



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Presidente Prudente

Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas

CAIO FLÁVIO MARTINEZ FONTOURA JÚNIOR

**A INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA NA IDENTIFICAÇÃO
DE CENTRALIDADES URBANAS: ESTUDO DE CASO
NO MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAÍ, RIO DE JANEIRO**



PRESIDENTE PRUDENTE

2020

CAIO FLÁVIO MARTINEZ FONTOURA JÚNIOR

A INFLUÊNCIA DA TOPOGRAFIA NA IDENTIFICAÇÃO DE CENTRALIDADES URBANAS: ESTUDO DE CASO NO MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAÍ, RIO DE JANEIRO

Relatório de Dissertação de mestrado
apresentado ao Programa de Pós-
Graduação em Ciências Cartográficas da
FCT-UNESP - Campus de Presidente
Prudente, como parte dos requisitos
parciais para a obtenção do título de
Mestre em Ciências Cartográficas.

Orientador: Prof. Dr. Edmur Azevedo
Pugliesi.

Coorientadora: Prof. Dr. Vilma Mayumi
Tachibana

PRESIDENTE PRUDENTE

2020

F684i

Fontoura Júnior, Caio Flávio Martinez

A influência da topografia na identificação de centralidades urbanas : estudo de caso no município de Barra do Piraí, Rio de Janeiro. / Caio Flávio Martinez Fontoura Júnior. -- Presidente Prudente, 2020
78 f.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente

Orientador: Edmur Azevedo Pugliesi

Coorientadora: Vilma Mayumi Tachibana

1. Policentrismo. 2. Planejamento Urbano. 3. Abordagem
Morfológica. 4. Estimador de Densidade Kernel. 5. Componente

Principal. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de
Ciências e Tecnologia, Presidente Prudente. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Presidente Prudente

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: A Influência da Topografia na Identificação de Centralidades Urbanas: Estudo de Caso no Município de Barra do Piraí, Rio de Janeiro

AUTOR: CAIO FLÁVIO MARTINEZ FONTOURA JÚNIOR

ORIENTADOR: EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

COORIENTADORA: VILMA MAYUMI TACHIBANA

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em CIÊNCIAS CARTOGRÁFICAS, área: Aquisição, Análise e Representação de Informações Espaciais pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. EDMUR AZEVEDO PUGLIESI

Departamento de Cartografia / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Profa. Dra. JULIA CÉLIA MERCEDES STRAUCH

Departamento Coordenação de Pós-Graduação da Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) / Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)

Prof. Dr. EDILSON FERREIRA FLORES

Departamento de Estatística / Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente

Presidente Prudente, 02 de março de 2020

DEDICATORIA

*Dedico este trabalho primeiramente a Deus,
que me deu capacidade e sabedoria para realizá-lo,
a todos os que sempre me ampararam, apoiaram,
incentivaram e compreenderam,
em especial aos meus pais, Caio e Ana Maria,
minha namorada Lariane pela paciência
e aos amigos que contribuíram direta ou indiretamente.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que permite que todas as coisas se concretizem, pois foi pela vontade dEle que consegui chegar até o final desta etapa, pela sabedoria e discernimento dados por Ele. Agradeço também a Nossa Senhora, que sempre esteve presente comigo, intercedendo, me guiando e me livrando de todo o mal.

Agradeço à minha família, especialmente minha mãe, Ana Maria das Neves Valva Fontoura, por todo esforço e apoio dado para que fosse possível chegar até aqui. Ao meu pai, Caio Flávio Martinez Fontoura, que sempre esteve à disposição para me ajudar até chegar à rodoviária. Agradeço também à minha namorada que está caminhando para fazer definitivamente parte da família, pela compreensão, paciência, zelo e pelo carinho que teve por mim nestes últimos cinco anos e cinco meses.

Aos Prof. Dr. Edmur Azevedo Pugliesi e Profa. Vilma Mayumi Tachibana pela excelente orientação e dedicação para que fosse possível finalizar este trabalho.

Agradecer também a compreensão de pessoas especiais em momentos em que não foi possível estar presente e quando minha preocupação e atenção pareciam se voltar exclusivamente a este trabalho.

Aos professores participantes da banca examinadora, Prof. Dra Julia Celia Mercedes Strauch e Prof. Dr. Edilson Ferreira Flores, bem como Caroline de Oliveira Costa Souza Rosa e Douglas Almeida da Silva pelo tempo, pelas valiosas colaborações e sugestões.

À todos os professores do programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas, Cinthia Onishi pela ajuda para que esta etapa fosse concretizada.

Aos colegas de pós-graduação em especial Weverton da Costa, Mariana Thomaz, Leticia Ferrari, Gabriela Takahashi, Nelson Lemes, Melina Bruneli e Gustavo Grassi pelas reflexões, críticas e sugestões recebidas.

Agradeço também pelos aos amigos Nariane e Alisson, por toda ajuda e oportunidade; por todos da Catequese da Paroquia Mãe da Igreja, à família da Marlene e Vander, e Keli e Marcelo, que me acolheram e ajudaram em Presidente prudente.

Este estudo foi financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código Financeiro 001 (88882.433940 / 2019-0).

“O dom da fala foi concedido aos homens não para que eles enganassem uns aos outros, mas sim para que expressassem seus pensamentos uns aos outros.” Santo Agostinho

RESUMO

A expansão urbana vem formando aglomerados populacionais desordenados, o que causa problemas para a administração municipal. A fim de reduzir este tipo de problema, uma das maneiras de reorganizar o território é o policentrismo, conceito que vem sendo aplicado em grande parte da área urbana de diversos países como Estados Unidos, China e países da Europa. O policentrismo pode ser entendido como uma área urbana com pluralidade de centros urbanos. Há duas abordagens para identificar possíveis centralidades: a morfológica e a funcional. Além disso, não foi encontrado quaisquer resultados de trabalhos científicos que tenham utilizado a variável inclinação do relevo nas análises de identificação de centralidades urbanas. Dessa maneira, a variável declividade pode ser um fator impactante na determinação de uma centralidade ou núcleo urbano para localidades brasileiras e que tenha característica similares da área de estudo. O objetivo desse trabalho propõe um estudo para a identificação de centralidades ou a possibilidade de identificar novos núcleos urbanos, por meio da avaliação da morfologia do terreno na formação de subcentros no município de Barra do Piraí no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foram adquiridos arquivos vetoriais da base cartográfica do IBGE 2018, que posteriormente foram tratados e analisados. A fim de compreender a identificação de centralidades foram realizadas análises com a utilização da abordagem morfológica: Componentes Principais (CP), o Índice Global de Moran, o Indicador Local de Associação Espacial – LISA, o *Average Nearest Neighbor* e o Estimador de Densidade kernel. Além disso, foi feita a sobreposição de dados de localização de residências com a declividade com duas classes (áreas permitidas e áreas não permitidas). Os resultados apontam que pelas análises de CP, Índice Global de Moran e o LISA, foi possível analisar inicialmente que há padrões de aglomerados. Porém, a aplicação somente desses métodos não foi suficiente indicar algumas centralidades no município. A partir das análises com a função do *Average Nearest Neighbor* e o Estimador de Densidade kernel foi criado uma superfície, na qual as possíveis residências e demais construções estão localizadas no espaço de maneira concentrada nos distritos, principalmente ao longo das vias e ao longo das encostas dos morros. Dessa maneira, o método se mostrou como uma função que apoia a identificação de centralidades, pois possibilitou conhecer a distribuição espacial da população em área específica. A variável declividade se apresentou como um fator preponderante na identificação de centralidades, e indicou quatro distritos possíveis que apresentam espaços apropriados para expansão de subcentralidades: Dorândia, Ipiabas, Vargem Alegre e Califórnia da Barra. Para a expansão territorial dos centros urbanos a declividade se mostrou um aspecto que limita o crescimento urbano, tornando certas regiões, como a Sede do município limitado pela declividade.

Palavra-chave: Policentrismo; Planejamento Urbano; Abordagem Morfológica; Componente principal; Estimador de Densidade Kernel; Índice Global de Moran; Indicador Local de Associação Espacial – LISA; *Average Nearest Neighbor*.

ABSTRACT

The urban expansion has been creating disorderly population agglomerations, which causes problems for the municipal administration. In order to reduce this type of problem, one of the ways to reorganize the territory is polycentrism, a concept that has been applied in a large part of the urban area of several countries such as the United States, China, and countries in Europe. Polycentrism can be understood as an urban area with a plurality of urban centers. There are two approaches to identify possible centralities: the morphological and the functional. In addition, no results were found from scientific studies that have used the variable slope of relief in the analysis of identification of urban centralities. Thus, the slope variable can be an impacting factor in determining a centrality or urban nucleus for Brazilian locations and which has similar characteristics of the study area. The aim of this work proposes a study for the identification of centralities or the possibility of identifying new urban centers, through the evaluation of the morphology of the land in the formation of sub-centers in the municipality of Barra do Piraí in the State of Rio de Janeiro, Brazil. Vector files were acquired from the IBGE 2018 cartographic base, which were later treated and analyzed. To understand the identification of centralities, analyzes were performed using the morphological approach: Principal Components (CP), the Moran Global Index, the Local Indicator of Spatial Association - LISA, the Average Nearest Neighbor and the kernel Density Estimator. Besides, overlapping household location data was made with the slope with two classes (permitted areas and non-permitted areas). The results show that through the analysis of CP, Moran's Global Index, and LISA, it was possible to initially analyze that there are cluster patterns. However, the application of these methods alone was not sufficient to indicate some centralities in the municipality. From the analysis with the Average Nearest Neighbor function and the kernel Density Estimator, a surface was created, on which the possible residences and other constructions are located in space in a concentrated way in the districts, mainly along the roads and along the slopes the hills. In this way, the method proved to be a function that supports the identification of centralities, as it allows us to know the spatial distribution of the population in the specific area. A slope variable presents itself as a major factor in the identification of centralities and it indicates four possible districts that have specific spaces for expansion of sub-centralities: Dorândia, Ipiabas, Vargem Alegre and Califórnia da Barra. For a territorial expansion of urban centers, the slope may have an aspect that limits urban growth, causing certain regions, such as the Municipality's headquarters limited by the slope.

Keywords: Polycentrism; Urban Planning; Morphological Approach; Principal Component; kernel Density Estimator; Moran Global Index; Local Indicator of Spatial Association – LISA; Average Nearest Neighbor.

Lista de Figuras

Figura 1 – Distribuição dos locais urbanizados	15
Figura 2 - Tecido urbano assentado entre as vertentes	16
Figura 3 - Definição da forma urbana	22
Figura 4 - Etapas da evolução da região urbana policêntrica	23
Figura 5 - Distribuição das residências e demais construções no distrito de Ipiabas	26
Figura 6 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos, onde o círculo representa o raio de abrangência que é formado entre os pontos a serem interpolados.	27
Figura 7 - Matriz de proximidade espacial de primeira ordem, normalizada pelas linhas.....	29
Figura 8 - Mapa de localização de Barra do Piraí, RJ – BR.....	33
Figura 9 - Modelo Digital de Terreno de Barra do Piraí, RJ	34
Figura 10 - Etapas do trabalho para a criação de uma superfície do município.	35
Figura 11 – <i>Screeplot</i> dos autovalores dos componentes principais.....	40
Figura 12 – Relatório de autocorrelação espacial do Fator 1: propriedades alugadas, boa infraestrutura e renda (a); Fator 2: propriedades próprias, boa infraestrutura e renda (b), Fator 3: renda baixa (c) e Fator 4: renda média (d)	43
Figura 13 – LISA aplicado ao Fator 1: propriedades alugadas, infraestrutura e renda.....	44
Figura 14 – LISA aplicado ao Fator 2: propriedades próprias, infraestrutura e renda	45
Figura 15 – LISA aplicado ao Fator 3: renda baixa	45
Figura 16 – LISA aplicado ao Fator 4: renda média	46
Figura 17 – Densidade de pontos com a distribuição de possíveis residências e demais construções	47
Figura 18 – Relatório da função <i>Average Nearest Neighbor</i>	48
Figura 19 – Densidade Populacional do município de Barra do Piraí	49
Figura 20 – Declividade do município de Barra do Piraí para fins de loteamento	50
Figura 21 – Declividades das possíveis residências e demais construções em áreas abaixo de 30%.....	51
Figura 22 – Declividades das possíveis residências e demais construções em áreas acima de 30%.....	51
Figura 23 – Densidade populacional e declividade maior que 30%	52
Figura 24 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), na sede do município.....	53
Figura 25 – Recorte do mapa com destaque para áreas que aparentam ser permitidas para urbanização, mas não são.....	54

Figura 26– Superfície de densidade de residências e demais (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Califórnia da Barra.....	54
Figura 27 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Dorândia e Vargem Alegre	55
Figura 28 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Ipiabas	56
Figura 29 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em São José do Turvo	57

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Componentes Principais, autovalores, porcentagem da variação explicada por cada componente (VCP) e as porcentagens	39
Tabela 2 – Coeficientes de ponderação dos componentes principais.	41
Tabela 3 – Cargas fatoriais não rotacionadas e suas communalidades	41
Tabela 4– Variáveis e seus respectivos índices, Z-score e p-valor.....	44

Sumário

1. INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivos.....	16
1.2 Justificativa	17
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1 Policentrismo no ordenamento territorial	19
2.2 Análises espaciais para identificação de centralidades	23
2.3 Análise espacial de dados geográficos.....	24
2.4 Análise espacial de eventos	25
2.5 Análise espacial de área	28
2.6 Análise multivariada	30
3. MATERIAS E MÉTODOS.....	32
3.1 Materiais	32
3.2 Área de Estudo.....	32
3.3 Levantamento e organização de dados	36
3.4 Análise espacial	37
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1. Análise dos componentes principais	39
4.2. Análise da distribuição espacial por setores censitários.....	43
4.3. Análise da distribuição espacial das residências	47
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
Apêndice 1 – Artigo elaborado para um estudo preliminar do projeto de dissertação.....	65

1. INTRODUÇÃO

Os estudos sobre a forma e a função urbana já eram realizados desde os tempos dos filósofos gregos Aristóteles e Platão com a preocupação em otimizar o tamanho das cidades para melhorar o estabelecimento das interações sociais e políticas (LI; LIU, 2018). Nos tempos atuais, essas preocupações persistem pelos governos locais, tais como as prefeituras. Os governos de diferentes esferas do poder estão preocupados em identificar qual é a maneira mais adequada de realizar as interações sociais e políticas, bem como a gestão de suas áreas administrativas, em escala geográfica de município, cidade e estado. E a maneira pela qual a estrutura urbana é caracterizada pode influenciar três fatores: competitividade econômica, coesão social e sustentabilidade ambiental das cidades (BURGER; MEIJERS, 2012).

Segundo Burger e Meijers (2012), nos tempos atuais a imagem do município americanos nos Estados Unidos possui uma característica totalmente diferente daquela de antigamente, em que os mesmos eram compostos por um núcleo urbano e uma área rural. Essa estrutura se encontra obsoleta devido aos avanços na infraestrutura de transporte e comunicação, os quais são influenciados pelo processo de descentralização e suburbanização de pessoas e de serviços.

Desse modo, o policentrismo é uma maneira de reestruturação territorial e vem sendo aplicado em grande parte da área urbana de diversos países. Tem o objetivo de determinar e justificar os componentes da estrutura urbana das cidades e analisar os aspectos nas áreas social, demográfica, econômica e ambiental (ESTUPIÑÁN *et al.*, 2013).

Na escala continental europeia, o policentrismo é entendido como uma maneira alternativa de destacar o desenvolvimento das regiões mais homogêneas ao longo do seu território, a partir de duas abordagens: a funcional e a morfológica. A abordagem funcional está relacionada com redes de fluxos e cooperação entre as regiões de maior e de menor aglomeração, e a abordagem morfológica está caracterizada com a distribuição das áreas urbanas nos territórios como, por exemplo, o número, a hierarquia e a distribuição das cidades (ESPON, 2011).

Embora o policentrismo seja entendido como uma área urbana com pluralidade de centros, este conceito tem um significado mais amplo e mais complexo, o qual varia de acordo com a perspectiva espacial, social, econômica e histórica da pesquisa (PESSOA, 2011). Segundo a Rede de Observação Europeia para o Desenvolvimento e Coesão Territorial (*European Observation Network for Territorial Development and Cohesion* - ESPON (2019), o policentrismo teve origem na Europa, por volta de 1930, por meio do desenvolvimento da

Teoria do Lugar Central (TLC), tendo o intuito de contribuir para a estrutura urbana em relação ao desenvolvimento regional, a redução da desigualdade entre as regiões, bem como o aumento da competitividade para melhorar a integração em relação à economia global e o desenvolvimento sustentável.

Na identificação de possíveis centralidades tanto pela abordagem morfológica quanto pela abordagem funcional, diversos critérios têm sido elencados. Pela abordagem morfológica, por exemplo, subcentros surgem com a presença de pelo menos cinco mil empregos por Km² ou um mínimo de 10 mil empregos (GIULIANO; SMALL, 1991); ou que subcentros não podem ser restritos às aglomerações de emprego (uso do solo *versus shopping center*) (GORDON; RICHARDSON, 1996) e; a policentricidade pode referir-se a qualquer agrupamento de atividade humana (KLOOSTERMAN; MUSTERD, 2001).

Pela abordagem funcional, os subcentros se formam a partir de uma rede de nós, ligações, fluxos e malhas (MEIJERS, 2005; GREEN, 2007), e isso ocorre por meio de sinergias alcançadas, cooperação, complementaridade e externalidade. Na prática, o policentrismo funcional auxilia na identificação de subcentros ou novos núcleos que se relacionam entre si para medir a magnitude do fenômeno na realidade das áreas urbanas (ESTUPIÑÁN *et al.*, 2013).

O termo policentrismo pode apresentar-se com diferentes denominações tais como “regiões metropolitanas polinucleadas”, “regiões urbanas policêntricas”, “cidade-região global”, “mega cidade-região”, dentre outros. Porém, o significado é basicamente o mesmo (PESSOA, 2011).

Diante do levantamento feito na literatura, a identificação e avaliação do policentrismo englobam diversas áreas, tendo maiores destaques a economia e a gestão administrativa e territorial urbana. Alguns estudos levantados por Li e Liu (2018) constataram que, por meio do método de regressão linear, foi possível observar o comportamento da produtividade urbana em relação à estrutura espacial: cidades que possuem maiores graus de dispersão tenderam a ter um menor grau de produtividade. Naquele estudo foi verificado que a produtividade urbana estava relacionada com a densidade populacional. Cidades com maior tendência ao monocentrismo possuem um maior nível de produtividade, enquanto regiões mais policêntricas aumentam a produtividade com o adensamento populacional. Além disso, os fatores relevantes na produtividade de regiões policêntricas podem estar relacionados fortemente entre os (sub) centros urbanos.

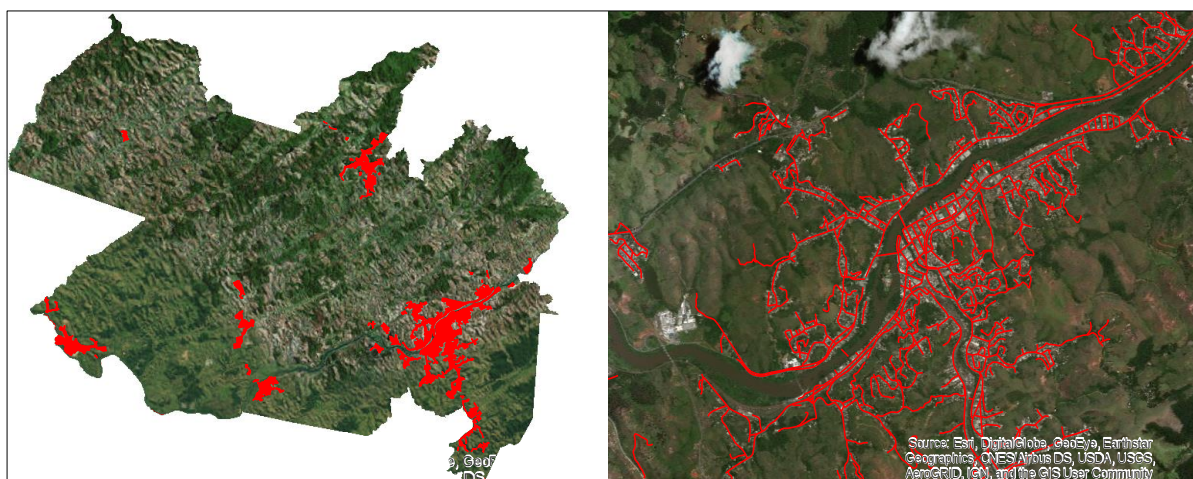
Dematteis (2009) mostra como o fator natural da região alpina (cordilheira europeia na região entre Itália, França, Suíça, Alemanha e Áustria), pode influenciar os fatores turísticos,

socioeconômicos e culturais, e podem interferir na gestão territorial das cidades desses países, faz com que suas regiões se tornem mais favoráveis ou mais valorizadas na administração pública.

Portanto, os resultados das buscas feitas em periódicos especializados revelaram que a maiorias dos estudos sobre o policentrismo aconteceu nos Estados Unidos, Europa e China. No entanto, esses países possuem particularidades de modo que as técnicas e as variáveis de análise não podem ser generalizadas para qualquer área de estudo. Dessa maneira, é importante ter o conhecimento sobre área a ser analisada, como o contexto físico da área de estudo, fatores que podem ajudar na compreensão do desenvolvimento territorial de um determinado local e as limitações da região, pois certas técnicas não podem ser replicadas para qualquer região (PESSOA, 2011).

O município de Barra do Piraí, localizado no estado do Rio de Janeiro, está inserido em uma região que se apresenta com alta variação de relevo (cerca de 900 metros da porção mais baixa para a mais alta), com uma morfologia heterogênea e muito parecida com os outros municípios de tamanho médio no estado do Rio de Janeiro. A estrutura do tecido urbano possui uma característica dispersa e fragmentada (Figura 1). Isso pode ser explicado, também, pelo fato de o município estar localizado em uma região que possui alta variação de relevo, onde as residências e demais construções são assentadas entre as vertentes (Figura 2).

Figura 1 – Distribuição dos locais urbanizados



Fonte: Vias provenientes da base cartográfica do estado do Rio de Janeiro (IBGE, 2018b); imagem de satélite oriunda do ArcGIS Basemap ESRI.

Figura 2 - Tecido urbano assentado entre as vertentes



Fonte: Google Earth (2019)

A leitura aponta que o deslocamento de parte da população para regiões com alta inclinação de relevo pode ocorrer por diversos motivos, como: i) a reabilitação das moradias ocupadas por grupos populares, ii) o abandono involuntário dos bairros por parte da população com a renda limitada que não consegue pagar os impostos sobre a propriedade, iii) a impossibilidade financeira por parte dos jovens emancipados e, iv) a emigração de residentes pela ausência de instituições sociais, econômicas e religiosas (BATALLER, 2012).

Por meio das pesquisas em periódicos, não foi encontrado quaisquer resultados de trabalhos científicos que tenha utilizado a variável inclinação do relevo nas análises de identificação de centralidades urbanas. Dessa maneira, a variável declividade é um fator impactante na determinação de uma centralidade ou núcleo urbano para localidades brasileiras e que tenha característica similares da área de estudo, em vista que nos países onde foram realizados esses estudos a declividade não foi analisada. Embora avaliação da influência da declividade na identificação de centralidades não tenha sido encontrada na literatura, visto que as cidades ou os países em que foram desenvolvidos esses estudos de policentrismo possui pouca influência de alta declividade, diferente de cidades localizadas em regiões montanhosas, como Barra do Piraí, RJ.

1.1 Objetivos

O presente trabalho propõe um estudo para a identificação de centralidades ou a possibilidade de identificar novos núcleos urbanos, por meio da avaliação da morfologia do

terreno na formação de subcentros no município de Barra do Piraí no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Os objetivos específicos são:

- Identificar variáveis que melhor explicam os agrupamentos espaciais de um conjunto de dados socioeconômico;
- Verificar a influência da declividade na identificação de centralidades urbanas por meio da abordagem morfológica;
- Verificar se o município de estudo tem a tendência em ser uma região policêntrica, e, caso seja, qual o modo de formação da cidade.

1.2 Justificativa

Nas cidades médias, assim como Barra do Piraí, no decorrer do processo de expansão urbana ocorreu a produção de um tecido fragmentado, com bairros distantes e descontínuos, habitados pela camada de pessoas com renda mais baixa (MARQUES *et al.*, 2016; Goulart *et al.*, 2013). Dessa maneira, parte da população se encontra em localidades dependentes da centralidade principal do município.

Resultados de estudos desenvolvidos apontam que a identificação de centralidades resulta em uma série de vantagens para a população, quando trabalhada apropriadamente pelo poder público. As vantagens podem ser compreendidas da seguinte maneira: beneficiar a população que se localiza em regiões mais afastadas do centro; beneficiar os habitantes e até mesmo os órgãos públicos do município a diminuir gastos com transporte coletivo em relação às necessidades de consumo da população; reestruturar o centro de origem em relação ao trânsito e reorganizar a cidade de maneira que ocorra uma melhor distribuição de comércios, prestação de serviços e empreendimentos, buscando valorizar e recuperar regiões degradadas (JÚNIOR; SANTOS, 2010; FONSECA; RAMOS, 2004).

Dentre as diretrizes do plano diretor do município de Barra do Piraí está o planejamento e a ocupação territorial de maneira sustentável, e o modo como se direciona o crescimento da cidade. Além disso, conforme é preconizado no plano diretor um dos objetivos é de “reconstruir área urbana com a criação de multicentralidades definindo projetos urbanos específicos para cada centralidade identificada” (BRASIL, 2006).

Para Lima e Simões (2010), a renda fundiária refere-se às atividades econômicas, que são aquelas localidades mais próximas dos seus mercados, que geram uma concorrência pelo espaço. Dessa maneira, quanto mais denso for o centro urbano em relação à população e renda, maior será a renda fundiária, o que conduz estas regiões a se tornarem altamente rentáveis por

área, que terão condições de se localizarem no núcleo do centro urbano. Além disso, a própria região aglomerada gera deseconomias em relação aos custos de deslocamentos e às condições de desamenidade urbanas como poluição, criminalidade, exclusão social, aceleração da migração interna e aumento do desemprego, dentre outros. Essas variáveis equilibram as economias de aglomerações, o que conduz à redução do ritmo de expansão urbana.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Policentrismo no ordenamento territorial

As cidades são organizadas por meio de dois modelos, o monocêntrico e o policêntrico, sendo a principal diferença entre eles a organização física das atividades urbanas (PESSOA, 2011). O policentrismo pode ser definido como uma região urbana com várias centralidades (PESSOA, 2011). Segundo Parr (2004), o policentrismo pode ser definido como uma região com vários centros, assim como Pessoa (2011) define, porém, deve ser ressaltado que esses centros possuem características urbanas. Em outras palavras, essas localidades devem possuir grande quantidade de pessoas e de empregos. Já o monocentrismo é melhor representado por um padrão de interações no formato de estrela, onde os fluxos de bens, serviços e passageiros entre centros de diferentes ordens hierárquicas são unilaterais e centralizados (BURGER; MEIJERS, 2012).

