

# O potencial de mercado dos municípios da região Sudeste do Brasil: uma avaliação do índice de acessibilidade<sup>1</sup>

Renilson Rodrigues da Silva

*Prof. Adj. Universidade Federal de São João del-Rei*

Luiza Marielly Bandeira Caires

*Graduanda Universidade Federal de São João del-Rei*

**Resumo:** Neste trabalho é desenvolvido um índice de acessibilidade, aplicado à região Sudeste do Brasil. O índice considera os modais de transporte existentes, bem como as proximidades dos municípios com um grande mercado consumidor. O modelo teórico-empírico teve como objetivo explicar as variações no IDHM, resultante de mudanças populacionais e no índice de acessibilidade. Com o uso do método de análise exploratória de dados espaciais e de regressão com *lag* espacial, os resultados mostraram que a acessibilidade tem papel importante na melhoria do IDHM. Esse indicador capta os efeitos dos investimentos em infraestrutura de transporte, elemento essencial para a promoção do desenvolvimento econômico. Os estados de São Paulo e Minas Gerais foram aqueles que apresentaram os melhores desempenhos na evolução da acessibilidade. Consequentemente, foram também os estados com as maiores taxas de variação do IDHM.

*Palavras-chave:* Índice de acessibilidade, Potencial de Mercado, Análise espacial

*Área temática:* Infraestrutura, transporte, energia, mobilidade e comunicação

**Abstract:** In this paper, an accessibility index is developed, applied to the Southeast region of Brazil. The index considers the existing modes of transportation, as well as the proximity of municipalities with a large consumer market. The theoretical-empirical model aimed to explain the variations in the HDI, resulting from population changes and the accessibility index. Using the method of exploratory spatial data analysis and regression with spatial lag, the results showed that accessibility plays an important role in improving the HDI. This indicator captures the effects of investments in transportation infrastructure, an essential element for the promotion of economic development. The states of São Paulo and Minas Gerais were the ones that presented the best performances in the evolution of accessibility. Consequently, it was also the states with the highest rates of variation of the HDI.

*Keywords:* Accessibility index, Market Potential, Spatial Analysis

*Subject area:* Infrastructure, transport, energy, mobility and communication

Classificação JEL: R11; R23; R40; R42.

## 1. INTRODUÇÃO

A região Sudeste do Brasil, formada pelos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo, constitui-se como a mais importante região do país. Essa importância reside no fato de que naquela região estão localizados os maiores centros urbanos do país, o maior volume de riqueza produzido e os maiores mercados consumidores. De fato, as três maiores regiões metropolitanas do Brasil, São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte, tem uma população de 39,5 milhões de habitantes, segundo estimativa do IBGE (Instituto Brasileiro de

---

<sup>1</sup> Trabalho desenvolvido com o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG).

Geografia e Estatística) para o ano de 2016. Diante disso, ocorrem os efeitos das forças centrípetas e centrífugas, conforme os preceitos da NGE (Nova Geografia Econômica). Esses grandes centros urbanos atraem a população em busca de acesso a bens e serviços, fazendo atuar as forças centrípetas, tornando-os cada vez maiores. Na medida em que os centros urbanos crescem, o espaço geográfico fica mais caro, gerando efeito cascata em toda a economia. O movimento populacional para esses centros se inverte, fazendo atuar as forças centrífugas. Sob tais condições, a qualidade de vida da população piora ou melhora? O objetivo desse trabalho é mostrar os efeitos que investimentos em infraestrutura causam em cada município. Para tanto, será desenvolvido um indicador de acessibilidade que considera a localização de cada mercado, bem como as condições de acesso a outros mercados potenciais da região Sudeste.

A região Sudeste do Brasil é composta por 1.668 municípios. Entre eles, merece destaque São Caetano do Sul-SP, Águas de São Pedro-SP e Vitória-ES os quais registram os maiores Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) da região. No entorno desses municípios, os IDH's apresentam diferenças substanciais. Nesse aspecto, para compreender o desenvolvimento, é fundamental associá-lo à localização geográfica. A união entre a geografia e a economia produz resultados que uma análise puramente econômica não produziria. De acordo com Claval (2005), até o ano de 1930 os problemas espaciais não faziam parte das análises do *mainstream* da economia. Apesar disso, os estudos de economia espacial começaram por Von Thunen (1826) com a teoria da localização.

Nos estudos de Von Thünen, o objetivo era compreender a distribuição das atividades econômicas, mas antes de tudo, esclarecer o papel que os custos de transportes e a distância teriam sobre os lucros. Durante os anos de 1870 e 1910 os estudos foram direcionados para a indústria. Cerca de vinte anos depois, as atividades de serviços entram em voga Weber (1909), Christaller (1933), Isard (1956), Ponsard (1955). Nos anos 90, a economia espacial ganhou impulso com Krugman (1991). O autor deu um passo importante ao trazer à luz a teoria de rendimentos de escala, em que as empresas operam com retornos crescentes, ou com custos decrescentes devido a existência de economias externas.

Essas economias são caracterizadas pelo agrupamento das firmas em uma mesma região. Essa proximidade permite a redução dos custos de transporte e possibilitam rendimentos em escala. Krugman (1991) tratou das transformações tecnológicas que há quando as empresas aglomeram em um determinado território. Essa abordagem deriva das proposições de Marshall (1890) quanto às economias externas e de escala, bem como da criação de parâmetros para a organização dos distritos industriais. O Vale do Silício na Califórnia, EUA, é um exemplo desse fenômeno, já que as empresas compartilham o conhecimento produzido por meio da competição, ou até mesmo a cooperação.

Nesse processo, em que as firmas são atraídas pela atividade econômica de um determinado local, a economia incorporou o conceito de gravidade para explicar que quanto maior as economias, maiores são as forças que elas exercem no espaço. O modelo gravitacional por exemplo, foi utilizado pela primeira vez por Isard (1960) para verificar o potencial da mobilidade do trabalho entre regiões dos Estados Unidos. Posteriormente, Ball; Linnemann (1967) avança em alguns conceitos, propondo a existência de forças que “atraem” o comércio e as que “repelem” o mesmo, e esta dialética seria diretamente proporcional ao tamanho das economias e inversamente proporcional à distância que as dividem.

Nessa linha, conforme dito, a região Sudeste tem três grandes aglomerações (São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte) as quais diferem bastante de seus vizinhos, tanto pelo tamanho do PIB (Produto Interno Bruto) e da população quanto pelo IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal). Por essas características, espera-se que essas cidades influenciem os seus vizinhos e que todas sejam influenciadas por um grande centro populacional. Com o objetivo de mostrar essas relações, este trabalho seguirá da seguinte maneira: a fundamentação é abordada na seção 2, tratando dos preceitos da NGE (Nova Geografia Econômica) e seus

desdobramentos. A seção três é dedicada à explanação metodológica aplicada na realização do trabalho. Na seção seguinte são apresentados os resultados e, por fim, as conclusões.

## **2. A NOVA GEOGRAFIA ECONOMICA E OS MERCADOS POTENCIAIS**

As abordagens da Nova Geografia Econômica (NGE), sobretudo no que se refere às aglomerações, embasam o tratamento feito neste estudo. Como se trata de um campo de pesquisa relativamente novo, cabe discorrer, sinteticamente, sobre sua evolução.

### **2.1. Da geografia econômica clássica à Nova Geografia Econômica**

O desenvolvimento econômico não é alcançado de forma homogênea em um território, conforme mostra a literatura. Em alguns aspectos, a localização finda sendo elemento determinante no desenvolvimento de uma localidade. Uma região para se desenvolver, necessita de componentes econômicos fundamentais, entre eles, a atração de empresas, por exemplo. A teoria da localização tenta explicar a localização de empresas no espaço geográfico. Essa teoria teve como precursor Von Thünen (1826). Nos seus estudos, verificou que as mercadorias se encontram ao redor de um mercado - os “Anéis de Von Thünen”, como ficou conhecida sua abordagem. Von Thünen (1826) conclui que o arranjo produtivo segue uma ordem inversa à renda, considerando os custos de transportes de mercadorias. No entanto, segundo Barros e Prates (2014), uma das principais fraquezas da abordagem de Von Thünen é a consideração de pressupostos estáticos e abstratos. Esses pressupostos sugerem as mesmas condições naturais de produção, um mercado único, além de utilizar a mesma tecnologia de produção e somente um tipo de transporte.

Posteriormente, Weber (1909) relata que a maximização dos lucros acontece quando as empresas se localizam em um ponto equidistante entre as matérias primas e o mercado. No entanto, a deficiência da teoria é a falta de variáveis mais realistas, como a existência de concorrência imperfeita, falhas de mercado e a qualidade do rendimento do capital e da mão de obra. Em contraste, Lösch (1940) propõe uma abordagem bem diferente das anteriores. O autor investiga a hierarquização das áreas de mercado, explicando a localização das firmas a partir da maximização dos lucros. Segundo o autor, um mercado é definido por um plano homogêneo, onde os consumidores estão distribuídos de forma equilibrada no espaço. Ao mesmo tempo, não são aceitas diferenças na distribuição do capital, mão de obra e das matérias primas.

