

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**

VICENTE PAIXÃO COELHO TRINDADE

Análise Espacial da dispersão do Covid-19 na Faixa de Fronteira do Arco Sul do Brasil

Porto Alegre, 2022.

Vicente Paixão Coelho Trindade

Análise Espacial da dispersão do Covid-19 na Faixa de Fronteira do Arco Sul do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Aldomar Arnaldo Rückert

Porto Alegre, 2022

CIP - Catalogação na Publicação

Coelho Trindade, Vicente Paixão
Análise Espacial da dispersão do Covid-19 na faixa
de fronteira do Arco Sul do Brasil / Vicente Paixão
Coelho Trindade. -- 2021.
56 f.
Orientador: Aldomar Arnaldo Rückert.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto
de Geociências, Bacharelado em Geografia, Porto
Alegre, BR-RS, 2021.

1. Fronteiras. 2. Geoprocessamento. 3.
Autocorrelação Espacial. 4. Covid-19. I. Rückert,
Aldomar Arnaldo, orient. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

VICENTE PAIXÃO COELHO TRINDADE

Análise Espacial da dispersão do Covid-19 na faixa de fronteira do Arco Sul do Brasil

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado ao Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharelado em Geografia.

Conceito Final: A

Aprovado em 27 de maio de 2022

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Aldomar Arnaldo Rückert – UFRGS (Orientador)

Prof. Dra. Adriana Dorfman – UFRGS

Prof. Dr. Marcos Wellausen Dias de Freitas – UFRGS

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente minha família por serem minha fonte de felicidade e apoio sempre que necessário, obrigado por estarem ao meu lado. Agradecimento especial à Cássia por ter sido essa pessoa amada e companheira nesses últimos anos difíceis, as coisas ficaram mais leves do teu lado. A Débora por ter dado esse apoio imenso no desenvolvimento deste trabalho, e por fim agradecimento e dedicação especial à minha querida mãe Milene por ser uma pessoa incrível, batalhadora e inspiradora. Esses últimos anos críticos da pandemia machucaram muito a tua vida, e mesmo com tudo isso tu continuas sendo essa pessoa maravilhosa que é.

RESUMO

Com o fechamento das fronteiras devido o fenômeno global do novo coronavírus (Covid-19), grande parte das medidas dos governos nacionais foi prontamente a interdição das fronteiras para com os países vizinhos. A reafirmação das fronteiras nacionais terrestres foram ponto inicial desde a confirmação de uma pandemia global, provocando restrições para as relações transfronteiriças. O trabalho busca trazer um escopo geral da pandemia no Arco sul da Faixa de Fronteira brasileira, adaptando à nova divisão regional do Brasil a fim de suprir uma regionalização padrão, buscando analisar padrões espaciais e relações das condições de desenvolvimento regional com a incidência do vírus, a fim de medir o peso da desigualdade regional das fronteiras na dispersão da Covid-19.

Palavras-chave:

Fronteiras, Geoprocessamento, Autocorrelação Espacial, Covid-19

ABSTRACT

With the closing of borders due to the global phenomenon of the new coronavirus (Covid-19), most of the measures taken by national governments were promptly to interdict borders with neighboring countries. The reassertion of national land borders was a starting point since the confirmation of a global pandemic, causing restrictions on cross-border relations. The work seeks to bring a general scope of the pandemic in the southern Arc of the Brazilian Border Strip, adapting to the new regional division of Brazil in order to supply a standard regionalization, seeking to analyze spatial patterns and relationships of regional development conditions with the incidence of the virus, in order to measure the weight of regional inequality across borders in the spread of Covid-19.

Keywords:

Borders, Geoprocessing, Spatial Autocorrelation, Covid-19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização da Faixa de Fronteira com enfoque no Arco Sul.....	13
Figura 2 - Tipologia das Interações Fronteiriças do Arco Sul.....	15
Figura 3 - Grandes Regiões e Zonas Fisiográficas 1940.....	17
Figura 4 - Grandes Regiões e Microrregiões Homogêneas 1968.....	18
Figura 5 - Grandes Regiões e Microrregiões Geográficas 1989.....	19
Figura 6 - Grandes Regiões e Regiões Geográficas Imediatas.....	21
Figura 7 - Grandes Regiões e Regiões Geográficas Intermediárias.....	22
Figura 8-Densidade populacional, população total e cidades-gêmeas da Bacia do Prata.....	24
Figura 9- Mapa de Londres com óbitos por cólera identificados por pontos e poços de água representado por cruces.....	29
Figura 10 - Incidência da Covid-19 por município.....	35
Figura 11 - Distribuição e dispersão de Moran Global dos casos de Covid-19 por municípios.....	36
Figura 12 - Dispersão e localização de Moran Local dos casos de Covid-19 por município.....	36
Figura 13 - Distribuição e dispersão de Moran Global dos óbitos de Covid-19 por municípios.....	37
Figura 14 - Dispersão e localização de Moran Local dos óbitos de Covid-19 por município.....	38
Figura 15 - Distribuição e dispersão de Moran Global da taxa de letalidade de Covid-19 por municípios.....	38
Figura 16 - Dispersão e localização de Moran Local da taxa de letalidade de Covid-19 por município.....	39
Figura 17 - Dispersão e localização do Moran Local bivariado e mapa de coeficiente de distância da metrópole.....	40
Figura 18 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre casos de Covid-19 e coeficiente de distância da capital regional por município.....	41
Figura 19 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre casos de Covid-19 e coeficiente de distância da capital sub-regional por município.....	41
Figura 20 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre taxa de letalidade de Covid-19 e IVS por município.....	42
Figura 21-Distribuição e dispersão de Local Bivariado entre óbitos de Covid-19 e IDHM Longevidade por município.....	43
Figura 22-Incidência de Covid-19 por municípios do Arco Sul.....	44
Figura 23-Distribuição e Dispersão de Moran Global dos casos da Covid-19 nos municípios do Arco Sul.....	45
Figura 24-Dispersão e Mapa de Moran Local dos casos da Covid-19 nos municípios do Arco Sul.....	45
Figura 25-Moran Local para taxa de letalidade nos municípios do Arco Sul.....	46
Figura 26-Moran Local Bivariado entre casos de Covid e IVS nos municípios do Arco Sul.....	46
Figura 27-Incidência da Covid-19 nas Regiões Imediatas do Arco Sul.....	47
Figura 28-Distribuição e Dispersão de Moran Global da taxa de letalidade de Covid-19 nas Regiões Geográficas Imediatas.....	49
Figura 29-Moran Local da taxa de letalidade de Covid 19 nas Regiões Imediatas do Arco Sul.....	50
Figura 30-Moran Local de casos por 100 mil nas Regiões Imediatas do Arco Sul.....	51
Figura 31-Casos de Covid-19 entre Regiões Imediatas, Departamentos e Províncias de fronteira ao Arco Sul.....	52
Figura 32-Moran Global e Local dos casos de Covid-19 nas Regiões Fronteiriças.....	53

SIGLAS

API – *Application Programming Interface*

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IVS – Índice de Vulnerabilidade Social

LABETER – Laboratório Estado e Território

NUTS – Nomenclatura das Unidades Territoriais para Fins Estatísticos

PDFF – Plano de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira

REGIC – Regiões de Influência das Cidades

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SQL – *Structured Query Language*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS.....	12
3 JUSTIFICATIVA.....	12
4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO.....	13
5 A NOVA DIVISÃO REGIONAL.....	17
6 INDICADORES.....	24
7 TECNOLOGIAS.....	26
8 ANÁLISE ESPACIAL.....	28
9 LEVANTAMENTO DE DADOS.....	32
10 RECORTE REGIONAL.....	33
11 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	54
13 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	55

1 INTRODUÇÃO

Inicialmente uma epidemia regionalizada na cidade Wuhan e seus arredores, na China no final de 2019, a ameaça do novo coronavírus caracterizou-se pela sua alta capacidade de contaminação, distribuindo-se globalmente no começo de 2020, ao se espalhar para países vizinhos e Europa. A previsão de que se tornaria uma pandemia ficou clara ao perceber que o principal vetor de contaminação eram as pessoas em circulação pelo mundo. Em 11 de março de 2020, a OMS classificou a doença como uma pandemia, significando que o vírus estaria circulando em todos os continentes do globo terrestre, e devido à sua similaridade de sintomas com outras doenças respiratórias, sua identificação fora dificultada em um ambiente que sua transmissibilidade rápida já alcançava níveis de gravidade altíssimos.

O perfil epidemiológico da Covid-19 no primeiro período verificou que a taxa de mortalidade chegava a 0,3% da população, sendo maior em homens idosos. O primeiro caso confirmado no Brasil foi confirmado em 26 de fevereiro de 2020, em um homem idoso que visitava a Itália. Já no começo de maio de 2020, o Brasil já acumulava cerca de 135.106 casos e 9.146 óbitos, apresentando uma das maiores taxas de transmissão no mundo (MACIEL, Jacques A. et.al, 2020, pg 1), estimando que a cada infectado contagiava outras três pessoas. No seguir da Pandemia, o Brasil foi campeão do número de casos e óbitos no mundo, ficando atrás apenas dos Estados Unidos.

O fechamento de fronteiras (*rebordering*) com vistas à contenção da disseminação do vírus foi um choque para as relações globalizadas, que até então buscavam o relaxamento (*debordering*) das fronteiras nacionais buscando ampliar a rede comercial e integração geopolítica nos continentes. As medidas de prevenção e contenção dos vírus reafirmaram as fronteiras nacionais como ponto-chave de controle.

Este cenário de dificuldades não diferiu em vários continentes, atingindo com força macrorregiões de mercados comuns, regiões de fronteiras e, especialmente, aquelas onde se localizam diversas cidades gêmeas, como no Mercosul, a Bacia do Rio da Prata. Assim, neste trabalho busca-se apresentar alguns resultados de investigação de dados e de representações cartográficas que demonstrem, em alguma medida, alguns dos impactos da epidemia da Covid-19 em regiões de fronteira, especialmente a que corresponde à Faixa de Fronteira do Arco Sul do Brasil vizinho da Argentina, Paraguai e Uruguai.

2 OBJETIVOS

Geral

Reunir dados e formar um quadro estatístico e cartográfico geral da distribuição espacial da Covid-19 entre março de 2020 a março de 2022 sobre a faixa de fronteira do Arco Sul do Brasil, conforme as regiões imediatas do IBGE.

Específicos

- Analisar e identificar correlações entre indicadores de desenvolvimento (IDH e IVS) e acessibilidade geográfica com a incidência do vírus, afim de medir o quanto a desigualdade regional afetou sobre a dispersão do vírus.
- Identificar se os padrões espaciais da incidência de covid-19 diferem isolando os dados pela regionalização de fronteira.
- Avaliar se as características das zonas de fronteira influenciaram na dispersão do vírus, facilitando ou contendo as interações transfronteiriças.

3 JUSTIFICATIVA

A Faixa de Fronteira Arco Sul localiza-se em três estados sulinos que se caracterizam por forte ocupação territorial, intensa atividade agrícola, agroindustrial, comercial e de serviços. Diferentemente das suas regiões vizinhas no Paraguai, Argentina e Paraguai, que se caracteriza por baixo desenvolvimento socioeconômico, a região da Faixa de Fronteira do Arco Sul tradicionalmente possui relações transfronteiriças intensas, sendo reestruturadas desde a criação do MERCOSUL.

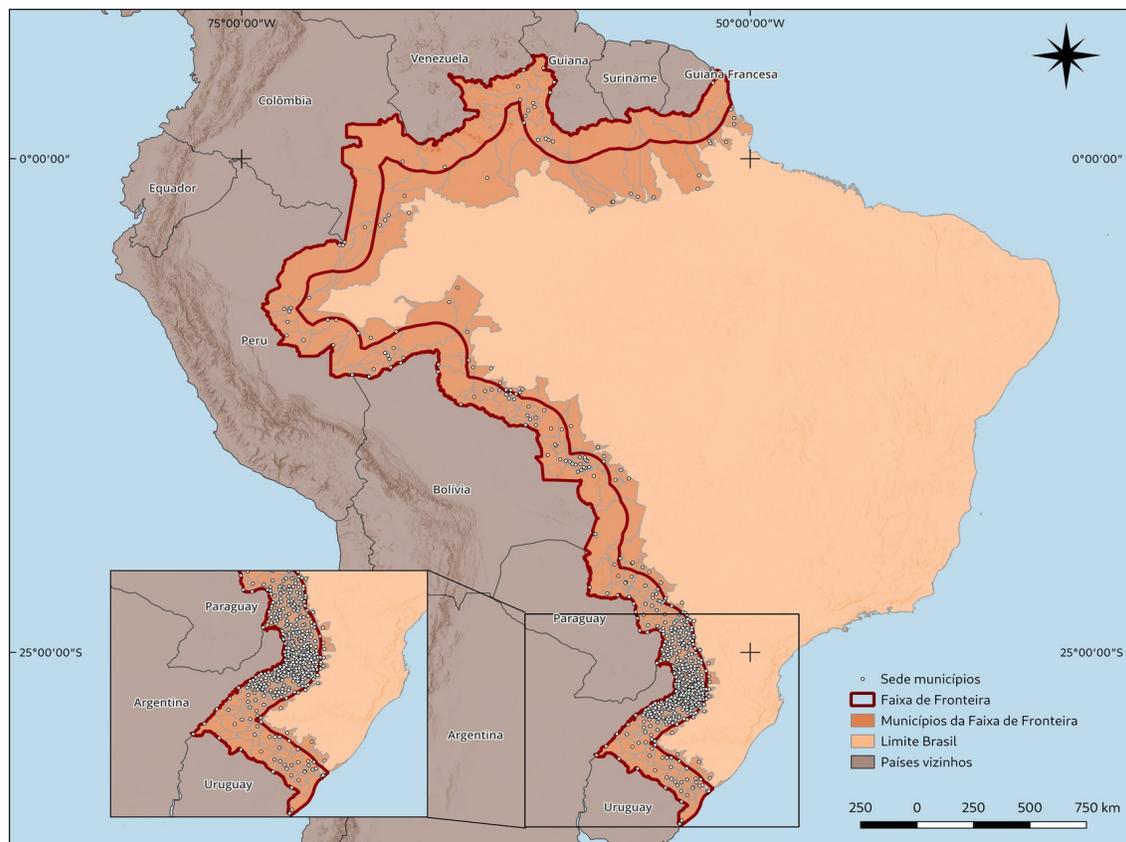
Um dos pontos de grande fluxo de comércio e serviços internacionais é a Região Transfronteiriça do Iguazu, caracterizada por turismo global, forte internacionalização entre os três países, além de várias cidades gêmeas onde habitam milhares de pessoas. Pelo fato de sua grande importância socioeconômica e por ser região de fronteira com três países, a Faixa de Fronteira do Arco Sul representa não apenas a faixa mais povoada do Brasil, mas também um grande desafio de interpretação em relação aos efeitos da pandemia em seu território.

4 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Antes de caracterizarmos a área de interesse do estudo, devemos distinguir algumas concepções conceituais quanto ao recorte espacial de análise. A primeira é a de **Faixa de Fronteira**, que expressa os limites territoriais formais do Estado-nação, estabelecido em sua constituição para fins de defesa e reconhecimento do território. O outro é o de **Zona de Fronteira**, conceito no qual induz a um espaço de interação fronteiriça, localizadas sob os limites internacionais, sem uma determinação exata dos seus limites. Conforme trecho do PDFF (2005):

Enquanto a faixa de fronteira constitui uma expressão de jure, associada aos limites territoriais do poder do Estado, o conceito de zona de fronteira aponta para um espaço de interação, uma paisagem específica, com espaço social transitivo, composto por diferenças oriundas da presença do limite internacional, e por fluxos e interações transfronteiriças, cuja territorialização mais evoluída é a das cidades gêmeas. (Brasil, 2005, p. 21).

Figura 1 - Localização da Faixa de Fronteira com enfoque no Arco Sul.



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

A faixa de fronteira oficial do Brasil é definida pela constituição de 1988 como uma distância de 150 quilômetros do limite internacional terrestre para com o território nacional, aglomerando cerca de 588 municípios (16,7% dos municípios brasileiros). Ela apresenta três grandes Arcos, sendo estes Norte, Central e Sul.

O Arco Sul compõe os três estados do sul, Paraná, Rio Grande do Sul e Santa Catarina, sendo divididos internamente em três principais sub-regiões: Portal do Paraná, no noroeste do Paraná; Vales Sulinos, compreendendo o Sudoeste paranaense, Oeste catarinense e Noroeste do Rio Grande do Sul; e por fim a Metade Sul do Rio Grande do Sul, conhecida culturalmente como Campanha Gaúcha. No total somam 427 municípios, compondo a maior parte dos municípios da Faixa de Fronteira.