A implementação do policentrismo pode ser utilizada como estratégia metodológica para compreender a dinâmica territorial na escala geográfica a nível regional por meio de duas abordagens, a morfológica e a funcional (SILVEIRA *et al.*, 2017). Em relação a abordagem morfológica, o policentrismo está relacionado ao equilíbrio relativo na importância geral das cidades, o qual pode ser medido por meio da avaliação de diferentes produtos econômicos e do comportamento da distribuição da população no espaço, ou seja, estão relacionados às atividades urbanas no espaço. A abordagem funcional possui diferentes significados, devido ao fato de estar associada à noção de policentrismo e o modo de como tem sido aplicado. Isso pode explicar sua grande difusão e diversidade de uso. Além disso, essa abordagem está relacionada ao deslocamento de bens, serviços e informações e tem sido valorizada na dinâmica territorial, em diferentes escalas geográficas, e na estratégia operacional para viabilizar a implementação de políticas públicas de ordenamento territorial. Também, está relacionada ao equilíbrio relativo da integração regional entre os núcleos urbanos, que avalia a importância diferencial desses núcleos dentro do fluxo corporativo ou de infraestrutura (SILVEIRA *et al.*, 2017; LIU *et al.*, 2016).

A centralidade de um município apresenta um intenso fluxo de atividades, concentrações de comércio e certas complexidades, tanto física quanto humana, o que torna essa região diferente das que se encontram em seu entorno. Mas, isso é variável de acordo com as características de cada cidade. Em uma mesma cidade podem existir diversos centros com grande concentração de comércio e prestação de serviços. Contudo, em algumas ocasiões, o

centro não estará localizado na região geográfica de origem do centro da cidade (JÚNIOR; SANTOS, 2010).

Devido às rápidas e contínuas mudanças territoriais contemporâneas, têm surgido novos problemas e dificuldades sociourbanísticas, que evidenciam a criação de novas ênfases de centralidade, como o surgimento de subcentros, que produzem impactos socioespaciais (JÚNIOR; SANTOS, 2010). Desse modo, são necessárias novas maneiras de operar, de pensar e de agir na administração, especificamente nas cidades (FONSECA; RAMOS, 2004). Em consonância, Mafra e Silva (2004) afirmam que reorganizar a estrutura urbana requer novas tecnologias, as quais servem para apoiar a formulação e a implementação de políticas públicas.

A identificação de uma nova centralidade está envolvida diretamente com o processo de reestruturação e reorganização do espaço urbano, onde as novas centralidades, além da região tradicionalmente central, remodelam a estrutura espacial da cidade, em função das alterações das atividades de gestão, comércio e serviços (JÚNIOR; SANTOS, 2010).

O estudo sobre o desempenho econômico da estrutura urbana, com base no policentrismo, tem sido bastante importante nas implicações políticas que são utilizados pelos planejadores urbanos. Assim, como um modo de conseguir reorganizar o espaço e para alcançar a nova forma urbana, atualmente, o estudo policêntrico é compreendido como uma estratégia forte na China, onde se tornou um importante aparato político (LIU *et al.*, 2016).

A partir do estudo sobre policentrismo foram descobertas duas deficiências. A primeira relacionada à aplicação insuficiente da estratégia policêntrica. Os governos locais de cidades em crescimento estavam preocupados com o projeto imobiliário ou com a zona industrial de desenvolvimento sem levar em consideração o equilíbrio entre emprego e habitação. Isso pode limitar a formação das estruturas policêntricas integradas e gerar um desempenho inferior. A segunda deficiência está relacionada com o tempo em que as estratégias policêntricas foram introduzidas, pois todo o conjunto de implicações levará algum tempo para ser registrado (ZHANG *et al.*, 2017).

A partir do estudo de Zhang *et al.* (2017) foi possível concluir que, no contexto chinês, existe uma forte relação entre a estrutura espacial urbana e o desempenho econômico, especificamente em escala municipal. Para realizar análises em regiões urbanas policêntricas o fator econômico foi considerado o mais importante e indispensável (KLOODTERMAN; MUSTERD, 2001). Além do ponto de vista econômico, essas centralidades precisam ser qualificadas em três aspectos. O primeiro está relacionado à necessidade de fluxos de viagens e de mercadorias em comparação àquelas que ocorrem dentro de uma mesma área metropolitana. Dessa maneira, certas atividades econômicas podem ser desestimuladas.

O segundo aspecto está relacionado ao tamanho da área urbana, que muitas vezes deriva da natureza do ambiente metropolitano que estão relacionados a fatores como densidade populacional, proximidades e estrutura. Desse modo, a estrutura espacial de uma região policêntrica impede a presença desses fatores e as vantagens impactam sobre eles. O terceiro aspecto está relacionado com a perspectiva econômica da região policêntrica, sendo que a estrutura espacial distinta pode, em certos casos, representar uma reponsabilidade geral. Os problemas, tais como população urbana dispersa, infraestrutura de pequena escala, falta de empregos de alto nível e divisão de esforços entre centros concorrentes, quando combinados podem gerar um desconforto que pode formar um ambiente de investimento desfavorável. Assim, um problema de ajuste econômico se torna evidente, tornando a região policêntrica uma região de estresse econômico (PARR, 2004).

O subcentro pode ser entendido como uma área que possui a mais alta densidade de emprego do que as áreas adjacentes, além de que o subcentros devem ser grandes o suficiente para que ocorra um efeito significativo na estrutura espacial geral da região urbana. Desse modo, ocorre um aumento local na densidade populacional, nos preços da terra e da moradia (MCMILLEN; SMITH, 2003).

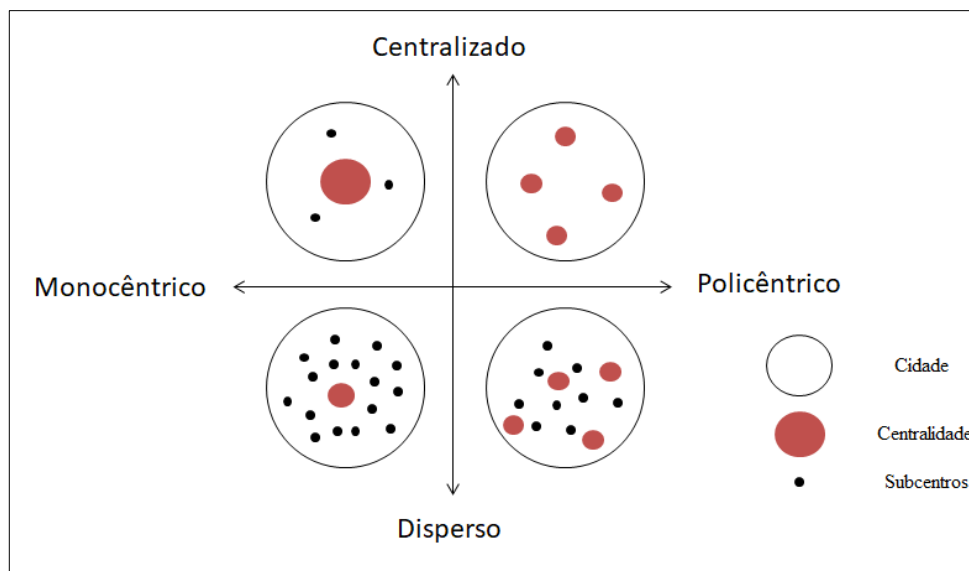
Segundo Meijers e Burger (2010), além do tamanho da estrutura espacial, duas dimensões são importantes: dimensão monocêntrica-policêntrica e a dimensão centralizada-disperso (Figura 3). A dimensão monocêntrica-policêntrica indica o comportamento territorial da população concentrada em um único centro (monocêntrico) ou espalhado por vários subcentros no município, de maneira equilibrada (policêntrica). A dimensão centralizado-disperso se refere ao nível no qual a população e os empregos se encontram organizados nas regiões centrais ou dispersos em locais descentralizados. Essas dimensões são importantes, pois afeta a concentração urbana regional.

Os resultados dos estudos de Meijers e Burger (2010) mostram que não houveram evidências de que a dispersão possa ser um fator negativo na produtividade do trabalho. Pelo contrário, pois, quanto mais dispersa/equilibrada a população, maior a produtividade de trabalho nas regiões metropolitanas. Dessa maneira, a produtividade de trabalho busca manter um equilíbrio entre as aglomerações econômicas e as não econômicas, que procura manter esse equilíbrio, sendo uma característica mais comum em áreas metropolitanas policêntricas.

Por ser um país de dimensões continentais, apresenta uma grande variedade cultural ao longo do território, devido ao processo migratório de vários continentes para o Brasil. Diferentes áreas urbanas possuem diferentes características morfológicas, relações socioeconômicas específicas, e cada localidade possui modos diferentes de organizar o espaço

(governança), ou seja, não há similaridade. A partir do processo de evolução urbana é possível identificar as potencialidades e as limitações da região com o intuito de fornecer um desenvolvimento policêntrico sustentável (PESSOA, 2011).

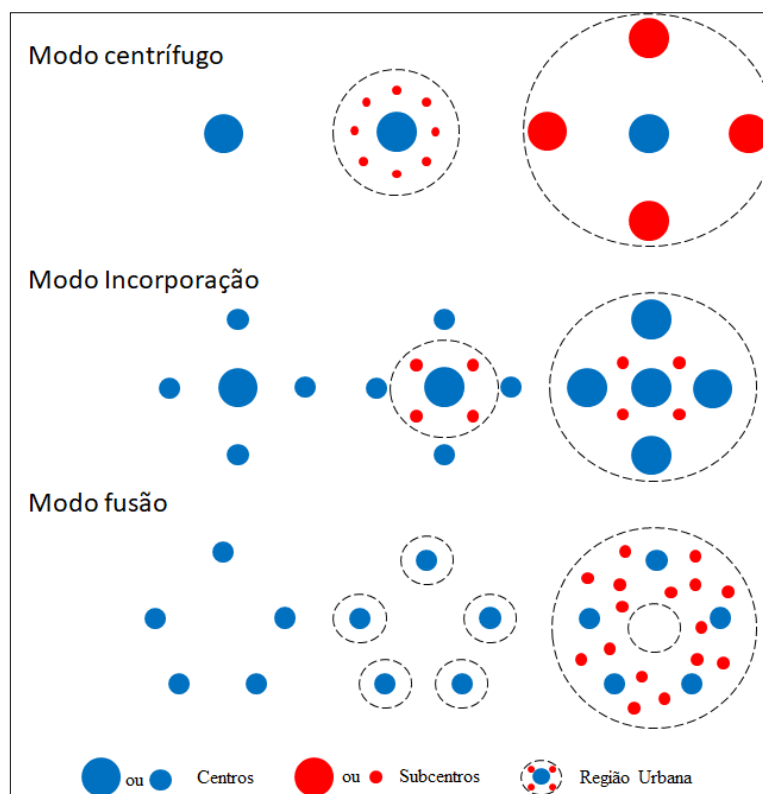
Figura 3 - Definição da forma urbana



Fonte: adaptado de Meijers e Burger (2010)

Segundo Champion (2001), existem três modos como podem surgir o policentrismo: modo centrífugo, modo incorporação e modo fusão (Figura 4). O modo centrífugo surge das regiões monocêntricas ocorre um crescimento contínuo da região, a qual é imposta por tensões severas. Dessa maneira, a produção e as atividades de serviços são substituídas pelos centros alternativos, que em determinado tempo, podem vir a competir com o centro original em tamanho econômico. O modo incorporação surge de um centro urbano expandido, sua área urbana pode incorporar centros menores na área circundante, que antes eram considerados como autossuficientes em termos de emprego e serviços. Assim, os outros centros formam como um ímã mais forte que no modo anterior, que podem atrair outras atividades não residenciais, o que podem tornar um desafio ainda maior ao centro principal em competitividade. E o modo fusão surge de uma fusão entre os dois modos anteriores, independente de tamanho total ou extensão, especificamente devido às melhorias na integração de transporte entre eles.

Figura 4 - Etapas da evolução da região urbana policêntrica



Fonte: adaptado de Champion (2001)

2.2 Análises espaciais para identificação de centralidades

Sobre identificação de centralidades urbanas, os trabalhos encontrados na literatura vêm sendo aplicado em várias escalas geográficas por meio da abordagem morfológica e funcional, dentre as quais: local (ROBERTS *et al.*, 1999), regional (PARR, 2004; SILVEIRA *et al.*, 2017), nacional (LI; LIU, 2018; ESTUPIÑÁN *et al.*, 2013), e internacional (DEMATTEIS, 2009).

Dentre as técnicas para identificação de centralidades, alguns estudos foram realizados com aplicação de análise espacial em relação as abordagens morfológicas: i) análise exploratória do comportamento espacial dos dados, ii) análise de autocorrelação espacial para identificar aglomerados espaciais, iii) Índice Global de Moran e o Indicador Local de Associação Espacial - LISA (GUILLAIN *et al.*, 2004; LI; LU, 2018); iv) análise pelo método dos Mínimos Quadrados Ordinários ou Regressão Ponderada Local (MCMILLEN; SMITH, 2003) e v) Análise de Variância – ANOVA (NUNES *et al.*, 2012).

As técnicas são mais restritas em relação à abordagem morfológica. Por outro lado, na abordagem funcional foram realizados estudos de Análise de Rede Social (*Social Network*

Analysis), a qual consiste na determinação tanto da densidade da rede quanto na policentricidade funcional especial (GREEN, 2007).

Dos principais estudos realizados até o momento, as variáveis utilizadas para identificar possíveis subcentros em ambas as abordagens têm sido: população e densidade populacional; emprego (renda per capita); educação (nível de escolaridade); comutação (entrada e saída); tráfego de e-mail; conversas telefônicas; viagem (lazer, negócio); movimentação de dinheiro; e equipamentos comerciais e/ou de serviços.

2.3 Análise espacial de dados geográficos

Nos tempos atuais, compreender a distribuição espacial dos dados que são decorrentes de fenômenos espaciais estabelece um grande desafio para explicar as questões centrais em diversas áreas do conhecimento. O intuito da análise espacial, além de medir características e relacionamentos, leva em consideração a localização espacial do evento que se pretende estudar, modelar e explorar processos que se expressam por meio da localização no espaço (CÂMARA *et al.*, 2004a). Dentre as técnicas utilizadas para compreender as características das análises espaciais, há três tipos que são eventos pontuais, superfície contínua e área com contagem e taxas de agregados (CÂMARA *et al.*, 2004a).

O conceito de dependência espacial indica que grande parte dos eventos podem ocorrer entre os mesmos, em uma relação dependente de distância. E, o conceito de dependência espacial, quando aplicado computacionalmente, corresponde à autocorrelação espacial (CÂMARA *et al.*, 2004a).

O evento pontual é conhecido por meio de ocorrências localizadas no espaço e é identificado por pontos. A partir das análises de padrão de pontos, é possível notar que a localização espacial do ponto é o objeto de interesse. Em certos casos, é utilizada a análise de evento pontual que pode ser aplicada para analisar a distribuição dos pontos. Dessa maneira estão localizados de modo aleatório ou de modo regulamente distribuído. E é comum o estimador de densidade *kernel* ser aplicados em estudos epidemiológicos e populacional (CÂMARA *et al.*, 2004a).

A primeira vez que foi utilizada análise espacial, foi em 1854 por John Snow, em Londres. Naquela época, ocorreu um caso de epidemia de cólera que foi trazida da Índia, porém não tinha o conhecimento exato sobre o modo de contaminação da doença. O médico tinha duas hipóteses: a primeira era de que a contaminação seria pelo ar e a segunda pela ingestão de água insalubre. A partir da construção de um mapa, foram notados que na maioria dos casos de óbitos

estavam próximos de uma bomba localizada na Broad Street. Tanto próximo do poço na Broad quanto um pouco distante, eram pessoas que pegavam água do mesmo lugar

No caso do evento de área, com contagem ou taxas de agregados, podem ser associados a dados populacionais como censo, estatísticas de saúde e cadastramento imobiliário, que se refere a indivíduos localizados em pontos específicos no espaço. Geralmente, são delimitados por polígonos fechados e podem ser por pontos também, tal como o centroide dos polígonos que, posteriormente, podem ser ajustados para estarem localizados no centro da área urbana e não da área do município. Desse modo, os dados são apresentados computacionalmente por representações geométricas que incluem pontos, polígonos, amostras, grade regular e imagens (CÂMARA *et al.*, 2004a).

2.4 Análise espacial de eventos

Os fenômenos que podem ser descritos por localização da ocorrência identificada como eventos pontuais localizados no espaço, o interpolador de densidade *kernel* tem sido empregado em algumas áreas, incluindo estudos de demografia, tal como na identificação de cidades. O principal objetivo é compreender como ocorre a distribuição desses pontos no espaço, se de modo aleatório, em aglomerados ou dispersos (CÂMARA; CARVALHO, 2004).

No contexto das geotecnologias, a etimologia da palavra *kernel* significa núcleo, o qual faz referência a um método estatístico capaz de estimar curvas de densidades. Dessa maneira, cada observação em relação ao núcleo é ponderada pela distância (VIEIRA *et al.*, 2018).

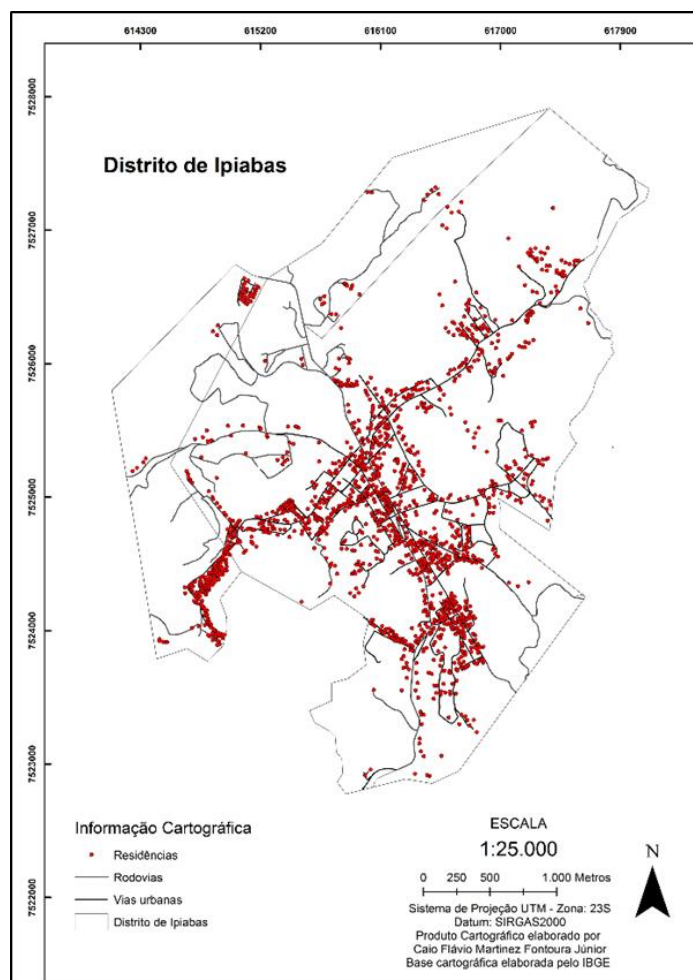
O estimador de densidade *kernel* tem como base a análise de eventos pontuais. O estimador *kernel* estima a intensidade do evento na região de interesse, mesmo em localidades no qual o processo não tenha gerado qualquer ocorrência, pois funciona como uma técnica de interpolação na vizinhança (FREIRE, 2010).

Segundo Wanderley (2013), o estimador de densidade *kernel* é um método não paramétrico com base na informação estrutural contida nos dados. Assim, o parâmetro a ser determinado é a largura da banda do *kernel*, também conhecido como parâmetro suavizador do *kernel*, um valor escolhido de acordo com a necessidade do estudo ou algum valor padrão já estimado. Consequentemente, a escolha incorreta pode acarretar na camuflagem de alguma informação na área de estudo ou até mesmo perder a informação que se encontra presente na área de estudo.

A fim de analisar o fenômeno a ser estudado, há razões importantes para utilizar o método de *kernel* na produção de mapas temáticos. Uma se refere à maneira como pode auxiliar

na análise visual mediante a concentração de pontos exagerados ou até mesmo sobrepostos. E a outra faz com que a representação não fique limitada às áreas pré-determinadas, no caso de polígonos, por exemplos dos setores censitários como ilustra na Figura 5 (VIEIRA *et al.*, 2018).

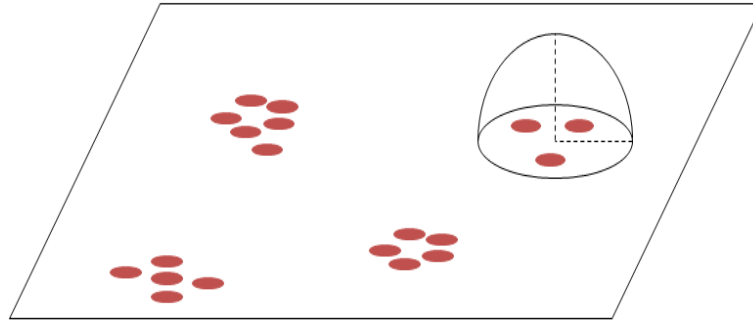
Figura 5 - Distribuição das residências e demais construções no distrito de Ipiabas



Fonte: Do autor (2020)

Para analisar o comportamento de padrões de pontos o estimador de intensidade *kernel* é uma alternativa simples. Para isto, pode ajustar uma função (bidimensional) sobre as observações consideradas, tal função constitui uma determinada superfície no qual o valor será proporcional à intensidade de dados para cada região. A Figura 6 representa a distribuição das amostras dentro de uma determinada área de influência. Assim, o interpolador atribui pesos pela distância de cada amostra em relação à localização principal de interesse (CÂMARA; CARVALHO, 2004).

Figura 6 - Estimador de intensidade de distribuição de pontos, onde o círculo representa o raio de abrangência que é formado entre os pontos a serem interpolados.



Fonte: adaptado de Câmara e Carvalho (2004).

A Equação 1 representa a formulação geral para o interpolador de densidade *kernel* (CAMARA; CARVALHO, 2004).

$$\lambda_{\tau}(\mu) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k \frac{d(\mu_i, \mu)}{\tau}, d((\mu_i, \mu) \leq \tau \quad (1)$$

Onde, μ representa uma localização genérica, sendo preciso estimar este valor; τ significa o tamanho do raio; e, d é a distância entre a posição e a i -ésima amostra, e o k é a função de interpolação (CAMARA; CARVALHO, 2004). O estimador tende a depender, principalmente, de dois parâmetros: a largura da banda e o tipo de função de interpolação com propriedades para suavizar o fenômeno (FREIRE, 2010).

Existem vários tipos de funções para o estimador *kernel*, e que cada uma é utilizada de acordo com as características da área de estudo e dos dados. Dentre as funções estão a *kernel* Gaussiano ou normal, cuja distribuição normal pondera os pontos dentro do raio de maneira que os pontos mais próximos recebem pesos maiores dos que os pontos mais distantes (Equação 2); o *Kernel* Quártico, que pondera os pontos mais próximos com valores maiores do que os mais afastados, porém o decrescimento é gradual, (Equação 3); no *kernel* Triangular os pontos mais próximos e que estão dentro do valor do raio de abrangência são ponderados com pesos maiores do que os pontos mais distantes, porém o decrescimento é mais rápido, (Equação 4); no *kernel* Exponencial Negativo, os pontos que estão dentro do raio de abrangência são ponderados de maneira mais intensa do que os pontos mais distantes, (Equação 5) e; no *kernel* Uniforme, os pontos dentro do valor do raio são ponderados de modo igual, (Equação 6) (FREIRE, 2010).

$$k(\mu) = \frac{1}{2\pi^2} e^{\left(-\frac{\mu^2}{2\tau^2}\right)} \quad (2)$$

$$k(\mu) = \frac{3}{\pi} (1 - \mu^2)^2 \quad (3)$$

$$k(\mu) = (1 - |\mu|) \quad (4)$$

$$k(\mu) = \frac{1}{2\pi} e^{-\mu} \quad (5)$$

$$k(\mu) = \frac{1}{2} \quad (6)$$

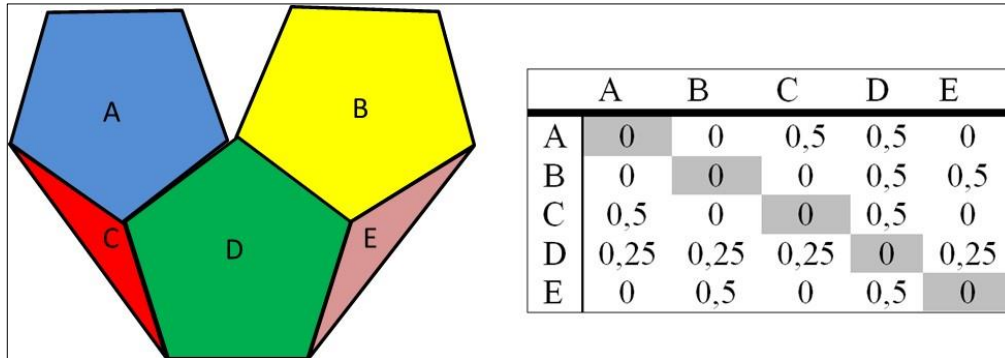
Onde, $k(h)$ é a função de interpolação K que distingue o modo em que ocorre a ponderação dos pontos dentro de um determinado raio τ , os quais podem ser utilizados para estimar a intensidade da área e o raio τ para definir a região da vizinhança do ponto que será interpolado, assim controla o grau de suavização da superfície (FREIRE, 2010).

2.5 Análise espacial de área

Ao trabalhar com eventos associados a limites políticos-administrativos (ex.: municípios, bairros ou setores censitários), onde não se dispõe da exata localização, mas de um valor aproximado para a área, emprega-se a análise espacial de áreas, delimitadas por polígonos (CÂMARA *et al.*, 2004b). No processo de modelagem espacial a análise exploratória dos dados, no geral é sensível à maneira como ocorre a distribuição de dados, principalmente, com valores extremos, também conhecidos como *outliers* (CÂMARA *et al.*, 2004b). Desse modo, algumas técnicas são empregadas neste tipo de análise, dentre as quais estão a visualização de dados, a matriz de proximidade espacial, o Índice Global de Moran e o Indicador de Associação Espacial – LISA.