Analisando as atividades econômicas no período pós-guerra, Perroux (1967) inicia seu estudo partindo do espaço econômico. Esse espaço tem como base a relação dos indivíduos e das coisas para a produção de bens de consumo. Perroux considera também algumas externalidades, como energia elétrica e infraestrutura, as quais são chamados pelo autor de fluxo de relação. Daí surgem os campos de força, o qual fundamenta o conceito de polos de crescimento, mostrando que estes polos exercem forças centrípetas e centrífugas, que atraem ou repelem mão de obra em relação a outros polos.

Até a década de 1950, o foco de estudo da geografia econômica era a localização ótima das firmas, sob o espectro estritamente dos custos de transporte, maximização de receita e facilidade em adquirir matéria prima. A partir da década de 1950, o foco passa a ser estudado sob o espectro das externalidades com Myrdal (1957) e Hirschman (1958). Esses autores buscaram entender como é possível transpor as desigualdades regionais e os efeitos da polarização. Depois de 1960, os polos de desenvolvimento começaram a ser amplamente difundidos como metodologia para compreender o desenvolvimento regional.

Fujita et al. (1999), despontam como os principais autores da Nova Geografia Econômica (NGE) e trazem, a partir de 1990, a discussão sobre as desigualdades do desenvolvimento econômico. A NGE estuda os padrões de aglomeração/dispersão das atividades em uma economia resultante de fatores de segunda natureza. Esses fatores incluem economias externas puras, densidade do mercado de trabalho e implicações do tamanho do

mercado. O modelo sugere que, na existência de custos de transporte mais baixos e retornos crescentes de escala, a própria movimentação econômica local passa a exercer forças que atraem mais firmas. As estas forças que dependem da atividade econômica, são denominadas de segunda natureza.

## **2.2. Variáveis de primeira e segunda natureza**

A NGE propõe a categorização de variáveis que explicam as aglomerações e o consequente desenvolvimento econômico em determinadas regiões. As variáveis que afetam tais movimentos podem ser classificadas como de primeira, ou de segunda natureza. De um lado, aquelas que são inerentes à geografia local são denominadas de variáveis de primeira natureza. Características como solos mais férteis e climas que propiciem um bom desenvolvimento da agropecuária, são exemplos de variáveis consideradas de primeira natureza. De outro lado, aquelas que dependem da atividade econômica, são as variáveis de segunda natureza. São exemplos de variáveis dessa natureza, o potencial de mercado, densidade do mercado de trabalho e economias externas puras. Suas principais implicações dizem respeito, principalmente, às forças centrífugas e centrípetas. Essas forças agem expelindo e atraindo firmas e trabalhadores (SILVA; BACHA, 2014). As variáveis de segunda natureza serão o foco principal deste trabalho, uma vez que a acessibilidade será utilizada como uma *proxy* para o potencial de mercado.

Nessa linha, é possível inferir que mesmo regiões que não possuem características naturais atraentes, podem revelar concentração de atividade econômica. A explicação pode ser dada por meio do processo de retroalimentação. De acordo com Schmutzler (1999), caso uma região ou território alcance um alto nível de produção, a localização passa a ser atraente. Isso implica em concentração de empresas e, conseqüentemente, a ocorrência das economias de escala. Os desencadeamentos acontecem a partir da concentração dos agentes produtivos, que, por sua vez, reduzem os custos de transportes pela proximidade. À medida que aumenta esta concentração, aumenta também a densidade de mão de obra. Com efeito, a demanda sofre elevações, ampliando o nível de consumo. Tal movimento conduz à atração de mais empresas e o processo se repete, continuamente. Esse ciclo foi estudado por Myrdal (1957) que o nomeou de processo de causalção circular acumulativa.

## **2.3. Nova Geografia Econômica e a acessibilidade**

A acessibilidade, chamada de potencial de mercado pela NGE, está contida no grupo das variáveis de segunda natureza, conforme citado. Essa variável será utilizada para explicar o IDHM na região Sudeste. Como, primeiramente, é preciso desenvolver essa variável para aplicá-la ao modelo, faz-se necessária a sua fundamentação.

Conforme mostra a literatura, os autores que trabalharam com a teoria de localização, perceberam a importância da mobilidade de fatores. Quanto maior a facilidade desses movimentos, maior é a acessibilidade de uma determinada região. O conceito de acessibilidade foi incorporado à economia regional por Harris (1954) como potencial de mercado. Nesse trabalho, o autor relata que a acessibilidade “A” do local “i”, está diretamente relacionada ao tamanho “S” da localização “j” e inversamente atrelada à distância “S” entre “i” e “j”. Uma percepção distinta dessa pode ser vista em Pooler (1995). O autor almeja explicar o desenvolvimento de uma região mantendo seu tamanho omissivo, ou seja, a acessibilidade depende somente da distância.

Ainda explorando essas diversas maneiras de compreender a acessibilidade, Ingram (1971) diz que a acessibilidade pode ser definida pelas características e/ou vantagens proporcionadas pela sua localização. Conforme o autor, as resistências impostas pela natureza, como tempo e/ou distância, podem ser superadas, de alguma maneira, durante o deslocamento. Nos últimos vinte anos, houveram diferentes definições para acessibilidade. Spiekermann e

Wegener (2006), por exemplo, definem a acessibilidade de uma região pela sua posição geográfica em relação ao mercado que possua mais bens e também mais oportunidades.

Na mesma medida em que foram criadas definições para a acessibilidade, criaram-se também definições acerca dos indicadores responsáveis por quantificá-la. Diante disso, estudiosos se debruçaram sob sistemas que classifiquem as medidas de acessibilidade. Uma das medidas mais bem aceita e mais utilizada é a classificação de Jones (1981), em que os indicadores são agrupados nas seguintes categorias:

(i) medidas de rede ou de separação espacial – indicadores desta natureza consideram apenas a localização de um ou mais objetos de estudo e impedância dos movimentos entre elas. Esse tipo de análise acaba excluindo considerações acerca da atividade econômica do lugar estudado.

(ii) medidas de deslocamento – quantificam o número de viagens realizadas em uma determinada região e que se associam a questões comportamentais das viagens realizadas.

(iii) medidas combinadas de transporte e uso do solo – esses se subdividem em dois grupos: o primeiro é formado pelas “medidas agregadas” que cruzam os efeitos da atividade econômica e da separação espacial em um mesmo indicador. O segundo é composto pelas “medidas desagregadas”, mantendo os dois efeitos, porém, separados dentro do indicador.

O indicador proposto neste trabalho pertence ao terceiro grupo, em que existe a junção de fatores, além dos locacionais, para explicar a mobilidade dos fatores de produção. A vasta capacidade explicativa desse índice pode ser exemplificada pela quantidade de análises a serem feitas. Por exemplo, enquanto Silva, (2011) se ocupa em entender o crescimento desigual da população residente nos municípios da região Norte do Brasil, Haddad et al. (2013) calculam um índice de acessibilidade a partir de dados do Google Maps para a Região Metropolitana de São Paulo. Por causa do seu alto nível explicativo, é possível analisar vários cenários e sob várias perspectivas.

Isto posto, a acessibilidade é compreendida a partir da distância e pelo tamanho do mercado em localizações distintas. Comparado às medidas de custo de viagens, as medidas de acessibilidade do mercado potencial consideram que a maior distância dos destinos proporciona diminuição de oportunidades. A atração de um destino aumenta com o tamanho, mas diminui com a distância, ressaltam Linneker e Spence (1992). Assim, temos o seguinte indicador:

$$A_i = \frac{\sum_j W_j}{c_{ij}^\alpha} \quad (1)$$

em que  $A_i$  é o potencial de mercado, ou a acessibilidade da área  $i$ ;  $W_j$  é a medida da massa ou o mercado potencial na área  $j$ ;  $c_{ij}$  é a medida de impedância, equivalente ao custo de transporte de  $i$  para  $j$ ; e  $\alpha$  é um expoente que em geral assume-se ser igual a 1.

Devido às suas características, o modelo acima obteve uma ampla utilização em estudos de acessibilidade abordados a partir de uma perspectiva econômica. O pressuposto subjacente ao uso desse modelo é que as regiões com melhor acesso aos mercados têm maior probabilidade de serem economicamente bem-sucedidas. Com efeito, a infraestrutura de transporte finda sendo elemento essencial. No entanto, Linneker e Spence (1992) apresenta algumas críticas e fragilidades desse modelo. Essas fragilidades estão relacionadas à escolha das variáveis de atratividade, o tamanho da aérea e o valor do termo de impedância. Além disso, uma outra questão que aparece é: dois indivíduos possuem a mesma acessibilidade ao estar numa mesma cidade? Obviamente, trata-se de uma medida genérica de potencial de mercado, logo, algumas características podem não ser captadas na estimativa.