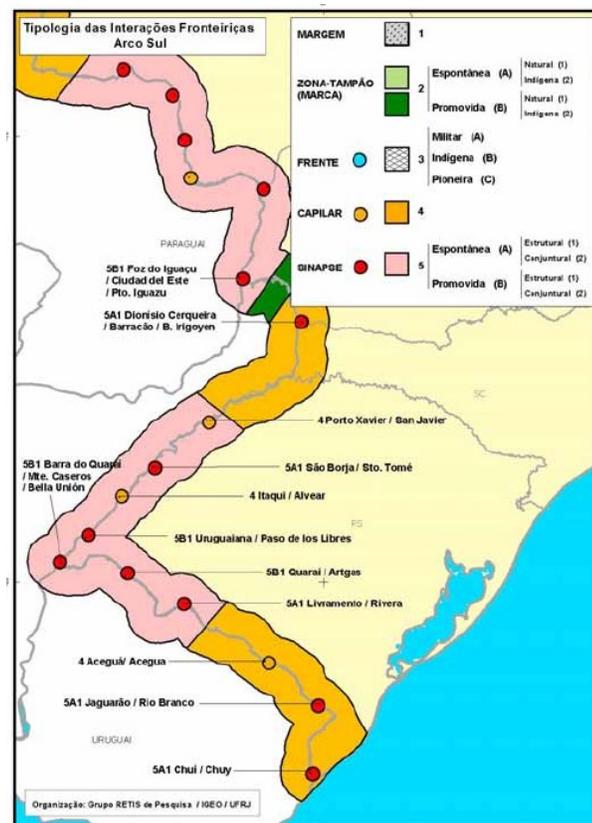
A faixa de Fronteira no Arco Sul caracteriza-se por sua centralidade transfronteiriça, referente a concentração majoritária de cidades-gêmeas, além de ser historicamente palco de conflitos entre os países vizinhos, em especial Paraguai, Argentina e Brasil. Conflitos esses que vão da Guerra do Paraguai, construção de Itaipu ao recente bloqueio das fronteiras, provocando manifestações em prol da abertura comercial em meio à crise sanitária nos períodos mais críticos.

Ao contrário da hostilidade histórica na região, ela é a principal rede comercial e intercultural entre os países, materializando o recente centro geoeconômico do Mercosul, celebrado na sua 'capital' simbólica Foz do Iguaçu, no Marco das Três Fronteiras. Essa condição contraditória demonstra um caráter especial em relação à dispersão da Covid-19 nos países afetados pela territorialidade do Arco Sul.

A porosidade dessas fronteiras caracterizam-na com um trânsito internacional relativamente livre, condição essa impactada por restrições de fluxo devido à pandemia global do Covid-19, simultâneo aos primeiros casos confirmados surgirem na América do Sul em março de 2020. Outra tríplice fronteira presente no recorte regional é a entre Argentina-Brasil-Uruguai (Monte Caseros-Barra do Quaraí-Bella Unión), onde apresentava tímido porém crescente desenvolvimento nas relações comerciais, com surgimento de *freeshops* típicos de cidades gêmeas como Santana do Livramento-Rivera e Jaguarão-Rio Branco.

O Arco Sul difere-se entre toda faixa de fronteira por obter maior proximidade com regiões metropolitanas, reproduzindo relações mais intensas entre os centros metropolitanos e fronteira. Tal interação regional levanta a hipótese de causalidade no aumento de casos de Covid-19 nos municípios integrantes.

Figura 2 - Tipologia das Interações Fronteiriças do Arco Sul.



Fonte: Elaborado pelo Grupo RETIS/UFRJ para o PDF (2005).

Falando em zonas de fronteira, o PDFF (2005) desenvolveu uma tipologia de interações transfronteiriças, baseada no estudo desenvolvido pelo geógrafo Arnaud Cruisiner-Raynal , sendo essas tipologias identificadas nos modelos de **Margem, Zona-tampão, Frente, Capilar e Sinapse**.

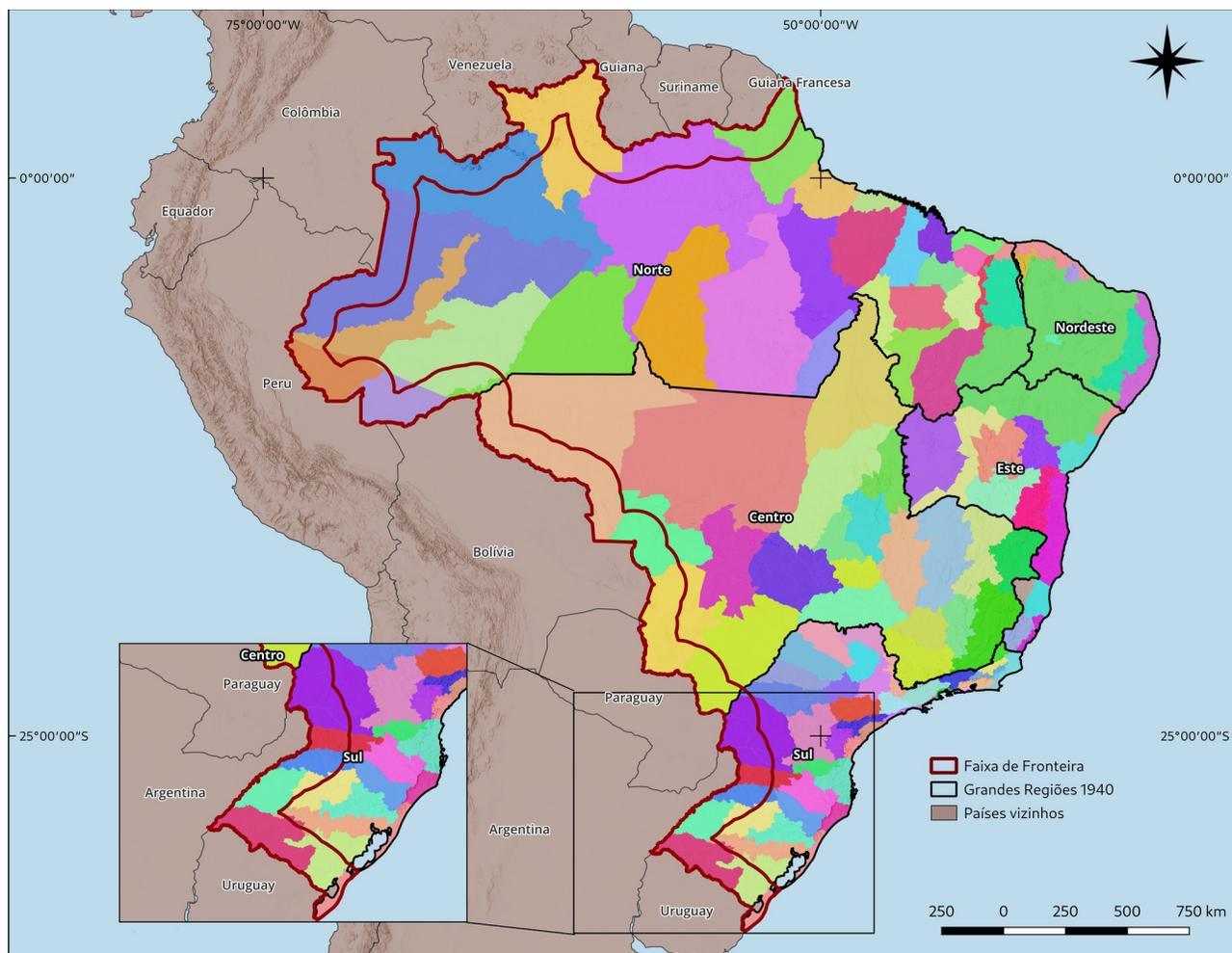
De acordo com o zoneamento organizado pelo grupo RETIS, no Arco Sul predominam-se situações de cenários Capilar e Sinapse, e apenas de Zona Tampão nas áreas dos Parques Nacionais de Iguaçu, tanto do lado argentino como brasileiro. A seguir as características desses tipos zonais:

- **Zonas-tampão** – Cenário aplicado às zonas estratégicas onde o Estado restringe ou interdita acesso à faixa e zona de fronteira, a partir de parques naturais, áreas de proteção ambiental ou áreas de reserva
- **Capilar** – Cenários de integração fronteira espontânea geralmente a nível local, com pouca intervenção do Estado. Enfatiza o local antes do nacional ou bilateral.
- **Sinapse** – Zonas com alto grau de troca entre populações fronteiriças, estimulado pelo Estado e instituições locais, via construção de infraestrutura que viabilizem fluxos comerciais. Geralmente atreladas as cidades-gêmeas, sobrepoem cenários capilares, enfatizando o nacional ou bilateral.

5 A NOVA DIVISÃO REGIONAL

Desde sua origem em 1934, o IBGE tem como desafio a regionalização do Brasil, adaptando-se ao contexto geohistórico, epistemológico e ideológico de seus tempos. A própria criação do IBGE se deu sob um contexto de Estado Novo, onde as “políticas territoriais passam a ser postas como prioridade do Estado”(MORAES, 1988 p. 12). Passando pelas Zonas Fisiográficas de 1945, inspirada pelo método regional de Harsthorne, de caráter idiográfico e descritivista, dividia o território brasileiro em 228 Zonas Fisiográficas, definidas pelos seus aspectos físicos, no qual não foi diferente para divisão oficial do Brasil em Grandes Regiões, influenciada pela posição geográfica e aspectos físicos.

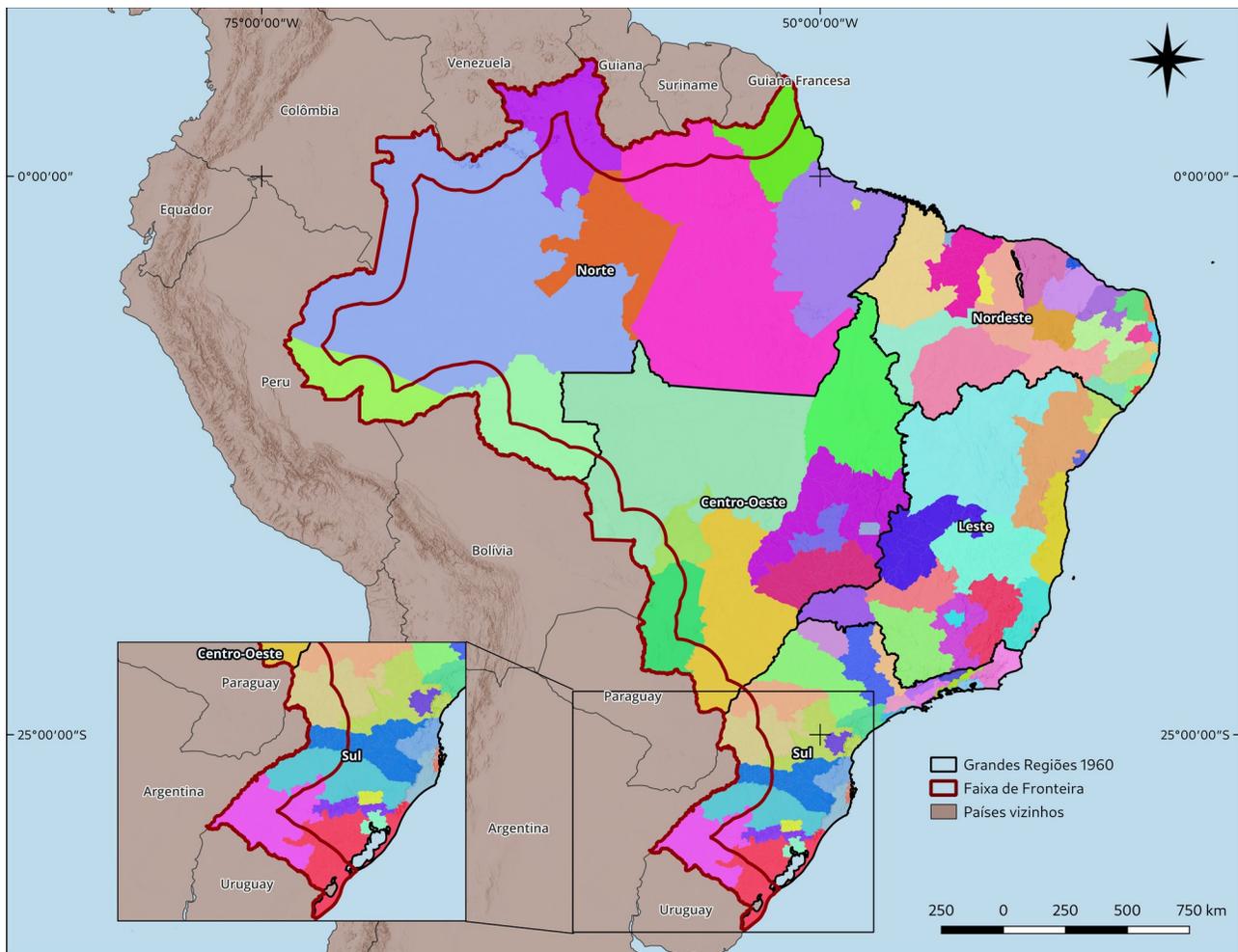
Figura 3 - Grandes Regiões e Zonas Fisiográficas 1940



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

A revisão de 1968 com a elaboração das Microrregiões Homogêneas, estimulada pelo processo crescente da expansão urbano-industrial do pós-guerra, em um “deslocamento horizontal da fronteira de recursos em direção às Regiões Centro-Oeste e Norte”(IBGE, 2018. Pg 17) formando as “bases para um mercado interno mais coeso e uma rede urbana efetivamente nacional” (BARAT, 1978). Tal abordagem fora elaborada em um contexto político pautado em um projeto nacional pela centralização do poder na União. Essa segunda divisão regional promovia o conhecimento das diferenças e desigualdades regionais em contrapartida à primeira, em vista a unificação do mercado brasileiro, em um país passando por um processo de expansão urbana e industrial crescente.

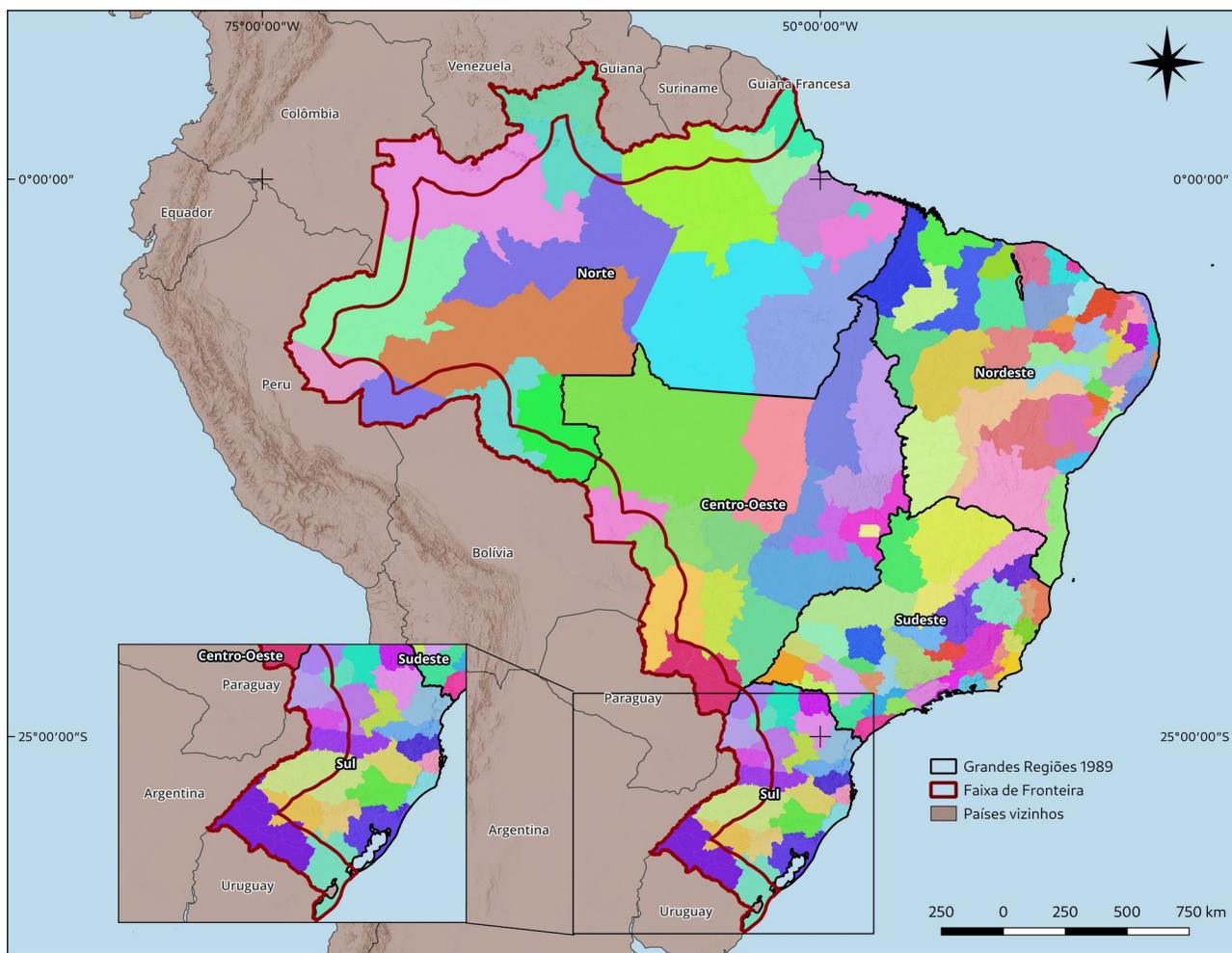
Figura 4 - Grandes Regiões e Microrregiões Homogêneas 1968



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

Em 1989, com a divisão regional por Mesorregiões e Microrregiões Geográficas, a mais recente até então, influenciada pela homologação da Constituição Federal do Brasil de 1988, que almejava um pacto federativo dando maior autonomia aos estados e municípios sobre seus territórios, e uma maior democratização da gestão do território brasileiro. Devido a crescente evolução tecnológica do meio rural, realizada em um complexo agroindustrial de protagonismo mundial, sendo a principal cadeia produtiva brasileira até hoje, essa nova regionalização definiu as regiões de acordo com o contexto contemporâneo da globalização como um “processo de desenvolvimento desigual que tanto fragmenta quanto coordena” (GIDDENS, 1990 p.174), redefinindo o papel do Estado soberano, assim como estabelecendo novos desafios à Geografia no sentido de elaborar uma regionalização formada pela união de seus membros subnacionais.