Ao utilizar dados de área, uma técnica básica para estimar a variabilidade espacial é a matriz de proximidade espacial, também conhecida como matriz de vizinhança. Para um conjunto de n áreas $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$, é construída a matriz $\mathbf{W}_{(1)(n \times n)}$, em que cada elemento w_{ij} corresponde a uma medida de proximidade entre A_i e A_j (CÂMARA *et al.*, 2004b). Geralmente são utilizados em cálculos de indicadores em análise exploratória. A matriz de proximidade se torna útil quando os dados são normalizados, de modo que a soma de cada peso, em cada linha, seja igual a um (1), Figura 7 (CÂMARA *et al.*, 2004b).

Figura 7 - Matriz de proximidade espacial de primeira ordem, normalizada pelas linhas.



Fonte: Adaptado de CÂMARA *et al.* (2004b)

A dependência espacial é uma caracterização da análise exploratória espacial, a qual apresenta os valores que estão correlacionados espacialmente. Dessa maneira, o Índice Global de Moran utiliza funções para estimar o valor de uma variável observada a partir de um ponto em uma área. Esse ponto depende dos valores da mesma variável em sua vizinhança, ou seja, na verificação é considerada a autocorrelação espacial em relação ao vizinho mais próximo (CÂMARA *et al.*, 2004b).

Para dados representados em escala de razão intervalar, a autocorrelação espacial global mais utilizada é o Índice de Moran, que ocorre quando os valores semelhantes são encontrados na justaposição espacial. Assim, eles são indicados por um valor observado no Índice de Moran, o que inclui a hipótese de independência espacial. Quando ocorre a autocorrelação espacial é negativa, os valores vizinhos são mutualmente diferentes, sendo indicado por uma valência observada no Índice de Moran, o qual é menor do que o esperado (BOOTS; TIEFELSDORF, 2000).

As Equações 7 e 8 são representadas pela expressão da autocorrelação do Índice Global de Moran que considera o primeiro vizinho de primeira ordem e o de cada ordem de vizinhança, respectivamente (CÂMARA *et al.*, 2004b).

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (z_i - z)(z_j - z)}{\sum_j^n (z_j - z)^2} \quad (7)$$

$$I^k = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}^k (z_i - z)(z_j - z)}{\sum_j^n (z_j - z)^2} \quad (8)$$

Onde, n é o número de área, z_i o valor do atributo que considera a área de i ; z é o valor médio do atributo na região de estudo; w_{ij} são os elementos da matriz normalizada de

proximidade espacial, e I^k significa que é para cada ordem de vizinhança (CÂMARA *et al.*, 2004b).

Os indicadores globais de autocorrelação espacial (ex.: Índice Global de Moran) fornecem apenas um único valor para toda área de estudo. Quando área de estudo é extensa, é bem provável que parte dessa região terá um regime de associação espacial diferente das demais regiões, ou seja, pode haver regiões com dependência espacial mais pronunciada do que outras (CÂMARA *et al.*, 2004b).

Desse modo, o LISA (Indicador Local de Associação Espacial) foi proposto por Anselin (1994) como um método estatístico que deve ser satisfeito por dois critérios. O primeiro critério é que cada observação do agrupamento espacial deve fornecer uma indicação significativa de valores semelhantes ao entorno dessa observação e o segundo é que a soma de todas as observações deve ser proporcional a um indicador global de associação espacial, por exemplo, o Índice de Moran. De maneira geral, o termo expressa LISA para uma função y_i , observa em determinada localização, com uma estatística L_i , (Equação 9).

$$L_i = f(y_i, y_{ji}) \quad (9)$$

Onde, f é a função, que possivelmente inclui parâmetros adicionais; y_{ji} são os valores observados na vizinhança J_i do i .

O LISA permite estimar valores específicos para cada região, sendo possível a identificação de agrupamentos. Conhecido também como Índice Local de Moran, pode ser expresso pela Equação 10 para cada área i a partir dos valores normalizados z_j do atributo (CÂMARA *et al.*, 2004b):

$$I_i = \frac{z_i \sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n z_j^2} \quad (10)$$

2.6 Análise multivariada

Mingoti (2005) aponta que estatística multivariada pode ser entendida como:

“um conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais variáveis são medidas simultaneamente, em cada elemento amostral. Em geral, as variáveis são correlacionadas entre si e quanto maior o número de variáveis, mais complexa se torna a análise por métodos comuns estatístico univariada” (MINGOTI, 2005, p.21).

A análise multivariada era muito aplicada em trabalhos relacionados com Pedagogia, Ciências sociais e Biologia. Porém, recentemente tem sido aplicado em ramos bem distintos como Educação, Geologia, Química, Física e Engenharias. Além disso, a estatística multivariada se divide em dois grupos: o primeiro consiste em técnicas exploratórias de simplificação da estrutura da variabilidade dos dados, por exemplo, componentes principais e análise fatorial, e o segundo consiste em inferência estatística, por exemplo, teste de hipótese e análise de variância (MINGOTI, 2005).

A análise dos Componentes Principais (CP) foi introduzida por Karl Pearson em 1901, fundamentada no artigo de Hotelling em 1933, e está relacionada com a explicação da estrutura da variância e covariância de um conjunto de variáveis, por meio de poucas linhas de combinação dessas variáveis. Assim, há dois objetivos principais: a redução e a interpretação de dados (MINGOTI, 2005; JOHNSON; WICHERN, 2007).

Na maioria dos estudos que possuem um grande conjunto de dados, não necessariamente são utilizados todos os dados desse conjunto. Dessa maneira, os CPs são utilizados para reduzir a variabilidade total do sistema que pode ser explicado por um pequeno número de k componentes. Os k componentes principais podem substituir as p variáveis iniciais e o conjunto de dados original, o qual é constituído de n medidas e variáveis p . Além disso, reduz a um conjunto de dados composto de n medidas e k componentes principais (JOHNSON e WICHERN, 2007).

A Análise Fatorial é uma técnica estatística que tem como objetivo descrever a relação entre um conjunto grande de variáveis em termos de alguns fatores que, supostamente, medem aspectos comuns. Reis (2001) define a Análise Fatorial como um conjunto de técnicas estatísticas cujo objetivo é representar ou descrever várias variáveis iniciais a partir de um número menor de variáveis hipotéticas. Trata-se de uma técnica estatística multivariada que, a partir de uma estrutura de dependência existente entre as variáveis de interesse (em geral representada pelas correlações ou covariâncias entre essas variáveis), permite a criação de um conjunto menor de variáveis (variáveis latentes ou fatores), obtidas das originais. Além disso, a técnica possibilita saber o quanto cada fator está associado a cada variável e o quanto o conjunto de fatores explica da variabilidade total dos dados originais.

3. MATERIAS E MÉTODOS

Neste capítulo é descrita a metodologia empregada na realização deste trabalho. Destacam-se os recursos cartográficos e tecnológicos. Posteriormente, é apresentada a área de estudo para aplicação e dos procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

3.1 Materiais

A realização deste trabalho de pesquisa envolveu os seguintes materiais e equipamentos:

- Base cartográfica do município de Barra do Piraí na escala 1:25.000 (IBGE, 2018b);
- Base cartográfica dos setores censitários (IBGE, 2010);
- Microdados do município de Barra do Piraí sobre população e rendimento (IBGE, 2010);
- Imagens de satélites do *GeoEye Ikonos* de 2011 disponíveis no módulo *Basemap* do software ArcGIS 10.3, com resolução espacial de 1 metro;
- Software de estatística Minitab 16 (*Minitab® Statistical Software*).

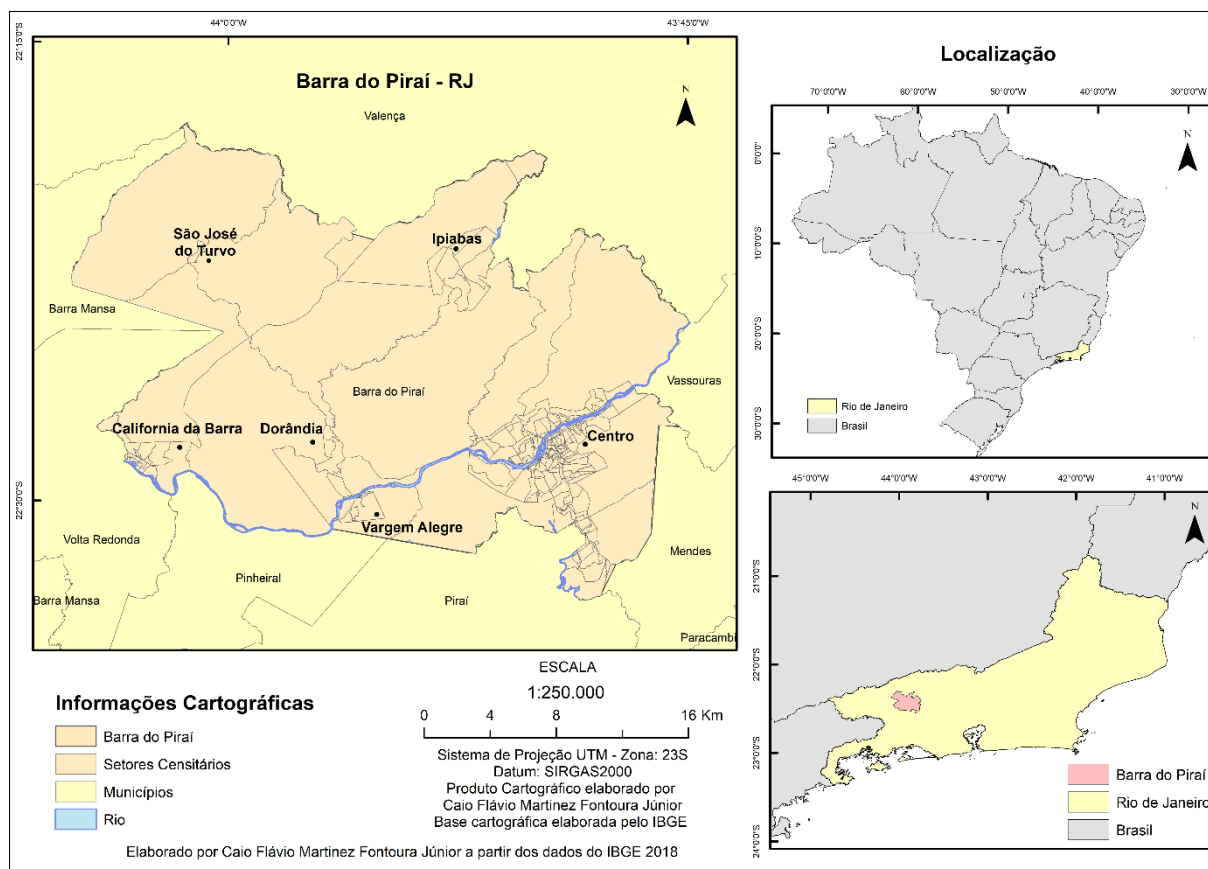
3.2 Área de Estudo

Esta seção apresenta uma caracterização básica do município em relação à localização relevo, demografia e renda. A área de estudos selecionada, onde são realizadas as estimativas das novas centralidades, é Barra do Piraí, localizado na região Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Está localizado entre as latitudes de 22°15" e 23°15", sul, e longitude 43°45" e 44°45", à oeste de Gr (*Greenwich*) (Figura 8). O município possui área aproximada de 584.610 Km² e, de acordo com o censo de 2010, cerca de 94.778 habitantes, com densidade populacional de 163,70 hab/km², sendo formado por seis distritos, que são: o centro (Barra do Piraí), Ipiabas, Vargem Grande, Dorândia, São José do Turvo e Califórnia da Barra. As cidades que fazem divisa são Valença, Vassouras, Mendes, Piraí, Pinheiral e Volta Redonda (IBGE, 2018a).

O município de Barra do Piraí encontra-se a uma distância de 119 km da cidade do Rio de Janeiro. Está em uma localização privilegiada entre as cidades mais importantes do Brasil (Rio de Janeiro e São Paulo), por estar próximo à BR-393, a qual liga o estado do Rio com a Bahia. Outro fator importante é que em seu território há a malha ferroviária, sob concessão da

MRS Logística, cujo uso atual é o transporte de cargas (PREFEITURA DE BARRA DO PIRAI, 2015; IBGE, 2018a).

Figura 8 - Mapa de localização de Barra do Piraí, RJ – BR



Fonte: Do autor (2020) a partir dos dados do IBGE

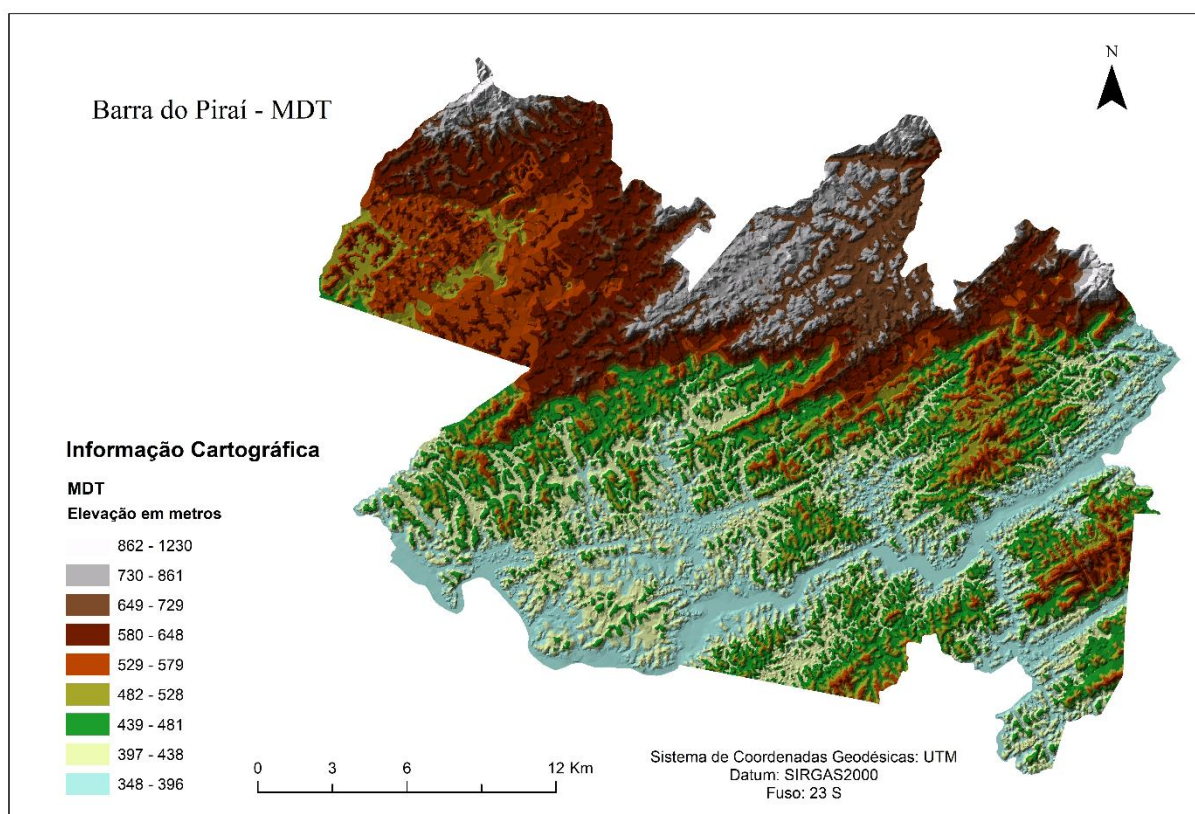
Segundo o IBGE (2018a), Barra do Piraí possuía, em 2016, a renda média de um salário médio mensal de 1,8 salários mínimos (R\$ 1 880,00). Cerca de 303 indústrias e 2.621 empresas estão instaladas no município, tendo destaque o comércio (PREFEITURA DE BARRA DO PIRAI, 2015).

Da população total do município em 2017, cerca de 17,7% possuía trabalho salariado (cerca de 17.242 pessoas), PIB per capita do município, em 2017, era de R\$20.789,95 e ocupava a 33ª posição em relação aos demais municípios do Estado do Rio. Em contrapartida, 70,3% da renda é oriunda de fontes externas (IBGE, 2018a). Em relação ao estado do Rio de Janeiro, ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), de Barra do Piraí, em 2010, era de 0,733, o qual possui uma proximidade de IDH com municípios vizinhos bem desenvolvidos industrialmente, tais como Volta Redonda (0,771), Resende (0,768) e Porto Real (0,713). Porém, em relação ao PIB per capita desses municípios, se decompõem em relação a Barra do Piraí, o município de Volta

Redonda com o PIB per capita de R\$42.626,52, Resende com renda per capita de R\$60.915,10 e Porto Real com renda per capita de R\$151.721,49 (IBGE,2018a).

Um Modelo Digital de Terreno (MDT) para a região da Barra de Piraí, apresenta variação do relevo de 350 metros a 1.270 metros, o que mostra a topografia irregular da região, Figura 9.

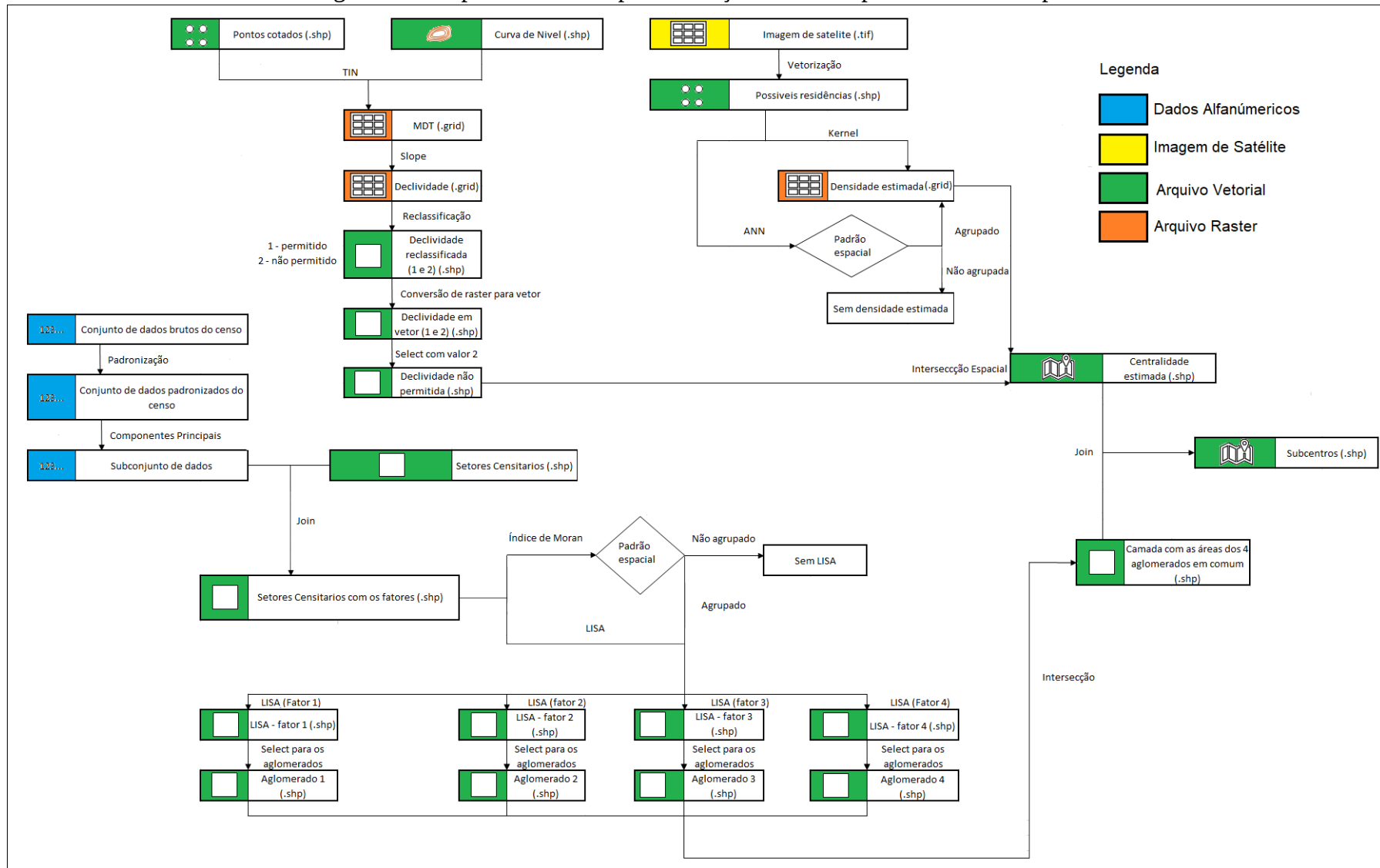
Figura 9 - Modelo Digital de Terreno de Barra do Piraí, RJ



Fonte: IBGE (2018b); elaborado pelo autor (2020)

O método adotado neste trabalho de pesquisa consiste em estimar os núcleos urbanos no município de Barra do Piraí. Dessa maneira, o processo foi organizado de acordo com as etapas presentes no fluxograma da Figura 10.

Figura 10 - Etapas do trabalho para a criação de uma superfície do município.



Fonte: Do autor (2020)

Para identificar as concentrações populacionais no município, a análise dos componentes principais foi aplicada para resumir as variáveis que possam melhor explicar todo o conjunto de dados. O Índice de Moran e o Indicador de Associação Espacial - LISA foi utilizado para identificar o padrão espacial. E, análise pontual foi utilizada com o interpolador *kernel*.

3.3 Levantamento e organização de dados

No que diz respeito à aquisição e tratamento de dados, foram realizadas: obtenção das bases cartográficas do município, tanto de planialtimetria (IBGE, 2018b) quanto de setor censitário (IBGE, 2010); relacionamentos de tabelas dos microdados com os setores censitários, que resultou em uma única base cartográfica e a elaboração de uma camada de dados pontuais com a distribuição das residências e demais construções no município.

A base cartográfica se encontrava em sistema de referência WGS84, o qual foi transformado para o SIRGAS2000. A etapa de preparação dos dados resultou em uma base com Projeção conforme de *Gauss-Krüger* (UTM – Universal Transversa de Mercator), zona 23, hemisfério Sul.

Foi feita a junção da camada de setor censitário com os microdados do censo demográfico. Enquanto os dados de altimetria correspondem aos pontos cotados e às curvas de nível, os dados planimétricos compreendem o sistema viário, hidrografia e aglomeração urbana. A partir das curvas de nível e dos pontos cotados, foi gerado um MDT.

Para auxiliar na identificação das possíveis residências, foi utilizada uma imagem de satélite disponibilizada no módulo *Basemap*, do ArcGIS, desenvolvido pela empresa ESRI. Dessa maneira, foi gerada uma camada de dados pontuais a partir de vetorização em tela. Depois, foi feita a vetorização sobre a imagem, em que cada ponto representa uma construção, considerada neste trabalho uma possível residência.

Esta organização foi necessária para realizar as análises espaciais, de modo a permitir a identificação de novas centralidades no município de Barra do Pirai, RJ. Dado que a declividade é a variável de especial de interesse neste trabalho, foi criada uma camada com valores que descrevem a declividade do terreno dentro de todo o município e, a partir dessa superfície, foi realizada uma análise de verificação dos locais de restrição da expansão urbana.

3.4 Análise espacial

Neste trabalho, as análises para identificação de centralidades foram realizadas com a utilização da abordagem morfológica. Dessa maneira, foi estudado a análise da identificação de centralidades por meio da alteração da escala com observação para a variável declividade, que varia do município para a região central e para os bairros afastado da Sede do município, bem como em diferentes regiões, de acordo com a divisão dos setores censitários e da distribuição de residências e demais construções.

Foi analisado um conjunto de variáveis similares ao que tem sido utilizado em outros trabalhos realizados em outros países, como densidade populacional. Esses métodos estão envolvidos diretamente com as atividades humanas. Dos estudos apresentados em outros países, nenhum apresentou as análises morfológicas de identificação de centralidades com base na variável declividade.

Dentre as análises espaciais envolvidas neste trabalho, estão a Análise de Componentes Principais, o Índice Global de Moran, o Indicador Local de Associação Espacial – LISA, o Vizinho mais Próximo Médio (*Average Nearest Neighbor*) e o Estimador de Densidade *kernel*.

Na análise por componentes principais, foram utilizadas 14 variáveis: propriedade própria e quitada, propriedades alugadas, abastecimento de água, tratamento de esgoto sanitário, residências com mais de 2 banheiros, coleta de lixo, energia elétrica e rendimento (até 1 salário mínimo (sm), de 1 a 2 sm, de 2 a 3 sm, de 3 a 5 sm, de 5 a 10 sm, de 10 a 20 sm e mais de 20 sm) (IBGE, 2010). Posteriormente, os dados foram padronizados em relação à população de cada setor, tal como o número de propriedades privadas em relação ao número total de pessoas dentro do setor censitário.

Para identificar variáveis que podem melhor representar o conjunto de dados foram aplicadas análises de componentes principais. Essas variáveis foram determinadas, quando conjuntamente explicam cerca de 70% de variância, do conjunto de dados. Dessa maneira, o subconjunto de dados foi unido aos setores censitários com a ferramenta de junção de tabelas que se encontra disponível no ArcGIS.

Para verificar se há correlação espacial entre os eventos de áreas mais próximos, a correlação foi analisada com o Índice Global de Moran e o Indicador Local de Associação Espacial – LISA. Os Índices de Moran e de LISA foram utilizados para identificar quais indicadores melhor representam a realidade.

O Índice de Moran foi utilizado para verificar a existência de padrões de aglomerados em relação às variáveis oriundas dos componentes principais, apontadas como potenciais para a explicação do fenômeno. Assim, foram aplicados o indicador LISA para as variáveis resultantes dos componentes principais. Dessa maneira, a partir das análises com o indicador LISA, foi criada uma superfície, com os padrões de aglomerados, o qual foi possível identificar as sub centralidades.

Com o intuito de identificar a distribuição das residências e demais construções, outra análise espacial conduzida com o interpolador *kernel*, considerando o município de Barra do Piraí. Antes dessa análise principal, foi utilizada a função do vizinho mais próximo médio (*Average Nearest Neighbor*), a qual tem a função de obter um índice que revela o tipo de distribuição na área de estudo. Segundo Whallon (1974), a função do vizinho mais próximo médio calcula o índice do vizinho mais próximo baseado na distância média de cada feição até a feição vizinha mais próxima. Se o índice for menor que 1,0 (um) indica que há padrões de aglomerados e se o índice for maior que 1,0 (um) indica que há aleatoriedade ou dispersão.

O interpolador *kernel* foi aplicado na camada de dados que contém a distribuição de residências dentro do limite político-administrativo do município. Para a realizar esta etapa, foram utilizados os dados que correspondem à distribuição das residências e demais construções no município, o quais são representados no banco de dados com a geometria de ponto.