Pensando na construção de indicadores mais robustos, as análises com dados georreferenciados surgem com a possibilidade de entender a dinâmica da população em um ambiente que considera a interação espacial. Ao trabalhar com estes dados, a população da

própria área é retirada do cálculo para que não ocorra uma indeterminação matemática, afinal, se  $i=j$ ,  $d_{ij}=0$ . Para contornar este problema, é possível modelar a tendência do efeito da distância utilizando uma função exponencial da seguinte maneira:

$$A_i = \sum_j W_j \exp(-\alpha c_{ij}) \quad (2)$$

em que  $A_i$  é o potencial de mercado ou a acessibilidade da região  $i$ ;  $W_j$  é o mercado a ser alcançado na região  $j$ ;  $\alpha$  é o parâmetro de decaimento exponencial da distância  $c_{ij}$ . Neste trabalho, será utilizado este modelo (2) para estimar o índice de acessibilidade dos municípios.

### 3. DADOS

Nessa seção, descrevemos as fontes dos dados utilizados neste trabalho, a amostra coletada, e descrevemos esses dados e a forma como eles foram operacionalizados.

#### 3.1. Fonte dos dados

Para criação da rede de transporte entre os municípios da região e as regiões metropolitanas, foram utilizados dados georreferenciados do PNL - Plano Nacional de Logística e Transportes, referentes ao modal rodoviário nos anos de 2000 e 2010. As informações sobre o PIB (Produto Interno Bruto) foram obtidas no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). O IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) foi obtido nas bases do Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil.

#### 3.2. Descrição dos dados

A execução do trabalho é compreendida em duas grandes partes. Primeiramente, foi construído o índice de acessibilidade para cada um dos 1.668 municípios da região Sudeste. Para compor o índice de acessibilidade, a distância entre municípios e suas localizações requereram o georreferenciamento e a consequente construção dos mapas. Para determinar o tempo de viagem entre os municípios, utilizamos o modal de transporte rodoviário nos anos de 2000 e 2010. Apesar das transformações em infraestrutura serem captadas no longo prazo, a inexistência de dados para o ano de 1990, impossibilitou a análise de um período maior de tempo.

Segundo os preceitos da NGE, o potencial de mercado pode ser estimado pela *proxy* na equação (2), que é o indicador de acessibilidade. Para obter esse indicador, foi necessário construir uma rede em que todos os municípios estivessem conectados com o mercado potencial. Os mercados potenciais utilizados na pesquisa foram as regiões metropolitanas da região Sudeste do Brasil, São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. As conexões entre os pontos foram feitas pelo modal rodoviário. O uso desse modal reside no fato de que todos os municípios possuem ligações rodoviárias com as regiões metropolitanas. Em seguida, foi realizado o cálculo do tempo de viagem entre a origem  $i$  o destino  $j$ . O tempo médio foi obtido por meio da velocidade permitida em cada rodovia e pela velocidade média alcançada, a qual depende das condições da rodovia. Essas informações foram obtidas no DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Segundo o órgão, a velocidade média é de 80km/h em vias pavimentadas e 30Km/h para as que não possuem pavimentação.

Obtido o tempo de viagem  $C_{ij}$ , este será ponderado pela disponibilidade de modais de cada município. Essa disponibilidade de modais será captada em um único indicador, chamado por Silva, (2011) de índice de flexibilidade. Este índice, também chamado de fator de impedância da distância, diz respeito à facilidade que um local  $i$  disponibiliza para percorrer  $C_{ij}$ . Claramente, a suposição é de que municípios com mais modais de transporte disponíveis sejam mais acessíveis e tenham mais facilidades de escoar sua produção. Fundamentado no modelo de O'Kelly e Horner (2003) e Silva (2011), o ponderador construído varia de 0,1 a 0,4.

Esse intervalo leva em conta o número máximo de quatro modais disponíveis na região, sendo os modais rodoviário, aeroviário, hidroviário e Ferroviário. Então, quanto mais modais existirem no município, menor é o ponderador e menor será seu impacto na estimativa do tempo de viagem. Essa ponderação do tempo de viagem tem como objetivo suavizar possíveis distorções em relação às vantagens e distâncias de cada município.

#### 4. MODELAGEM E TÉCNICAS EMPREGADAS

##### 4.1. A construção do índice de acessibilidade

O modelo a ser empregado na construção do índice de acessibilidade, conforme explicado na seção 2.3, corrige deficiências apontadas na literatura.

$$A_i = \sum_j W_j \exp(-\alpha c_{ij}) \quad (3)$$

em que  $A_i$  é o potencial de mercado, ou a acessibilidade do município  $i$ ;  $W_j$  é o mercado potencial a ser alcançado no município  $j$ ;  $\alpha$  é o ponderador de decaimento exponencial da distância  $c_{ij}$ .

Ao utilizar a população do mercado potencial mais próximo, capta-se os efeitos que a acessibilidade causa na região. O período de dez anos não é o mais indicado para o cálculo dessa medida. O fato é que mudanças na infraestrutura de transporte podem levar mais de 10 anos para surtir grandes efeitos. Em geral, o tempo avaliado costuma ser de 20 anos. Entretanto, essa análise não pôde ser realizada devido à inexistência de alguns dados georreferenciados para o ano de 1990.

Ainda em relação ao modelo (2), o valor de  $\alpha$  variará de 0,1 a 0,4. A razão para o uso desses valores é simples. Como se trata de uma função de impedância da distância, o índice será maior para os municípios que estiverem mais próximos do grande mercado. No entanto, um município distante pode ter mais de um modal disponível. Nesse caso, essa vantagem precisa ser considerada. Supondo que um município distante tenha quatro modais disponíveis, o valor de  $\alpha$  será de 0,1, pois a relação exponencial é o inverso da distância. Então, se o valor de  $\alpha$  fosse maior que 1, o resultado seriam números muito elevados. Por exemplo: para percorrer 720 km do município  $i$  ao destino  $j$  o tempo gasto é de 12 horas, que equivaleria a 0,4 dias. Suponha ainda que nessa origem  $i$  há a disponibilidade de 1 modal. Então, o índice de acessibilidade de  $i$  seria igual a 0,06, com  $\alpha = -0,4$ . Se  $\alpha$  fosse  $-0,1$ , isto é, havendo 4 modais, o valor do índice seria 0,496.

Dessa forma, o ponderador aumenta ou diminui o índice de acessibilidade à medida que o município dispõe, ou não, de aerovias, hidrovias, ferrovias ou rodovias. O potencial de mercado, ou índice de acessibilidade, é representado pela influência que a população das regiões metropolitanas do Sudeste exerce nos municípios.

##### 4.2. Análise Exploratória de Dados Espaciais

Para determinar quais as variáveis possuem maior relação com o desenvolvimento juntamente com a acessibilidade, foram realizados vários testes usando a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE). Essa técnica permite estabelecer quais as variáveis que melhor explicam o desenvolvimento, porém, usando o espaço geográfico. A finalidade deste método é oferecer uma visualização prévia de como as variáveis estão se comportando no espaço, ou seja, se existem *clusters* espaciais, *outliers* espaciais ou quaisquer valores atípicos. O centro desses conceitos está diretamente relacionado à noção de autocorrelação espacial e heterogeneidade espacial, conforme Anselin (1988).

### 4.3. Estatísticas Global e Local de autocorrelação espacial

Para verificar a presença, ou não, de autocorrelação espacial, deve-se recorrer a um teste estatístico global, no qual a hipótese nula é a existência de uma distribuição aleatória da variável sob estudo. A hipótese alternativa é a existência de uma associação significativa de valores similares, ou diferentes. Essa estatística global resume num único indicador o esquema geral de dependência, que é o I de Moran, segundo Anselin, L (1995).

$$I_{global} = \frac{N \sum_{i,j}^n W_{IJ} (X_i - \underline{X})(X_j - \underline{X})}{S_0 \sum_{i=1}^n (X_i - \underline{X})^2} \quad i \neq j \quad (4)$$

em que N é o tamanho amostral,  $S_0 = \sum_i \sum_j = W_{ij}$ ;  $X_i$  é o valor da variável X na região i;  $\underline{X}$  é a média amostral da variável X;  $W_{ij}$  matriz de pesos W. A interpretação dos resultados é feita da seguinte forma: Se,  $Z(Ig) > 0$ , autocorrelação espacial positiva;  $Z(Ig) = 0$ , ausência de autocorrelação;  $Z(Ig) < 0$ , autocorrelação espacial negativa.

Dado que os testes de autocorrelação espacial global analisam todas as observações da amostra de forma conjunta, estes não captam situações onde predomine uma importante instabilidade na distribuição espacial da variável em estudo. Não contemplam a possibilidade de que o esquema de dependência detectado a nível global possa não se manter em todas as unidades do espaço analisado. Tal limitação é superável por meio do cálculo da estatística local de Moran, LISA (ANSELIN, 1995).

$$I_{local} = \frac{Z_i}{\sum_i^n Z_i^2 / N} \sum_{j \in J_i}^n W_{IJ} Z_j \quad (5)$$

de forma que: N o tamanho amostral,  $Z_i$ , é o valor da variável Z na região i da variável normalizada;  $J_i$  é o conjunto de regiões vizinhas a i;  $W_{ij}$  matriz de pesos W. Interpretação: Se,  $Z(I1) > 0$ , *clusters* de valores similares ao redor de i;  $Z(I1) = 0$ , ausência de *clusters*;  $Z(I1) < 0$ , *clusters* de valores dissimiles ao redor de i.