Figura 5 - Grandes Regiões e Microrregiões Geográficas 1989



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

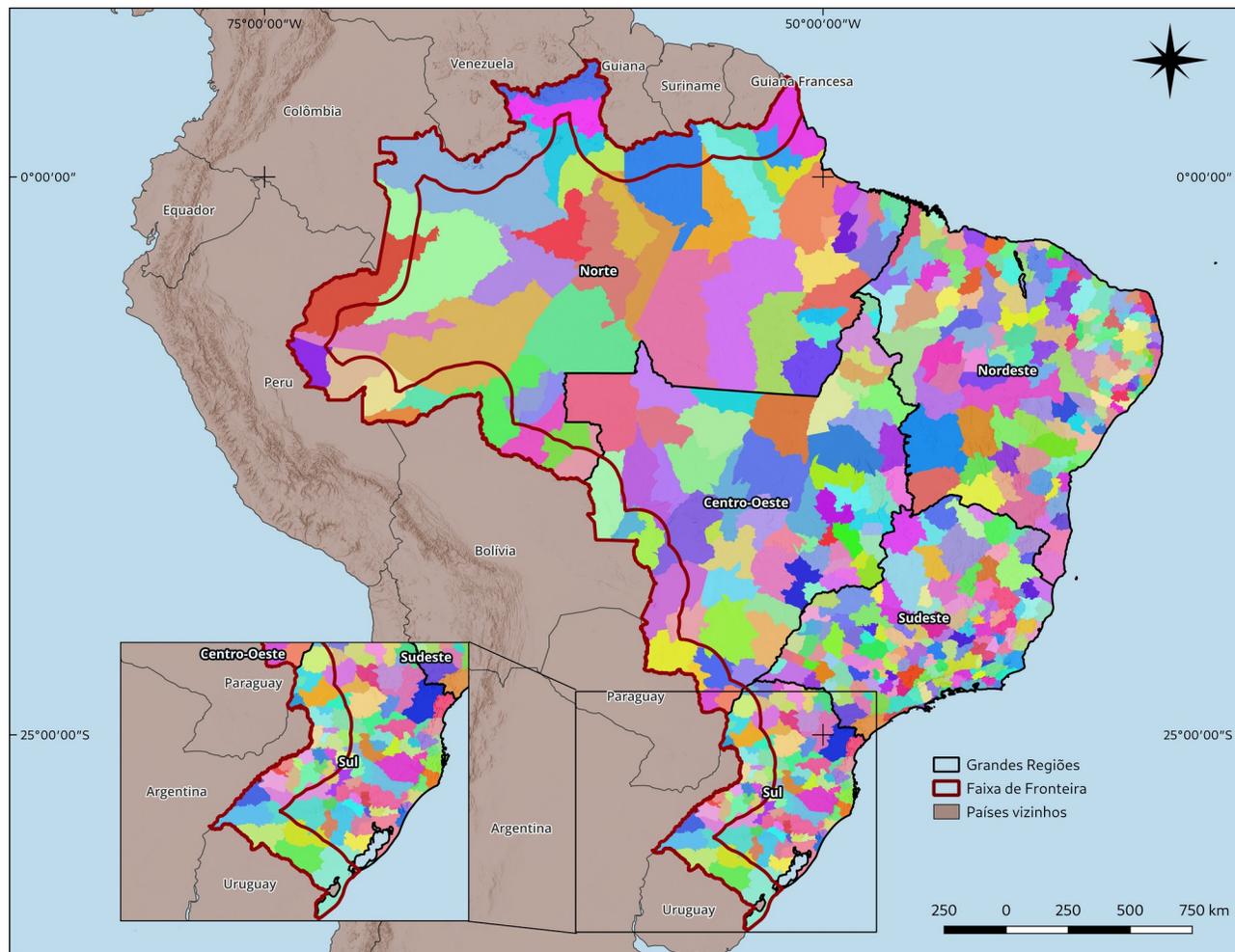
Em 2017, o IBGE reformulou a Divisão Regional vigente até então, incorporando as mudanças recentes ocorridas nas últimas três décadas desde a última revisão de 1989. O conceito de região é definido pela “dinâmica dos processos de transformação ocorridos recentemente e operacionalizada a partir de elementos concretos, capazes de distinguir espaços regionais em escalas adequadas” (IBGE, 2018, p. 19). A partir de estudos desenvolvidos ao longo da década recente, o processo socioespacial de fragmentação e articulação do território fora captado sob a nova regionalização recente, funcionando como uma espécie de adaptação mais acurada das então Meso e Microrregiões Geográficas.

Essa nova proposta de regionalização do território se baseou na identificação de cidades-pólo e de municípios vinculados a elas, inspirada nos conceitos de território-rede e território-zona. Para Haesbart, território-zona se prevalece a lógica política, no território-rede prevalecem a lógica econômica. É importante destacar que esses “elementos não são mutuamente excludentes, mas são integrados num mesmo conjunto de relações sócio-espaciais, ou seja compõe uma territorialidade ou uma espacialidade complexa, apreendida através da justaposição dessas noções na construção de conceitos “híbridos” como território-rede” (HAESBART, 2002 p.38).

Uma vez que os territórios-zona definem os espaços de continuidade em áreas, os territórios-rede declaram as polarizações estruturadas por funções e fluxos, no qual resultou os métodos de regionalização do estudo do IBGE. A construção do recorte regional foi avaliada em a partir de levantamento bibliográfico de outros estudos que o instituto desenvolveu para servir como base metodológica de classificação. AS principais referências que dirigiram a construção dessa nova regionalização se deram pelos estudos regionais do REGIC (2007), Divisão Urbano-Regional (IBGE, 2007), Gestão do Território (IBGE, 2014) , Logística dos Transportes do Brasil (IBGE, 2014) e Arranjos Populacionais e Concentrações Urbanas do Brasil (2016). Em primeiro momento, foi utilizado a Divisão Urbano-Regional de 2013 para delimitação das Regiões Geográficas Imediatas e Intermediárias, baseadas nas Regiões Imediatas e Intermediárias de Articulação Urbana.

As Regiões Geográficas Imediatas possuem a rede urbana como seu elemento de referência, estruturadas a partir de indicativos como compras de bens de consumo, trabalho, serviços de saúde e educação e prestação de serviços públicos.

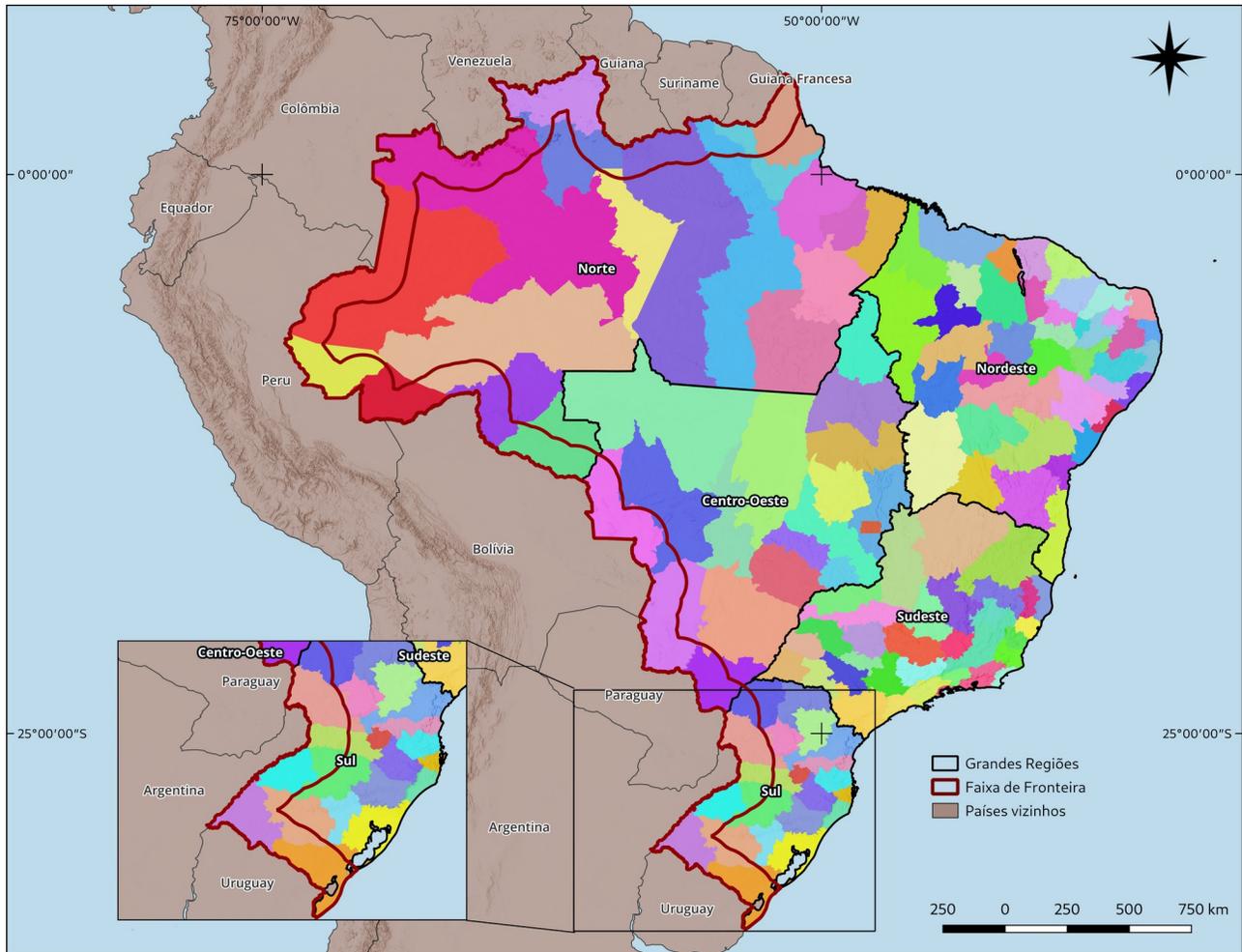
Figura 6 - Grandes Regiões e Regiões Geográficas Imediatas



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

Por outro lado, as Regiões Geográficas Intermediárias servem como um intermédio entre as Unidades da Federação e as Regiões Geográficas Imediatas, buscando delimitá-las a partir da inclusão de Metrópoles ou Capitais Regionais, conforme o estudo do REGIC define. Em casos onde não existam, são utilizados centros urbanos de menor dimensão que representam para o conjunto de Regiões Imediatas que compõe as respectivas Regiões Intermediárias.

Figura 7 - Grandes Regiões e Regiões Geográficas Intermediárias



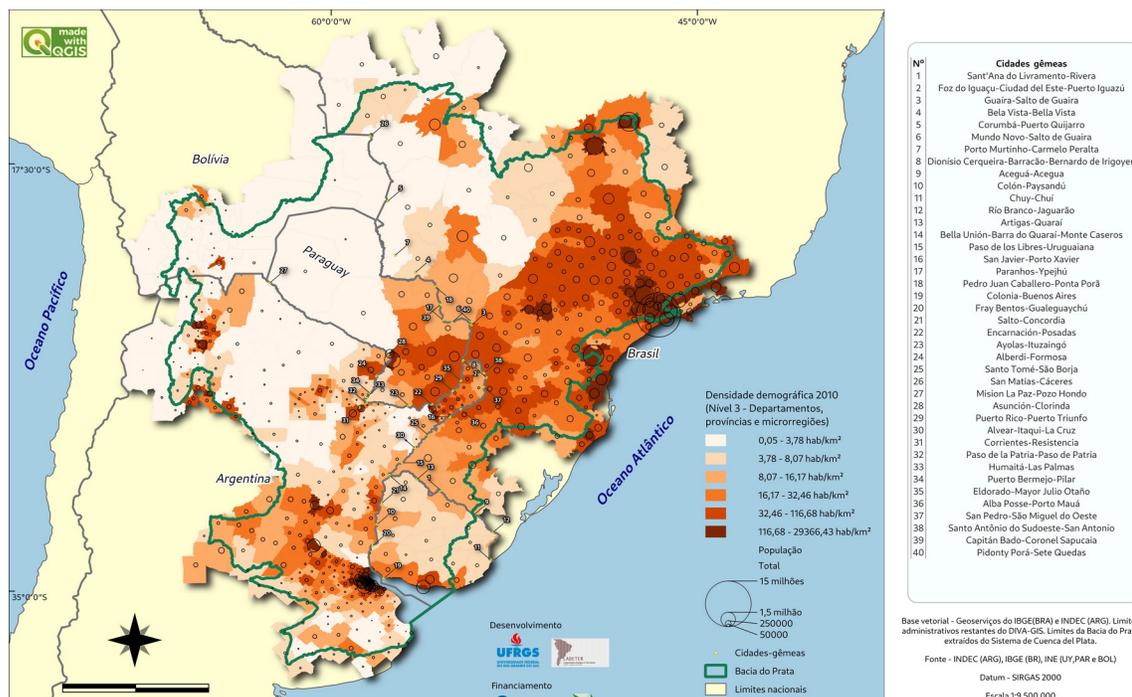
Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE (2022)

Durante o desenvolvimento de atividades de pesquisa no LABETER, por muito tempo utilizamos as Microrregiões Geográficas como base para desenvolvermos a padronização regional para estudos da Macrorregião Transfronteiriça da Bacia do Prata. Com base na regionalização proposta por Amarante e Rückert, inspirado nas NUTS da União Europeia, o território da Bacia do Prata seria nivelado em 4 níveis de acordo conforme a tabela a seguir.

Nível 0 (nacional)	Nível 1	Nível 2	Nível 3	Nível 4
<i>Argentina</i>	Regiões	Províncias	Departamentos	Municípios e partidos
<i>Bolívia</i>	-	Departamentos	Províncias	Municípios
<i>Brasil</i>	Grandes Regiões	Estados	Microrregiões Geográficas	Municípios
<i>Paraguai</i>	-	Leste e Oeste	Departamentos	Municípios
<i>Uruguai</i>	-	-	Departamentos	Municípios

Visto que o Nível 3 é o único que abarca todas regiões dos diferentes países, os trabalhos cartográficos buscavam agregar os dados em nível três de igualdade regional, conforme exemplar a seguir.

Figura 8-Densidade populacional, população total e cidades-gêmeas da Bacia do Prata



Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE-BR, INDEC/AR, INE/UY-PY-BO (2022)

6 INDICADORES

Acessibilidade Geográfica

O Índice de Acessibilidade Geográfica foi desenvolvido pelo IBGE com objetivo de classificar o território entre quatro níveis de acessibilidade – muito acessível, acessível, remoto e muito remoto. O indicador busca classificar os municípios a partir de suas distâncias rodoviárias e hidroviárias entre suas sedes em relação à hierarquia definida pelo REGIC. Municípios muito acessíveis ou muito remotos são aqueles municípios que estão próximos ou distantes das três maiores classes de município no estudo do REGIC - 2008 (IBGE, 2018, p. 2).