A partir da superfície gerada pelo estimador de densidade *kernel* foi possível estimar a concentração das possíveis residências e como estão distribuídas espacialmente. Posteriormente, foi gerado um mapa de declividade com base nas curvas de nível e nos pontos cotados. Por meio das análises do estimador de densidade *kernel* e as análises de declividade, foi possível identificar subcentralidades no município de Barra do Piraí.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção estão apresentados os resultados das análises espaciais com os componentes principais, o Índice de Moran e o LISA e do interpolador de densidade *kernel* que vão contribuir para identificação das subcentralidades. Também, apresenta-se uma comparação entre a análise do interpolador de densidade *kernel* com a declividade, e a análise somente com interpolador de densidade *kernel* sem a declividade.

4.1. Análise dos componentes principais

Os resultados obtidos a partir das análises dos componentes principais, seus respectivos autovalores e porcentagens da variância explicada para cada um estão apresentados na Tabela 1. Das quatorze variáveis iniciais, analisou-se os quatorze Componentes Principais (CP), observando-se que algumas variáveis não forneciam muitas informações e que não eram importantes na presença de outros. Metade delas foi retirada da análise, restando sete componentes principais, parte dos resultados está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Componentes Principais, autovalores, porcentagem da variação explicada por cada componente (VCP) e as porcentagens

CP	λ_i	% VCP	%VCP (acumulado)
CP ₁	2,6552	0,379	37,9
CP ₂	0,189	0,189	0,569
CP ₃	0,994	0,142	0,711
CP ₄	0,7319	0,105	0,815
CP ₅	0,6229	0,089	0,904
CP ₆	0,3868	0,055	0,959
CP ₇	0,2889	0,041	100

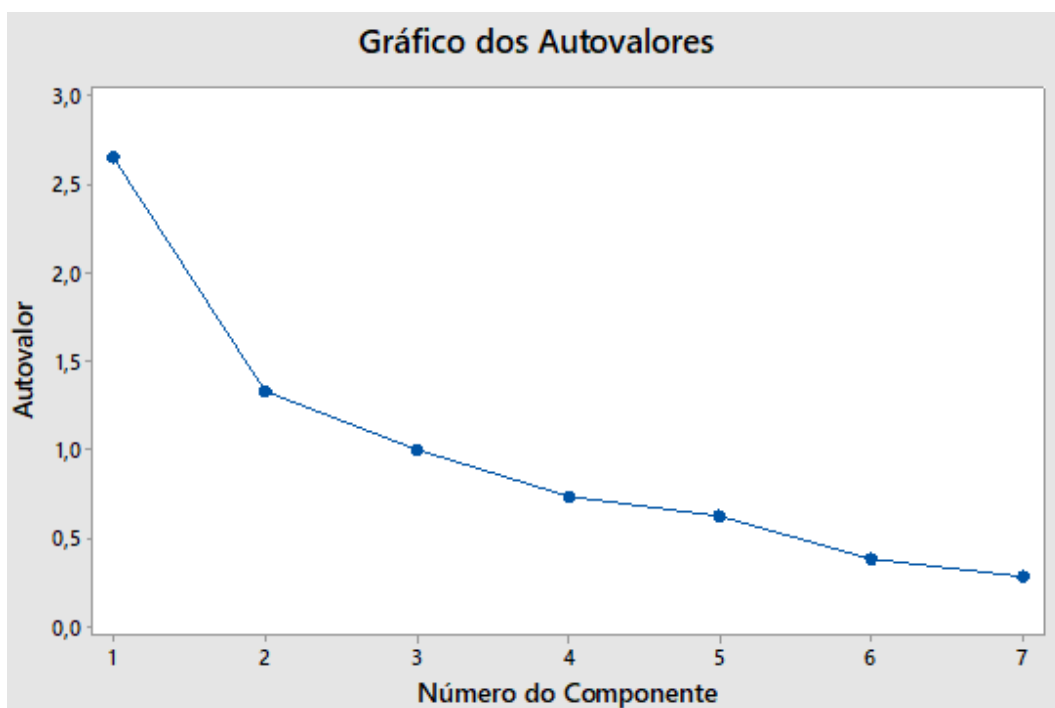
Fonte: Do autor (2020)

Na Tabela 1, CPs são os componentes principais, λ_i são os autovalores e %VCP são as porcentagens das variâncias explicadas pelos componentes das características que podem influenciar na identificação de uma centralidade. Os três primeiros CPs foram responsáveis por 71,18% da variação total, em que o CP₁ foi responsável por 37,94, CP₂, por 18,9% e o CP₃, por 14,2% das variações dos dados, conforme apresentado na Tabela 1.

Para determinação do número de componentes principais, não há um critério exato a ser empregado, pois deve levar em consideração alguns fatores, tal como, o conjunto total de dados da amostra, o tamanho relativo dos autovalores e a interpretação resultantes desses componentes principais (JOHNSON; WICHERN, 2007). Esses autores sugerem cerca de cinco critérios. Neste trabalho, foi adotado o critério de que a soma da explicação dos componentes deve ser maior que 70% da variância e o critério do *ScreePlot*, que recomenda representar graficamente os autovalores e observar se a diferença entre os autovalores se reduzi, ou seja, a curva passa a ser quase paralela ao eixo das abscissas, faz-se um corte, excluindo os demais componentes principais.

Por meio da análise do o *ScreePlot* dos CPs (Figura 11), pode-se observar uma queda brusca entre o primeiro e o segundo autovalor e que a partir do quarto autovalor a queda é bem suave. Assim, o corte para definir o número de componentes principais poderia ocorrer entre o terceiro e o quarto componentes, o que indica os três componentes principais. No entanto, ao realizar análise da variância acumulada, foi verificado que três componentes corresponderiam a 71,1% (acima do nível de variância considerado de 70%). Todavia com quatro componentes haveria 81,5%. A Tabela 2 apresenta os coeficientes dos setes componentes principais.

Figura 11 – *Screeplot* dos autovalores dos componentes principais



Fonte: Minitab (2014)

Tabela 2 – Coeficientes de ponderação dos componentes principais.

Variável	CP ₁	CP ₂	CP ₃	CP ₄	CP ₅	CP ₆	CP ₇
Próprio	-0,288	-0,666	-0,198	0,018	0,262	-0,235	0,556
Alugado	0,483	0,308	0,216	-0,008	-0,249	-0,316	0,681
Abastecimento	0,420	-0,435	0,292	0,121	0,015	-0,574	-0,453
Esgoto	0,401	-0,441	0,322	0,106	-0,062	0,715	0,123
Mais de 2 banheiros	0,336	0,159	-0,455	0,702	0,400	0,044	0,010
1 Salário mínimo (sm)	-0,279	0,219	0,701	0,210	0,576	0,019	0,081
De 5 a 10 salários mínimos	0,395	0,067	-0,164	-0,661	0,611	0,048	-0,020

Fonte: Do autor (2020)

Uma vez que os quatro primeiros CPs explicam 81,5% dos dados, aplicou-se a Análise Fatorial pelo método de Componentes Principais (Fatorial Principal), cujas cargas fatoriais são obtidas pelo produto da raiz quadrada dos autovalores multiplicada pelos respectivos autovetores. Considerou-se os quatro fatores, pelos mesmos critérios de seleção dos componentes principais citados anteriormente. Na Tabela 3, é possível identificar os fatores das variáveis representativas e sua comunalidade. Além disso, é possível interpretar o que cada fator representa.

Tabela 3 – Cargas fatoriais não rotacionadas e suas comunalidades

Variável	Fator1	Fator2	Fator3	Fator4	Comum
Próprio	-0,469	0,767	-0,198	-0,016	0,848
Alugado	0,787	-0,355	0,215	0,007	0,791
Abastecimento	0,684	0,500	0,291	-0,103	0,814
Esgoto	0,653	0,507	0,321	-0,091	0,796
Mais de 2 Banheiro	0,547	-0,184	-0,454	-0,601	0,900
Até 1 SM	-0,455	-0,252	0,699	-0,179	0,791
De 5 a 10 SM	0,644	-0,077	-0,164	0,566	0,767
Variância	2,6552	1,3252	0,9940	0,7319	5,7064
% Var	0,379	0,189	0,142	0,105	0,815

Fonte: Do autor (2020)

A partir dos resultados obtidos na Tabela 3, observa-se que este modelo com quatro fatores justifica ter um bom ajuste para os dados, devido às comunalidades serem maiores do que 0,75. Isto indica que cada variável apresenta uma grande porcentagem da variância amostral.

O Fator 1 interpretado com propriedades alugadas, boa infraestrutura e renda, compreende o dos maiores valores numéricos das variáveis Alugado, Abastecimento, Esgoto, Mais de 2 Banheiros e (renda média) De 5 a 10 SM. O Fator 2, interpretado como propriedades privadas e infraestrutura, compreende os maiores valores numéricos das variáveis Próprio, Abastecimento e Esgoto. O Fator 3 interpretado como renda baixa compreende o maior valor da variável Até 1 SM. E, o Fator 4 interpretado com renda média, compreende o maior valor da variável De 5 a 10 SM.

O coeficiente de maior valor numérico do Fator 1 está relacionado com a variável Alugado, e o de menor valor com a variável Próprio, ou seja, há um contraste entre residências alugadas e residências próprias. Também há outras variáveis com cargas elevadas, como Abastecimento, Esgoto, Mais de 2 Banheiros e De 5 a 10 SM. No segundo coeficiente, o maior valor pode ser explicado pela variável Próprio e, em contrapartida o de menor valor é a variável Alugado. O Fator 2 tem um comportamento oposto do Fator 1, porém apenas as variáveis Abastecimento e Esgoto têm cargas significativas. Em relação ao Fator 3, a maior variância está na variável 1 SM e a menor está em residências com mais de dois banheiros. Isto pode ser explicado pelo sinal negativo, o qual indica que as pessoas que recebem até um salário mínimo tem pouca relação com residências com mais de dois banheiros. E, o Fator 4 é explicado pelas pessoas que recebem entre 5 e 10 salários mínimos.

Portanto, foi decidido utilizar os quatros CPs para a constituir as Equações 11, 12, 13 e 14, do seguinte modo: CP₁ representa a variável Alugado, CP₂ representa a variável Própria, CP₃ representa a variável até 1 Salário mínimo e CP₄ representa a variável de 5 a 10 Salários mínimos.

$$CP_1 = -0,288(proprio) + 0,483(alugado) + 0,420(abastecimento) + 0,401(esgoto) + 0,336(mais\ de\ 2\ banheiros) - 0,279(1SM) + 0,395(de\ 5\ a\ 10SM) \quad (11)$$

$$CP_2 = -0,666(proprio) + 308(alugado) - 0,435(abastecimento) - 0,441(esgoto) + 0,159(mais\ de\ 2\ banheiros) + 0,219(1SM) + 0,067(de\ 5\ a\ 10SM) \quad (12)$$

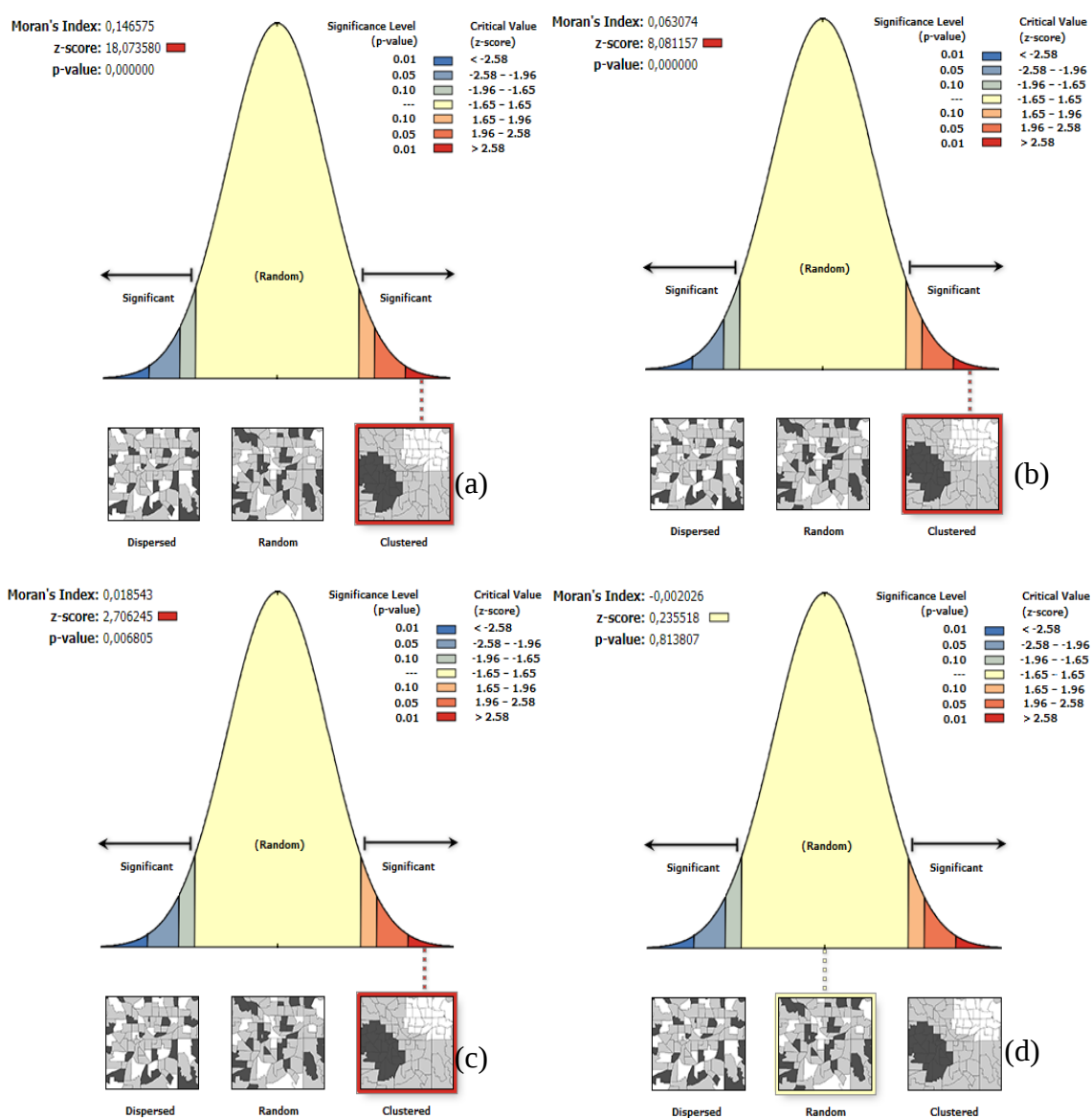
$$CP_3 = -0,198(proprio) + 0,216(alugado) + 0,292(abastecimento) + 0,322(esgoto) - 0,455(mais\ de\ 2\ banheiros) + 0,701(1\ SM) - 0,164(de\ 5\ a\ 10\ SM) \quad (13)$$

$$CP_4 = 0,018(proprio) - 0,008(alugado) + 0,121(abastecimento) + 0,106(esgoto) + 0,702(mais\ de\ 2\ banheiros) + 0,210(1\ SM) - 0,661(de\ 5\ a\ 10\ SM) \quad (14)$$

4.2. Análise da distribuição espacial por setores censitários

Em seguida, o Índice Global de Moral foi aplicado para verificar se há autocorrelação espacial nos quatros componentes principais. O relatório do processamento, forneceu um índice para cada variável analisada a partir dos CPs, o qual indica se a variável possui algum padrão espacial, conforme pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 – Relatório de autocorrelação espacial do Fator 1: propriedades alugadas, boa infraestrutura e renda (a); Fator 2: propriedades próprias, boa infraestrutura e renda (b), Fator 3: renda baixa (c) e Fator 4: renda média (d)



Fonte: relatório fornecido pelo ArcGIS (2014)

Por meio dos resultados obtidos pelos relatórios com o ArcGIS, foi percebido que dos quatro fatores, o Fator 4 (renda média) não apresentou um valor significativo, pois não

apresentou um Índice de Moran que apontasse padrão espacial em escala geográfica de município. A Tabela 4 apresenta cada índice de Moran, o Z-score e p-valor de cada Fator. A partir dessa análise, foi possível identificar que o Fator 4 tem um resultado diferente das outros Fatores.

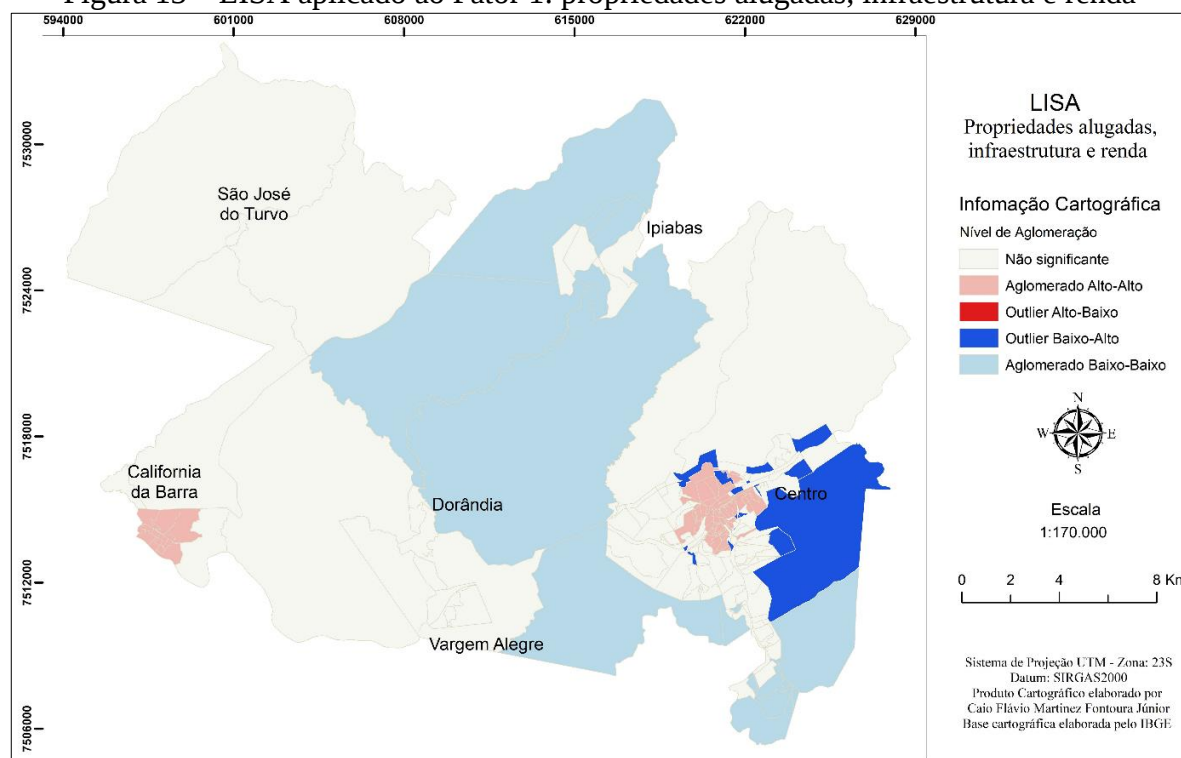
Tabela 4– Variáveis e seus respectivos índices, Z-score e p-valor

Fator	Índice de Moran	Z-score	p-valor
Propriedades alugadas, boa infraestrutura e renda	0,1465	18,07	0,000001
Propriedades próprias, boa infraestrutura e renda	0,063	8,08	0,000001
Renda baixa	0,018	2,70	0,006805
Renda média	-0,002	0,23	0,833807

Fonte: Do autor (2020)

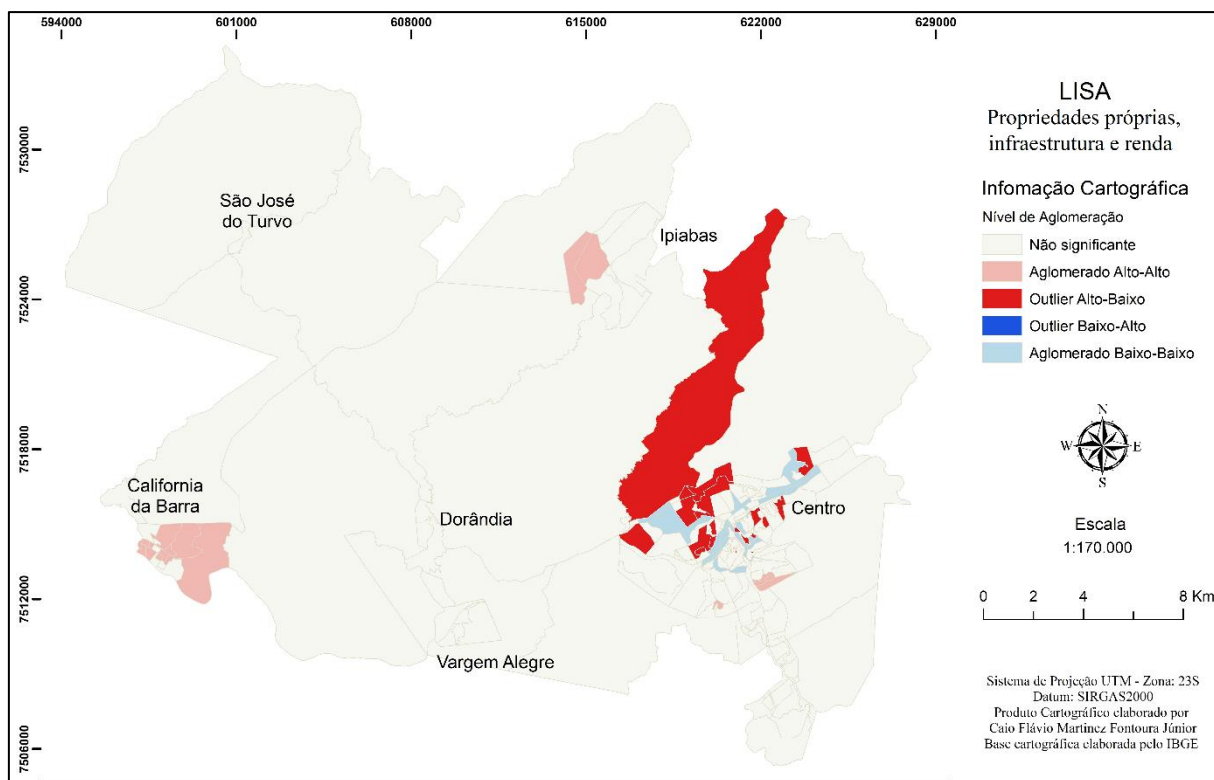
Após a verificação do tipo de padrão espacial, foi aplicado o indicador de associação espacial local – LISA. Um conjunto de mapas foi produzido com os valores dos quatros CPs, os quais sintetizam algumas variáveis. Os resultados são apresentados nas Figuras 13, 14, 15 e 16. A partir desses mapas é possível identificar onde se localizam as centralidades ao considerar cada uma das variáveis em questão.

Figura 13 – LISA aplicado ao Fator 1: propriedades alugadas, infraestrutura e renda



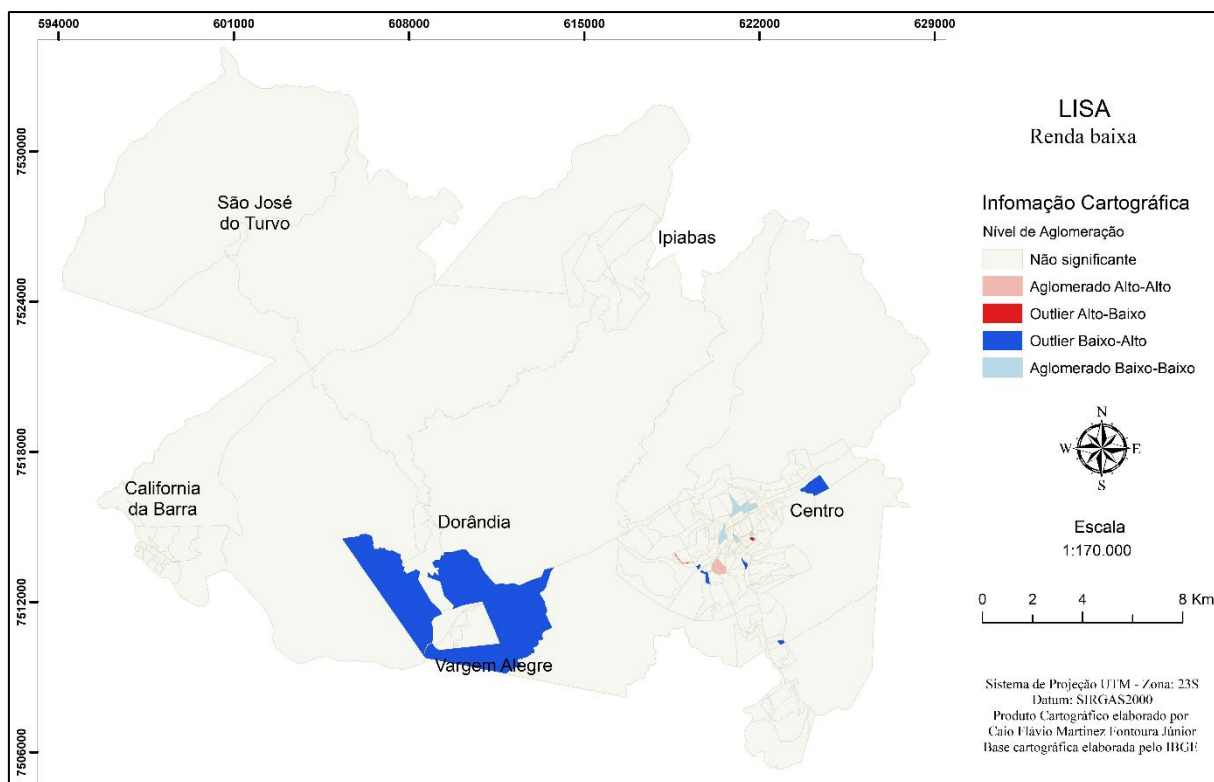
Fonte: Do autor (2020)

Figura 14 – LISA aplicado ao Fator 2: propriedades próprias, infraestrutura e renda



Fonte: Do autor (2020)

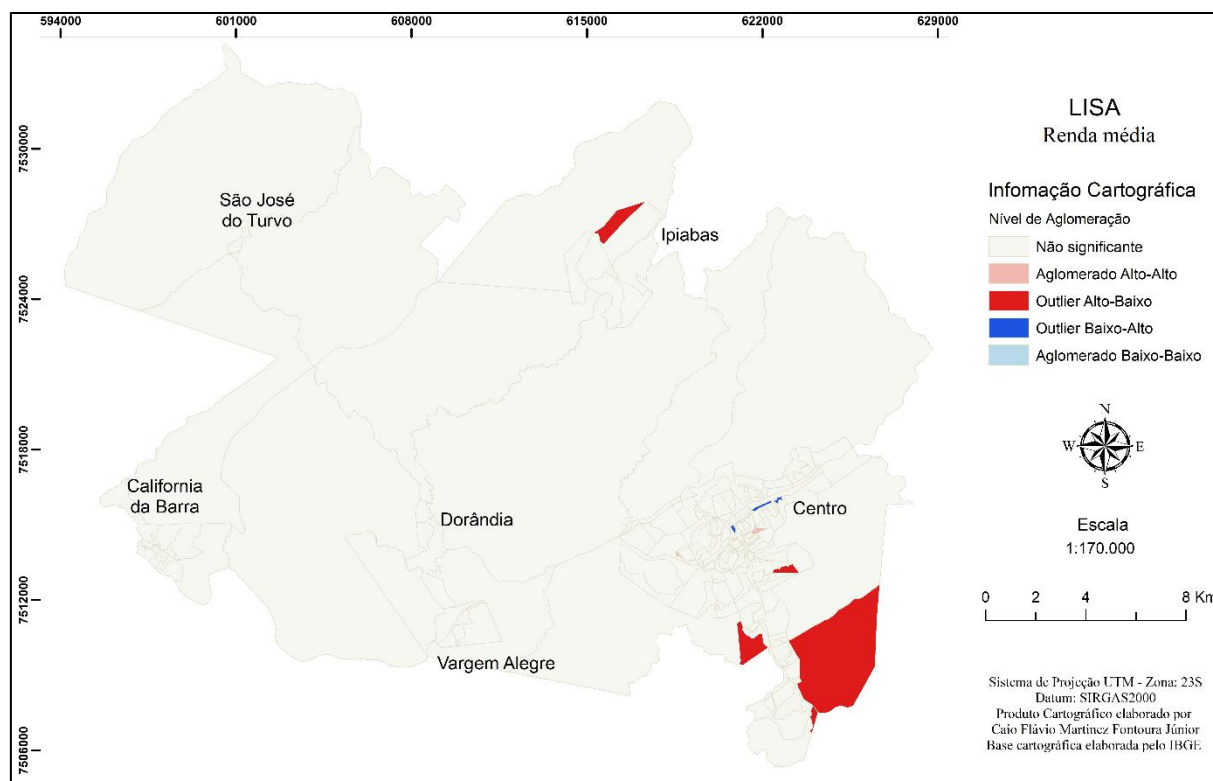
Figura 15 – LISA aplicado ao Fator 3: renda baixa



Fonte: Do autor (2020)

A Figura 16 mostra o resultado da análise por meio do LISA e revela que não há padrões espaciais, sendo possível notar essa informação a partir do Índice de Moran, pois os dados são quantificados em seus índices.