### 4.4. Modelo empírico

Nessa pesquisa, estimaremos um modelo econométrico que objetiva captar as associações espaciais e os efeitos de alguns determinantes do IDHM. Para tanto, usaremos três variáveis explicativas, as quais são: rendimento mensal domiciliar per capita, densidade populacional do município e o índice de acessibilidade. A variável acessibilidade será representada pelo Índice de Acessibilidade, obtido por meio do modelo apresentado no item 4.1. O período de tempo avaliado são as variações ocorridas entre os anos 2000 e 2010.

Seguramente, há outros fatores que explicam o IDH, tais como a dotação de recursos, transferências governamentais, investimentos públicos, dentre muitos outros. No entanto, o objetivo da pesquisa não é explicar o IDH na sua forma multidimensional, mas apenas de mostrar como esse índice pode ser afetada pelo índice de acessibilidade em conjunto com mais duas variáveis de grande relevância. A equação a ser estimada é a seguinte:

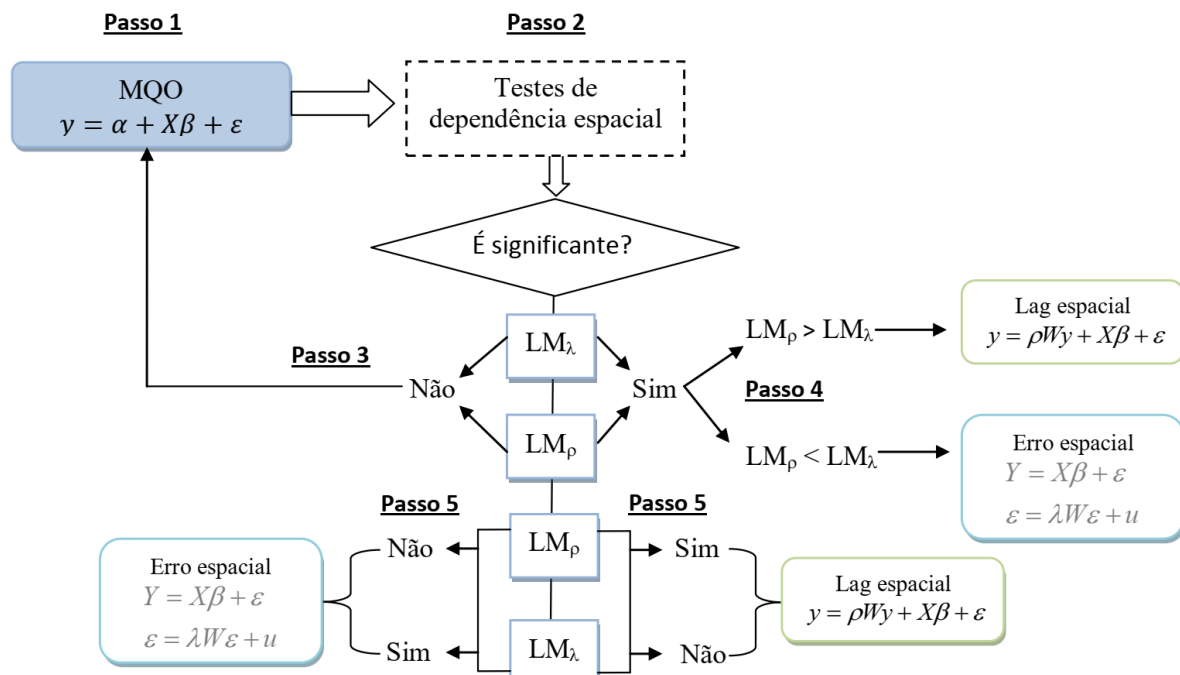
$$\Delta IDH_{i(t-t_0)} = \alpha + \beta \text{acessibilidade}_i + \gamma \text{dens.pop}_i + \delta \text{ren}_i + \varepsilon_i \quad (6)$$

em que *IDH* é o Índice de Desenvolvimento Municipal do *i-ésimo* município; *Acessibilidade* é a variação do Índice de Acessibilidade; *dens.pop* é a variação da densidade populacional; *ren* é a variação do rendimento mensal domiciliar per capita; as letras gregas são os coeficientes dessas variáveis e o termo constante.

Para identificar se o modelo da equação (5) tem efeitos espaciais, isto é, se os resíduos da regressão dos municípios forem espacialmente correlacionados com municípios vizinhos, é preciso realizar o seguinte procedimento:



Figura 1 - Procedimentos para estimação de regressão espacial



Fonte: Silva (2011)

Seguindo os procedimentos acima, o modelo empírico com componente espacial poderá ser com *lag* ou com erro espacial.

$$\Delta IDH_{i(t-t_0)} = \rho \Omega \Delta IDH_{i(t-t_0)} + \beta_{acessib_{i_0}} + \gamma_{dens. pop_{i_0}} + \delta_{ren_{i_0}} + \varepsilon_i \quad (7)$$

$$\varepsilon = \lambda \Omega \varepsilon + u_{is}$$

$$\Delta IDH_{i(t-t_0)} = \beta_{acessib_{i_0}} + \gamma_{dens. pop_{i_0}} + \delta_{ren_{i_0}} + (1 - \lambda \Omega)^{-1} u_i \quad (8)$$

Os modelos das equações em (6) e (8) são auto regressivos espaciais homocedásticos, isto é, tem uma distribuição de frequência com padrão regular. Há dois casos particulares de modelos econométricos espaciais: modelo com defasagem espacial e modelo com erro espacial. Se,  $\lambda = 0$  em (7), o modelo estimado contém defasagem espacial como em (6), implicando que o desenvolvimento das cidades vizinhas influencia no mesmo sentido a cidade  $i$ . Se,  $\rho = 0$ , tem-se um modelo com erro espacial, como em (8), implicando que o desenvolvimento municipal de uma cidade depende de alguma associação espacial de uma variável qualquer que não foi incluída no modelo. O instrumento de diagnóstico usado para identificar um termo de erro auto regressivo espacialmente, ou uma defasagem espacial erroneamente omitida, são os testes dos multiplicadores, cuja metodologia está detalhada em Folmer et al. (2003).

## 5. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nessa seção será apresentada a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), contemplando uma análise *hot spot* da variável acessibilidade, análise de *clusters* e *outliers* e avaliação de autocorrelação espacial. Na sequência, será discutido e apresentado o modelo empírico aplicado. Contudo, inicialmente serão apresentados e discutidos os resultados obtidos com a construção do índice de acessibilidade, já que esta é a variável desenvolvida nesse trabalho.

### 5.1. As variações do índice de acessibilidade

A construção do índice de acessibilidade requer, em primeira instância, a construção da matriz de tempo de viagem. Essa matriz é composta pelos tempos de viagens entre origens e destinos. As origens são cada um dos 1.668 (mil e seiscentos e sessenta e oito) municípios pertencentes à região Sudeste do Brasil, e os destinos são as regiões metropolitanas de São Paulo, Rio de Janeiro, Belo Horizonte e Vitória. As regiões metropolitanas são os grandes mercados a serem alcançados, além do próprio município de origem. Assim, temos uma matriz 1668 x 4, formando uma rede de 6.678 (seis mil e seiscentos e setenta e oito) ligações. O tempo de viagem foi calculado em dias de viagem. A partir da quantidade de modais existentes nos municípios de origem, o fator de impedância foi gerado de acordo com os critérios discutidos na metodologia.

Conforme os dados, verificamos que as variações ocorridas no índice de acessibilidade foram baixas. A princípio, podemos afirmar que, de acordo com a literatura, 10 (dez) anos é um período de tempo relativamente curto para produzir maiores efeitos na infraestrutura de transporte. Com efeito, mudança na disponibilidade de modais como a construção de portos e aeroportos, por exemplo, necessitam de mais tempo para se concretizarem. Assim, as mudanças captadas, de modo geral, estão relacionadas às pavimentações de rodovias, principalmente. Em tal contexto, podemos ver na Tabela 1 os municípios com as maiores variações do índice de acessibilidade. Itapeva-SP, Jenipapo de Minas-MG, Montezuma-MG, Euclides da Cunha Paulista-SP e Teodoro Sampaio-SP apresentaram as maiores variações positivas, com ganhos acima de 10% entre os anos 2000 e 2010. Entretanto, a variação global do índice - entre todos os municípios da região Sudeste - foi de apenas 4,3%.