Índice de Desenvolvimento Humano

O IDH é um dos principais indicadores de desenvolvimento globalmente conhecido, competindo apenas com o PIB per capita, este que promove a dimensão econômica como principal indicador de desenvolvimento. Em contrapartida, o IDH é uma medida de três dimensões básicas de desenvolvimento: renda, educação e saúde. Tem a intenção de ser uma medida geral e sintética. O IDHM em questão troca o indicador de saúde por longevidade. O índice varia de 0 a 1, sendo quanto mais próximo de 1, maior o desenvolvimento humano.

Índice de Vulnerabilidade Social

De acordo com o Jessé Souza (2015), a experiência com o IDHM promoveu esclarecer as vantagens e riscos que trazem os indicadores sintéticos, e o IVS surge justamente pra suprir essas lacunas nas quais o IDHM acaba suprimindo. O IVS procura dar destaque a diferentes situações de exclusão e vulnerabilidade social do território brasileiro, buscando complementar o IDHM, trazendo 16 indicadores estruturados em três dimensões – infraestrutura urbana, capital humano e renda e trabalho.

7 TECNOLOGIAS

Neste tópico inicialmente iremos listar as principais tecnologias e conceitos utilizados no trabalho, e posteriormente como foram executados os procedimentos de análise de acordo com o arcabouço conceitual e tecnológico em disposição.

SIG

Os *Sistemas de Informação Geográfica* (SIG) são a principal ferramenta de tratamento computacional de dados geográficos, armazenando tanto a geometria como os atributos relacionados a dados que estão georreferenciados, isto é, localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica. Na apresenta-se a arquitetura padrão de um SIG.

Os SIG's são um conjunto de software, hardware, informação espacial, processos computacionais e recursos humanos que permitem a análise e representação de informação geográfica. O software utilizado em questão é o QGIS para análise e manipulação dos dados, edição vetorial e geração dos mapas estipulados pelo trabalho.

Banco de dados

O SIG foi organizado com base no modelo *geo-relacional*, utilizando um sistema gerenciador de banco de dados relacional (SGDB), como o PostgreSQL, software livre para gerenciamento de banco de dados com capacidades de consulta espacial na sua extensão PostGIS. Esse tipo de arquitetura é vantajosa do ponto de vista da integração dos dados, tanto tabulares como geométricos, e suas possibilidades de relacionamento para auxílio na análise e normalização dos dados por região.

No entanto, devido a escala de análise do projeto, optou-se pelo uso do *GeoPackage*¹, recente formato de arquivo para dados geoespaciais, com capacidades de banco de dados ausente de servidor. Seu mecanismo é um contêiner de SQLite com capacidades geoespaciais, semelhante ao Spatialite.

¹Veja mais em <https://www.geopackage.org/>

Python

Python é uma linguagem de programação interpretada e de alto nível, criada por Guido van Rossum em 1991. De propósito geral, é uma linguagem bastante comum no meio científico para automatização de processos e análises científicas. Nas geociências tem destaque por integrar bem os SIG's e abranger inúmeras bibliotecas especializadas em geociências, como GeoPandas, PySAL, GDAL/OGR entre outras. No escopo do trabalho, não foi diferente. Foram desenvolvidos *scripts*² para automatização da extração e transformação dos dados necessários, derivados de API's ou links públicos de conjunto de dados. Na parte da análise exploratória de dados espaciais, foram utilizados recursos da biblioteca PySAL (*Python Spatial Analysis Library*) para geração dos Índices Globais e Locais de Moran, além da plotagem dos gráficos.

API

API é uma abreviação do inglês *Application Programming Interface*, traduzindo ao português como interface de programação de aplicação. Ela está relacionada a um conjunto de rotinas e padrões definidos por um software para utilização das suas funcionalidades por outras aplicações. Serve como uma comunicação entre sistemas de informação, para melhor integração entre os dados de diferentes origens e padrões.

Algumas das API's públicas serviram como base para extração dos principais dados de interesse do trabalho. A API do Brasil.IO oferece um conjunto de dados completo sobre casos e óbitos de março de 2020 a março de 2022, extraídos de fontes derivadas das secretarias de saúde municipais e estaduais, visto o apagão de dados de saúde por parte do Ministério da Saúde.

²Repositório de códigos disponível em https://github.com/SAD-69/arco_sul_covid

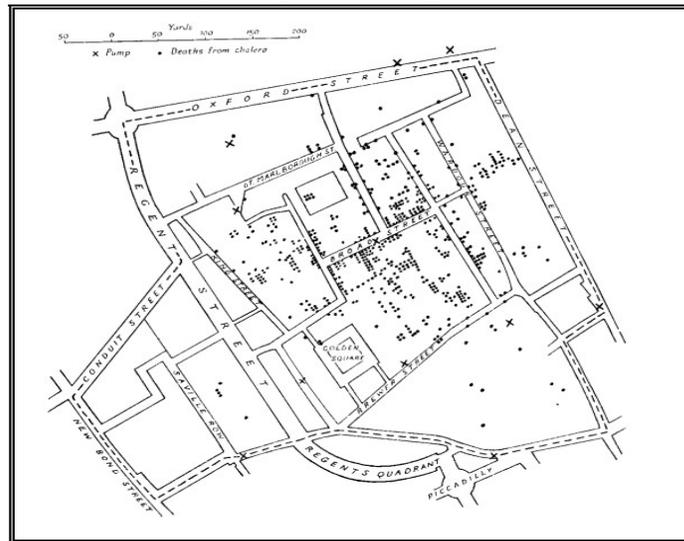
8 ANÁLISE ESPACIAL

O trabalho busca medir a dependência espacial entre casos da covid-19 e indicadores de desenvolvimento e acessibilidade geográfica. Recorrentemente, as ciências da saúde utilizam da análise espacial de dados epidemiológicos, visto que boa parte deles estão espacializados. De acordo com Gilberto Câmara, o principal objetivo da análise espacial é *“mensurar propriedades e relacionamentos, levando em conta a localização espacial do fenômeno em estudo de forma explícita”* (CÂMARA, Gilberto, 2004, pg. 2).

O exemplo pioneiro no qual o espaço foi incorporado às análises foi realizado no século XIX por John Snow, um médico epidemiologista. O estudo de Snow buscava reconhecer os mecanismos causais da epidemia de cólera na cidade de Londres em 1854. Existiam até o momento duas vertentes que buscavam explicar o fenômeno: a primeira relacionava-se aos miasmas, concentradas em regiões baixas e pantanosas da cidade, e a outra à ingestão de água insalubre.

Na Figura 9, o mapa desenvolvido por Snow localiza a residência dos óbitos e as bombas de água que abasteciam a cidade, permitindo visualizar o epicentro da epidemia. Situação corriqueira onde a relação espacial entre os dados contribuiu para compresssão do fenômeno.

Figura 9- Mapa de Londres com óbitos por cólera identificados por pontos e poços de água representado por cruzes



Fonte: John Snow (1854)

Dependência e Autocorrelação espacial

A primeira fase da análise espacial é definida como análise exploratória, que engloba um conjunto de técnicas utilizadas para descrição e visualização de distribuições espaciais, identificação de *outliers* e de padrões espaciais, ou clusters. Um dos conceitos chave na análise espacial é o de *dependência espacial*. Essa noção advém da primeira lei da geografia “todas as coisas são parecidas, mas coisas mais próximas se parecem mais que coisas mais distantes”(TOBLER, W., 1970, p.1). De forma resumida, pode-se dizer que fenômenos naturais ou sociais apresentam entre si uma relação que depende da distância. Tal ponto pode ser importante para avaliarmos a eficácia das políticas de restrição de entrada de imigrantes internacionais, entre outras restrições de mobilidade.

Complementando a dependência espacial, o conceito de *autocorrelação espacial* deriva do conceito estatístico de correlação, utilizado para medir a relação entre duas variáveis aleatórias. O prefixo “auto” indica que a medida de correlação é realizada com a mesma variável, medida também em locais distintos do espaço. Em síntese, a ideia geral da autocorrelação espacial é verificar a variância de dependência espacial a partir da comparação dos valores de uma amostra e de seus vizinhos. (CÂMARA, Gilberto, 2004, p. 11)

Matriz de vizinhança

A matriz de vizinhança expressa as relações espaciais de uma área com demais territórios, contruída a partir de critérios de vizinhança entre fronteiras ou distância entre áreas. Faz parte da fase de análise exploratória, sendo sua normalização importante para facilitar cálculos dos índices de autocorrelações, como as medições das médias das áreas vizinhas. Ao ser normalizada, a soma de cada linha matriz é igual a 1 (BAUMONT, 2004).

Índice de Moran Global (I)

Desenvolvido por Patrick Alfred Pierce Moran, o Índice de Moran Global (Moran I) é um dos indicadores globais de associação espacial, medindo o padrão de autocorrelação espacial do conjunto de dados, fornecendo o comportamento de como os dados se comportam no espaço a partir de uma medida única para a área de interesse. Assim, o índice de Moran estabelece duas hipóteses – nula e padrão (cluster) espacial existente. Na hipótese nula, o índice é 0, onde existe aleatoriedade no espaço, inexistindo algum padrão espacial. Na situação de padrão existente, podendo indicar valores positivos, onde a correlação é direta, ou indicador negativo, com relação inversa.

Na situação do trabalho, existe um grande número de áreas para serem analisadas, havendo possibilidade de existência de diversos regimes de correlação espacial em diferentes sub-regiões (CÂMARA, 2004). Nesse sentido, o índice de moran Global serve como ponto de partida para definir se existe autocorrelação espacial ou não, embora não seja possível localizar os padrões espaciais.

Índice de Moran Local

O Índice local de Moran foi um indicador desenvolvido por Luc Anselin (1995), buscando adaptar o Moran I para identificação local dos padrões (*clusters*) e pontos fora da curva (*outliers*) no espaço. Produz um valor específico para cada área, permitindo o mapeamento/identificação de agrupamentos ou padrões espaciais, que podem não ser verificados através do índice global de Moran (Luzardo et alii, 2017).

No escopo do projeto, foram utilizados indicadores Univariados e Bivariados de Moran para análise de autocorrelação espacial. A partir da análise espacial univariada dos dados de covid como casos confirmados, mortes e taxa de letalidade, cruzaremos esses dados em uma análise bivariada com os indicadores como IDHM, IVS e Acessibilidade Geográfica.

9 LEVANTAMENTO DE DADOS

Antes de especificar o processo de levantamento e transformação dos dados, deve-se destacar os três principais tipos de dados em análise espacial:

- **Eventos Pontuais** – Ocorrências identificadas como pontos no espaço, como localização de crimes, ocorrência de doenças e acidentes de trânsito.
- **Superfícies Contínuas** – estimadas a partir de um conjunto de amostras de campo, distribuídas regularmente ou não no espaço. Geralmente atribuídos a levantamento de recursos naturais como mapas geológicos, topográficos, ecológicos e pedológicos.
- **Áreas com Contagens e Taxas Agregadas** – tratam de dados associados a levantamentos populacionais, como censos e estatísticas de saúde. Esses dados são agregados em unidades de análise, delimitados por polígonos fechados (setores censitários, regiões de saúde, municípios).

Visto isso, percebe-se que o tipo ideal de dados para o desenvolvimento do trabalho está atrelado aos de contagens e taxas agregadas, que foram representados por mapas coropléticos destacando o padrão espacial do fenômeno em polígonos. Foram utilizados a malha municipal oficial do IBGE mais recente, relacionando-aos dados da Covid-19 das Secretarias de Saúde dos municípios e estados a serem analisados.

Nesse caso, a API do Brasil.io facilitou o trabalho, entregando uma base de dados completa das diferentes secretarias municipais e estaduais que cobriram a pandemia de março de 2020 à março de 2022, desagregadas nos municípios. Assim então, foi desenvolvido um algoritmo em Python para extração e transformação dos dados derivados da API para relacionar com os polígonos dos municípios do Arco Sul. Os dados são armazenados em um banco de dados, para facilitar as análises e normalizações por região com outros indicadores importantes armazenados no mesmo banco, como IDHM, IVS e Acessibilidade Geográfica.

10 RECORTE REGIONAL

Seguindo o objetivo de trabalhar com as regiões imediatas e intermediárias do IBGE, os dados municipais foram agregados sob as regiões destacadas. Para realizar a tarefa de agregação, foi necessário fazer uma consulta espacial por relação topológica, visto que os códigos do IBGE das regiões e municípios ainda não constam alguma relação direta. Para os centroides dos municípios, foram adicionados os geocódigos das Regiões Imediatas (*rgi*) e Intermediárias (*rgint*) via consulta SQL espacial:

```
SELECT
    covid_pt.*,
    b.rgint
FROM
    (SELECT
        a.*,
        b.rgi
    FROM
        covid_arco_sul_pts a,
        lm_reg_imed b
    WHERE ST_INTERSECTS(a.geom, b.geom))
AS covid_pt, *Covid por centroide de município*
lm_reg_int b * b = Regiões Intermediárias*

WHERE ST_INTERSECTS(covid_pt.geom, b.geom)
```

Na seguida foram somados os valores de população estimada para 2019, casos confirmados e óbitos totais com uma consulta SQL tabular, relacionando a partir dos geocódigos das regiões.

```
SELECT
    SUM(a.confirmando) AS casos_confirmados,
    SUM(a.mortes) AS mortes_confirmadas,
    SUM(a.populaca_1) AS pop_estimada19,
    b.*
FROM
    pt_covid_sul_region a,
    lm_reg_imed b
WHERE
    a.rgi = b.rgi
GROUP BY
    b.rgi
```

No caso dos dados de IDHM e IVS, optou-se por uma adaptação da consulta SQL anterior, somando os valores e dividindo pela quantidade de municípios por região.

```
SELECT
    SUM(a.idhm)/COUNT(a.idhm) AS idhm_medio,
    SUM(a.ivs)/COUNT(a.ivs) AS ivs_medio,
    b.*
FROM
    ivs_pt_reg a,
    lm_reg_imed b
WHERE
    a.rgi = b.rgi
GROUP BY b.rgi
```

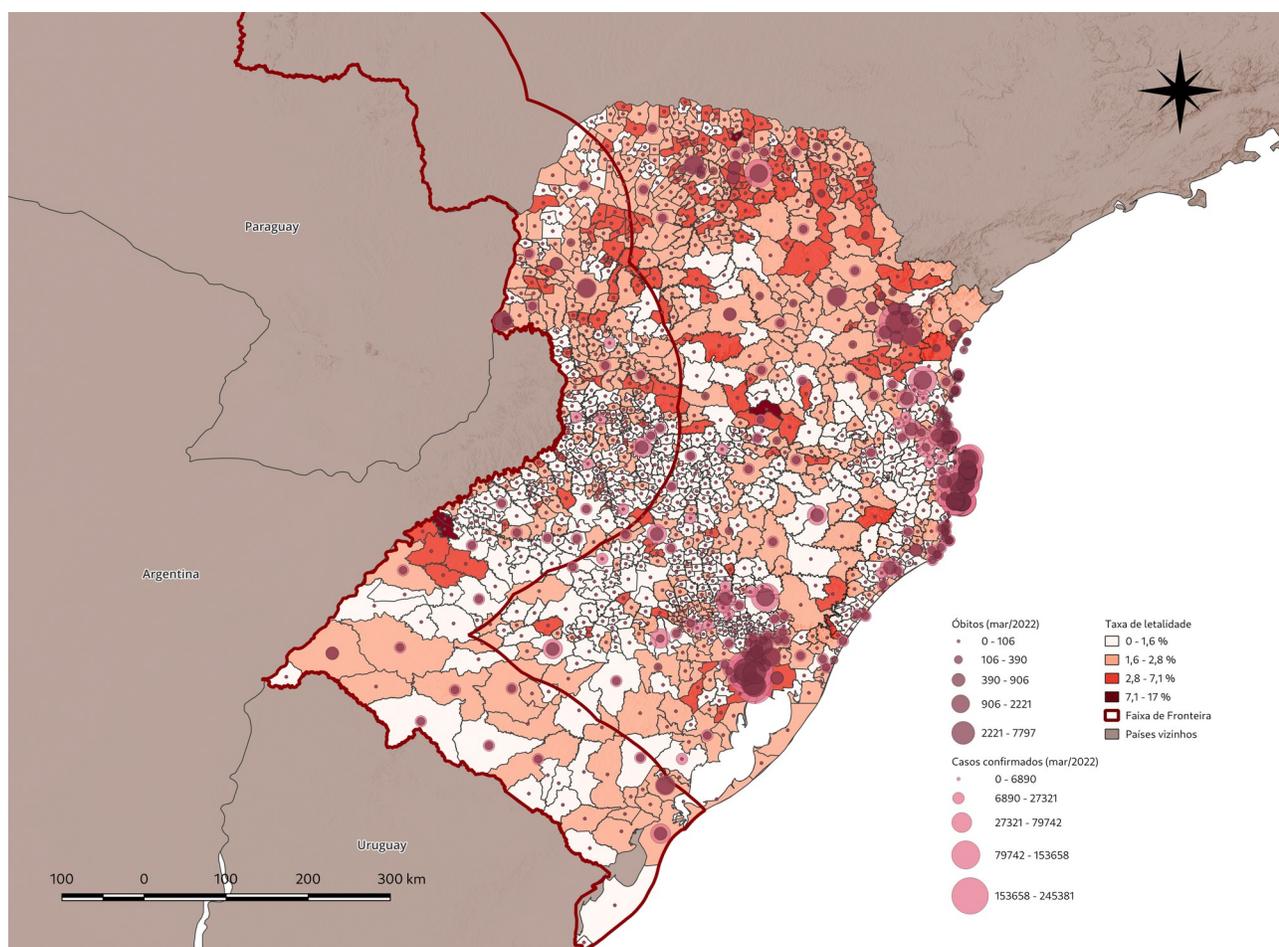
11 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme requisitado no objetivo geral, foi desenvolvida as cartografias temáticas gerais para visualização primária das condições dos indicadores de acessibilidade geográfica, IDH, IVS e dados sobre a Covid-19. A ideia seria visualizar as condições em seus três níveis regionais (municipais, regiões geográficas imediatas e intermediárias) para servir como base para a posterior análise de dependência espacial.