Figura 16 – LISA aplicado ao Fator 4: renda média



Fonte: Do autor (2020)

A partir das representações cartográficas apresentadas anteriormente, foi possível identificar que, dos quatro fatores, apenas três fatores identificam aglomerados espaciais. Em relação ao LISA aplicado no Fator 1, notou-se que nessa região há aglomerados alto-alto, identificando os dois distritos com padrões espaciais de aglomerados, California da Barra e a área sede do município. E, o segundo LISA aplicado no Fator 2 permitiu a identificação de padrão espacial, aglomerados alto-alto, numa porção dos distritos de California da Barra, Ipiabas e uma pequena região a sudeste do centro. Também destaca-se, em vermelho, um setor censitário com alta concentração de domicílios próprios e cercado por regiões com domicílios alugados.

Em relação ao terceiro LISA aplicado no Fator 3, padrões de aglomerados aos arredores da região do centro foram identificados. Em relação ao quarto LISA aplicado no Fator 4, não há presença de aglomerados com altos salários, destacando no sudeste regiões com altos salários, cujas vizinhanças não apresentam esta característica.

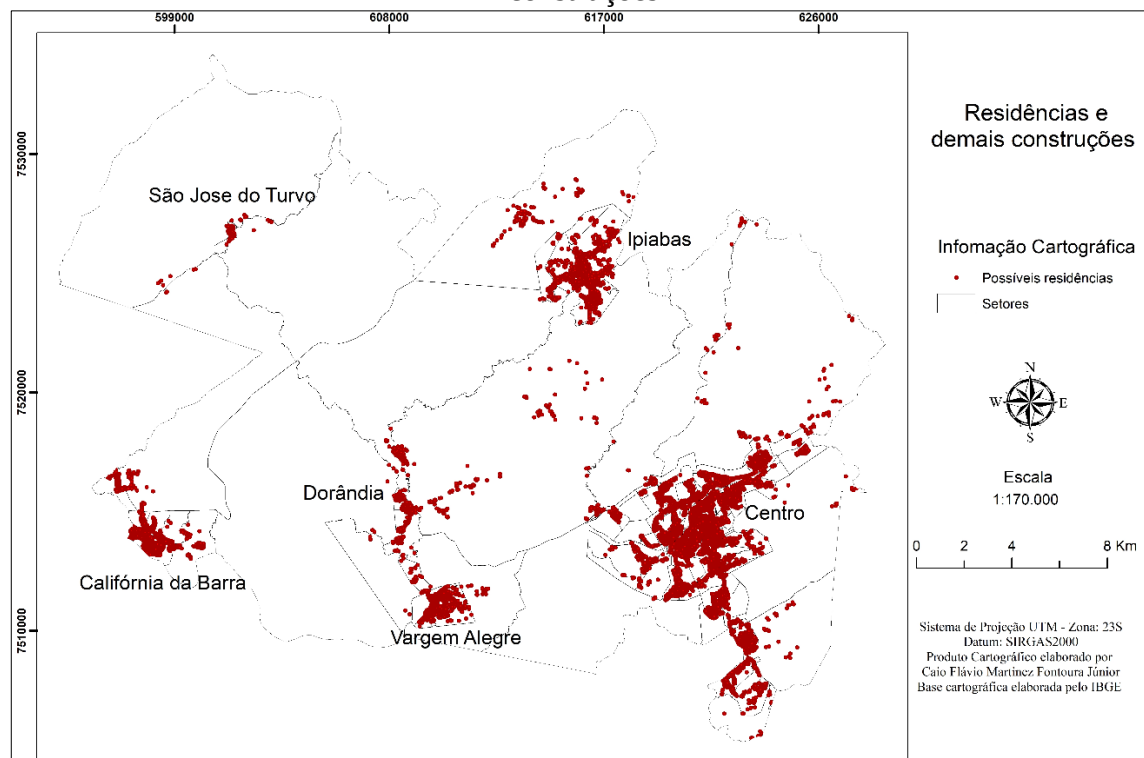
Por meio das análises de autocorrelação espacial, foi possível identificar alguns padrões espaciais para três distritos: Califórnia da Barra, área Sede do município e Ipiabas. Porém, apesar das análises não terem apontado resultados para os distritos de Dorândia, Vargem Grande e São José do Turvo, não há evidências de que essas regiões não sejam subcentralidades em expansão. Dessa maneira, são aplicadas outras análises que podem melhorar a qualidade na identificação.

4.3. Análise da distribuição espacial das residências

A análise de distribuição espacial das residências e demais construções compreendeu a identificação de centralidades a partir da localização geográfica com o mapa de densidade de pontos, quanto pela estimação de uma superfície contínua com o mapa de densidade *kernel*.

Por meio das imagens de satélites foi possível identificar 22.995 pontos como sintetiza residências espalhadas por todo município de Barra do Piraí, como representa a Figura 17. O interpolador de densidade *kernel* foi aplicado a um total de 22.995 pontos, os quais compreendem a distribuição das possíveis residências e demais construções.

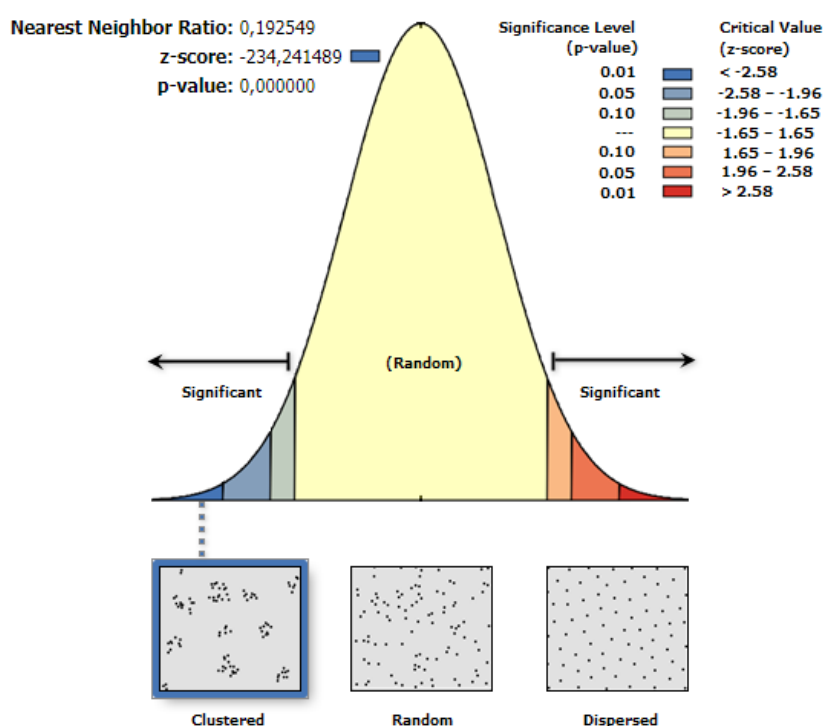
Figura 17 – Densidade de pontos com a distribuição de possíveis residências e demais construções



Fonte: Do Autor (2020)

Para dar continuidade na identificação de aglomerados no município de Barra do Piraí, foi aplicada a função *Average Nearest Neighbor* na camada de possíveis residências e demais construções localizadas interior desse limite administrativo. De acordo com o sumário fornecido pelo ArcGIS, os dados utilizados nesta análise fornecem um índice de vizinho mais próximo médio de 0,19, com uma distância euclidiana de 15,96 metros. Esse índice indica que há padrões de aglomerados, pois se encontra entre o intervalo de 0 a 1. Além disso, apresenta um Z-score de -234,24 e o p-valor é de 0,000001, o que indica ter significância, como pode ser apresentado na Figura 18.

Figura 18 – Relatório da função *Average Nearest Neighbor*

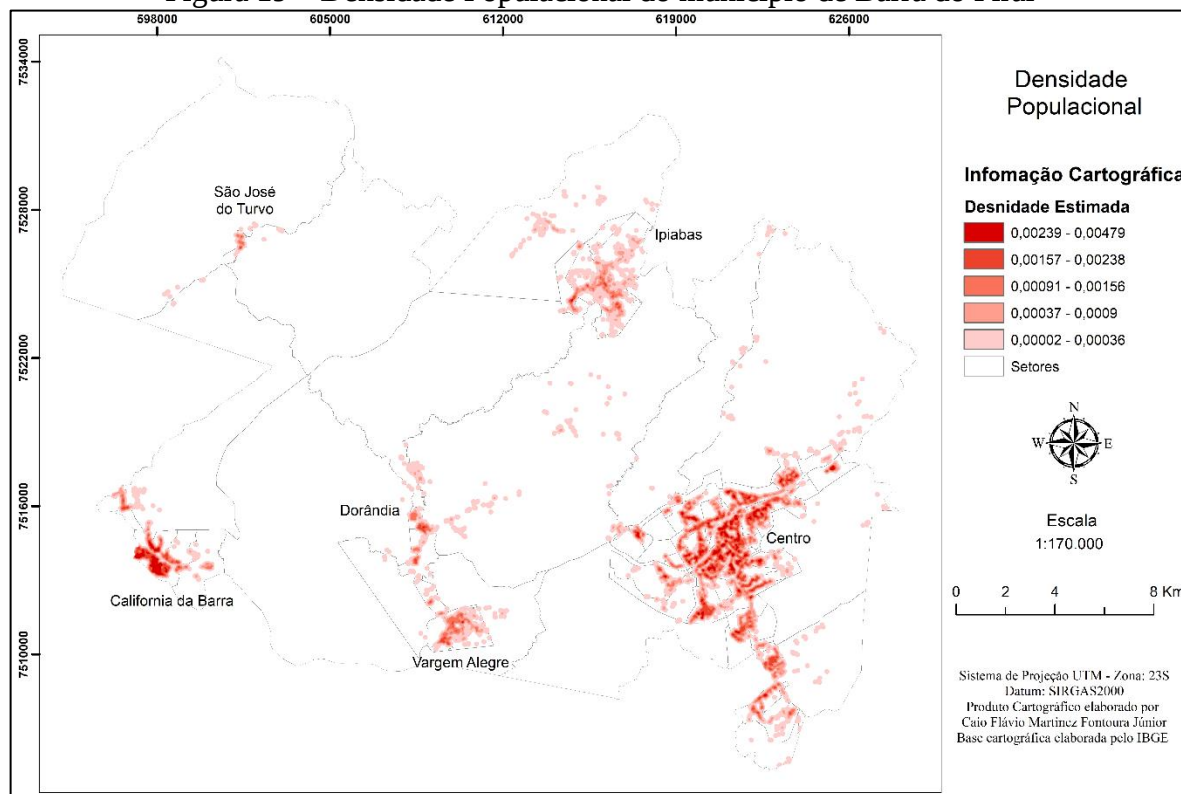


Fonte: ArcGIS (2014)

Uma vez que o resultado da análise do vizinho mais próximo médio indica que há padrões de aglomerados, foi aplicado o interpolador de densidade *kernel* e foram gerados mapas temáticos em escalas geográficas de município, sede e distrito. A técnica de classificação dos dados gerados a partir do estimador de densidade *kernel* foi a de Quebras Naturais, uma vez que permite agrupar os aglomerados, conforme foi observado no histograma de frequência. Os resultados oriundos da análise de eventos com o estimador de intensidade *kernel* (*kernel Estimation*), sobre os dados de localização das residências e demais construções, foram também utilizados como base para identificar subcentros.

A partir do mapa do *kernel* foi possível compreender melhor que a grande maioria das possíveis residências e demais construções localizadas no município de Barra do Piraí estão concentradas ao longo das vias, estão entre o as vertentes dos morros, nos cinco distrito de Barra do Piraí e na Sede do município, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Densidade Populacional do município de Barra do Piraí



Fonte: Do autor (2020)

California da Barra é mais densa, enquanto na sede há concentrações espalhadas de possíveis residências e demais construções, destacadas em regiões vermelho saturado. Por outro lado, os distritos de Ipiabas, Dorândia e Vagem Alegre apresentam regiões com densidades intermediárias, o que indica regiões em expansões. Todavia, o distrito de São José do Turvo é a localidade que possui menor densidade, destacada por tonalidades claras.

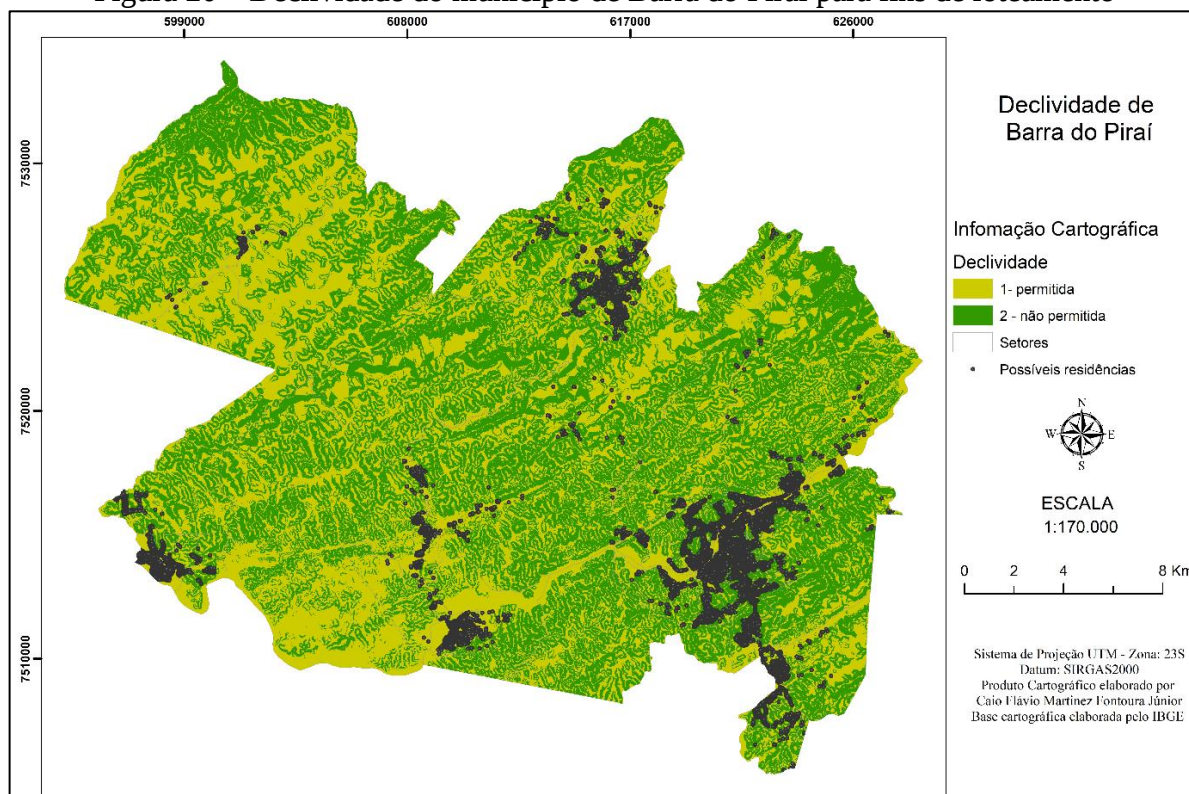
A análise com os dados de declividade foi realizada por meio da sobreposição da superfície de densidade *kernel* e o modelo de declividade classificado. Este procedimento foi aplicado para o município de estudo. Na literatura que trata de ocupação do solo para fins de loteamentos urbanos há recomendações sobre as declividades que são apropriadas para diferentes fins, conforme mostra o Quadro 1 (CASTELLO, 2008). Dessa maneira, foi gerado um mapa de declividade reclassificado que evidencia duas classes (Figura 20), uma até 30% (1) e outra acima de 30% (2).

Quadro 1 – Declividades apropriadas para urbanização

Intervalos	Aspectos
0% até 8%	Compatível com via arterial
8% até 10%	Compatível com via coletora
10% até 12%	Compatível com via local
12% até 30%	Compatível com área urbanizável
Acima de 30%	Incompatível com urbanização

Fonte: adaptado de Castello (2008)

Figura 20 – Declividade do município de Barra do Piraí para fins de loteamento

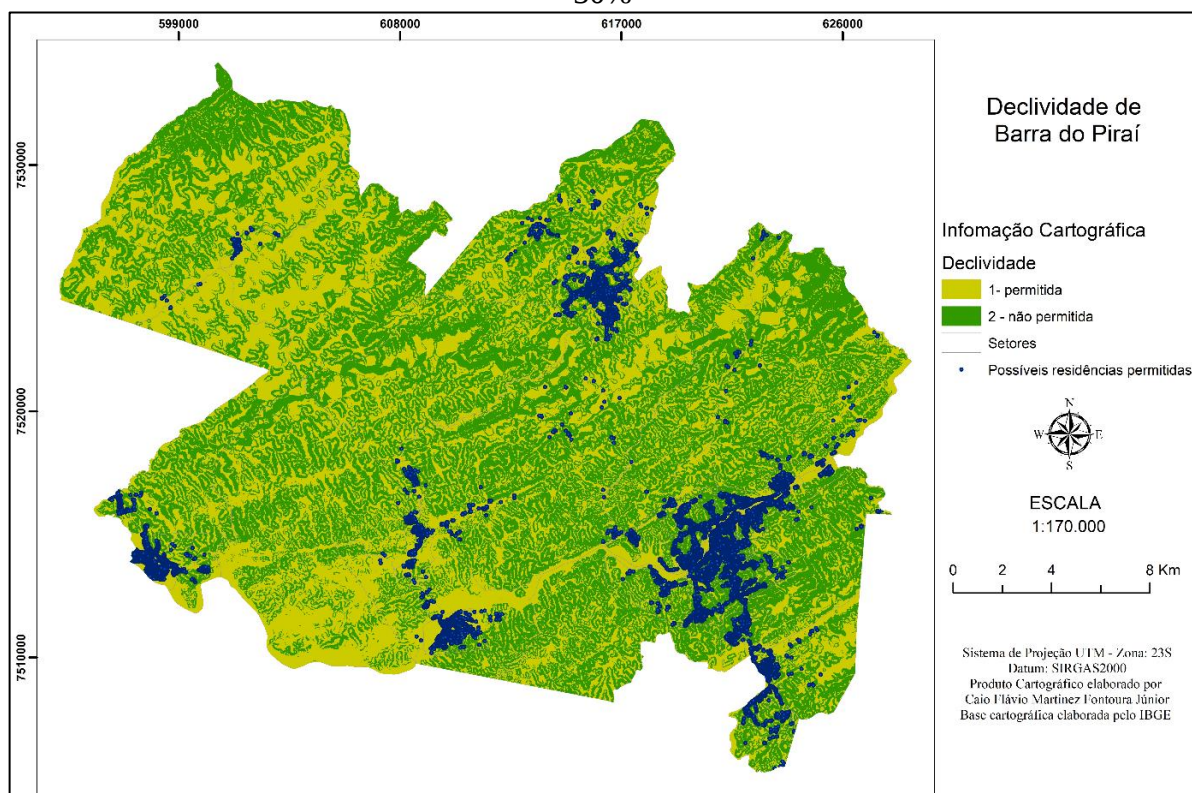


Fonte: Do autor (2020)

Por meio do mapa de declividade (Figura 21), foi possível identificar que a maior parte das possíveis residências e demais construções não se encontram em áreas de riscos, ou seja, essas residências estão assentadas onde a declividade é menor que 30%. Cerca de 78% das possíveis residências se encontra localizadas em regiões permitidas.

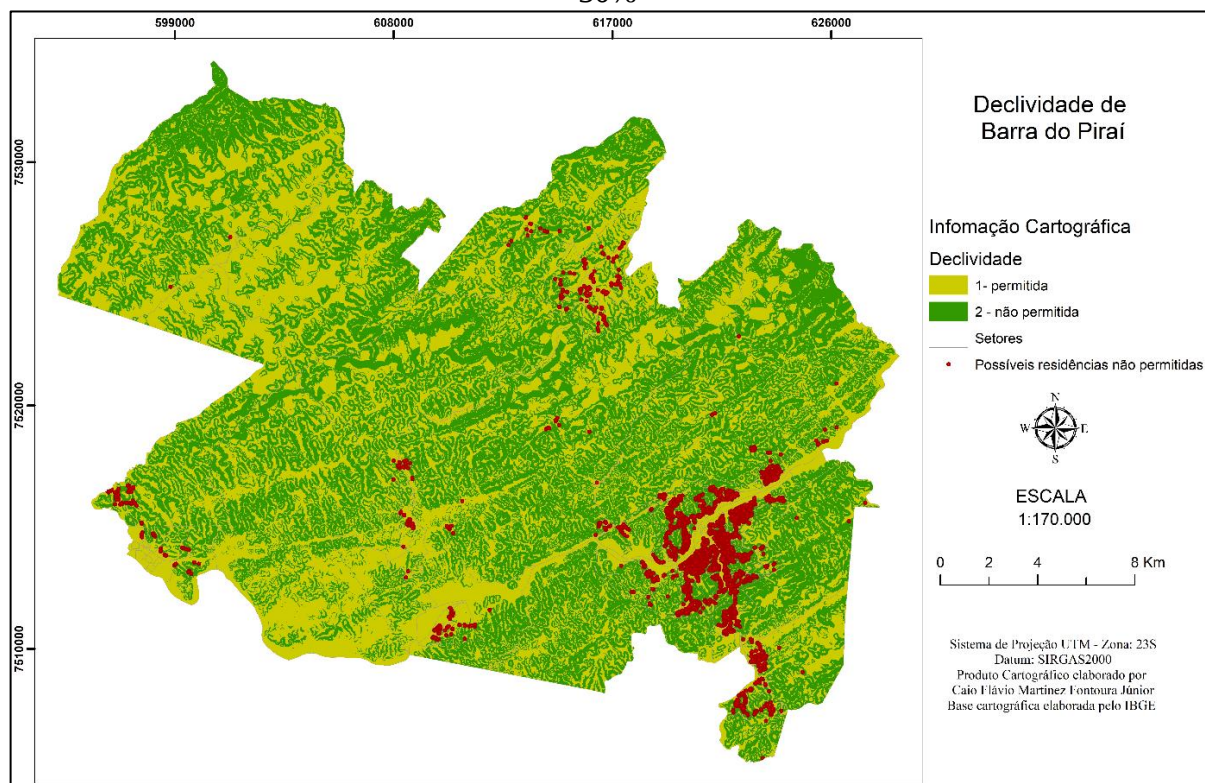
Por outro lado, o percentual de possíveis residências e demais construções que se localizam em regiões não permitidas para urbanização (Figura 22), (acima de 30%), é de 22% das possíveis residências e demais construções, o equivalente a 5.072. Em relação aos 5.072, cerca de 91,4% das possíveis residências e outras construções estão localizadas em áreas não permitidas que, na Sede do município de Barra do Piraí, equivale a 4.636 possíveis residências e demais construções.

Figura 21 – Declividades das possíveis residências e demais construções em áreas abaixo de 30%



Fonte: Do autor (2020)

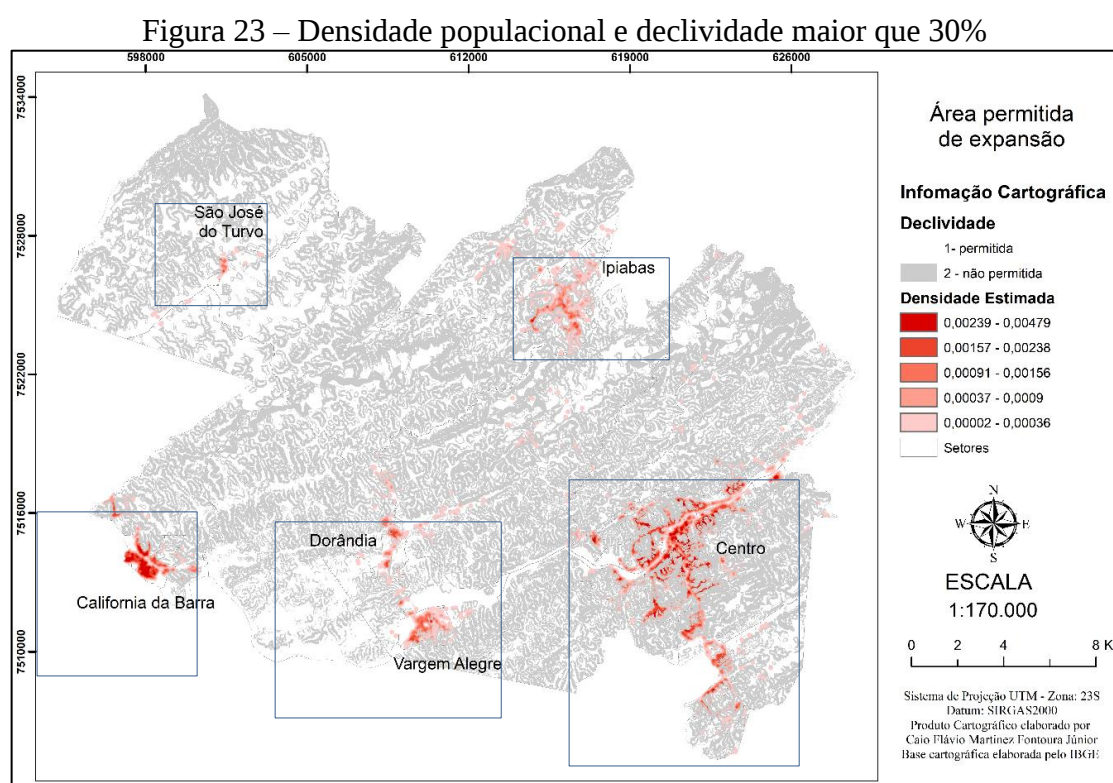
Figura 22 – Declividades das possíveis residências e demais construções em áreas acima de 30%



Fonte: Do autor (2020)

A partir da sobreposição da superfície de declividade com a superfície de densidade do *kernel*, foi possível analisar e identificar os núcleos urbanos em escala geográfica de distrito, sede e de município. A partir dos resultados obtidos visualmente, essas áreas podem estar sujeitas a expansões, além de que podem se tornar centralidades potenciais.