Tabela 1- Municípios com as três maiores e menores variações do índice de acessibilidade

UF	Município	Variação do índice (%)	
		IDHM	Acessibilidade
SP	Itapeva	0,18	0,14
MG	Jenipapo de Minas	0,40	0,13
MG	Montezuma	0,44	0,12
MG	Leme do Prado	0,31	- 0,06
MG	Novo Oriente de Minas	0,43	- 0,06
MG	Santa Rosa da Serra	0,19	- 0,05

Fonte: dados da pesquisa

Situações opostas podem ocorrer no que tange a essa variável, conforme mostra a tabela acima. Ao invés de aumentar a acessibilidade e, junto dela, ocorrer a promoção do desenvolvimento econômico, pode acontecer o inverso. Em 55 (cinquenta e cinco) municípios a variação do índice de acessibilidade foi negativa, com perda média de 2% no período em questão. As maiores perdas ocorreram no estado de Minas Gerais, com variações superiores a 3%. No município de Leme do Prado-MG, por exemplo, a perda foi de 6%, seguido por Novo Oriente de Minas-MG, Santa Rosa da Serra-MG, Santa Barbara do Monte Verde-MG e Jose Gonçalves de Minas-MG. Embora seja esperado que a acessibilidade contribua na promoção do desenvolvimento, entre os melhores e piores resultados da variação do índice, isso não aconteceu. A variação média do IDHM (Índice de Desenvolvimento Humano Municipal) foi de 21,5%, tanto para os municípios com as melhores variações do índice de acessibilidade quanto para os piores.

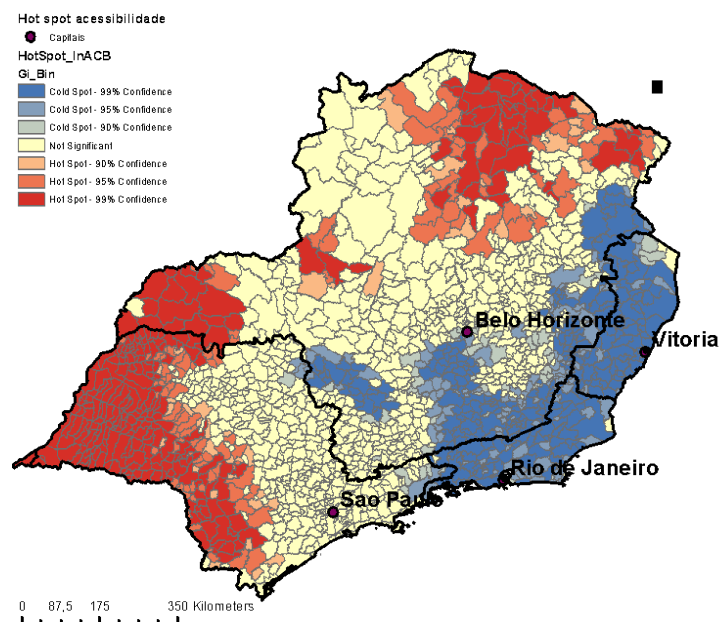
## 5.2. Análise Exploratória de Dados Espacial (AEDE)

A técnica de análise espacial é empregada a partir da estatística G de Ord e Getis (1995) e Getis e Ord (2010). Essa técnica, também conhecida como análise *hot spot*, permite identificar agregados espaciais de valores altos (pontos quentes) e valores baixos (pontos frios), estatisticamente significativos. A Figura a seguir mostra as áreas em que ocorreram as mudanças mais expressivas do índice de acessibilidade. Nas áreas em vermelho estão os municípios que apresentaram as maiores taxas de variações do índice de acessibilidade e, nas áreas de cor azul, estão os municípios com as menores taxas de variações.

### 5.2.1. Análise de clusters e outliers do índice de acessibilidade

Os estados do Espírito Santo e Rio de Janeiro foram aqueles que apresentaram as menores evoluções em termos de acessibilidade. Conforme mostra a Figura 2, as áreas azuis abarcam todo o estado do Rio de Janeiro e Espírito Santo, além de uma boa parte do oeste e sul de Minas Gerais. Nessas áreas, que compreendem pontos frios, as variações do índice de acessibilidade foram baixas e significativas estatisticamente. O que poderia explicar o baixo desempenho do indicador de acessibilidade pode ser uma infraestrutura de transporte consolidada. Ainda, o aumento do tráfego de veículos pode ter ocasionado elevações do tempo de viagem entre os mercados, afetando o indicador. Isso aconteceu, especialmente, em regiões metropolitanas como São Paulo e Rio de Janeiro. Apesar disso, nas proximidades da capital São Paulo, os resultados não foram significativos, mas as taxas de variações foram baixas, a exemplo das demais capitais. A diferença é que nas outras capitais os valores encontrados foram estatisticamente significativos.

Figura 2- *Hot Spot* da variação do índice de acessibilidade entre os anos 2000 e 2010



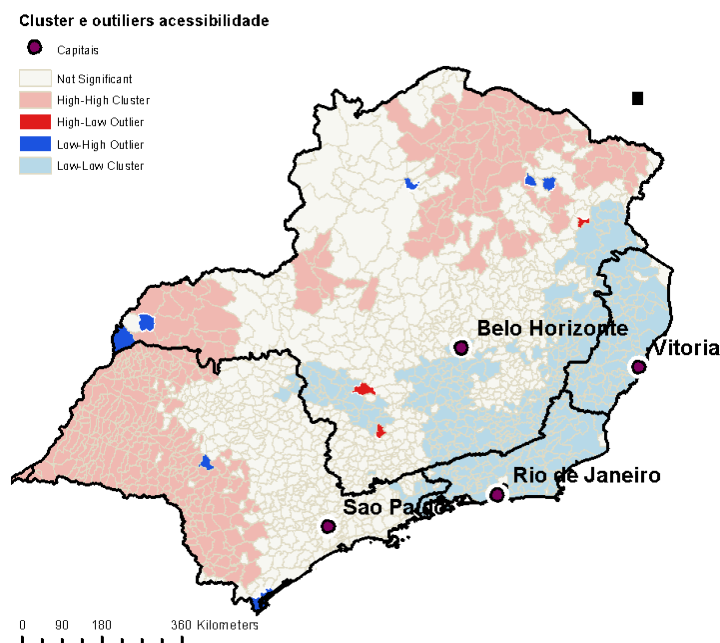
Fonte: Dados da pesquisa

Na Figura 2, vemos que os agregados espaciais com os melhores desempenhos do indicador de acessibilidade estão concentrados nos estados de Minas Gerais e São Paulo. Os municípios de Jenipapo de Minas e Montezuma obtiveram o segundo e o terceiro melhor desempenho da acessibilidade da região Sudeste, conforme mostrado na Tabela 1. Com efeito, esses municípios estão localizados no norte de Minas Gerais, região com o maior agregado de

altas taxas do estado. Entre os anos de 2000 e 2010, o estado de Minas Gerais realizou fortes investimentos na estrutura rodoviária, quando ampliou significativamente a rede pavimentada do estado (LAGES, 2013). O mesmo aconteceu em toda a região Oeste, Noroeste e Sudoeste do estado de São Paulo. Nessas áreas, houveram concessões de rodovias e aprimoramentos na hidrovía ARTESP (2019).

A utilização da técnica de I de Moran local gerou mapas e gráficos que permitiram a visualização de locais ou regiões que apresentaram resultados discrepantes na amostra (ANSELIN, 1995). Assim, foi possível verificar a formação de *clusters* e *outliers*. Os *clusters* são agrupamentos de municípios que apresentaram variações similares às dos seus vizinhos, em termos dos dados analisados. Por outro lado, os *outliers* representam aqueles municípios que, isoladamente, apresentaram valores atípicos em relação à amostra. A diferença dessa análise para a análise de *hot spot* de Getis e Ord, é que ela, além de ser usada para identificar *clusters* locais (regiões onde áreas adjacentes têm valores similares), é aplicada para identificar *outliers* espaciais (áreas distintas de seus vizinhos).

Figura 3-Cluster e outliers do Índice de acessibilidade na região Sudeste



Fonte: Dados da pesquisa

A análise de *hot spot* na Figura 2 mostrou que elevadas variações do índice de acessibilidade formaram muitos agregados espacialmente significativos, ao nível de 99% de confiança. Observando agora a Figura 4, obtida a partir da estatística I de Moran Local, vemos que os agrupamentos espaciais (*clusters*) são as mesmas. No entanto, conforme comentado, a diferença está na identificação de *outlier* dentro desses agregados. Encontramos 7 (sete) *outliers* do tipo LH (*low-high*) localizados nos estados de Minas Gerais (5) e São Paulo (2). De outro lado, encontramos apenas 3 (três) *outliers* do tipo HL (*high-low*), localizados no estado de Minas Gerais.

Os cinco *outliers* do tipo LH de Minas Gerais, três deles localizados no norte do estado e dois no extremo oeste, são os municípios de Ponto Chique, Josenópolis e Coronel Murta - no norte - e Carneirinho e União de Minas, no oeste. Nesses locais, a variação média do índice foi de 0,1%. O fato é que esses cinco municípios não foram contemplados com pavimentações de rodovias como aconteceu nos *cluster* do tipo HH, nessas mesmas regiões. O *cluster* HH no norte do estado foi formado por 79 municípios, com taxas de variações média do índice de

acessibilidade de 9,5% e o HH a oeste foi formado por 18 municípios com variações médias de 8%. O oposto aconteceu no município de Catuji, a nordeste de Belo Horizonte, e Eloi Mendes e Guapé, a sudoeste da capital. Esses municípios tiveram uma elevação média de 5% no índice de acessibilidade, enquanto o *cluster* LL do qual eles fazem parte, tiveram variações média de 1%.