Municípios totais

Na Figura 10 abaixo, segue o ponto de partida da pesquisa, com os dados distribuídos do sua escala municipal de origem. O mapa coroplético apresenta a taxa de letalidade dos municípios distribuída em quebras naturais, e nos círculos proporcionais o total de casos confirmados e óbitos até março de 2022.

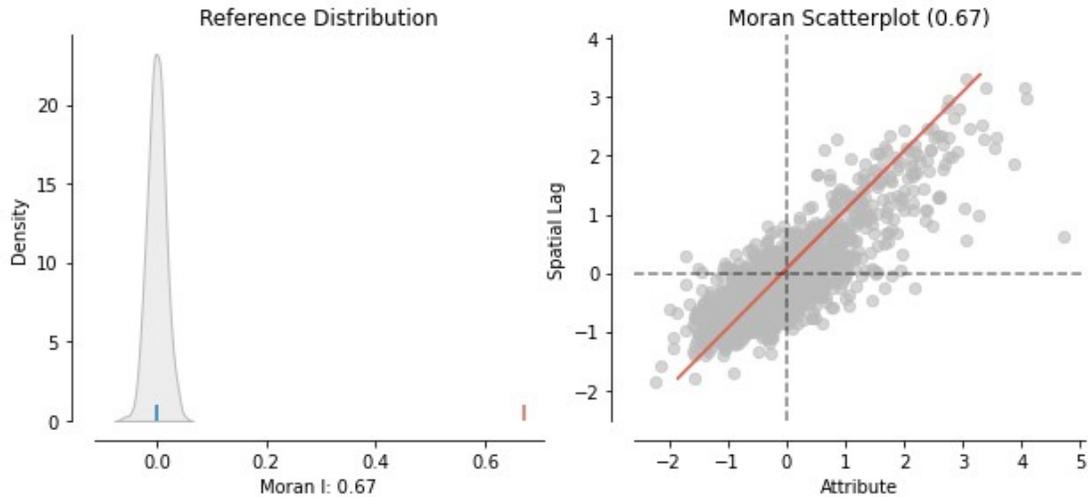
Figura 10 - Incidência da Covid-19 por município



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

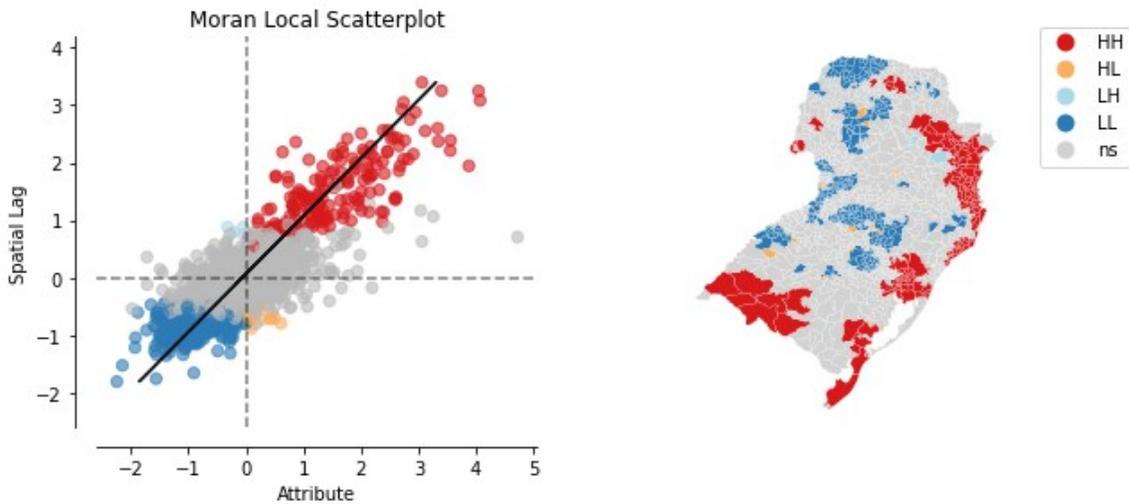
O Índice Global de Moran para os casos confirmados³ entre os municípios vistos de forma integrada foi de 0.67, indicando alta autocorrelação espacial. Tal hipótese suporta a condição que o vírus da Covid-19 possui uma dependência espacial de dispersão.

Figura 11 - Distribuição e dispersão de Moran Global dos casos de Covid-19 por municípios



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

Figura 12 - Dispersão e localização de Moran Local dos casos de Covid-19 por município



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

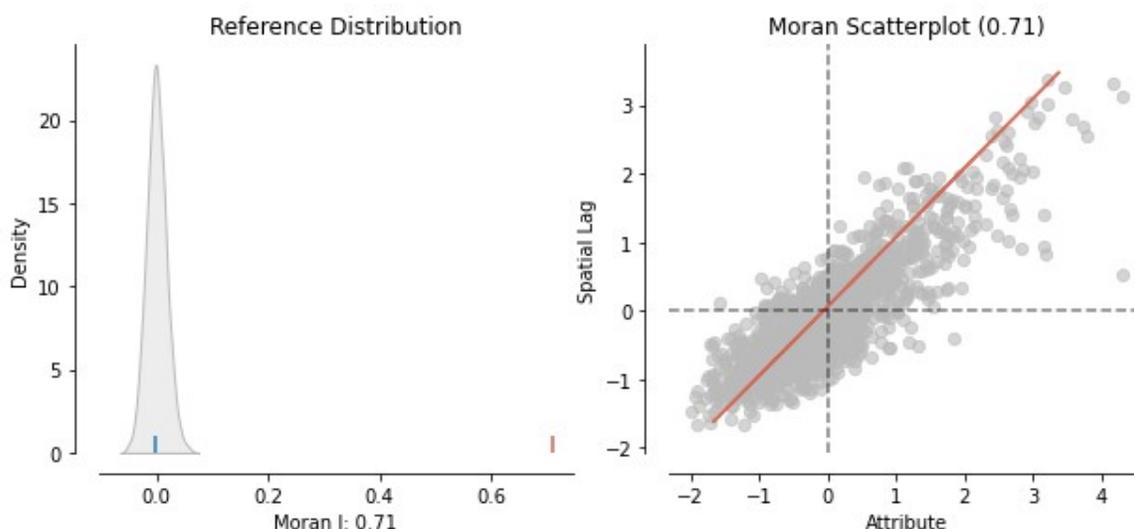
³Casos confirmados transformados logaritmicamente para diminuir viés de outliers.

Observa-se que as regiões metropolitanas concentram boa parte dos *clusters* positivos. Curiosamente, nas regiões da Metade Sul do Rio Grande do Sul como as de Bagé-Uruguaiana e Pelotas-Rio Grande também apresentaram autocorrelação positiva no seu padrão de distribuição espacial de casos da Covid-19.

O recorte de Bagé-Uruguaiana está localizado em zona de fronteira do tipo Sinapse, ou seja, zonas com incentivo de fluxos transfronteiriços internacionais. Parcialmente é possível deduzir que o fechamento das fronteiras não foi respeitado de forma íntegra no decorrer da pandemia.

Em relação a quantidade de óbitos⁴, o Índice Global de Moran foi de 0.71.

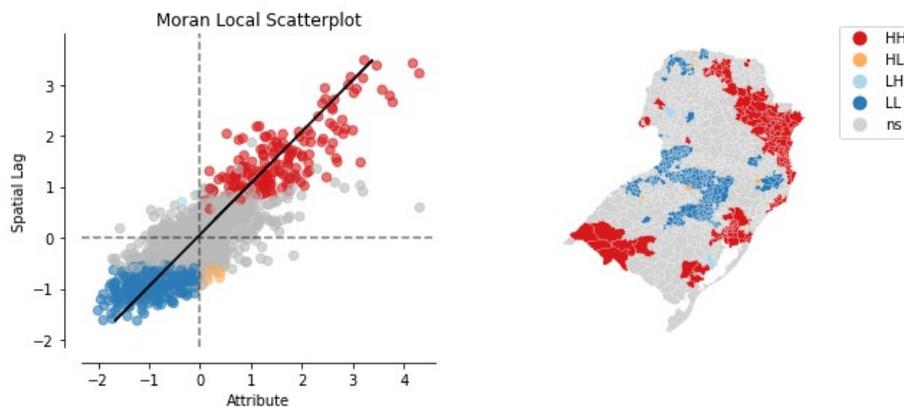
Figura 13 - Distribuição e dispersão de Moran Global dos óbitos de Covid-19 por municípios



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

⁴Mortes transformadas logaritmicamente para reduzir viés

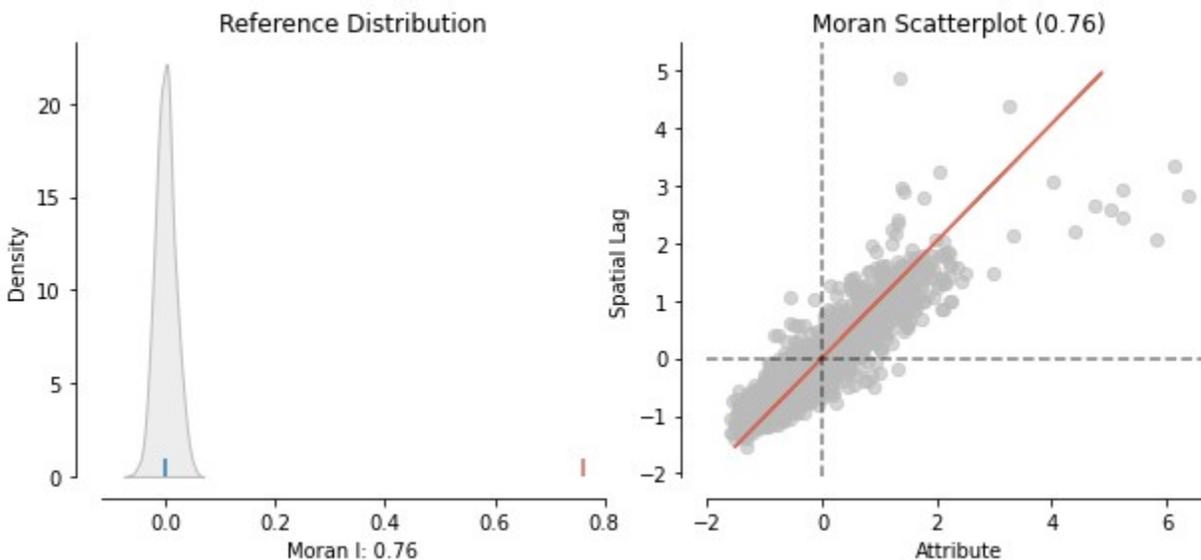
Figura 14 - Dispersão e localização de Moran Local dos óbitos de Covid-19 por município



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

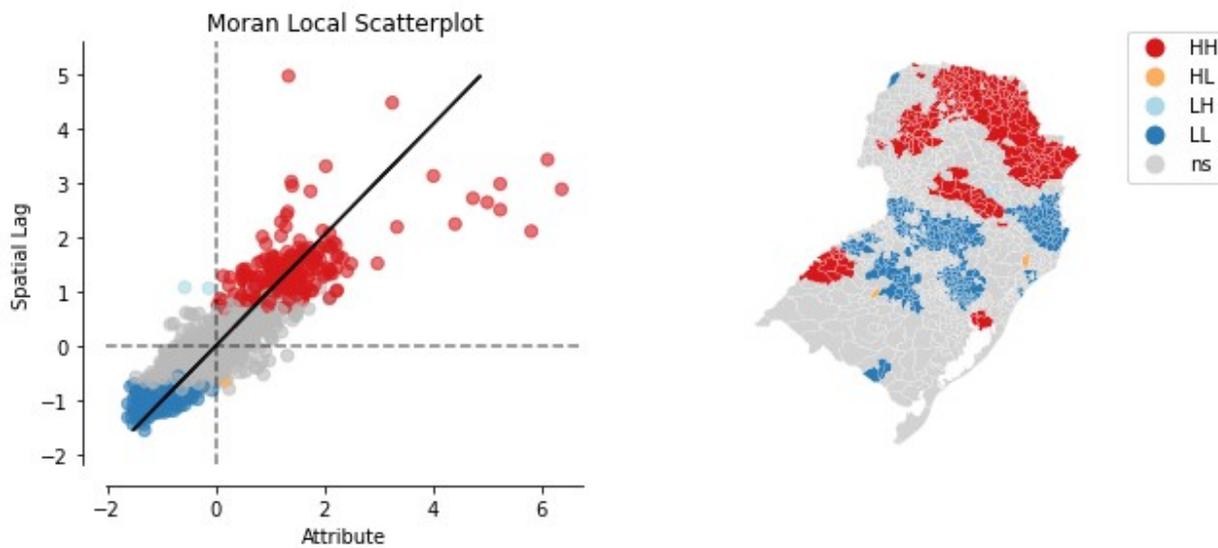
Já para taxa de letalidade, o Índice Global de Moran foi de 0.76, indicando alta autocorrelação espacial. A hipótese sugere que a letalidade do Covid-19 também concentra alta dependência espacial.