As regiões mais densas estão destacadas em vermelho saturado, nas quais são resultados obtidos a partir da interpolação com a função *kernel*. E, as regiões nas cores cinzas representam declividades acima de 30%, não permitidas para urbanização. Desse modo, é possível identificar as regiões que possuem ou não possuem possibilidade de expansão e de se tornarem centralidades (Figura 23). As regiões destacadas nos recortes apresentados no mapa da Figura 23 são analisadas a seguir.



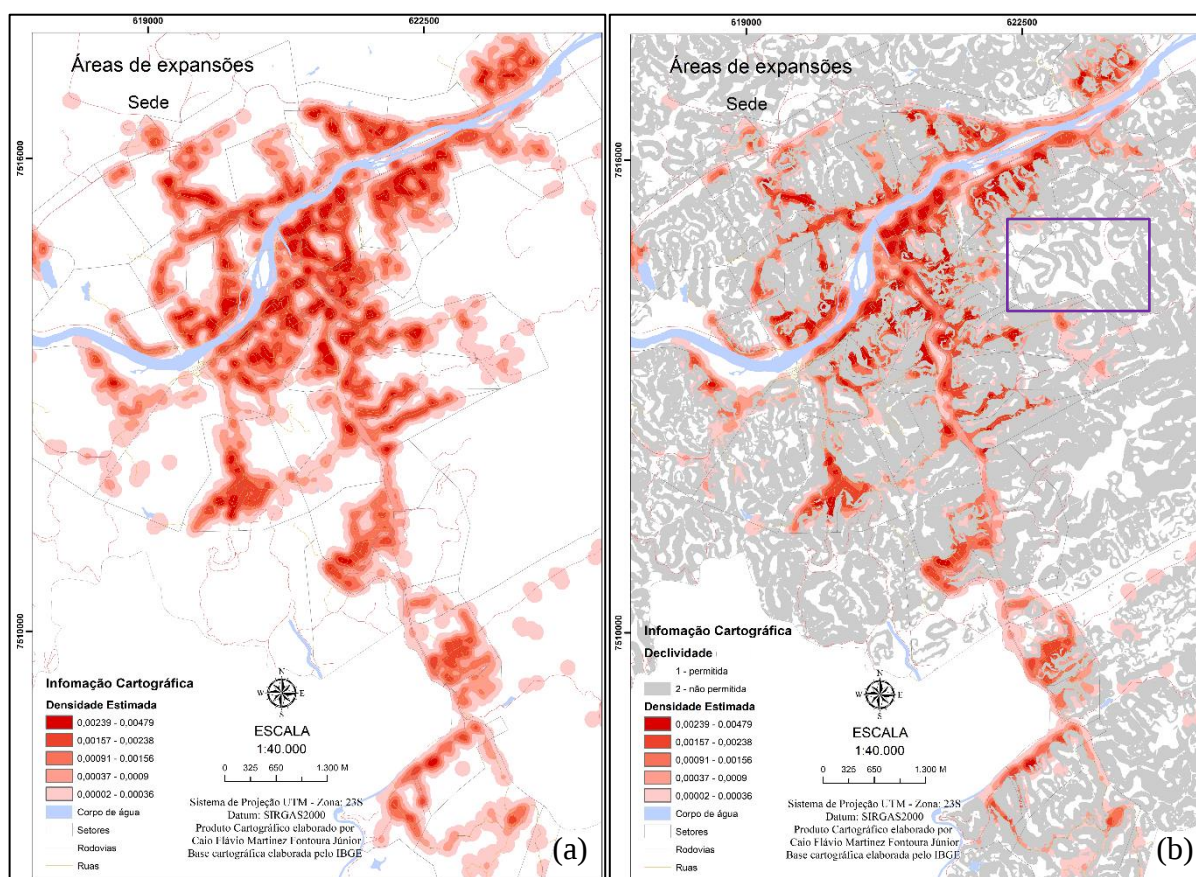
Fonte: Do Autor (2020)

Na superfície de declividade mostrada na Figura 23, é possível perceber que a declividade tem uma forte influência na organização da estrutura urbana do município, pois a maioria das possíveis residências e demais construções de Barra do Pirai se assentam ao longo das vertentes, sendo impedida de se expandir. Nesses locais, grande parte da população se localiza em áreas com declividade de até 30% e uma minoria em áreas com valores acima de 30%.

Em escala geográfica de áreas dentro do município, nota-se que não há possibilidade de expansão para a Sede. Por outro lado, o distrito de California da Barra possui densidade populacional similar da Sede do município, porém é uma região que apresenta maior possibilidade de expansão. Em relação à Sede, os loteamentos não podem ser consolidados em locais com declividade acima de 30%, porque é necessário que ocorra a expansão de modo regular no espaço e de maneira coerente com as normas permitidas para urbanização.

Assim, é possível notar que a Sede do município (Figura 24) está cercada por vertentes com declividade acima de 30%, destacada em cor cinza, a qual mostra a impossibilidade de expansão regular. Vale ressaltar que a região destacada apresenta áreas de expansão que poderiam ser utilizadas para novos loteamentos, porém são áreas localizadas nos topos dos morros cercados por áreas com declividade acima do permitido.

Figura 24 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), na sede do município



Fonte: Do autor (2020)

Vale destacar que no mapa da Figura 24, há região em recorte roxo, que mostra uma área disponível para urbanização, mas que merece uma atenção maior. Pois, essa região está sobre os morros em alta declividades, conforme pode ser visto na Figura 25.

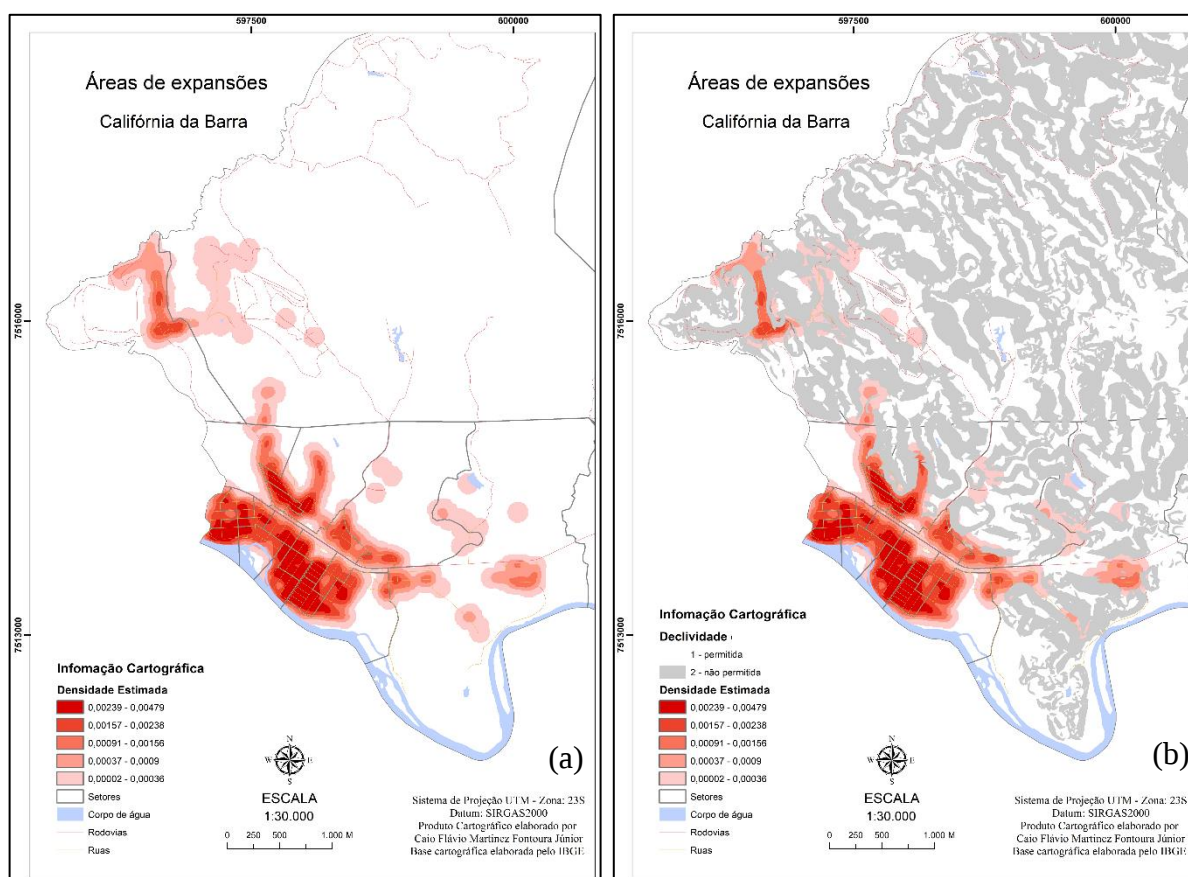
Figura 25 – Recorte do mapa com destaque para áreas que aparentam ser permitidas para urbanização, mas não são.



Fonte: Do autor (2020)

No distrito de California da Barra, apesar de haver uma alta concentração de residências há possibilidade de expansão, destacada em cor branca, o que indica ser regiões permitidas para loteamento, conforme pode ser visto na Figura 26. Assim, torna-se possível que esta centralidade possua a capacidade de se igualar com a Sede do município de Barra do Piraí, no onde se encontra o centro da cidade. Vale destacar que, o distrito de California da Barra faz fronteira com a cidade de Volta redonda, o qual pode exercer influência no distrito.

Figura 26– Superfície de densidade de residências e demais (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Califórnia da Barra

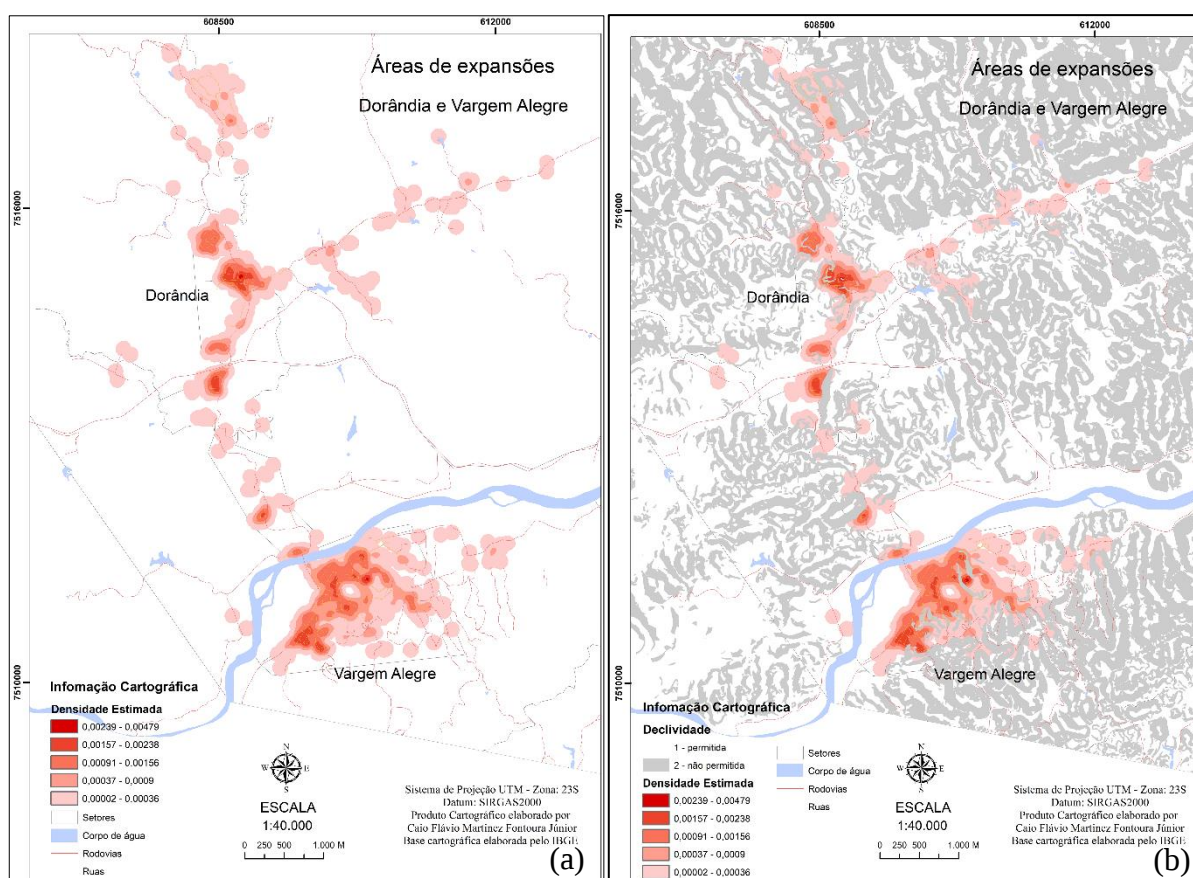


Fonte: Do autor (2020)

Os outros três distritos do município, Dorândia, Vargem Alegre e Ipiabas apresentam densidades moderadas de possíveis residências e demais construções em relação à sede do município. Os distritos de Dorândia e Vargem Alegre, possuem potencial de expansão, devido os fatos de os dois distritos estarem próximos uns dos outros, sendo separados pelo rio, conforme pode ser visto na Figura 27.

Em relação a localização territorial, os dois distritos (Dorândia e Vargem Alegre) estão localizados distante da Sede do município. Os distritos têm condições de se expandirem e de se tornarem uma subcentralidade maior, devido à declividade não atrapalhar o crescimento da região. Os habitantes poderiam evitar de se deslocar dessa região para a região central, o que contribui para uma independência da centralidade principal, além da economia de tempo e dinheiro com transporte.

Figura 27 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Dorândia e Vargem Alegre

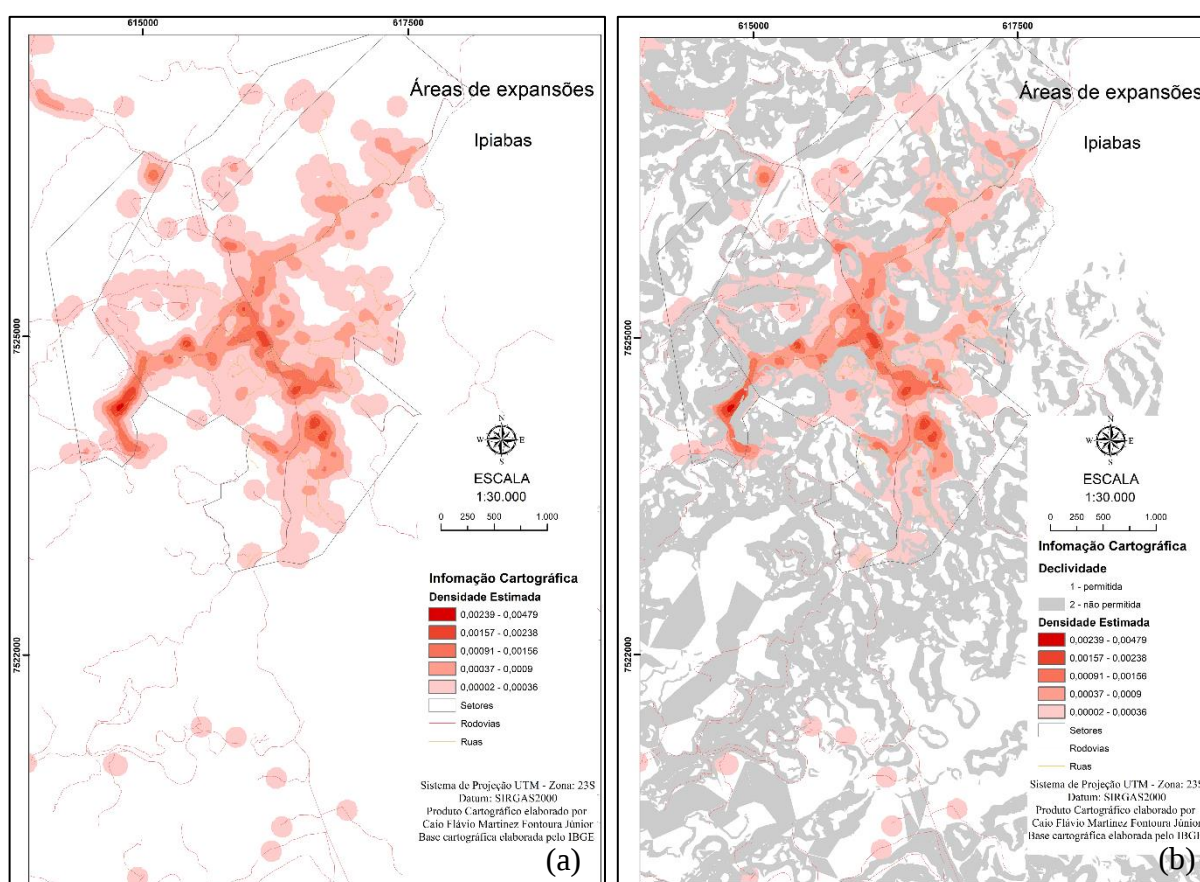


Fonte: Do autor (2020)

O distrito de Ipiabas foi selecionado para uma análise do aspecto econômico (Apêndice 1). A partir desse estudo, foi possível identificar que determinados fatores ou análises não contribuiriam para maiores explicações deste o trabalho que considera todo o município.

Em relação à declividade (Figura 28), o distrito de Ipiabas indica que a mancha populacional produzida pelo estimador de densidade *kernel* vem acontecendo ao longo das vertentes. Por meio dos mapas, foi possível identificar que o distrito de Ipiabas é uma região com características parecidas com os distritos de Dorândia e Vargem Grande, em termos de densidade populacional e localização distante da Sede do município. Porém, a diferença é que Ipiabas fica na região mais alta e acidentada do município com uma variação de 330 metros de altitude, o que dificulta o deslocamento até a região (Apêndice 1).

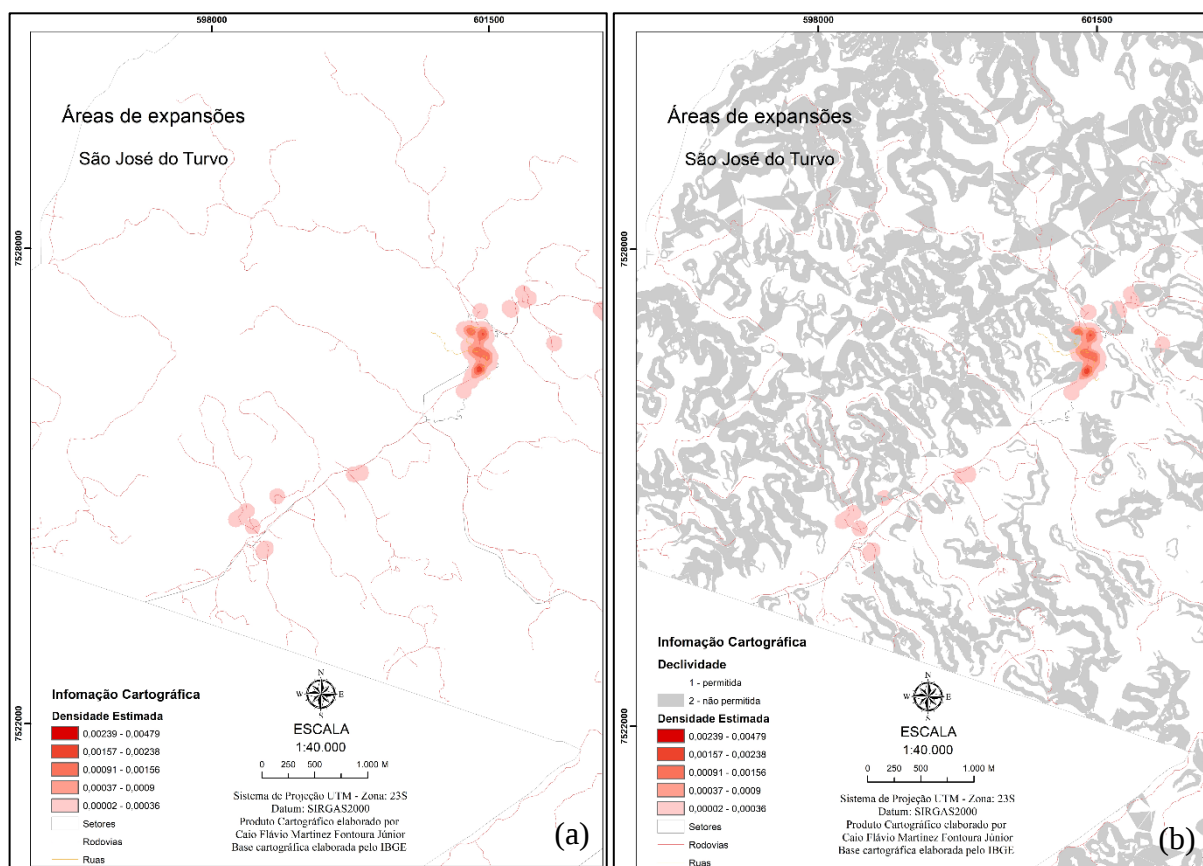
Figura 28 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em Ipiabas



Fonte: Do Autor (2020)

O distrito de São José Turvo também foi analisado e apesar de possuir maior porção para expansão, destacadas em cor branca, o distrito está localizado em área rural e distante da sede do município. Vale destacar que por ser uma região plana, parte desse território possui diversas fazendas e matas que devem ser preservadas. Por este viés, o distrito de São José do Turvo é uma região com pouco potencial para se tornar uma subcentralidade, conforme mostra a Figura 29.

Figura 29 – Superfície de densidade de residências e demais construções (a) e da alta declividade não permitida para loteamentos (b), em São José do Turvo



Fonte: Do autor (2020)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir do referencial teórico foi possível realizar um estudo sobre policentrismo, análise espacial de dados geográficos (com análise de evento pontual e análise de área), bem como análise multivariada. A revisão de literatura contribuiu como parte do referencial, o qual foi utilizado no desenvolvimento deste trabalho.

Um estudo sobre policentrismo pode ser entendido como uma das estratégias de busca da reorganização espacial de uma cidade que tem finalidade de compreender como população, bens e serviços e economia estão organizadas espacialmente. Devido à maneira como os subcentros estão localizados, as atividades urbanas podem ser impactadas negativamente, pois o comportamento espacial das variáveis como população e economia, podem afetar tanto positiva quanto negativamente o crescimento da cidade. E a da abordagem morfológica pode impactar de maneira positiva tanto a população quanto os governos locais, por exemplo, os governos locais.

A análise dos componentes principais empregadas neste trabalho de pesquisa, a partir de dados do censo de 2010, identificou quatro Fatores (propriedades alugadas, boa infraestrutura e renda; propriedades próprias, boa infraestrutura e renda; renda baixa; e, renda média) como sendo as mais importante para identificar os padrões espaciais nesta região de estudo. Após essa identificação, foram utilizados os métodos de autocorrelação espacial Índice Global Moran e o LISA. Dessa maneira, foi possível analisar inicialmente que há padrões de aglomerados. Porém, somente com estes métodos não seria suficiente indicar que os distritos de Ipiabas, California da Barra e a Sede do município, são subcentralidades ou centros em expansões.

Para análises mais conclusivas, foi aplicada a função *Average Nearest Neighbor* na camada de dados das possíveis residências e demais construções, e foi confirmado estatisticamente que há padrões espaciais. Posteriormente, a análise de eventos pontuais foi realizada variáveis demográficas, para avaliar a distribuição dos dados pelo estimador de densidade *kernel*. A superfície gerada pelo estimador indicou que as possíveis residências e demais construções estão localizadas no espaço de maneira concentrada nos distritos, principalmente ao longo das vias e ao longo das encostas dos morros. Dessa maneira, o método se mostrou como uma função que apoia a identificação de centralidades, pois possibilitou conhecer a distribuição espacial da população em área específica.

A variável declividade se apresentou como um fator preponderante na identificação de centralidades. Para a expansão territorial dos centros urbanos se mostrou um aspecto que

limita o crescimento urbano, tornando certas regiões, como a Sede do município estudado limitado pela declividade. Dessa maneira, foi notado que a maior porção da população se localiza em locais com declividades abaixo de 30% e uma minoria se assenta em locais com declividades acima dos 30%. E, dessa parte da população que se encontra acima dos 30%, se localiza no centro do município.

Ao analisar o índice de Moran, LISA e Estimador de Densidade de *kernel* com a declividade foi possível notar que Califórnia da Barra, é uma região que possui potencial para se tornar uma centralidade de maior importância. Já a Sede do município é uma região que a declividade não permite expansão, pois os morros acabam limitando o crescimento. Os distritos de Dorândia e Vargem Grande são regiões que apresentam quantidade moderada de possíveis residências, porém apresentam espaços apropriadas para expansão e de se tornem centralidades. Isto, pode contribuir para a população que se encontra dependente da centralidade principal, a Sede do município.

O distrito de Ipiabas mostrou ser potencial para um pequeno núcleo, em vista que sua região apresenta quantidade moderada de possíveis residências, além de ser uma região favorecida pelo setor turístico do município de Barra do Piraí. Porém, em termos de centralidade urbana, é uma região prejudicada por conta das altas declividades, tendo uma variação de altitude de aproximadamente 330 metros. Apesar dessa dificuldade, pela grande variação de altitude, os órgãos administrativos deveriam investir. O distrito de São Jose do Turvo, não tem característica de ser um pequeno núcleo, pois é considerado a região rural do município.