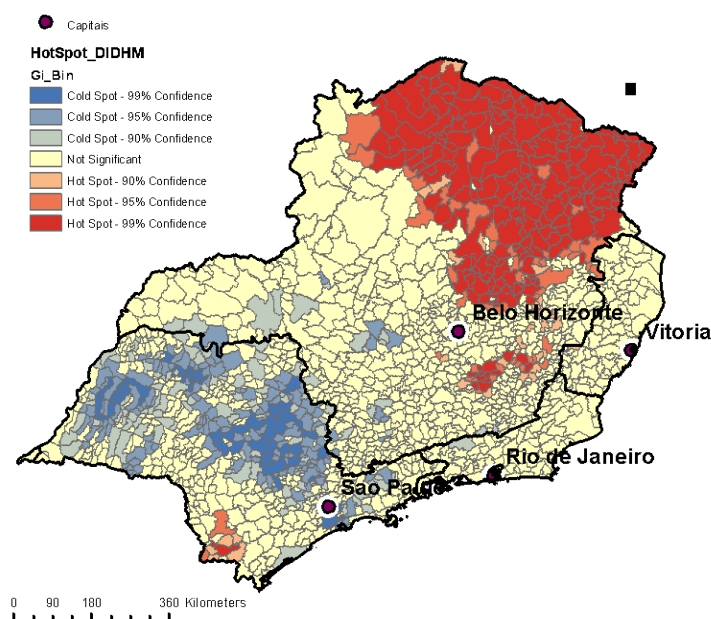
No estado de São Paulo, o grande *cluster* do tipo HH (Figura 4) foi formado por 241 municípios, com um *outlier* do tipo LH, no caso, o município de Bauru, que teve uma variação de 3,9%, enquanto os integrantes do *cluster* tiveram taxa média de 10%. O que provavelmente explicada a variação do índice inferior ao cluster, é a infraestrutura de transporte já consolidada em Bauru. Na mesma linha de Bauru, estão municípios que usufruem da mesma infraestrutura, tanto que na Figura 2 eles fazem parte dos pontos quentes, mas com 90% de confiança. O último *outlier* encontrado é o município de Cananéia, no extremo sul do estado de São Paulo. Nele, a variação do índice de acessibilidade foi de apenas 2%.

### 5.2.2. Análise de clusters e outliers do IDHM

Minas Gerais apresentou as maiores taxas de variação do IDHM. Na Figura 4, o mapa mostra que as regiões norte, nordeste, leste e parte da região central formaram um grande aglomerado de municípios com taxas de variações superiores (pontos quentes com 99%). Essa área corresponde à mesma do *hot spot* da acessibilidade, Figura 2, mostrando a forte ligação entre investimento em infraestrutura e desenvolvimento. A exceção se aplica ao sudeste de Minas Gerais, em que as variações do índice de acessibilidade foram baixas (pontos frios), mas tiveram elevações consideráveis no IDHM (pontos quentes).

No estado de São Paulo, as variações do IDHM foram baixas, formando a grande área azul (pontos frios do mapa com 99%). A exceção se aplica no sul do estado, nas proximidades da divisa com o estado Paraná. Nessa área, os municípios apresentaram pontos quentes (taxas elevadas) em consonância com os pontos quentes da acessibilidade, mostrados na Figura 2. Já nos estados do Rio de Janeiro e Espírito Santo, não houveram áreas quentes ou frias com nível de significância acima de 90%. Esses estados apresentaram grandes áreas frias (baixa variação) em termos de acessibilidade, com 99% de confiança, como mostrado na Figura 2. Nesses estados, nota-se que não apenas a acessibilidade pouco mudou, como também o IDHM.

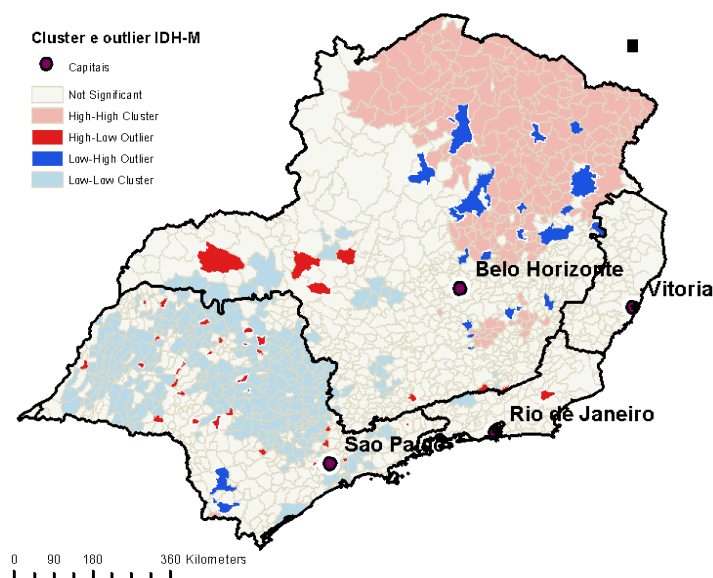
Figura 4-*Hot spot* da variação do IDHM entre os anos 2000 e 2010



Fonte: Dados da pesquisa

Como já abordado, a análise *hot spot* tem pouca diferença da análise de I de Moran local, sendo essa última utilizada, principalmente, para determinação de *outliers* em áreas apontadas como quentes, no *hot spot*. Desse modo, foram identificados 23 *outliers* do tipo LH (*low high*) e 36 *outliers* do tipo HL (*high low*). Entre os *outliers* LH, apenas 2 estão localizados em São Paulo e 1 no Espírito Santo, sendo que os demais estão todos em Minas Gerais. Simultaneamente, os *outliers* do HL estão mais dispersos, sendo que em Minas Gerais foram identificados 7, em São Paulo foram 28, e 1 no Rio de Janeiro. Os *outliers* LL apresentaram taxa média de variação do IDHM de 17%, enquanto a média do *cluster* HH foi de 35%. No oposto, ou seja, os *clusters* HL, a média de variação do IDHM foi de 27%, enquanto o *cluster* LL foi de 9,7%. Em síntese, considerando que os *outliers* são pontos discrepantes da área, uma análise local, para entender os fatores que levaram a essas discrepâncias, seria mais adequado. Pode-se supor que um município tenha elevadas taxas de crescimento do IDH por conta de políticas públicas, ao passo que baixas taxas de crescimento podem ser em razão de um IDH já em patamares muito superiores.

Figura 5- *Cluster e outliers* do IDHM na região Sudeste



Fonte: Dados da pesquisa

### 5.2.3. Autocorrelação espacial e heterogeneidade espacial

Os resultados da AEDE sugeriram que as variações, em especial, do IDH e da acessibilidade dos municípios estão influenciando seus vizinhos. Essa influência é bastante diferenciada no espaço, dados os números de *clusters* e *outliers* encontrados. Tal fenômeno é explicado pela autocorrelação espacial e pela heterogeneidade espacial. O teste empregado para essa verificação é a estatística I de Moran global, explicitada na seção 4.3. Para a obtenção dessa estatística, foi criada a matriz de pesos espaciais, do tipo rainha, com os testes variando de 1 a 5 vizinhos.

Figura 6- Teste de Moran Global para autocorrelação espacial

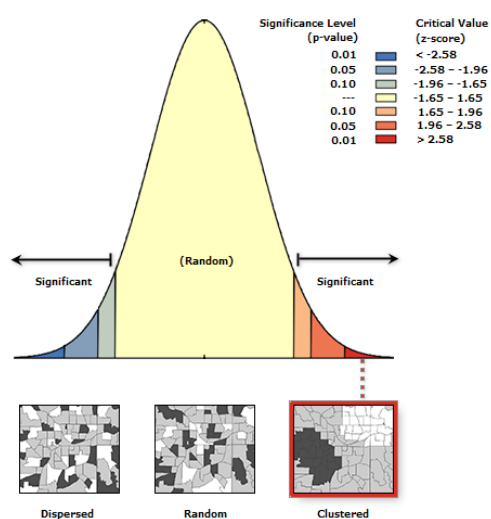


Tabela 2-Autocorrelação espacial

I de Moran Global	Valores
Moran's Index:	0.522839
Expected Index	-0.000600
Variance	0.000209
z-score	36.233315
p-value	0.000000

Conforme Figura acima, o valor da estatística I de Moran global ( $I_g$ ) é maior que 0, indicando a presença de autocorrelação espacial positiva. Ou seja, municípios com taxas de crescimento do IDHM positivas, influenciam seus vizinhos no aumento do IDH e vice-versa. Adicionalmente, o resultado do teste apresentou uma baixa probabilidade ao nível de 1%, o que implica que se pode rejeitar a hipótese nula de não existência de *clusters*.

### 5.3. Modelo econométrico espacial

A AEDE mostrou que na região Sudeste há a autocorrelação espacial na distribuição das taxas de crescimento do IDHM. Dessa forma, a estimação do modelo empírico proposto requer uma avaliação da necessidade, ou não, de incorporar o componente espacial para explicar as variações do IDHM.