Figura 15 - Distribuição e dispersão de Moran Global da taxa de letalidade de Covid-19 por municípios



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

Figura 16 - Dispersão e localização de Moran Local da taxa de letalidade de Covid-19 por município

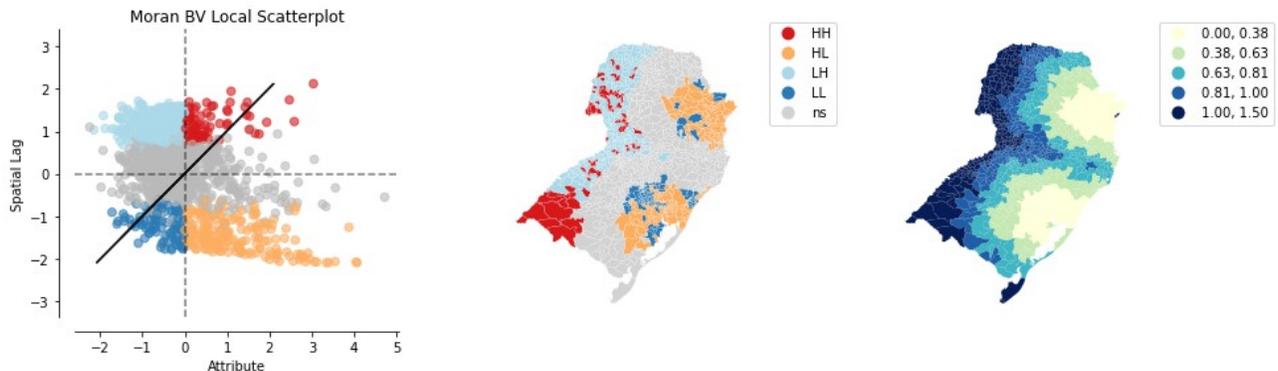


Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO (2022)

Acessibilidade Geográfica e Covid-19

Correlacionando coeficiente de distância em relação a metrópole com a quantidade de casos, o Índice Global Bivariado de Moran foi de -0.43, indicando autocorrelação espacial inversa. Importante ressaltar que o coeficiente de distância é entendido como o quanto mais próximo de 0 o valor, mais próximo da metrópole

Figura 17 - Dispersão e localização do Moran Local bivariado e mapa de coeficiente de distância da metrópole



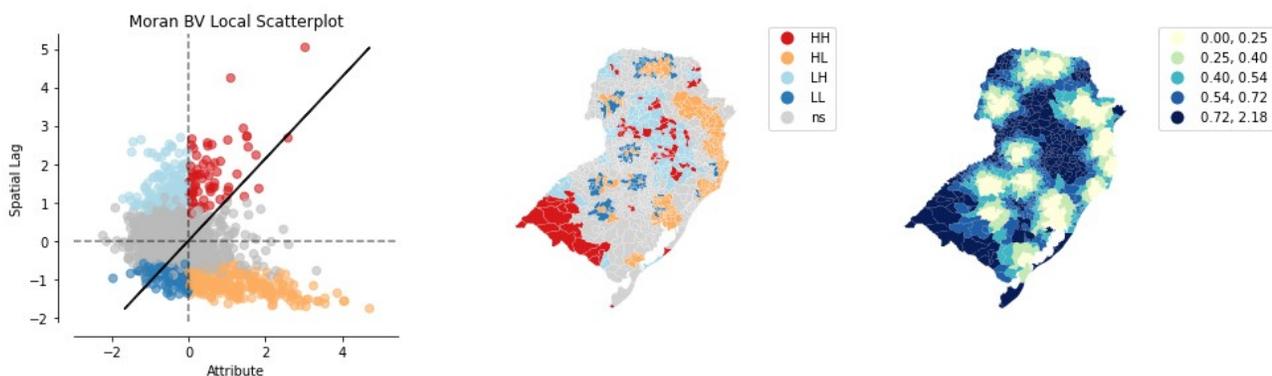
Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Em situações de *clusters* bivariados, já é possível observar formações de pontos fora da curva. Os *outliers* do tipo Alto-Baixo (HL) ficam concentrados principalmente nas regiões metropolitanas, indicando que a autocorrelação espacial de casos é positiva, inversamente proporcional ao coeficiente de distância da metrópole.

Na faixa de Fronteira podemos observar o efeito oposto, onde se observa *outliers* do tipo Baixo-Alto (LH), indicando baixa dependência espacial de casos confirmados, e alta correlação da distância da metrópole.

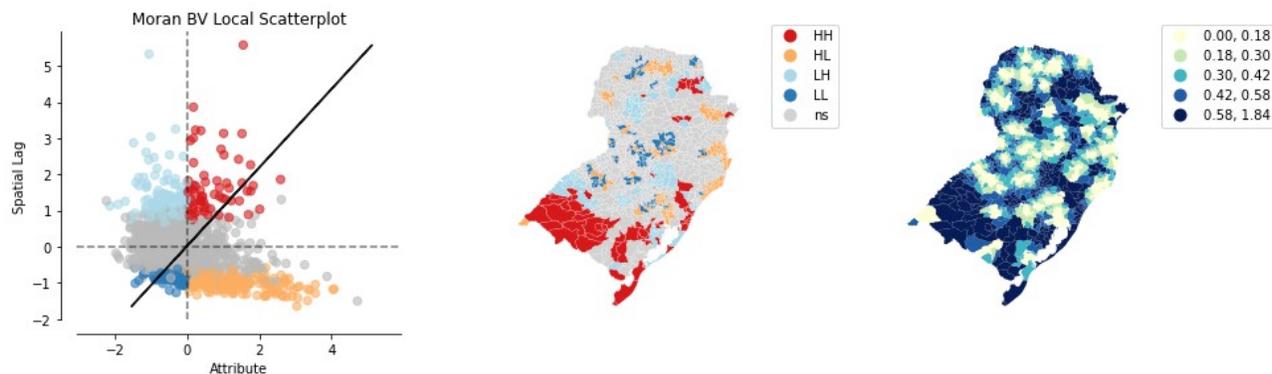
A seguir apresenta-se a os Índices Bivariados de Moran para os coeficientes de distância com Capital Regional e Capital Sub-Regional, respectivamente.

Figura 18 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre casos de Covid-19 e coeficiente de distância da capital regional por município



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Figura 19 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre casos de Covid-19 e coeficiente de distância da capital sub-regional por município



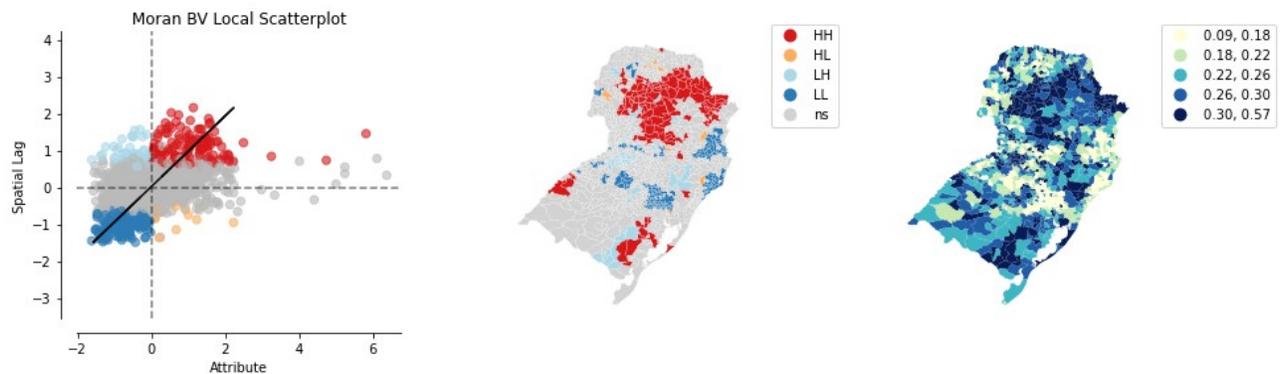
Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Um padrão espacial observável nas três situações é o do caso da região da Campanha Gaúcha, onde os *clusters* positivos permaneceram constantes. Podemos formular uma hipótese de que os casos de Covid-19 foram 'importados' da fronteira, visto que fica localizada em uma zona de fronteira do tipo Sinapse, com concentração de *free shops* na fronteira com Argentina e Uruguai, sendo uma das principais regiões de fluxo comercial do Mercosul do Arco Sul e do Brasil.

Indicadores de Desenvolvimento e Covid-19

Já na correlação bivariada entre taxa de letalidade e IVS, o Índice Global de Moran foi de 0.3, apresentando alta autocorrelação espacial.

Figura 20 - Distribuição e dispersão de Moran Local Bivariado entre taxa de letalidade de Covid-19 e IVS por município

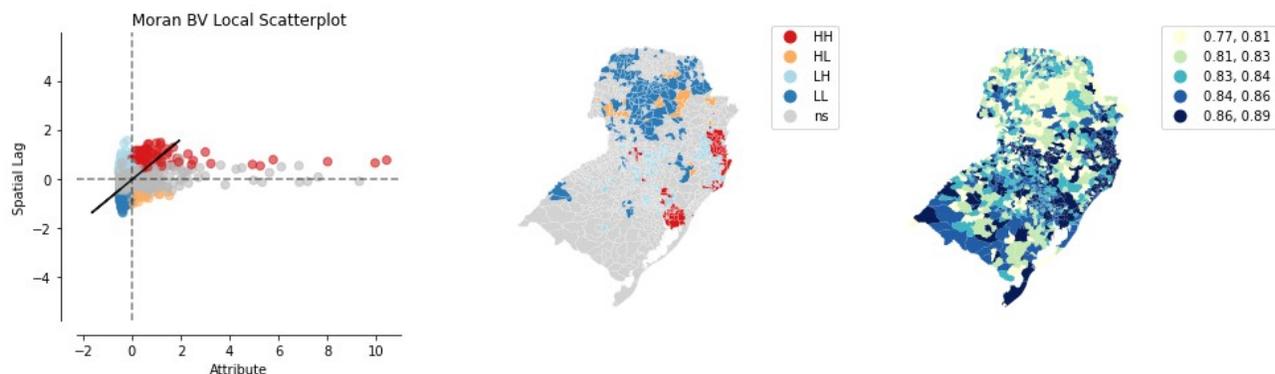


Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e Ipea (2022)

Percebe-se que as zonas com maior Índice de Vulnerabilidade Social concentram-se no centro do Paraná e Santa Catarina. Os *clusters* positivos (HH) indicam que os valores altos IVS possuem uma correlação alta em relação às taxas de letalidade dos municípios observados. Já em *clusters* negativos (LL) indicam uma correlação inversa entre taxa de letalidade e IVS, ou seja, em situações de IVS próximo a zero concentram-se valores de letalidade similares.

Na situação de IDHM, optou-se por relacionar o IDHM Longevidade com os dados de óbitos. O Índice Global Bivariado de Moran resultou 0.11, um indicativo positivo de autocorrelação espacial, embora não tão alto como o caso do IVS.

Figura 21-Distribuição e dispersão de Local Bivariado entre óbitos de Covid-19 e IDHM Longevidade por município

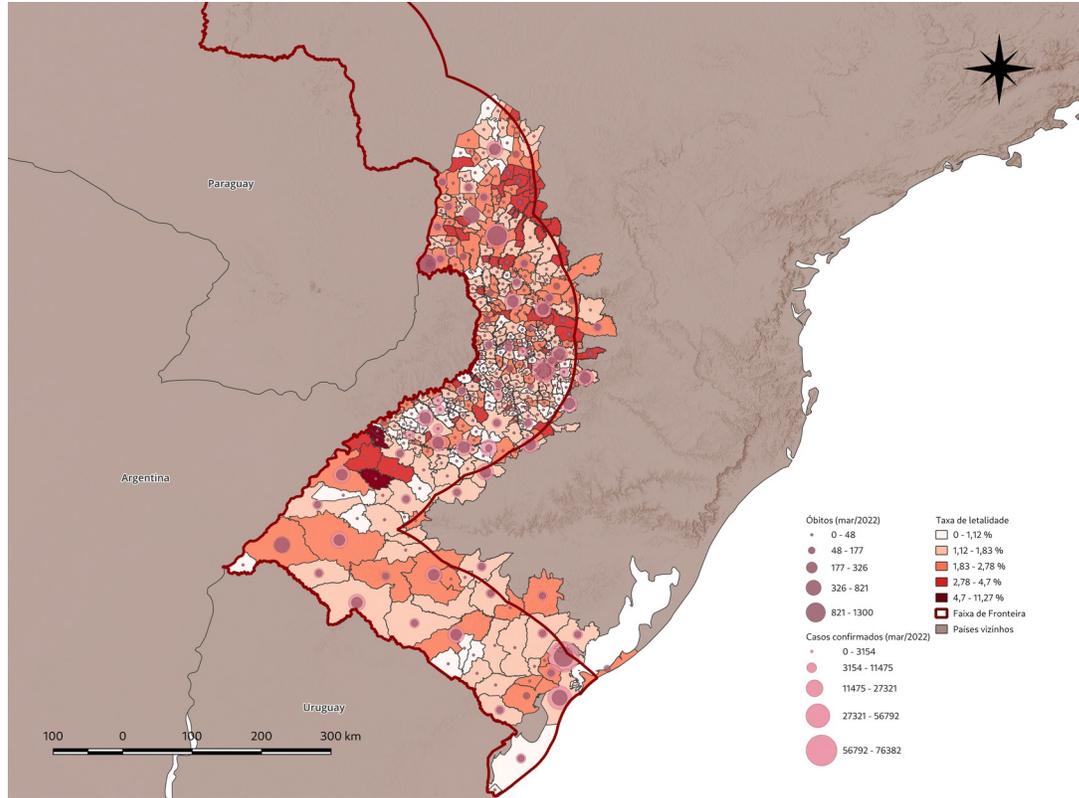


Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e Ipea (2022)

Em outras correlações bivariadas do IDHM, os índices estavam muito próximos à zero, portanto com uma baixa autocorrelação espacial significativa.

Municípios da Faixa de Fronteira Arco Sul

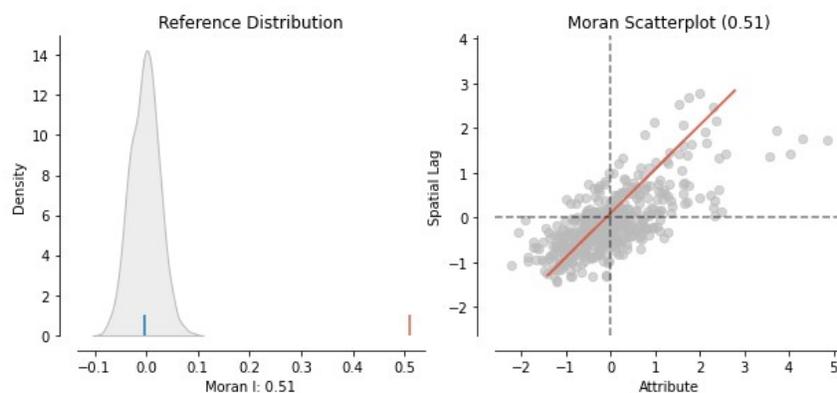
Figura 22-Incidência de Covid-19 por municípios do Arco Sul



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Visto de forma isolada, o Arco Sul apresenta uma distribuição diferenciada da incidência de Covid-19. Com uma visualização breve, é possível observar alguns pontos de concentração de casos em municípios mais continentais em contraposição aos municípios lindeiros, com algumas exceções como no caso de Foz do Iguaçu.

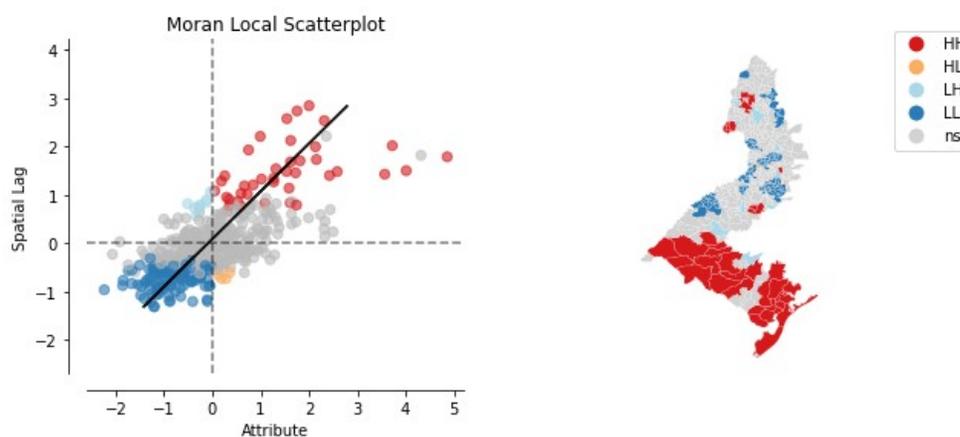
Figura 23-Distribuição e Dispersão de Moran Global dos casos da Covid-19 nos municípios do Arco Sul



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

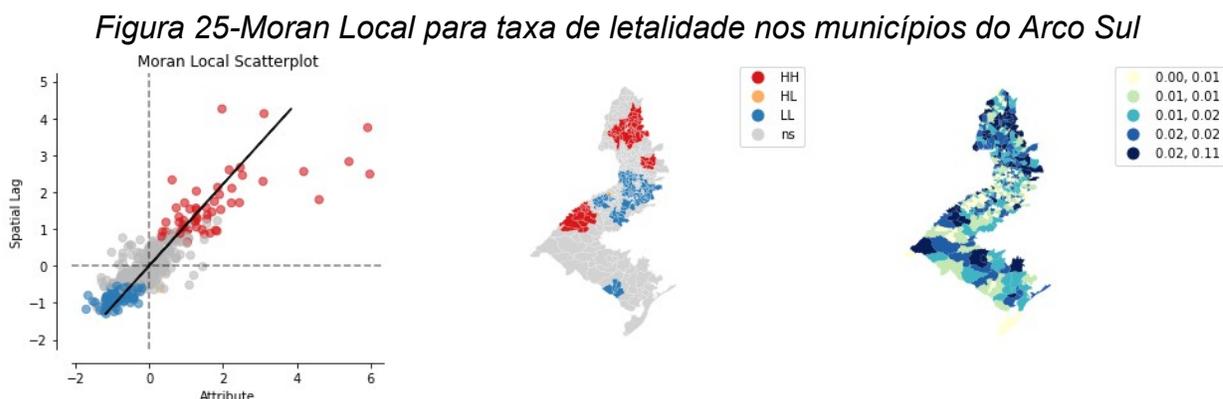
O Índice Global de Moran para casos confirmados de Covid-19 para os municípios vistos de forma isolada pela Faixa de Fronteira do Arco Sul foi de 0.51. Um indicador menor que o visto pelos municípios totais, embora ainda um índice bastante relevante de autocorrelação espacial. Já o indicador local de Moran pode ser observado abaixo, com pequena diferença em relação ao anterior.