O município de Barra do Piraí apresenta uma forma urbana monocêntrica e centralizada em um único núcleo, a Sede do município. Este tipo de forma urbana, muitas vezes sobrecarrega sua única centralidade em alguns setores, principalmente o de transporte e econômico, pois os bens e serviços se localiza nessa região. Dessa maneira, se a administração pública realmente colocar em prática o Plano Diretor do município de Barra do Piraí, pode tornar-se uma região urbana policêntrica, no qual seu centro irá se enquadrar no modo de incorporação que, segundo Chaption (2001), permite uma interação melhor com seus distritos.

A variável declividade considerada neste trabalho apresentou ser um fator impactante na determinação de centralidades ou núcleos urbanos na área de estudo, localizado no estado do Rio de Janeiro. A metodologia adotada neste trabalho foi válida, pois contribuiu com a identificação e distribuição da densidade populacional em relação a declividade tanto numericamente pela função *Average Nearest Neighbor* quanto visualmente pelo indicador de associação espacial - LISA e pelo estimador de densidade *kernel*. Além disso, as análises multivariadas apresentaram resultados estatísticos importantes, não se baseando somente na

subjetividade de qualquer variável que não fosse estudada antes em termos de relevância para o estudo (LISA).

Além disso, a análise comparativa entre as regiões por meio da visualização da densidade populacional estimada e a visualização da densidade populacional estimada juntamente com declividade foram essenciais para identificar as centralidades. Dessa maneira, a metodologia de análise espacial adotada neste trabalho pode ser aplicada para outras cidades que estejam localizadas em regiões que possuem declividade acentuada. Portanto, a metodologia empregada aqui não se aplica diretamente para regiões que se diferenciam dessas características, embora adaptações podem ocorrer de acordo com cada caso.

Para trabalhos futuros, sugere-se a realização das seguintes análises: relacionar a influência com as cidades vizinhas; empregar a abordagem funcional entre os distritos e cidades vizinhas; considerar outras variáveis nas análises espaciais como prestação de serviço, comércios e atividades econômicas e; levar em consideração outras importâncias, tais como variáveis ligadas diretamente com o meio ambientais e legislação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCGIS. ArcGIS: **Software**. 2014. Versão 10.3. ESRI, Redlands, Califórnia, EUA. Disponível em: <<http://www.esri.com/software/arcgis/index.html>>. Acessado em 06 de março de 2018.
- ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n.2. 1994.
- BATALLER, M. A. S. O Estudo da Gentrificação. **Revista Continentes** (UFRRJ). Seropédica, n.1, p. 9-37, 2012.
- BURGER, M.; MEIJERS, E. Form Follows Function? Linking Morphological and Functional Polycentricity. **Urban Studies**, Texas, v. 49, p. 1127–1149, 2012.
- BOOTS, B.; TIEFELSDORF, M. Global and Local spatial autocorrelation in bounded regular tessellations. **J Geograph Syst**, Berlin, v. 2, p. 319-348, 2000.
- CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V.; DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. Análise Espacial e Geoprocessamento. In DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004a. p. 31-56.
- CÂMARA, G; CARVALHO, M. S. Análise de Eventos Pontuais. In DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. p.57-72.
- CÂMARA, G; CARVALHO, M. S. CRUZ, O. G.; COREEA, V. Análise Espacial de Área. In DRUCK, S.; CARVALHO, M. S.; CÂMARA, G; MONTEIRO, A. M. V. **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004b. p.136-180.
- CASTELLO, I. R. **Bairros, loteamentos e condomínios**: Elementos para o projeto de novos territórios habitacionais. 1ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008. 208p.
- CHAMPION, A. G. A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. **Urban Studies**, v. 38, n. 4, p. 657–677, 2001.
- DEMATTEIS, G. Polycentric urban regions in the Alpine space. In: **Urban Research & Practice**, Turin, v. 2, n. 1, p. 18–35, 2009.
- ESTUPIÑÁN, N. R.; DUARTE, C. MARMOLEJO; FERNÁNDEZ, M. T. Measuring Functional Polycentricity for the Analysis of Structural Places. The Case of the Seven Principal Metropolitan Areas in Spain. In: **53rd Congress of the European Regional Science Association: "Regional Integration: Europe, the Mediterranean and the World Economy"**, Palermo, p. 1-22, 2013.
- ESPON. European Observation Network for Territorial Development and Cohesion. **ESPON 111 Potentials for polycentric development in Europe**. p.1000, 2011.
- ESPON. European Observation Network for Territorial Development and Cohesion. **About**. 2019. Disponível em: <https://www.espon.eu/programme/espon/espon-2020-cooperation-programme>. Acesso em: 21 mar. 2019.
- FREIRE, F.H. **Introdução à estatística espacial**. Rio de Janeiro: UFRJ. 2010. Disponível em: www.observatoriodasmetropoles.ufrj.br/download/aulasanalise-espacial.pdf. Acessado em: 26/05/2019.

FONSECA, F. P.; RAMOS, R. A. R. O Planeamento Estratégico na busca de potenciar o território. **XI Jornadas da Associação dos Urbanistas Portugueses Territórios e Desenvolvimento**. Santa Maria da Feira, Portugal. 2004. p.1-11.

GORDON, P.; RICHARDSON, H. W. Employment decentralization in US metropolitan areas: is Los Angeles an outlier or the norm?. **Environment and Planning A**, Los Angeles v. 28, p. 1727-1743, 1996.

GIULIANO, G.; SMALL, K. A. Subcenters in the Los Angeles Region. **Regional Science and Urban Economics**, Los Angeles v. 21, n. 39, p. 163-182, 1991.

GULLAIN, R.; GALLO, J. L.; BOITEUX-ORAIN, C. The evolution of the spatial and sectoral patterns in Ile-de-France over 1978-1997, **50th North American Meetings of the Regional Science Association International (RSAI)**, France, v.43, n. 11. 2004. p. 2075-2098.

GREEN, N. Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. **Urban Studies**, v. 44, n. 11, p. 2077–2103, 2007.

GOULART, J. O.; TERCI, E. T.; OTERO, ESTEVAM, V. A dinâmica urbana de cidades médias do interior paulista sob o Estatuto da Cidade. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (RBEUR)**, v. 15, n. 1, p. 183-200, 2013.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**. 2018a. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-do-pirai/panorama>. Acesso em: 10 Dez. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Bases cartográficas contínuas - Brasil**. 2018b. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/bases-cartograficas-continuas/15759-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 Dez. 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Rio de Janeiro). **Base Estatcart dos Resultados Preliminares do Universo: Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

JHONSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Appyislied Multivariate Statitisl Analysis**. 6ª ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson/Prentice Hall, 2007.

JÚNIOR, W. M. L.; SANTOS, R. C. B. Reprodução do Espaço Urbano e a Discussão de Novas Centralidades. **Revista RA'E GA**, Curitiba, n. 19, p. 107-123, 2010.

KLOOSTERMAN. R. C.; MUSTERD. S. The Polycentric Urban Region: Towards a Research Agenda. **Urban Studies**, v. 38, n. 4, p. 623-633, 2001.

LI, Y.; LIU, X. How did urban polycentricity and dispersion affect economic productivity? A case study of 306 Chinese cities. **Landscape and Urban Planning**, China, v.173, p.51-59, 2018.

LIMA, A. C. C.; SIMÕES, Rodrig. F. Centralidade e emprego na região Nordeste do Brasil no período 1995/2007. **Nova Economia**, v. 20, n. 1, p. 39-83, 2010.

LIU, X.; DERUDDER, B.; WU, K. Measuring Polycentric Urban Development in China: An Intercity Transportation Network Perspective. **Regional Studies**, China, v. 50, n. 8, p. 1302-1315, 2016.

MAFRA, F.; SILVA. J. A. **Planeamento e Gestão do Território**. Porto, PT: SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. 2004.

MARQUES, S. F.; BRACARENSE, L. S. F. P.; SILVA, R.C. A Influência das Características das Cidades Médias na Elaboração de Planos de Mobilidade. **7º Congresso Luso Brasileiro para o planejamento Urbano, Regional, Integrado e Sustentável Contrastes, Contradições e Complexidades**. Maceió, 2016.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada**: uma abordagem aplicada. 2005.

MCMILLEN, D. P.; SMITH, S. C. The number of subcenters in large urban areas. **Journal of Urban Economics**, Chicago, n. 53, p. 321-338, 2003.

MEIJERS, E. BURGUER, M. J. Spatial Structure and Productivity in US Metropolitan Areas. **Environment and Planning**, v.42, p. 1383-1402, 2010.

MEIJERS, E. Polycentric Urban Regions and the Quest for Synergy: is a Network of Cities More than the Sum of the Parts? **Urban Studies**, v.42, n.4, p.765-781. 2005.

NUNES, G.; MOTA, I.; CAMPOS, P. Policentrismo Funcional: Uma Avaliação dos Municípios Portugueses. **Revista Portuguesa de Estudos Regionais**, Coimbra, PT, n.29, p. 27-38, 2012.

PESSOA, R. P. P. Em Busca de Uma Definição de Policentrismo Urbano para as Metrôpoles Brasileiras. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, n.120, p. 297-318, 2011.

PARR, J. The Polycentric Urban Region A Closer Inspection, **Regional Studies**, v. 38, n.3, p. 231-240, 2004.

PREFEITURA DE BARRA DO PIRAÍ. **Aspectos Geográficos**. Disponível em: http://www.barradopirai.rj.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=2&Itemid=117. Acesso em: 10 Dez. 2018.

REIS, E. **Estatística Multivariada Aplicada**, Lisboa: Silabo, 2ª. Ed., 2001.

ROBERTS, M.; LLOYD-JONES, T; ERICKSON, B; NICE, S. Place and space in the networked city: Conceptualizing the integrated metropolis, **Journal of Urban Design**, London v.4, n. 1, p. 51- 66, 1999.

SILVEIRA, R. L. L.; BRANDT, G. B. FACCIN, C. R.; SILVEIRA, L. L.; KUMMER, D. C. Policentrismo, Áreas Urbanas Funcionais (FUAs) e Dinâmica Territorial: Um estudo exploratório desde a região do Vale do Rio Pardo - RS - Brasil. **Redes**: Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul, v. 22, n.1, p. 184-217, 2017.

VIEIRA, M. H. P.; PEREIRA, E. F.; VIEIRA, J.; LOUZADA, R. O.; SILVA, M. C. A.; FERREIRA, L. M. Mapas de *Kernel* como Alternativa ao Monitoramento Ambiental: Análise das indústrias que realizam emissões nos municípios do estado de Mato Grosso do Sul, nos anos 2008 a 2018. **Anais 7º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Jardim**, Mato Grosso do Sul: Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2018. p. 627-636.

WANDERLEY, M. F. B. **Estudos em Estimção de Densidade por Kernel: Métodos de Seleção de Características e Estimção do Parâmetro Suavizador**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Minas Gerais, Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica, Belo Horizonte. 2013.

WHALLON, Robert. Spatial analysis of occupation floors II: the application of nearest neighbor analysis. **American Antiquity**, vol. 39, n. 1, 1974. pp. 16-34.

ZHANG.T.; SUN. B.; LI. W. The economic performance of urban structure: From the perspective of Polycentricity and Monocentricity. **Cities** **68**, China, p. 18-24, 2017.

Apêndice 1 – Artigo elaborado para um estudo preliminar do projeto de dissertação
UM ESTUDO DA FORMA URBANA NO DISTRITO DE IPIABAS, MUNICÍPIO DE BARRA DO PIRAÍ
- RIO DE JANEIRO

Primeiro Autor

endereço_de@e-mail.com

Segundo Autor

endereço_de@e-mail.com

Terceiro Autor

endereço_de@e-mail.com

RESUMO

A expansão urbana vem formando aglomerados populacionais desordenados, o que causa problemas para a administração municipal. A fim de mitigar este tipo de problema, uma das maneiras de reorganizar o território está no conceito de policentrismo. Há duas abordagens que estudam esses problemas e que buscam soluções para eles, a funcional e a morfológica. A partir dessa consideração, o presente trabalho objetivou o estudo de alguns fatores que possam influenciar a morfologia urbana no distrito de Ipiabas, um possível subcentro localizado no município de Barra do Piraí, Rio de Janeiro. Para compreender a forma urbana, as análises consistiram em: interpolar a concentração de residências, mapear a renda média per capita com símbolos proporcionais e modelar a superfície com a declividade. Foi feita a sobreposição de dados de localização de residências com a declividade. Os resultados mostram que a característica da forma urbana do distrito de Ipiabas está relacionada com a declividade e que há predominância de assentamentos populacionais entre as encostas. Novos trabalhos podem adotar a metodologia estabelecida aqui para estudar o policentrismo em nível de município e de outras regiões

Palavras-chave: Centralidades, Estimador de Densidade *Kernel*, Planejamento Territorial, Declividade, Vizinho Mais Próximo Médio.

A STUDY OF URBAN SHAPE IN THE DISTRICT OF IPIABAS, MUNICIPALITY OF BARRA DO PIRAÍ - RIO DE JANEIRO

ABSTRACT

The urban expansion has been creating disorderly population clusters, which causes problems for the municipal administration. In order to mitigate this type of problem, one of the ways to reorganize the territory is in the concept of polycentrism. There are two approaches that study these problems and seek solutions to them, the functional and the morphological. Based on this consideration, the present study aimed to study some factors that may influence urban morphology in the district of Ipiabas, a possible sub-center located in the municipality of Barra do Piraí, Rio de Janeiro. To understand the urban form, the analyzes consisted of interpolating the concentration of residences, mapping the average income per capita with proportional symbols and modeling the surface with the slope. Home location data was superimposed with the slope. The results show that the characteristic of the urban form of the Ipiabas district is related to the slope and that there is a predominance of population settlements between the slopes. New works may adopt the methodology established here to study polycentrism at the level of the municipality and other regions

Keywords: Centralities, Kernel Density Estimator, Territorial Planning, Slope, Average Nearest Neighbor

INTRODUÇÃO

A expansão da população urbana acompanhada de externalidades de várias aglomerações, tanto concentradas quanto dispersas, pode causar problemas para população e novos desafios para a administração pública municipal. Atualmente, o crescimento do tecido urbano da maioria das cidades se encontra em condições desordenadas (ZHANG, SUN e LI 2017). Na última década, especialistas buscaram encontrar estratégias que pudessem contribuir para a reorganização territorial de modo que atende às necessidades do crescimento territorial urbano. E, os europeus foram os pioneiros em estabelecer um conceito de como reorganizar o território, entre as maneiras está o planejamento espacial policêntrico (ZHANG, SUN e LI, 2017).

O policentrismo surgiu na Europa por volta de 1930. Este modo de organização espacial é baseado na Teoria do Lugar Central (TLC), o qual tem o objetivo de auxiliar o desenvolvimento regional para estabelecer uma estrutura urbana de modo que possa contribuir para a redução da disparidade entre diferentes localidades e proporcionar melhoria da integração econômica, por meio do aumento da competitividade entre diferentes regiões (ESPON, 2011).

Conforme a TLC prediz, os sistemas urbanos são, por definição, monocêntricos. O objetivo do monocentrismo está na importância de hierarquia entre regiões e não no equilíbrio, pois cada centralidade possui uma importância diferente em termos de centro, dentre os quais econômico, histórico, cultural, social e turístico (BURGER e MEIJERS, 2012). E, transformar uma localidade monocêntrica em policêntrica pode

ser uma maneira eficaz de reduzir aglomerações onde ocorrem há deseconomias (ZHANG, SUN e LI, 2017).

Nesse modo de organização policêntrico, há hierarquia entre os núcleos urbanos, em que as residências e variedade de bens podem ser consideradas perfeitamente correlacionadas (BURGER e MEIJERS, 2012). Desta maneira, os núcleos urbanos estão organizados em estrutura de pirâmide, dividida em três partes. Na base da pirâmide se encontram as regiões mais distantes do centro, chamado de interior; no meio da pirâmide se encontram os locais mais afastados do centro, porém próximos de algumas atividades econômicas, mas que não têm uma relação direta com a centralidade principal e; no topo está a centralidade principal, a qual exerce maior influência sobre as demais, devido à autosuficiência de oferecer uma ampla variedade de bens e serviços (BURGER e MEIJERS, 2012).

Neste contexto, há duas abordagens relevantes para interpretação e análise do policentrismo. A primeira é a abordagem morfológica, referente ao modo como as áreas urbanas estão distribuídas em uma determinada localidade (número de cidades e hierarquia). A abordagem morfológica pode ser expressa como “a pluralidade de centros urbanos em um determinado território. No entanto, a policentricidade tende está mais associada a uma distribuição equilibrada em relação à importância desses centros urbanos” (BURGER e MEIJERS 2012, p. 1132, tradução nossa).

Há diversas interpretações sobre o policentrismo por diferentes autores, porém o fato que difere umas das outras é explicado pelo estudo em diferentes contextos e diferentes escalas geográficas. Contudo, o ponto comum do policentrismo é definido como uma área urbana composta de vários centros urbanos e que pode ser reconhecido também como polinucleação ou composição de vários subcentros. Neste contexto, o significado mais abrangente varia de acordo com o ponto de vista espacial, social, econômico e histórico (PESSOA, 2011).

A segunda abordagem é a funcional, e está relacionada com as redes de fluxos e a cooperação entre as regiões urbanas policêntricas (ESPON, 2011). Neste contexto, os principais atores de ligação ou comutação dentro da abordagem policêntrica estão relacionados com as cidades, pessoas, empresas, telefones e computadores (GREEN, 2007).

Segundo Champion (2001), a escala geográfica parece ser uma das questões mais problemáticas no estudo do policentrismo, pois o grau de interação entre as localidades urbanas e a variedade de regiões contribuem para o surgimento de uma Região Urbana Policêntrica (Polycentric Urban Regions - PUR). Na literatura, é possível identificar pelo menos duas configurações policêntricas. Uma é a área metropolitana individual e a outra é a cidade como um todo. A cidade como um todo inclui os subúrbios e o deslocamento entre regiões, para áreas mais distantes. E, por muitas vezes, a policentricidade ocorre devido às consequências das políticas e às mudanças sociais, as quais podem ter aspectos tanto positivos quanto negativos (GREEN, 2007).

A centralidade de uma região apresenta um intenso fluxo de atividades humanas, concentração de comércio e certa complexidade, tanto física quanto humana, que tornam essa região diferente das que se encontram em seu entorno, e essa variação ocorre de acordo com a cidade e depende de diversos fatores. Em uma mesma cidade podem existir diversos centros com uma grande concentração de comércios

e prestação de serviços. Contudo, nem sempre a região central estará localizada na região geográfica de origem do centro do município, pois todo município tem uma centralidade onde se originou a cidade em uma determinada época, mas que hoje não se encontra mais nessa mesma região, devido aos fatores socioeconômicos (JÚNIOR e SANTOS, 2010).

Devido às rápidas e contínuas mudanças territoriais contemporâneas, novos problemas e dificuldades sociourbanísticas têm surgido. Desse modo, são necessárias novas maneiras de operar, de pensar e de agir, especificamente nas cidades (FONSECA e RAMOS, 2004). Em consonância, Mafra e Silva (2004) afirmam que planejar o território requer novas tecnologias e sistemas de informações, o que torna essas ferramentas muito importantes na formulação e implementação de políticas públicas.

Nos últimos 15 anos surgiu uma ampla variedade de pesquisas, tendo como foco os conceitos do desenvolvimento do policentrismo (BURGER e MEIJERS, 2011). Dessa maneira, os pesquisadores buscam aplicar os estudos sobre o policentrismo em diversas escalas geográficas (local, regional e nacional) e com o emprego de diferentes metodologias (PARR, 2004; ESTUPIÑÁN et. al, 2013; LI e LIU, 2018). Em relação à metodologia, os estudos foram aplicados com a utilização de Sistema de Informação Geográfica – SIG, modelos paramétricos, regressão linear e pela estatística descritiva espacial (MCDONALD e MCMILLEN, 1990; MCDONALD e PRATHER, 1994; LI e LIU, 2018).

A maioria desses estudos foi realizada em diversos países, com destaque para China, países da União Europeia e Estados Unidos. No Brasil, há poucos estudos sobre policentrismo ou polinucleação em relação aos países supracitados. No contexto nacional, as pesquisas que envolveram o policentrismo foram aplicadas com a utilização de abordagem funcional ou morfológica (SILVEIRA et al., 2017; SALES, 2014; PESSOA, 2011; DA SILVA e SPOSITO, 2006; WHITACKER, 2003; FERREIRA, 2018). Porém, há um fator importante para as localidades brasileiras, e que não é tão impactante nos países supracitados: a questão da topografia que pode ser um fator na determinação de uma centralidade ou núcleo urbano.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho é estudar fatores que possam ter influência sob o aspecto morfológico no distrito de Ipiabas, um possível subcentro localizado no município de Barra do Piraí – RJ. Este trabalho de pesquisa envolve questões de planejamento territorial e se enquadra no contexto do Estatuto da cidade, a lei nº. 10.257, de 10 de julho de 2001 (BRASIL, 2001).

METODOLOGIA

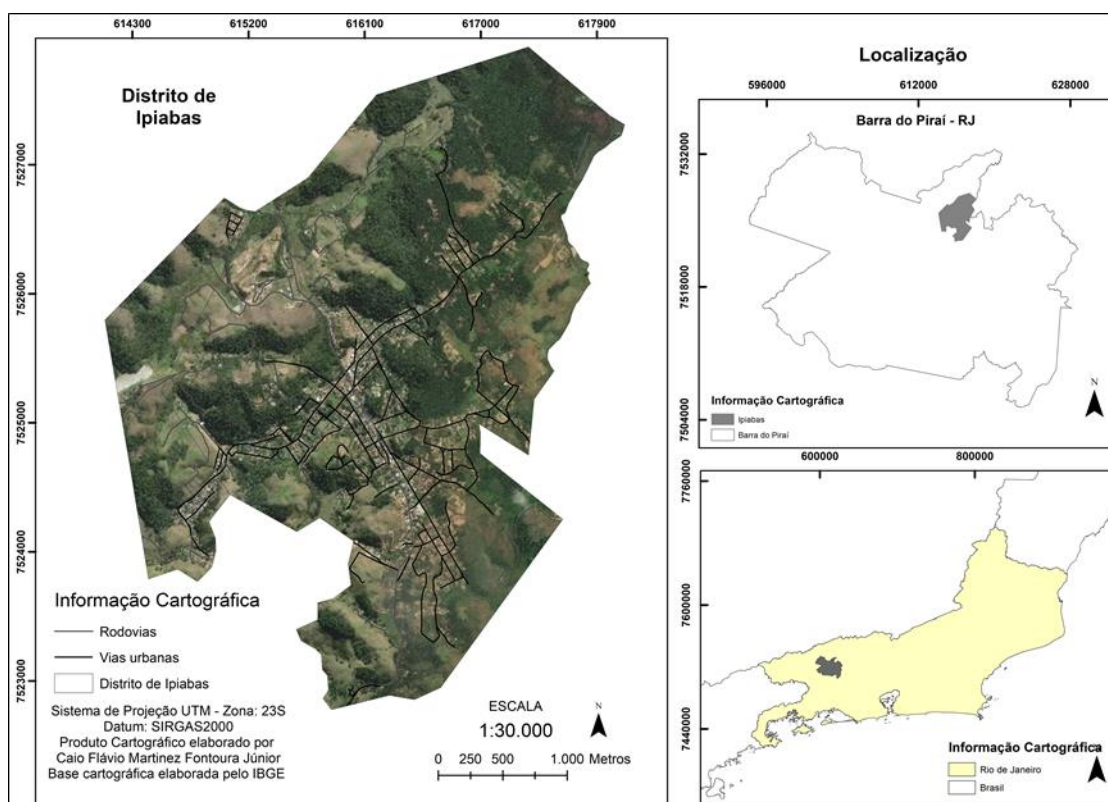
Neste tópico são descritas as etapas de realização do trabalho. Inicialmente são descritos os recursos cartográficos e tecnológicos que foram utilizados. Posteriormente, é apresentada a área de estudo para aplicação das análises espaciais com o intuito de compreender a morfologia urbana do local. Em seguida, são selecionadas a área de estudo, detalhados os procedimentos metodológicos, que envolvem a análise espacial pela renda e proporção de habitantes, o vizinho mais próximo médio, o interpolador de densidade *kernel* e a declividade.

Área de estudo

Neste trabalho, uma análise de policentrismo foi feita para o distrito de Ipiabas, o qual fica localizado no município de Barra do Piraí, na região Sul Fluminense do estado do Rio de Janeiro, Brasil. Foi utilizada a abordagem morfológica para

identificar micronúcleos na região local. O distrito possui área aproximada de 44.365 Km² e, segundo o censo do IBGE de 2010, cerca de 3.954 habitantes, sendo este um dos seis distritos do município de Barra do Piraí (IBGE, 2018). Está localizado entre as latitudes de 22° 21" Sul e 23° 24" Sul, e longitude 43° 51" Oeste e 44° 53" 30' Oeste (Figura 1). Ipiabas é a quarta divisão administrativa de Barra do Piraí e está localizada a 16,6 km do centro principal do município, sendo o mais próximo da sede. O distrito se encontra a uma altitude média de 750 metros, apresenta clima temperado e o local contribui para atrair turistas nessa região (PREFEITURA DE BARRA DO PIRAÍ, 2015). Existem diversas trilhas ecológicas e cachoeiras, e costuma receber eventos importantes como o circuito do Vale do Café, o que o torna principal polo turístico do município de Barra do Piraí, RJ.

Figura 1 – Mapa de localização de Ipiabas, distrito de Barra do Piraí, RJ

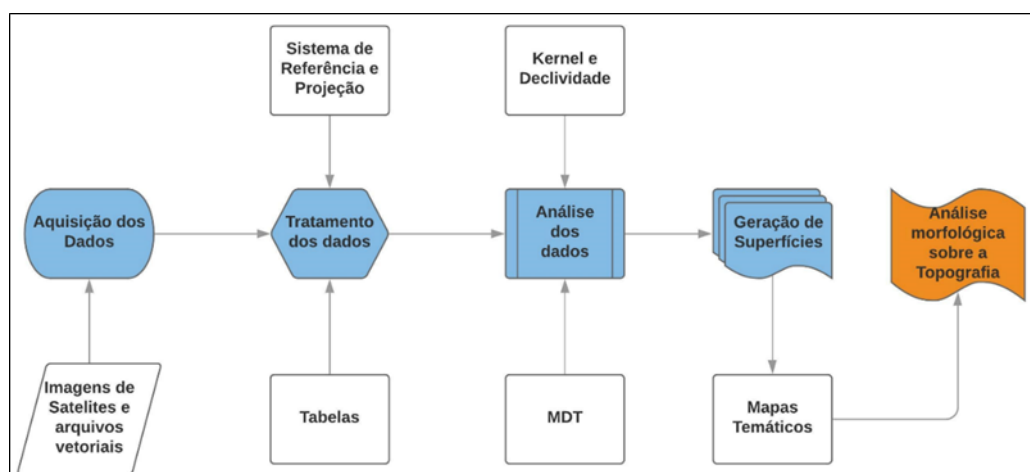


Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Ipiabas é a quarta divisão administrativa de Barra do Piraí e está localizada a 16,6 km do centro principal do município, sendo o mais próximo da sede. O distrito se encontra a uma altitude média de 750 metros, apresenta clima temperado e o local contribui para atrair turistas nessa região (PREFEITURA DE BARRA DO PIRAÍ, 2015). Existem diversas trilhas ecológicas e cachoeiras, e costuma receber eventos importantes como o circuito do Vale do Café, o que o torna principal polo turístico do município de Barra do Piraí, RJ.