O método para verificar a inserção do componente espacial segue a estratégia de estimação ilustrada na *Figura 1*. Tal modelagem visa identificar os determinantes espaciais do IDHM na região Sudeste entre os anos de 2000 e 2010. O primeiro passo é estimar o modelo empírico usando o método de MQO (Mínimos Quadrados Ordinários). Os resultados estão apresentados a seguir.

Tabela 3-Resultado do modelo por MQO

Variável	Coefficiente	Erro padrão	t-Statistic	Prob	Robust t	Prob robust	VIF
Intercepto	0.086926	0.004749	52,421256	0,000000*	51,052380	0,000000*	----
Renda média	0.12762	0.010113	-8,268546	0,000000*	-8,065289	0,000000*	1.0076
Dens. pop.	-0.08509	0.010577	-1,908609	0,005648*	-1,739899	0,008206*	1.0013
Acessibilidade	0.108278	0.004818	14,110138	0,000000*	12,1919	0,000000*	1.0083
R <sup>2</sup>	0.33059	F-Value	2,739235	0,00065			
R <sup>2</sup> Ajustado	0.329383						

Notas: \*significante a 1%; \*\* significante a 5%; \*\*\*significante a 10%

O método de MQO pressupõe normalidade na distribuição dos resíduos. O teste Jarque-Bera examina a normalidade dessa distribuição. A alta probabilidade do teste, Tabela 4, indica que os resíduos têm distribuição normal, logo, não se rejeita a hipótese nula. Uma segunda hipótese é a de variância constante. Caso não seja confirmada essa hipótese, então a estimativa

apresenta heterocedasticidade, ou não-estacionariedade em relação à variância. Se confirmada a heterocedasticidade, os resultados das inferências estatísticas tornam-se não confiáveis. Os testes Breusch-Pagan, Koenker-Bassett e White apontam para a existência de heterocedasticidade, conforme apresentado na tabela a seguir.

Tabela 4- Testes de normalidade e heterocedasticidade

Teste	Hipótese nula	GL	Coefficiente	Probabilidade	Aceita/Rejeita H0
Jarque-Bera	Normalidade	2	1.862826	0.60136	Aceita
Breusch-Pagan	$\sigma^2$ *	3	1.339.159	0.000	Rejeita
Koenker-Bassett	$\sigma^2$ *	3	4.706.217	0.000	Rejeita
White	$\sigma^2$ *	9	6.942.859	0.000	Rejeita

Fonte: com base nos dados da pesquisa

$\sigma^2$  \*: variância constante

Como a estatística de Koenker (BP) foi estatisticamente significativa, usamos as probabilidades robustas (Tabela 3) para determinar a significância dos coeficientes. Os resultados acima indicam que o modelo está bem estimado, sem a necessidade de ajustes, por exemplo, com a adição de variáveis com interação (ANSELIN, 1988). Apesar disso, conforme já discutido, o modelo apresenta autocorrelação espacial, ainda que fraca. Desse modo, entendemos que seria prudente realizar os testes para verificar o ajuste espacial necessário. O teste verifica se há a necessidade de incorporar no modelo o componente espacial.

Na Tabela 5, a seguir, é apresentado o diagnóstico para dependência espacial. Conforme os resultados, o I de Moran indica a existência da autocorrelação espacial dos resíduos, isto é, a variação do IDHM entre os municípios está interferindo nos resultados um do outro. Os demais testes apresentados indicam os métodos adequados para corrigir os problemas acima discutidos, se por erros, ou por defasagem. Tanto os testes para erro espacial quanto para defasagem espacial são significativos a 1% de probabilidade, embora o método por defasagem seja mais significativo, sugerindo ser este o método mais apropriado (FLORAX *et al.* 2003)

Tabela 5 - Diagnóstico de regressão para dependência espacial nas estimativas do IDH.

Teste	MI/DF	Valor	Probabilidade
Moran's I (error)	0.296138	5.773.444	0.000134
Lagrange Multiplier (error)	1	3.149.347	0.000243
Robust LM (error)	1	1.416.936	0.000452
Lagrange Multiplier (lag)	1	2.051.325	0.000332
Robust LM (lag)	1	3.189.135	0.000559
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	3.468.261	0.0

Fonte: Elaboração com base nos dados da pesquisa.

Notas: \*significativo a 1%; \*\* significativo a 5%.

Visto que o método com defasagem espacial é o mais indicado para corrigir as imperfeições do modelo, a seguir são apresentados os resultados com os devidos ajustes.

Tabela 6-Resultados do modelo com lag espacial

Variável	Coefficiente	Erro padrão	Z valor	Probabilidade
Rho	0.781721	0.024334	33.29536	0.0*
Intercepto	-0.01193	0.004869	-3.37483	0.000739*
Rendimento médio	0.099016	0.008342	11.59046	0.0006370*
Densidade pop.	-0.02332	0.008665	-2.88889	0.003866*
Acessibilidade	0.048575	0.004284	11.15296	0.0*
R <sup>2</sup>	0,54905			
R <sup>2</sup> Ajustado	0,5764			



\*Significativo a 1%

O método com defasagem espacial melhorou a precisão do modelo. A inserção do componente espacial ajustou os dados, uma vez que os mesmos violaram algumas suposições da regressão por MQO. Os coeficientes sofreram alterações, mudando, inclusive, o grau de importância das variáveis explicativas. A qualidade do ajustamento também foi aprimorada. O R-quadrado, que no modelo de MQO foi de 0,33, mudou para 0,549 com *lag* espacial.

Conforme os resultados apresentados, merece destaque o efeito negativo que a densidade populacional causou no IDHM. O crescimento populacional nas áreas urbanas eleva a densidade populacional, piorando a qualidade de vida sob muitos aspectos. Vale ressaltar que o IDH é composto por três indicadores: longevidade, educação e renda<sup>2</sup>. De acordo com o IBGE, Agência de Notícias (2017), municípios com população inferior a 20 mil habitantes tem sofrido grandes perdas populacionais. Essa perda se reverte em ganhos populacionais nos maiores centros urbanos. Paralelamente, a população rural também vem sofrendo reduções. Do mesmo modo, essa perda se reveste em aumento da população urbana. Essas são prováveis razões desse efeito negativo.

A região metropolitana de São Paulo, com 21,3 milhões de habitantes, seguida por Rio de Janeiro com 12,3 milhões e Belo Horizonte com 5,9 milhões são os maiores aglomerados urbanos do Brasil. De acordo com o censo de 2010 do IBGE, do total de 1668 municípios da região Sudeste, apenas 69 apresentaram população superior a 200 mil habitantes, 70 municípios com população de 100 a 200 mil habitantes. Todos os demais municípios (1.529) apresentaram populações inferiores a 100 mil habitantes, sendo que 1.145 deles tinham população inferior a 20 mil habitantes. Entre os municípios abaixo de 20 mil habitantes, 31,7% apresentou perda populacional. Tal resultado vai ao encontro de uma análise feita pelo IBGE, na qual destaca que cerca de 25% dos municípios brasileiros tiveram redução populacional. Essa redução foi concentrada em municípios com populações inferiores a 20 mil habitantes. Conforme o órgão, há uma tendência de deslocamento das pessoas que moram em pequenos municípios para cidades maiores. Esse deslocamento ocorre, basicamente, pela busca de melhores condições de vida e, principalmente, melhor acesso à educação e ao emprego. Para verificar essa assertiva, realizamos um teste aplicando o método de mínimos quadrados ordinários.

Em suma, vimos que a acessibilidade impacta o desenvolvimento sob muitos aspectos, mas o foco é melhorar o índice. Para promover o aumento do índice de acessibilidade, são necessários elevados investimentos em infraestrutura de transporte. Esses investimentos incluem a pavimentação de rodovias, duplicação, construção de novas rodovias, aprimoramento e a ampliação de ferrovias, aeroportos e, em localidades possíveis, viabilizar as hidrovias. Uma melhoria de 1% no índice, promoveria um aumento do IDH em 4%. Trata-se de uma mudança de forte impacto, tanto na acessibilidade quanto no IDH.

Como exemplo, uma rodovia não pavimentada, mas em boas condições de tráfego, permite uma velocidade média de 60 km/h. Já uma rodovia pavimentada e em boas condições de tráfego, permite uma velocidade média de 80 km por hora. Supondo uma distância de 500 km a serem percorridos em uma via não pavimentada, o tempo aproximado para percorrer essa distância seria de 8,3 horas. Em uma rodovia pavimentada esse tempo cairia para 6,2. Se essa distância fosse percorrida para se chegar a um mercado com a população de 1,2 milhões de habitantes, o índice de acessibilidade teria uma redução de 3%. O IDH, de outro lado, teria um aumento na mesma proporção. Isso aconteceria porque um bom índice de acessibilidade permite melhor escoamento da produção, a boa locomoção de pessoas e cargas e muitos outros benefícios.

---

<sup>2</sup> A partir do ano de 2010, O índice de longevidade foi substituído pelo índice de Saúde.