Figura 24-Dispersão e Mapa de Moran Local dos casos da Covid-19 nos municípios do Arco Sul



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

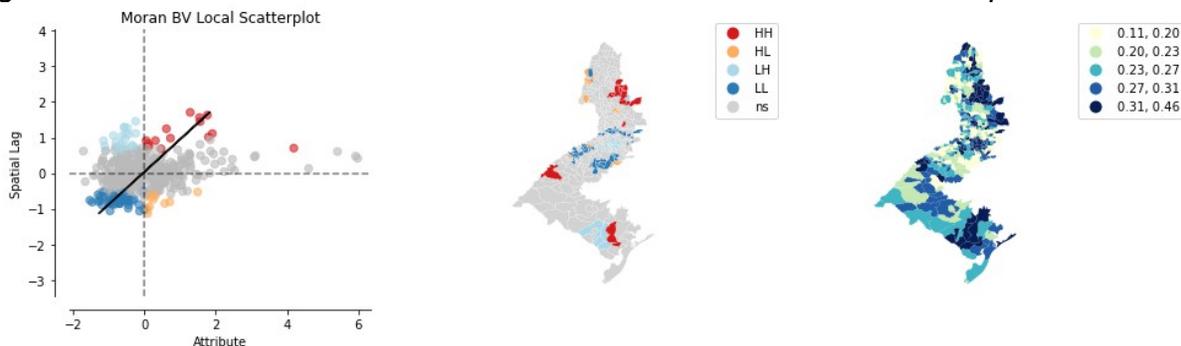
Os *clusters* de Bagé-Uruguaiana e Pelotas-Rio Grande permaneceram idênticos, agregando alguns municípios. Os padrões espaciais de correlação inversa podem ser observados em zonas do tipo Capilar, como visto no Oeste catarinense e Noroeste gaúcho nas zonas azuis (LL).



Porém, observando o indicador local de Moran para taxa de letalidade, podemos observar algumas diferenças. Os *clusters* positivos para condição de letalidade apontam similaridade nas zonas de fronteira do tipo Sinapse, e correlação inversa em zonas do tipo Capilar.

Por fim, para exemplo da pouca variância na análise exploratória de dados quando os municípios são isolados, o Índice Global Bivariado de Moran entre casos de Covid-19 e IVS foi de 0.15 com uma distribuição espacial bastante semelhante.

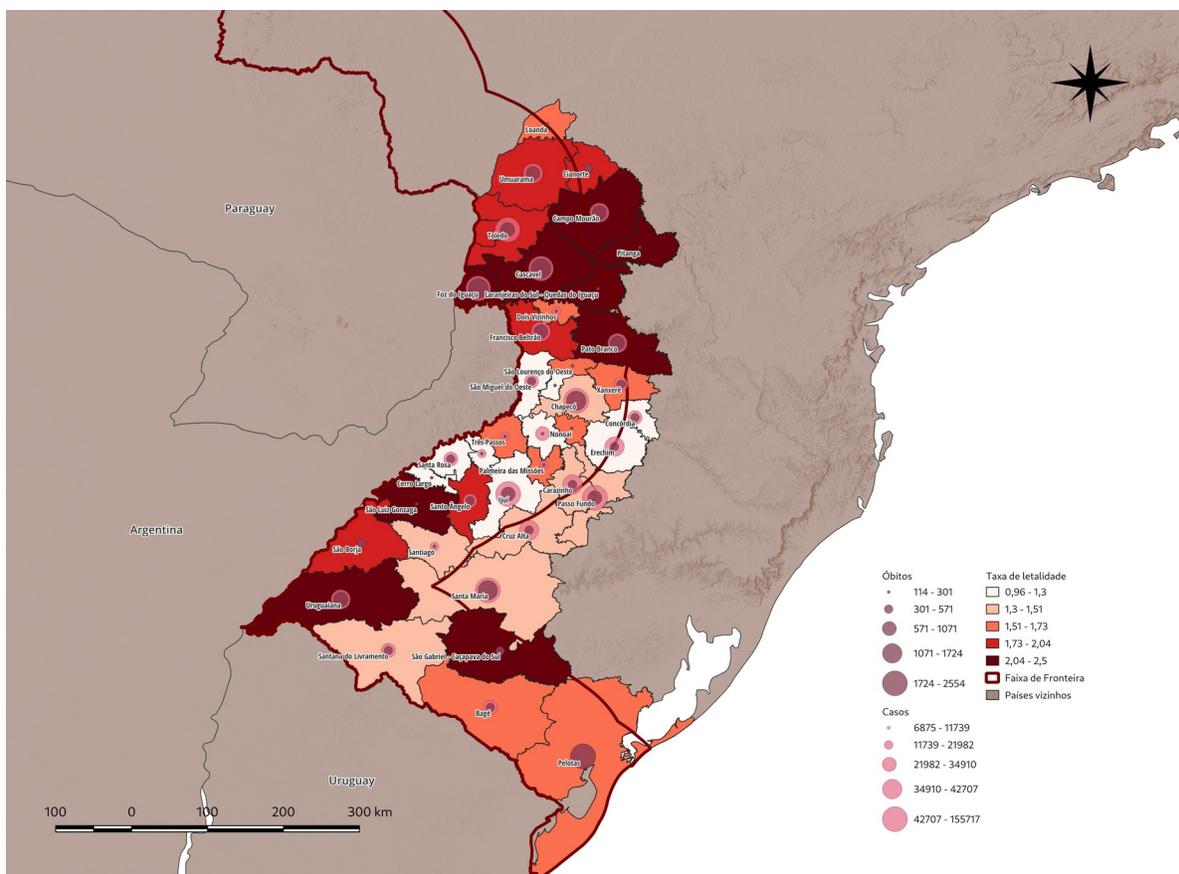
Figura 26-Moran Local Bivariado entre casos de Covid e IVS nos municípios do Arco Sul



Regiões Geográficas Imediatas e Covid-19

No sentido de uma análise regional da fronteira, viu-se a necessidade de agregar os dados em Regiões Geográficas Imediatas para melhor classificação das condições sanitárias na fronteira, visando também relacionar com os níveis regionais concorrentes dos países vizinhos, como os departamentos no Paraguai, Uruguai e Argentina.

Figura 27-Incidência da Covid-19 nas Regiões Imediatas do Arco Sul



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Agregando os dados em Regiões Geográficas Imediatas, foi mais fácil identificar as áreas com maior ou menor incidência de Covid-19. Para seguirmos com a descrição dos dados, a seguir segue a tabela com os valores de cada região imediata.

Quadro 1-Tabela de incidência de Covid-19 nas Regiões Geográficas Imediatas do Arco Sul

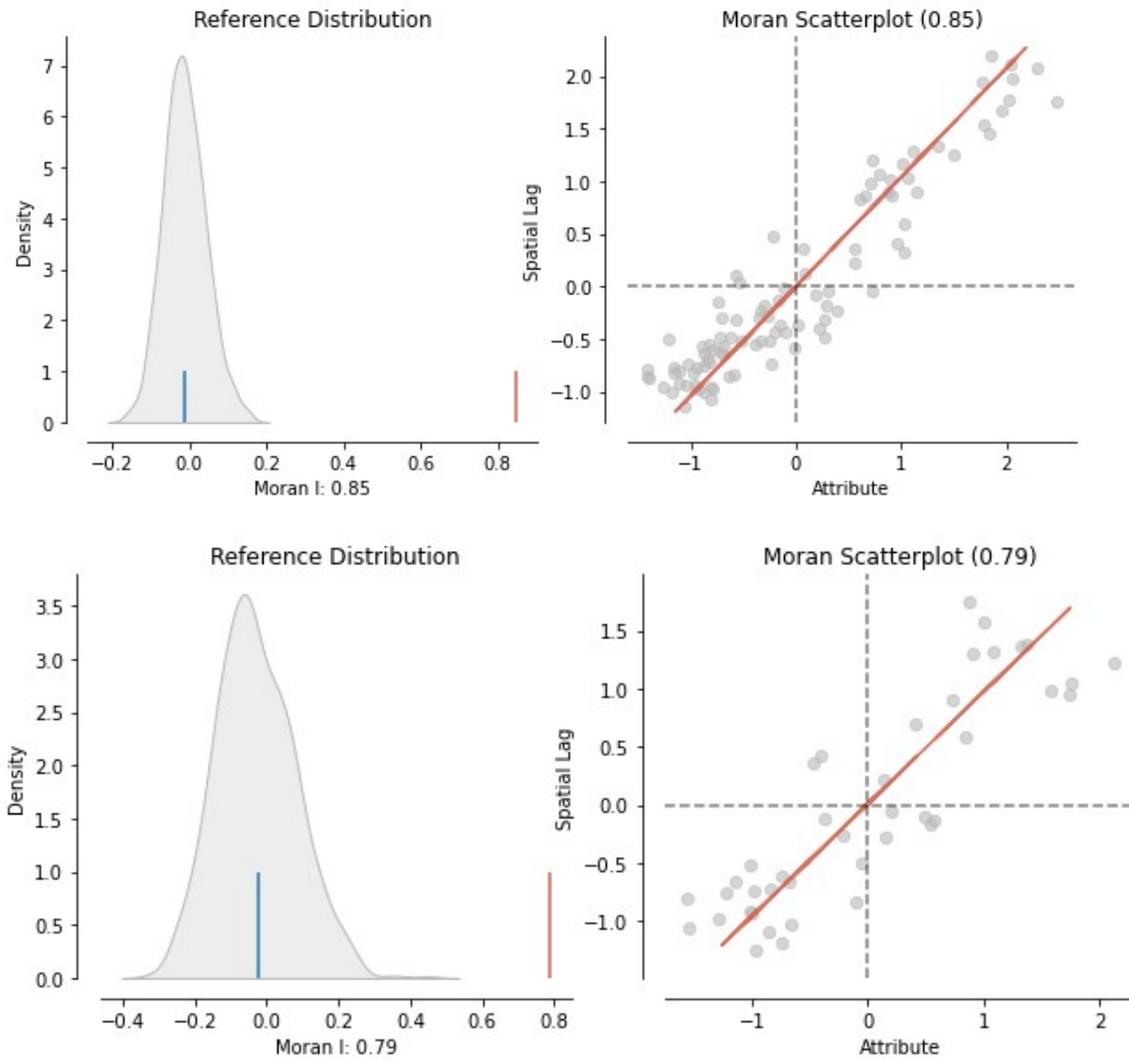
Região	Casos	Óbitos	População estimada (2019)	Casos confirmados por 100 mil	Taxa de Letalidade
Pitanga	8048	164	74257	10838	2,04%
Cascavel	76499	1724	522858	14631	2,25%
Foz do Iguaçu	63782	1586	382020	16696	2,49%
Toledo	55321	1071	329485	16790	1,94%
Francisco Beltrão	39967	722	276365	14462	1,81%
Pato Branco	40260	944	267234	15065	2,34%
Laranjeiras do Sul - Quedas do Iguaçu	10267	223	106781	9615	2,17%
Dois Vizinhos	12207	199	81779	14927	1,63%
Marechal Cândido Rondon	10939	202	80863	13528	1,85%
Campo Mourão	40140	1003	311769	12875	2,50%
Umuarama	40416	764	289023	13984	1,89%
Cianorte	21228	369	165084	12859	1,74%
Loanda	8585	138	60507	14188	1,61%
Chapecó	96472	1381	411406	23449	1,43%
São Miguel do Oeste	29535	353	165175	17881	1,20%
Concórdia	32466	391	139785	23226	1,20%
Xanxerê	26854	465	130737	20540	1,73%
Maravilha	11739	135	52628	22306	1,15%
São Lourenço do Oeste	6875	114	42354	16232	1,66%
Pelotas	155717	2554	813992	19130	1,64%
Bagé	31907	511	195118	16353	1,60%
Santa Maria	93710	1376	483707	19373	1,47%
São Gabriel - Caçapava do Sul	21982	455	118149	18605	2,07%
Santiago	14301	205	64231	22265	1,43%
Uruguaiana	37058	832	212073	17474	2,25%
Santana do Livramento	28668	411	139136	20604	1,43%
São Borja	20085	355	102489	19597	1,77%
Ijuí	53276	672	205591	25914	1,26%
Santa Rosa	34910	360	133218	26205	1,03%
Santo Ângelo	26127	459	124781	20938	1,76%
Três Passos	18487	301	107721	17162	1,63%
São Luiz Gonzaga	11133	239	70011	15902	2,15%
Três de Maio	15593	150	68898	22632	0,96%
Cerro Largo	10347	134	46359	22319	1,30%
Passo Fundo	73913	1035	276263	26755	1,40%
Erechim	42707	419	215216	19844	0,98%
Cruz Alta	36475	539	146021	24979	1,48%
Carazinho	39861	571	147714	26985	1,43%
Frederico Westphalen	27163	289	115421	23534	1,06%
Palmeira das Missões	11943	188	51523	23180	1,57%
Nonoai	8326	126	38673	21529	1,51%

Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

A partir da visualização tabular dos dados condicionados pelo gradiente de cores (menor a maior – verde a vermelho), observou-se uma relação inversa entre casos confirmados por 100 mil e taxa de letalidade, do contrário observando os dados brutos de casos e mortes, apresentam uma certa proporcionalidade positiva entre as duas variáveis. Pode-se concluir parcialmente a partir da tabela que, em regiões onde se tiveram menos casos proporcionais à sua população, ocorreram mais mortes por caso.

O Índice Global de Moran para as Regiões Geográficas Imediatas em relação a taxa de letalidade foi de 0.85 Já nas Regiões Geográficas Imediatas do Arco Sul foi de 0.79, indicando alta autocorrelação espacial em ambos cenários.

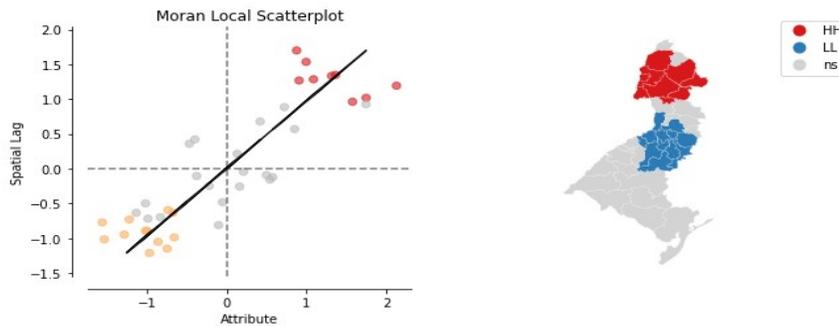
Figura 28-Distribuição e Dispersão de Moran Global da taxa de letalidade de Covid-19 nas Regiões Geográficas Imediatas



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

A seguir segue o indicador local de Moran das Regiões Geográficas Imediatas pela taxa de letalidade.

Figura 29-Moran Local da taxa de letalidade de Covid 19 nas Regiões Imediatas do Arco Sul



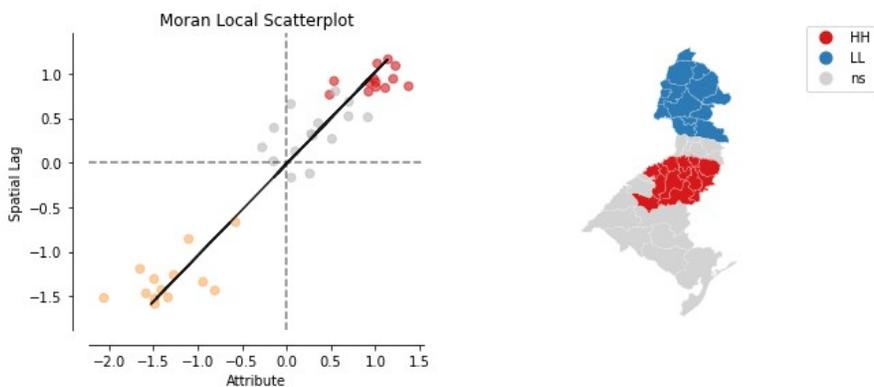
Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Podemos observar os *clusters* de autocorrelação direta (HH) concentrados em regiões próximas ao Oeste paranaense, concentrado pela zona de fronteira do tipo Siampse que a cidade de Foz do Iguaçu promove sobre as regiões vizinhas. Já é possível observar uma correlação inversa da taxa de letalidade nas regiões localizadas ao sudoeste catarinense e noroeste gaúcho, onde predomina-se uma zona de fronteira do tipo Capilar, ou seja, com fluxo transfronteiriço tipicamente local.

