4154.296938942637098

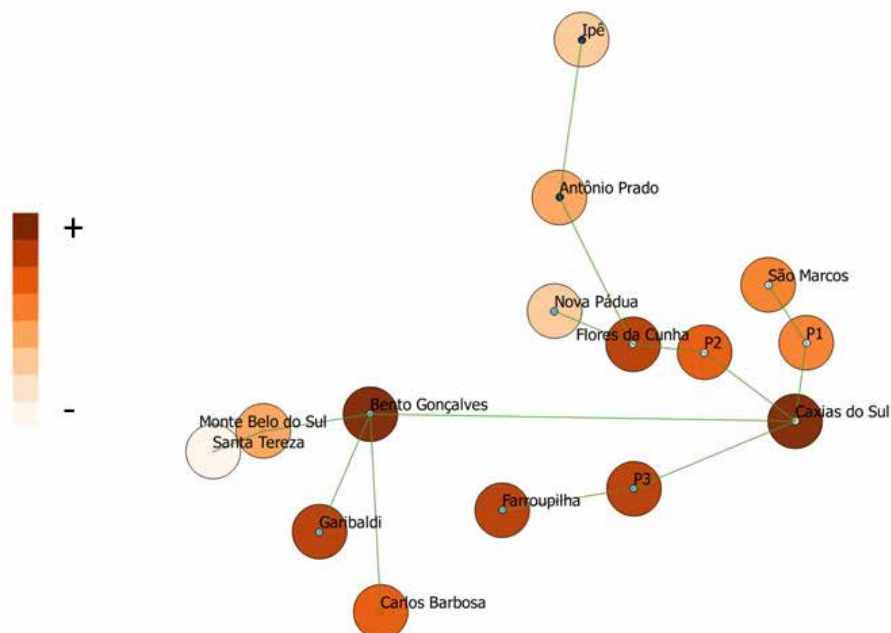
Tabela 2 Características dos municípios RMSG

PEDÁGIO	Fluxo automóvel/dia	%
P1	3377	15,12
P2	3293	21,03
P3	15661	70,13

Tabela 3 Volume diário de tráfego nos pedágios

A relação dos valores reais de tráfego com o calculado pela extensão MMQGIS é de 96,04%. Entre o tráfego e o indicador de polaridade 97,6%, e entre MMQGIS e o indicador de polaridade é de 96,05%. Embora trate-se de um espaço amostral pequeno, são valores que parecem respaldar a escolha da metodologia.

Complementando os resultados numéricos fez-se um mapa de calor com os valores de polaridade de cada município juntamente aos de cada pedágio (imagem 6). A partir do exercício, supõe-se que a polaridade pode ser um bom indicador de hierarquia regional.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre os objetivos esperados com esse experimento, se destacam possibilitar uma alternativa aos modelos gravitacionais no estudo da hierarquia regional; determinar um indicador capaz de estipular o fluxo entre as cidades a partir da relação oferta-demanda; e mensurar a hierarquia regional a partir desse indicador. A metodologia parece adequada para o cálculo de fluxos entre cidades. Os resultados obtidos a partir da utilização de modelos configuracionais aplicados em softwares de geoprocessamento aproximaram-se dos dados reais das estradas inseridas no estudo.

A utilização de dados dos fluxos reais em pontos determinados das rodovias (pedágios), parece adequado e podem ser considerados como uma espécie de amostragem do que ocorre em toda a malha viária regional. Distorções nos resultados devem ser consideradas e podem ser futuramente estudadas. A provável causa destas pode ter sido principalmente pelo efeito de borda – estradas estudadas são utilizadas por um número muito maior de pessoas, e a quantidade de ofertas, demandas e destinos das populações consideradas não se restringe às cidades da RMSG - e pelo tamanho redu-

zido do espaço amostral – rede estudada faz parte de um sistema muito maior.

A definição da hierarquia espacial de uma região, no caso da Região Metropolitana da Serra Gaúcha, visa do ponto de vista teórico, contribuir com o entendimento e a discussão de uma cidade no sistema regional que compõe. Do ponto de vista prático, buscou-se contribuir com um modelo acessível e reproduzível em diferentes escalas. Em relação ao objeto estudado, espera-se que a discussão deste tema leve à contribuições de planejamento da logística e dos transportes da região.

REFERÊNCIAS

- BETTENCOURT, Luis ; WEST, Geoffrey. Growth, Innovation, scaling, and the pace of life in cities. *PNAS*, v. 107, n. 17, 2007.
- CHRISTALLER, Walter. *Die zentralen Orte in Süddeutschland*. Jena: Gustav Fischer, 1933.
- GABAIX, Xavier. The Evolution of City Size Distributions. In: HENDERSON, J.; THISSE, Frédéric. (Ed.). *Handbook of Regional and Urban Economics*. Amsterdam: Elsevier, 2004.
- GIBRAT, Robert. *Les Inégalités économiques*. Paris: [s.n.], 1931.
- HOLMES, Thomas; LEE, Sanghoon. *Agglomeration Economics*. Chicago: The University of Chicago, 2000.
- KRAFTA, Rômulo. Modelling intraurban configurational development, Environment and planning B. *Planning and design*, v.21, n.1, 1994.
- PARETO, Vilfredo. La Courbe de la Repartition de la Richesse. In: *Oeuvres Completes de Vilfredo Pareto*. Genebra: Busino, 1967.
- ZIPF, George. *Human Behavior and the Principle of Least Effort*. Cambridge: Wesley, 1949.

Recebido em 16/02/2020

Aprovado em 24/04/2020