Para estudar forma urbana no distrito de Ipiabas sob a influência da topografia, o trabalho foi organizado de acordo com as etapas presentes no fluxograma mostrado na Figura 2. A análise espacial com o estimador de densidade *kernel*, foi aplicada para visualizar e compreender a distribuição das residências que estão espalhadas ao longo do distrito. A partir da interpolação por *Delaunay* foi utilizado para obter o mapa de declividade reclassificado. O MDT para área em questão indicou variação de relevo de aproximadamente 330 metros.

Figura 2 - Etapas de trabalho para a criação de superfícies.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Aquisição e tratamento dos dados

Os dados utilizados neste trabalho são provenientes de épocas próximas umas das outras e com diferentes resoluções espaciais. Os arquivos vetoriais são oriundos da base cartográfica vetorial contínua do estado do Rio de Janeiro, de ano de 2018, na escala 1:25.000. Os dados sobre a população e rendimento médio são provenientes do censo demográfico de 2010, e os dados de residências foram obtidos de imagens de satélites que datam de 2013.

Foi realizado um recorte espacial na base cartográfica do município de Barra do Piraí para analisar a forma urbana somente do distrito de Ipiabas. Os arquivos vetoriais utilizados nesse processamento foram curvas de nível e pontos cotados, vias urbanas, vias rurais e hidrografia. A base cartográfica se encontrava em sistema de referência WGS84, o qual foi transformado para o SIRGAS2000. A etapa de preparação dos dados resultou em uma base com Projeção conforme de *Gauss-Krüger* (UTM – *Universal Transversa de Mercator*), zona 23, hemisfério Sul.

Os dados socioeconômicos do censo demográfico de 2010 estavam armazenados na base cartográfica com geometria de polígono. Esses dados alfanuméricos que estão armazenados nos polígonos que representam os setores censitários, não permitiam determinar a localização geográfica do local onde as pessoas residem. Para minimizar a representação da população em locais onde não há residências, foi utilizada a imagem de satélite disponibilizada no módulo *Basemap*, do ArcGIS, desenvolvido pela empresa ESRI, foi gerada a vetorização de uma camada de dados pontuais e feita a vetorização sobre a imagem, em que cada ponto representa uma construção, considerada neste trabalho uma possível residência. Além disso, foi realizado um trabalho de campo, uma observação *in locu* para realizar a análise dos resultados.

Análises e Discussões

Para identificar onde os habitantes com os maiores e os menores salários mínimos residem no distrito de Ipiabas, foi feita a união de tabelas alfanuméricas com os polígonos dos setores censitários. Posteriormente, os dados contidos nos polígonos dos setores censitários foram copiados para os pontos,

os quais representam os locais das possíveis residências. Dessa maneira, foi possível estimar a média de pessoas por residência, visto que se conhecia a quantidade total de habitantes por setor censitário e a quantidade de possíveis residências.

Com o intuito de identificar o padrão espacial das possíveis residências foi aplicada a função do vizinho mais próximo médio (*Average Nearest Neighbor* - ANN). O índice resultante do processamento revela o tipo de padrão espacial e permite seguir com a análise de densidade caso o valor encontrado indique a presença de aglomerados. Segundo Whallon (1974), a função do vizinho mais próximo médio calcula o índice do vizinho mais próximo baseado na distância média de cada feição até a feição vizinha mais próxima. Se o índice for menor que 1,0 (um) pode afirmar que há padrões de aglomerados e se o índice for maior que 1,0 (um) pode afirmar que há dispersão.

Depois de ter detectado padrão de aglomerado a partir da análise do vizinho mais próximo médio, foi possível identificar que há padrão de aglomerado, foi realizada uma análise espacial com o método de interpolação *kernel* por meio dos pontos das possíveis residências. Isto teve o objetivo analisar os locais de maior densidade de residências que podem indicar a presença de subcentralidade ou micronúcleos no distrito. A equação 1 representa a formulação geral do interpolador *kernel* (CAMARA e CARVALHO, 2004).

$$\lambda_{\tau}(\mu) = \frac{1}{\tau^2} \sum_{i=1}^n k \frac{d(\mu_i, \mu)}{\tau}, d((\mu_i, \mu) \leq \tau \quad (1)$$

Na equação, μ_i representa uma determinada localização, sendo preciso estimar este valor; o τ significa o tamanho do raio; d é a distância entre a posição e i -ésima amostra, e k é a função de interpolação (CAMARA e CARVALHO, 2004).

Segundo Câmara e Carvalho (2004), o interpolador *kernel* é aplicado em pontos identificados no espaço, tais como a localização de crimes, demografia e ocorrência de doenças. Tem o intuito de compreender a maneira como os dados estão distribuídos no espaço, se aleatória, dispersa ou aglomerada. Dessa maneira, a função enfatiza a maior importância para a localização espacial do evento.

Para compreender a topografia do terreno, foi gerado um MDT da área de estudo a partir das camadas com curvas de nível e pontos cotados. Posteriormente, foi gerado uma camada de declividade para apoiar a verificação de sua influência na forma urbana do distrito de Ipiabas.

Na literatura que trata de ocupação do solo para fins de loteamentos urbanos há recomendações sobre as declividades que são apropriadas para diferentes fins, conforme pode ser observado no Quadro 1 (CASTELLO, 2008). Dessa maneira, foi decidido gerar um mapa de declividade reclassificado que evidencia duas classes, uma até 30% e outra acima de 30%.

Quadro 1 – Declividades apropriadas para urbanização

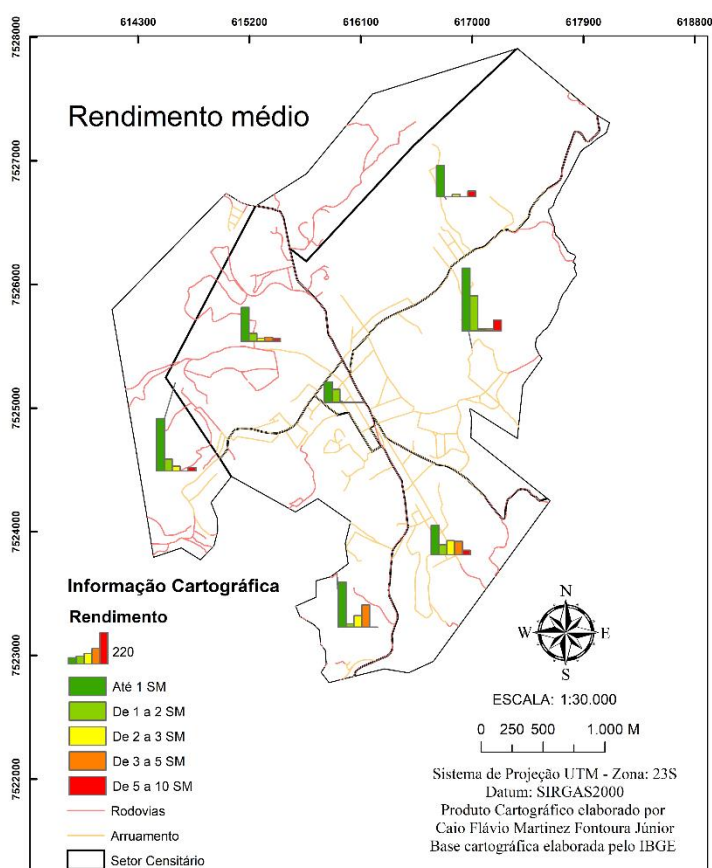
Intervalos	Aspectos
0% até 8%	Compatível com via arterial
8% até 10%	Compatível com via coletora
10% até 12%	Compatível com via local
12% até 30%	Compatível com área urbanizável
Acima de 30%	Incompatível com urbanização

Fonte: adaptado de Castello (2008)

Resultados e Discussões

A partir da junção de dados de rendimento médio e setores censitários, foi representada espacialmente a distribuição dos habitantes em relação ao rendimento médio. Dessa maneira, maior parte da população que recebe entre 5 a 10 salários mínimos se encontra na porção nordeste e na porção leste, como mostra a Figura 3.

Figura 3 – Rendimento médio dos habitantes do distrito de Ipiabas



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A partir do processo descrito na seção anterior, foi possível calcular uma aproximação para o número de habitantes que se encontra em cada setor censitário, conforme é mostrado na Tabela 1. Além disso, a partir dos cálculos realizados um número de pessoas por residências foi estimado.

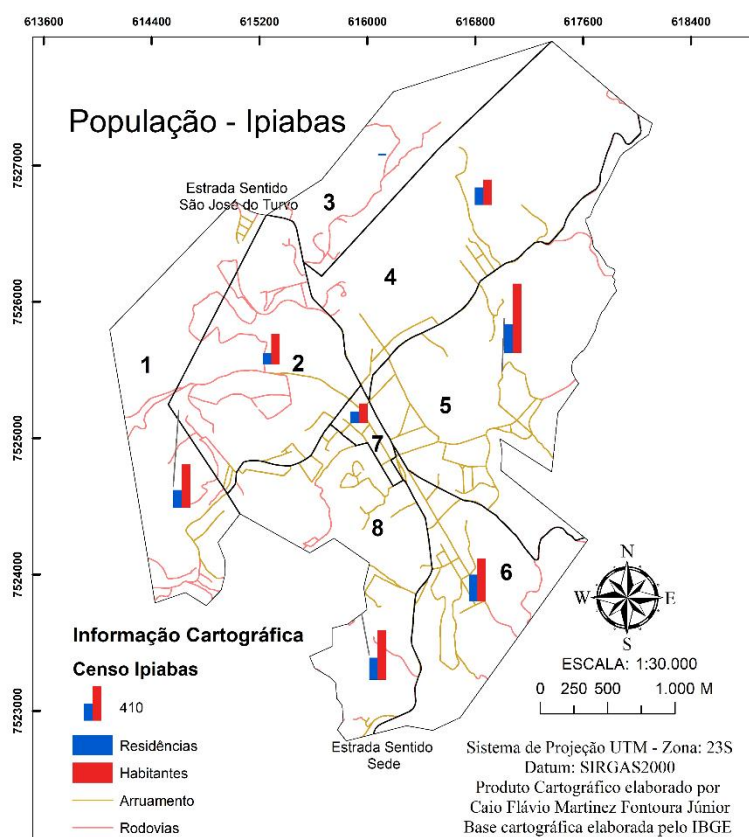
Tabela 1 – Números de residentes por setor censitário.

Setor censitário	Números de habitantes	Números de residências	Razão entre o número de habitantes e número de residências	Habitantes que recebem entre 5 e 10 SM (%)
1	517	210	2,46	4,83
2	367	139	2,64	5,44
3	0	20	0	0
4	301	208	1,44	12,96
5	828	343	2,41	9,18
6	515	323	1,59	6,21
7	238	143	1,66	0
8	592	262	2,26	0

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O número de habitantes para o setor 3 é igual a zero. Esta incompatibilidade com o número de residências adquiridas sobre a imagem de satélite proveniente do *Basemap*, com a data 2013, pode ser justificada pelo fato de a coleta do censo ter ocorrido em 2010. Os setores em que a proporção de habitantes é bem maior do que a quantidade de residências representam o número de pessoas que recebem entre 1 e 5 salários, enquanto o setor censitário de número 5 representa o que tem maior número de residências. O mapa apresentado na Figura 4 mostra os dados que se encontram na Tabela 1, correspondentes à distribuição espacial da população. No entanto, o setor 4 apresenta uma quantidade de habitantes próxima ao número de residências que recebem entre 5 e 10 salários mínimos.

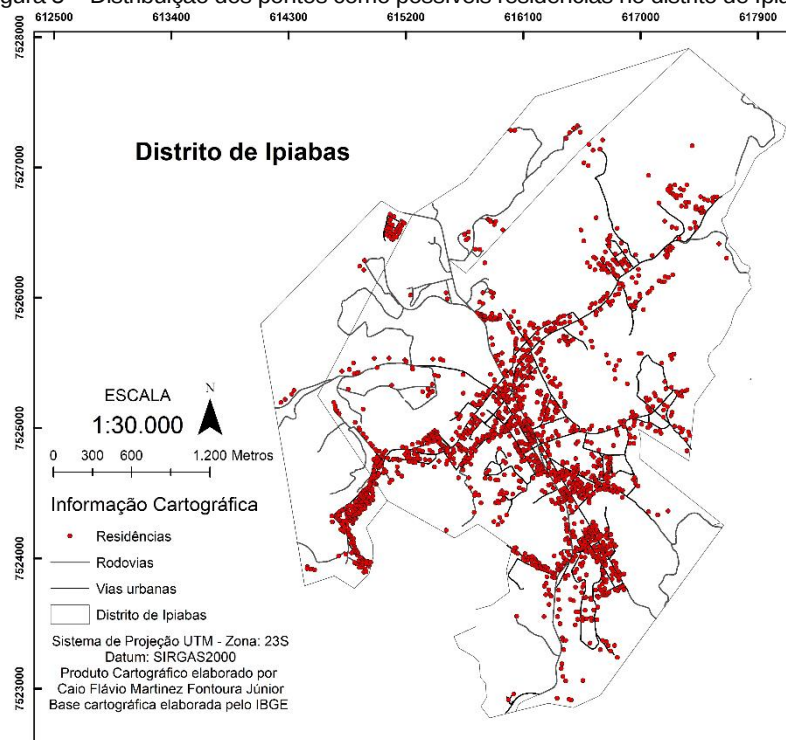
Figura 4 – Número de possíveis residências e do número de pessoas por setor



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A função do vizinho mais próximo médio, foi aplicada com uma distância euclidiana de 13 metros e o índice fornecido de 0.5. Este valor, indica que há padrões de aglomerados (Z -score = -38.22; e p -valor = 0,0000001. A representação cartográfica permitiu compreender que a grande maioria das residências localizadas em Ipiabas parece estar concentrada ao longo das vias, conforme apresenta a Figura 5.

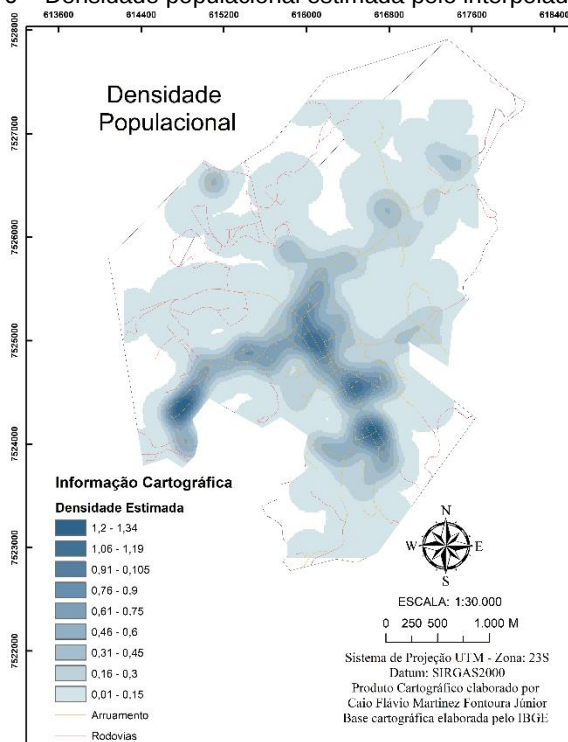
Figura 5 – Distribuição dos pontos como possíveis residências no distrito de Ipiabas



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

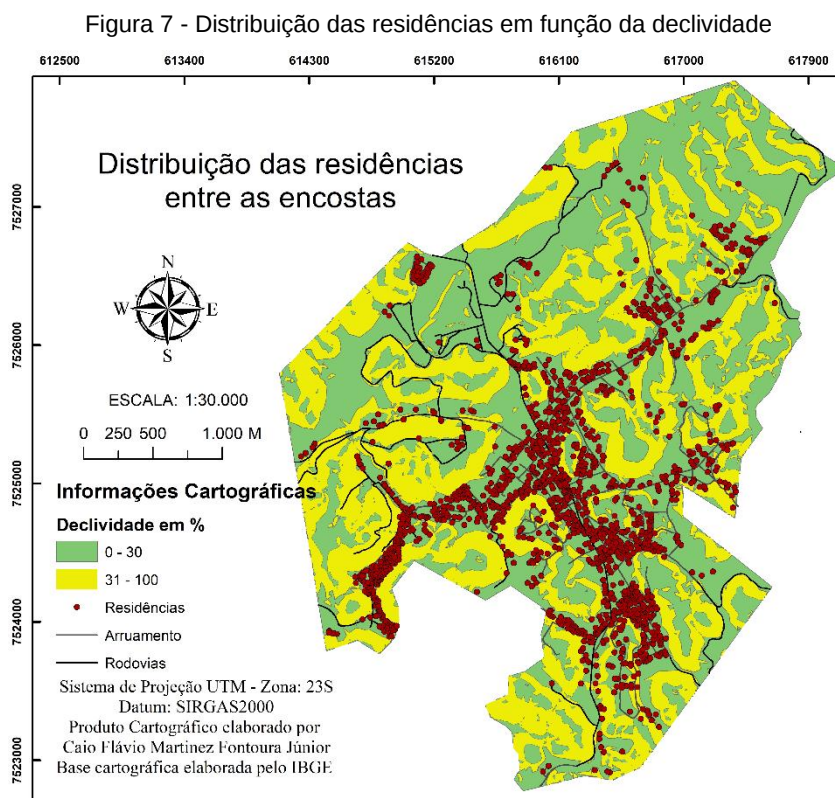
O resultado da aplicação com o interpolador de densidade *kernel*, resultou em uma superfície contínua que representa a densidade da distribuição da população na área de estudo. Foi observado que os picos de concentração se encontram ao longo das vias, na parte sudeste, na entrada do distrito, e mais ao sudoeste como mostra Figura 6.

Figura 6 – Densidade populacional estimada pelo interpolador *kernel*



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A sobreposição visual dos locais de residências com as classes de declividade compatível com área urbanizável (até 30%) e incompatível com área urbanizável (acima de 30%) mostra que a população vem se assentando entre as encostas (Figura 7). O mapa de declividade destaca duas classes, de modo que possa auxiliar na identificação das residências que estão dentro ou fora da declividade permitida no distrito de Ipiabas.



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A distribuição das residências com o mapa de pontos distribuídos geograficamente permitiu compreender o comportamento espacial das residências, mas não foi suficiente para determinar os núcleos de maior densidade. Com isto, a análise de eventos pontuais, com o estimador de densidade permitiu a identificação das subáreas mais densamente construídas dentro do distrito. Em seguida, a análise de declividade, possibilitou identificar se as residências se encontram em locais com declividade permitida ou não.

O mapa de declividade mostrou influência da declividade na organização da estrutura urbana do distrito. O mapa de declividade reclassificado com duas classes, uma até 30% e outra acima de 30%, permitiu a visualização das áreas permitidas e das áreas não permitidas. Foi possível identificar que a maior parte das residências se encontram em regiões permitidas, isto é, há um maior número de residências assentadas em locais com declividade menor que 30%. Cerca de 11,34% das residências se localizam em áreas com declividade acima de 30%, ou seja, em áreas não permitidas segundo apresentado pela literatura (CASTELLO, 2008). Vale ressaltar que esses resultados com dados altimétricos foram obtidos de uma base

cartográfica na escala 1:25.000. Outros estudos que exigem maior precisão deveriam utilizar bases cartográficas em escalas maiores.

A partir do processamento de dados econômicos oriundos da base de setores censitários de 2010 e da declividade calculada a partir do Modelo Digital de Terreno, foi possível identificar que parte da população com renda média entre 5 e 10 salários mínimos se localiza em regiões com topografia irregular. Esta particularidade pode ser explicada pelo fato de que as pessoas com esse intervalo de renda têm condições de arcar com custos mais elevados de construção de casas em áreas com declividades mais acentuadas. Isto é evidenciado por ser um distrito com vistas privilegiadas da natureza, justamente por causa da paisagem em altitudes mais elevadas e com altas declividades. Porém, parte dessa população possui poder aquisitivo mais elevado (com rendimento maior que cinco salários mínimos) e pode arcar com padrões construtivos que requerem mais investimentos para o estabelecimento de suas casas. E, a maior parte dessa população que se encontra neste intervalo entre 5 e 10 salários, consegue se deslocar no espaço de um lugar para o outro independente de transporte público do distrito.

A análise de dados a partir de setores censitários não permitiu identificar o número de residências que há em um cada setor censitário. Por isto, os resultados das análises espaciais elencadas neste trabalho são provenientes da utilização de dados com diferentes épocas, sendo os dados do censo coletados em 2010 e a imagem de satélite tomada em 2011. Apesar dessa diferença, os resultados se expressam de modo relevante para constituir uma metodologia de análise. A metodologia utilizada neste trabalho de pesquisa pode ser aprimorada para a realização de trabalhos futuros, tanto na mesma região quanto em outras áreas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Programa de Pós-graduação em Ciências Cartográficas – PPGCC, à Escola Nacional de Ciências Estatísticas (ENCE) pelo fornecimento dos dados, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida mediante o processo 88882.433940/2019-01.

REFERÊNCIAS

BURGER, M.; MEIJERS, E. Form Follows Function? Linking Morphological and Functional Polycentricity. **Urban Studies**, vol. 49, 2012. pp. 1127–1149.

BRASIL. LEI Nº. 10.257, 10 DE JULHO DE 2001. Estatuto da cidade, Brasília, DF, 2001. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70317/000070317.pdf?seq>>. Acesso em: 14 jan. 2019.

CÂMARA, G; CARVALHO, M. S. Análise de Eventos Pontuais. In DRUCK, S.; CARVALHO, M. S. (ed.); CÂMARA, G. (ed.); MONTEIRO, A. M. V. (ed.). **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília: EMBRAPA, 2004. pp. 57-72.

CASTELLO, I. R. **Bairros, loteamentos e condomínios: Elementos para o projeto de novos territórios habitacionais**. 1ª ed. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2008. 208p.

CHAMPION, A. G. A Changing Demographic Regime and Evolving Polycentric Urban Regions: Consequences for the Size, Composition and Distribution of City Populations. **Urban Studies**, vol. 38, n. 4, 2001. pp. 657–677.

DA SILVA, W. R.; SPOSITO, M. E. B. Padrões socioeconômicos e centralidade urbana: Catuai Shopping Center e zona norte de Londrina. **Formação (Online)**, v. 2, n. 10, 2003.

ESPON. European Observation Network for Territorial Development and Cohesion. ESPON 111 Potentials for polycentric development in Europe. Nordic Centre for Spatial Development (NORDREGIO), p.1000, 2011.

ESTUPIÑÁN, N. R.; DUARTE, C. MARMOLEJO; FERNÁNDEZ, M. T. Measuring Functional Polycentricity for the Analysis of Structural Places. The Case of the Seven Principal Metropolitan Areas in Spain. **53rd Congress of the European Regional Science Association: "Regional Integration: Europe, the Mediterranean and the World Economy"**, Palermo, 2013. pp. 1-22.

FERREIRA, Heloísa Mariz. Análise Crítica da Noção de Policentrismo: Uma Contribuição ao Estudo da Centralidade em Cidades Médias. **GEOgraphia**, v. 20, n. 44, pp. 98-112.

FONSECA, F. P.; RAMOS, R. A. R. O Planeamento Estratégico na busca de potenciar o território. **XI Jornadas da Associação dos Urbanistas Portugueses Territórios e Desenvolvimento**. Santa Maria da Feira, PT, 2004. pp. 1-11.

GREEN, N. Functional Polycentricity: A Formal Definition in Terms of Social Network Analysis. **Urban Studies**, vol. 44, n. 11, 2007. pp. 2077–2103.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Site <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rj/barra-do-pirai/panorama>>. Acessado em dezembro de 2018.

JÚNIOR, W. M. L.; SANTOS, R. C. B. Reprodução do Espaço Urbano e a Discussão de Novas Centralidades. **Revista RA'E GA**, n. 19, 2010. pp. 107-123.

LI, Y.; LIU, X. How did urban polycentricity and dispersion affect economic productivity? A case study of 306 Chinese cities. **Landscape and Urban Planning**, vol.173, 2018. pp. 51-59.

MAFRA, F.; SILVA, J. A. **Planeamento e Gestão do Território**. Porto-PT: SPI – Sociedade Portuguesa de Inovação. 2004.

MCDONALD, J. F. y MCMILLEN, D. P. Employment subcenters and land values in a polycentric urban area: the case of Barcelona. **Environment and Planning A**, n. 22, 1990. pp. 1561-1574.

MCDONALD, J. y PRATHER, P. Suburban employment centres: The case of Chicago, **Urban Studies**, n. 31, 1994. pp. 201-218.

PARR, J. "The Polycentric Urban Region A Closer Inspection", **Regional Studies**, vol. 38, n. 3, 2004. pp. 231-240.

PESSOA, R. P. P. Em Busca de uma Definição de Policentrismo Urbano para as Metrôpoles Brasileiras. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, n. 120, 2011. pp.297-318.

PREFEITURA DE BARRA DO PIRAÍ. **Ipiabas**. Disponível em: <http://barradopirai.rj.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=125&Itemid=251>. Acessado em fevereiro de 2019.

PORTO SALES, A. L. Situação Espacial de Franquias na América do Sul: morfologia e centralidade urbanas em cidades médias da Argentina, Brasil e Chile. 2014.

SILVEIRA, R. L. L.; BRANDT, G. B. FACCIN, C. R.; SILVEIRA, L. L.; KUMMER, D. C. Policentrismo, Áreas Urbanas Funcionais (FUAs) e Dinâmica Territorial: Um estudo exploratório desde a região do Vale do Rio Pardo - RS - Brasil. **Redes - Santa Cruz do Sul: Universidade de Santa Cruz do Sul**, vol. 22, n. 1, 2017. pp. 184-217.

WHALLON, Robert. Spatial analysis of occupation floors II: the application of nearest neighbor analysis. **American Antiquity**, vol. 39, n. 1, 1974. pp. 16-34.

WHITACKER, Arthur Magon. Reestruturação Urbana e Centralidade em São José do Rio Preto-SP. Presidente Prudente: PPGG/FCT/UNESP, 2003.

YAMAMOTO, J. K; LANDIM, P. M. B. **Geoestatística: conceitos e aplicações**. 1ª Ed. São Paulo: Oficina de Textos. 2013. 2015p.

ZHANG.T.; SUN. B.; LI. W. The economic performance of urban structure: From the perspective of Polycentricity and Monocentricity. **Cities** **68**, 2017. pp. 18-24.