Correlacionando as duas variáveis vistas anteriormente na tabela x, o Índice Bivariado Global de Moran entre taxa de letalidade e casos por 100 mil é de -0.74, indicando autocorrelação espacial inversa.

Tal relação inversa é possível de observar visto o indicador local de Moran sobre casos por 100 mil nas Regiões Imediatas do Arco Sul.

Figura 30-Moran Local de casos por 100 mil nas Regiões Imediatas do Arco Sul

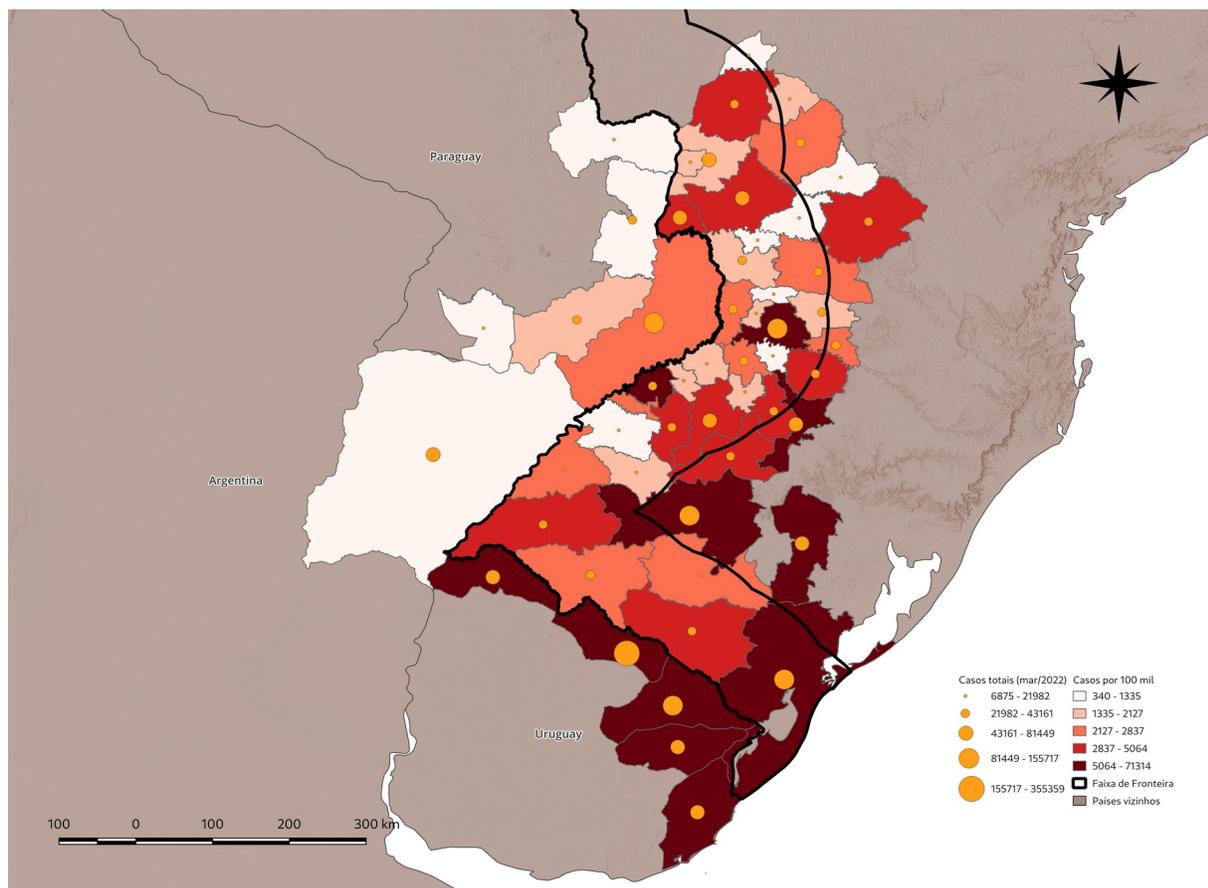


Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO e IBGE (2022)

Região Transfronteiriça e Covid-19

Por último, foram extraídos dados de casos confirmados de Covid-19 nos departamentos dos países vizinhos próximos ao Arco Sul, para verificação de possível correlação espacial transfronteiriça. Infelizmente os dados de cada país possuem bastante divergência. No caso da Argentina só pode ser captado por Província, que é uma regionalização mais próxima às Regiões Geográficas Intermediárias. Adaptamos à condição para fazer uma breve análise.

Figura 31-Casos de Covid-19 entre Regiões Imediatas, Departamentos e Províncias de fronteira ao Arco Sul

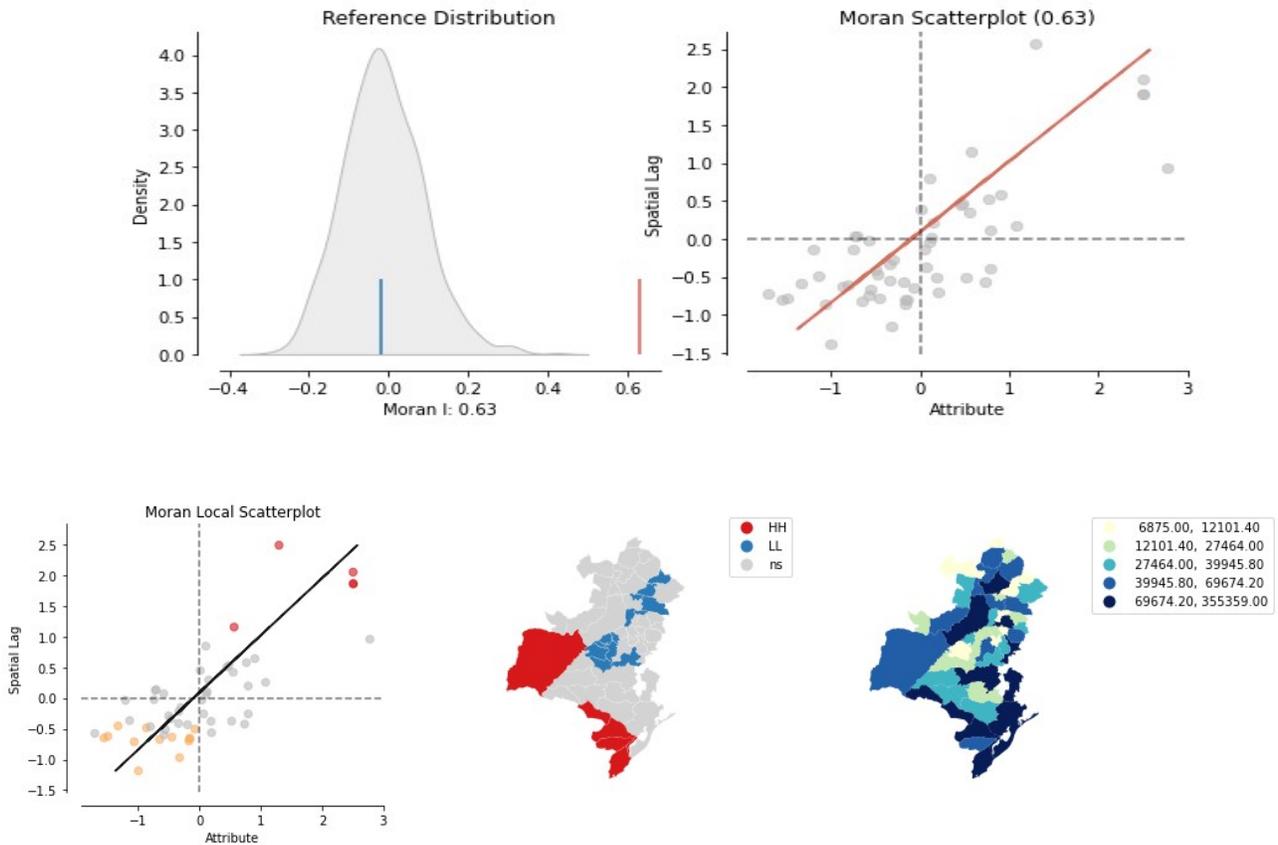


Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO, IBGE, Ministerio de Salud Pública y Bienstar Social/PY, GUIAD/UY, Organización Panamericana de La Salud/AR (2022)

O Índice Global de Moran dos casos de Covid-19 totais entre as regiões de fronteira foi de 0.63, indicando alta autocorrelação espacial. Pode-se presumir que as províncias argentinas tenham distorcido à *clusterização* dos casos de Covid-19, mas podemos tirar algumas hipóteses dos padrões observados. Na fronteira com o Uruguai concentram-se a

maior parte dos casos, com padrões positivos de autocorrelação espacial, o que pode dar base ao observado nas situações vistas no Índice Bivariado de Moran de acessibilidade Geográfica. As regiões da Campanha Gaúcha, onde concentram-se *free shops* e fluxos comerciais intensos na fronteira podem ter prevalecido no decorrer da pandemia, influenciando diretamente na quantidade de casos na fronteira.

Figura 32-Moran Global e Local dos casos de Covid-19 nas Regiões Fronteiriças.



Fonte: Elaboração própria com dados do Brasil.IO, IBGE, Ministerio de Salud Pública y Bienstar Social/PY, GUIAD/UY, Organización Panamericana de La Salud/AR (2022)

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Podemos concluir que, na análise exploratória de dados espaciais a escala é um fator essencial, assim como em toda pesquisa de cunho geográfico. Os recortes regionais podem evidenciar características não observáveis em cartografias descritivas, embora possam provocar um efeito de supressão ou omissão de informações relevantes que foram isoladas do contexto à ser analisado. Como todo tipo de análise, tudo tem um viés voltado à certos objetivos, pois não é possível analisar o todo, apenas suas partes.

No estudo de fronteiras, recorrentemente o problema advém das escalas nacionais dos países fronteiriços, onde não possuem uma base informacional em comum, provocando diversos problemas para o recorte regional. O isolamento das variáveis para as condições de fronteira podem provocar distorções na identificação de fenômenos típicos de fronteira, embora facilitem o ordenamento territorial e categórico em menores escalas. Visto que isolando as variáveis sob a faixa de fronteira do Arco Sul, não houve grandes diferenças nos padrões espaciais, podemos induzir que foi possível diminuir o viés da análise descritiva utilizando de recurso os métodos de inferência geoestatística, auxiliando em uma melhor caracterização regional das condições fronteiriças, quando os modelos são devidamente regulados. ,

A ausência de bases de dados comuns às questões supranacionais e transfronteiriças são um desafio para os pesquisadores e entusiastas da integração regional dos países da América Latina. Em futuros trabalhos, pretende-se desenvolver a padronização das regiões de fronteira entre os países vizinhos para levantamento de dados para estudos transfronteiriços, com o objetivo de gerar conhecimento para além das fronteiras e promover a integração regional da América do Sul. O bom uso das (geo)tecnologias pode auxiliar e muito nas várias possibilidades de abordagem desse ramo do conhecimento geográfico.

13 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARGENTINA, Dados da Covid-19 Argentina. Disponível em: <<https://hub.arcgis.com/pages/e98d794033be409f925be1065bdd3d63>>. Acesso em: 15/04/2022.

AMARANTE, Marcelo. **Limites e Possibilidades para uma Cartografia Supranacional da América do Sul**. Porto Alegre. UFRGS Instituto de Geociências, 2018.

ANSELIN, Luc. **Local Spatial Autocorrelation**. GeoDa, 10 de dezembro de 2020. Disponível em: <https://geodacenter.github.io/workbook/6a_local_auto/lab6a.html>. Acesso em: 15/04/2022.

BRASIL, IBGE, Diretoria de Geociências. **NOTA TÉCNICA – Acessibilidade Geográfica dos Municípios**. IBGE, 2018.

BRASIL, Ipea. **Atlas da Vulnerabilidade Social nos municípios brasileiros**. Ed: COSTA, Marco A; MARGUTI, Bárbara. IPEA, Brasília 2015.

BRASIL, PNUD. **O que é o IDHM**. PNUD Brasil. Disponível em: <<https://www.br.undp.org/content/brazil/pt/home/idh0/conceitos/o-que-e-o-idhm.html>>. Acesso em: 15/04/2022.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Manual da API da Campanha Nacional de Vacinação da Covid-19**. Brasília, 2022. Disponível em: <<https://opendatasus.saude.gov.br/dataset/covid-19-vacinacao>>. Acesso em: 15/04/2022.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Programas Regionais, Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira. “**Proposta de Reestruturação do Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira**”. Brasília, Ministério da Integração Nacional, 2005.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional, Secretaria de Programas Regionais, Programa de Desenvolvimento da Faixa de Fronteira. “**Faixa de Fronteira**”. Brasília, Ministério da Integração Nacional, 2009.

BRASIL, IBGE, Diretoria de Geociências. **Divisão Regional do Brasil em Regiões Geográficas Imediatas e Regiões Geográficas Intermediárias**. Brasília, IBGE, 2018.

CARNEIRO FILHO, Camilo P.; SONAGLIO, Claudia Maria; LAMBERTI, Eliana; DA SILVA, Paulo Fernando J. Da Pandemia da Covid-19 à crise Multifacetada: Repercussões no

território fronteiriço de Mato Grosso do Sul, Camilo Pereira. **FRONTEIRAS, DIREITOS HUMANOS E INTEGRAÇÃO REGIONAL**. Curitiba/PR. Editora e Livrari Appris Ltda, 2022. P. (16-43).

CONTEL, Fabio B. **As divisões regionais do IBGE no século XX (1942, 1970 e 1990)**. *Terra Brasiliis (Nova Sérei)*, ed. Rede Brasileira de História da Geografia e Geografia Histórica., 26 de Agosto de 2014.

DRUCK, S.; CARVALHO, M.S.; CÂMARA, G.; MONTEIRO, A.V.M. (eds) **Análise Espacial de Dados Geográficos**. Brasília, EMBRAPA, 2004 (ISBN: 85-7383-260-6).

JUSTEN, Álvaro. **Como acessar os dados do Brasil.IO**. Brasil.IO, 10 de outubro de 2020. Disponível em: <<https://blog.brasil.io/2020/10/10/como-acessar-os-dados-do-brasil-io/>>. Acesso em: 21/07/2021.

JUSTEN, Álvaro (org). E demais contribuidores. **Covid19-br**. JUSTEN, Álvaro, 13 de março de 2022. Disponível em: <<https://github.com/turicas/covid19-br/>>. Acesso em: 15/04/2022.

MACIEL, Jacques Antonio C.; CASTR-SILVA, Igor L.; DE FARIAS, Mariana R. **Análise inicial da correlação espacial entre a incidência de COVID-19 e o desenvolvimento humano nos municípios do estado do Ceará no Brasil**. Fortaleza/CE. Revista Brasileira de Epidemiologia, 22 de junho de 2020. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbepid/a/nKC6pFSJnbKQsJHKNJhGMtF/?lang=pt>>. Acesso em: 15/04/2022.

Open Geospatial Consortium. **OGC GeoPackage Encoding Standard**. Open Geospatial Consortium, 16 de novembro de 2021. Disponível em: <<https://www.geopackage.org/spec131/index.html>>. Acesso em: 30/04/2021.

QGIS Development Team, 2022. **QGIS 3.22 Geographic Information System User Guide**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<https://download.osgeo.org/qgis/doc/manual/>>. Acesso em: 30/04/2021.

REY, Sergio J.; ANSELIN, Luc. **PySAL: A Python Library of Spatial Analytical Methods**. The Review of Regional Studies, Oklahoma, EUA 2007.

TOBLER, Walter. **A computer movie simulating urban growth in the Detroit Region.** University of Michigan, Michigan, EUA 1970.

URUGUAI, Grupo Uruguayo Interdisciplinario de Análisis de Datos de COVID-19. **Dados da Covid-19 Uruguay.** Disponível em: <https://github.com/GUIAD-COVID/datos-y-visualizaciones-GUIAD/tree/master/datos>>. Acesso em: 15/04/2022.

PARAGUAI, Ministerio de Salud y Bien Star Social. Dados da Covid-19 Paraguay. Disponível em: <https://public.tableau.com/app/profile/mspbs/viz/COVID19PY-Registros/Descargardatos>>. Acesso em: 15/04/2022.