## 6. CONCLUSÃO

Este estudo procurou mostrar a importância que a acessibilidade exerce na melhoria das condições de vida da população. O Índice de Desenvolvimento Humano, IDH, foi explicado a partir da mensuração da acessibilidade, dos dados de mudanças populacionais os quais mudaram a densidade demográfica e rendimento médio mensal em cada um dos 1668 municípios da região Sudeste do Brasil.

Os resultados mostraram que as variações negativas da população, bem como o respectivo aumento da densidade populacional, produziram maiores efeitos nas mudanças do IDH. Paralelamente, a melhoria da acessibilidade aos mercados potenciais, juntamente com aumento do rendimento médio da população, contribuiu para elevar o IDH. Isso sugere que, com maiores rendimentos no município, a população usa essa vantagem para se deslocar para outros centros urbanos, em busca de melhores condições de vida. Tal deslocamento pode ser, por exemplo, o de jovens buscando estudar nos grandes centros urbanos, aumentando a densidade populacional.

A insuficiência, ou mesmo a inexistência de dados, impediram que o estudo da acessibilidade contemplasse um período de tempo maior. Apesar disso, constatamos que a acessibilidade produz efeitos positivos no Índice de Desenvolvimento Humano. Boas infraestruturas de transporte, como vias pavimentadas, portos, aeroportos, por exemplo, promovem maior fluxo de pessoas, de serviços e de produtos. A deficiência no acesso aos mercados potenciais, ou mesmo de locomoção, são fatores impeditivos para a melhoria da qualidade de vida. Fica patente, portanto, a necessidade de maiores investimentos em infraestrutura de transporte.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANSELIN, L. **Spatial econometrics: methods and models**. Springer Science & Business Media, 1988.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995.

ANSELIN, LUC. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, 1995. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x>>. Acesso em: 18/6/2019.

ARTESP. ARTESP - Agência de Transporte do Estado de São Paulo. Disponível em: <[http://www.artesp.sp.gov.br/Style\\_Library/extranet/rodovias/rodovia-interna.aspx?id=18](http://www.artesp.sp.gov.br/Style_Library/extranet/rodovias/rodovia-interna.aspx?id=18)>. Acesso em: 18/6/2019.

Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil. Disponível em: <<http://www.atlasbrasil.org.br/2013/>>. Acesso em: 15/5/2019.

BALL, R. J.; LINNEMANN, H. An Econometric Study of International Trade Flows. **The Economic Journal**, v. 77, n. 306, p. 366, 1967. Narnia. Disponível em: <<https://academic.oup.com/ej/article/77/306/366-368/5235645>>. Acesso em: 15/5/2019.

BARROS, F. P. M. DE; PRATES, T. M. **A nova geografia econômica e a explicação do diferencial de produtividade entre cidades: estudo de caso sobre Maceió e Recife**. 2014.

CHRISTALLER, W. Central places in Southern Germany. **Prentice-Hall**, 1933.

CLAVAL, P. Geografia Econômica e Economia. **GeoTextos**, v. 1, n. 1, p. 11–27, 2005.

Disponível em: <<https://portalseer.ufba.br/index.php/geotextos/article/view/3028/2132>>. .

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/>>. Acesso em: 15/5/2019.

FOLMER, H.; FLORAX, M.; REU, S. Specification searches in spatial econometrics: The relevance of Hendry's methodology. **Regional Science & Urban Economics**, 2003. Disponível em: <<http://www.narcis.nl/publication/RecordID/oai:wo.uvt.nl:126096>>. Acesso em: 31/5/2013.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A. **The spatial economy: cities, regions and international trade**. 1999.

GETIS, A.; ORD, J. K. The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. **Perspectives on Spatial Data Analysis**. p.127–145, 2010. Berlin: Springer. Disponível em: <[http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-01976-0\\_10](http://link.springer.com/10.1007/978-3-642-01976-0_10)>. Acesso em: 18/6/2019.

HADDAD, E.; HEWINGS, J.; PORSSE, A. The Underground Economy: Tracking the Wider Impacts of the São Paulo Subway System. **Texto Discussão Nereus USP**, 2013. Disponível em: <[http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD\\_Nereus\\_08\\_2013.pdf](http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/TD_Nereus_08_2013.pdf)>. Acesso em: 26/3/2019.

HARRIS, C. The Market as a Factor in the Localization of Industry in the United States. **Annals of the association of American geographers**, 1954. Disponível em: <[http://traffilight.bitdefender.com/info?url=http%3A//www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00045605409352140&language=en\\_US](http://traffilight.bitdefender.com/info?url=http%3A//www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00045605409352140&language=en_US)>. Acesso em: 18/3/2015.

HIRSCHMAN, A. O. **The Strategy of Economic Development**. Yale University Press, 1958.

IBGE | Agência de Notícias | Quase 25% dos municípios tiveram redução de população em 2017. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/16132-quase-25-dos-municipios-tiveram-reducao-de-populacao-em-2017>>. Acesso em: 13/5/2019.

INGRAM, D. R. The concept of accessibility: A search for an operational form. **Regional Studies**, v. 5, n. 2, p. 101–107, 1971. Taylor & Francis Group. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09595237100185131>>. Acesso em: 26/3/2019.

ISARD, W. LOCATION AND SPACE-ECONOMY. , 1956. Disponível em: <<https://trid.trb.org/view/131509>>. Acesso em: 15/5/2019.

JONES, S. Accessibility measures: a literature review. **Transport and Road Research Laboratory**, 1981. Disponível em: <<https://trl.co.uk/sites/default/files/LR967.pdf>>. Acesso em: 26/3/2019.

KRUGMAN, P. Increasing returns and economic geography. **Journal of political economy**, v. 99, n. 3, p. 483–499, 1991.

LINNEKER, B.; SPENCE, N. An accessibility analysis of the impact of the M25 London Orbital Motorway on Britain. **Regional Studies**, 1992. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00343409212331346761>>. Acesso em: 11/2/2016.

LÖSCH, A. Die räumliche Ordnung der Wirtschaft. Jena: G. Fischer. English translation (1954): The Economics of Location. , 1940.

MARSHALL, A. **Principles of economics Macmillan**. 8º ed. 1920, 1890.

MYRDAL, G. **Economic theory and under-developed regions**, by Gunnar Myrdal ... London: G. Duckworth, 1957.

O'KELLY, M.; HORNER, M. Aggregate accessibility to population at the county level: US 1940–2000. **Journal of Geographical Systems**, 2003. Disponível em: <<http://link.springer.com/article/10.1007/s101090300101>>. Acesso em: 11/2/2016.

ORD, J. K.; GETIS, A. Local Spatial Autocorrelation Statistics: Distributional Issues and an Application. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 4, p. 286–306, 1995. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00912.x>>. Acesso em: 18/6/2019.

PNLT - Plano Nacional de Logística e Transportes. Disponível em: <<http://www.transportes.gov.br/conteudo/2814-pnlt-plano-nacional-de-logistica-e-transportes.html>>. Acesso em: 15/5/2019.

PONSARD, C. *Économie et espace: essai d'intégration du facteur spatial dans l'analyse économique.*, 1955.

POOLER, J. A. The use of spatial separation in the measurement of transportation accessibility. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, v. 29, n. 6, p. 421–427, 1995. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/096585649500013E>>. Acesso em: 26/3/2019.

SCHMUTZLER, A. The New Economic Geography. **Journal of Economic Surveys**, v. 13, n. 4, p. 355–379, 1999. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1111/1467-6419.00087>>. Acesso em: 15/5/2019.

SILVA, R. R. DA.; BACHA, C. J. C. Acessibilidade e aglomerações na região norte do Brasil sob o enfoque da nova geografia econômica. **Nova Economia**, v. 24, n. 1, 2014.

SILVA, R. R. DA. **Aglomerações populacionais na Região Norte do Brasil de 1980 a 2000: uma abordagem por meio da Nova Geografia Econômica**, 2011a.

SILVA, R. R. DA. **Aglomerações populacionais na Região Norte do Brasil de 1980 a 2000: uma abordagem por meio da Nova Geografia Econômica**, 2011b. Universidade de São Paulo. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11132/tde-02052011-090008/en.php>>. Acesso em: 12/2/2016.

SPIEKERMANN, K.; WEGENER, M. Accessibility and spatial development in Europe. **Scienze Regionali**, 2006. Disponível em: <[http://traffilight.bitdefender.com/info?url=http%3A//www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/KSMW\\_Scienza\\_Regionali.pdf&language=en\\_US](http://traffilight.bitdefender.com/info?url=http%3A//www.spiekermann-wegener.de/pub/pdf/KSMW_Scienza_Regionali.pdf&language=en_US)>. Acesso em: 18/3/2015.

VON THUNEN, J. H. *Der isolirte staat in beziehung auf landwirtschaft und nationalökonomie.* **Wiegant, Hempel & Parey**, 1826.

WEBER, A. *Ueber den standort der industrien.*, 1909. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=JooSAwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA88&dq=Ueber+Den+Standort+Der+Industrien:+Amazon.de:+Alfred+Weber&ots=0TX-6ZXS0H&sig=cdbX6LFDfLIRTjyujp2MYn5Li7M>>. Acesso em: 26/3/2019.