



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL
CURSO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

Rafaella Cristina Mendes dos Santos

Poluição do ar como fator de risco para a saúde respiratória no Brasil: uma análise da
influência do uso do solo e fatores socioeconômicos

Florianópolis

2023

Rafaella Cristina Mendes dos Santos

Poluição do ar como fator de risco para a saúde respiratória no Brasil: uma análise da influência do uso do solo e fatores socioeconômicos

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Engenharia Sanitária e Ambiental do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental.

Orientador(a): Prof. Leonardo Hoinaski, Dr.

Florianópolis

2023

Ficha de identificação da obra.

Santos, Rafaella Cristina Mendes dos

Poluição do ar como fator de risco para a saúde respiratória no Brasil : uma análise da influência do uso do solo e fatores socioeconômicos / Rafaella Cristina Mendes dos Santos ; orientador, Leonardo Hoinaski, 2023.

74 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia Sanitária e Ambiental. 2. Poluição Atmosférica. 3. Risco Ambiental. 4. Internações por Doenças Respiratórias. I. Hoinaski, Leonardo. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental. III. Título.

Rafaella Cristina Mendes dos Santos

Poluição do ar como fator de risco para a saúde respiratória no Brasil: uma análise da influência do uso do solo e fatores socioeconômicos

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de “Bacharel em Engenharia Sanitária e Ambiental” e aprovado em sua forma final pelo Curso Engenharia Sanitária e Ambiental.

Florianópolis, 05 de dezembro de 2023.

Prof. Bruno Segalla Pizzolatti, Dr.
Coordenador do Curso

Banca examinadora:

Prof. Leonardo Hoinaski, Dr.
Orientador

Profa. Maria Elisa Magri, Dra.
Avaliadora
Instituição UFSC

Robson Will, Doutorando.
Avaliador
Instituição UFSC

Este trabalho é dedicado à minha família.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter sido minha fortaleza ao longo de todo esse processo.

Aos meus pais, Ruth e Cláudio, por sempre me incentivarem a buscar o melhor pra mim.

Aos meus irmãos, Ju e Gi, por serem minha fonte de motivação diária.

À minha avó Dalva, por ser meu exemplo de força e superação.

Ao meu namorado, Brendon, por me inspirar sempre.

A todos os meus amigos de longa data e os que fiz durante o curso: amigos, sem vocês eu não estaria aqui!

Ao meu orientador Leo, que me auxiliou na elaboração deste trabalho.

À Julia, colega de laboratório, por ser parceira e me ajudar com todas as dúvidas.

À UFSC, por me permitir acesso a um ensino de qualidade.

RESUMO

A poluição do ar representa um sério risco à saúde, sendo responsável por um alto índice de morbidade e mortalidade global. O risco à saúde causado pela poluição do ar varia em diferentes regiões do Brasil. Embora estudos anteriores tenham estimado riscos relativos entre fatores ambientais e hospitalizações respiratórias, a compreensão dos determinantes desses riscos ainda é pouco esclarecida. Neste sentido, este estudo teve como objetivo investigar os fatores que influenciam a variabilidade espacial das internações por doenças respiratórias no Brasil. Para a pesquisa, foram utilizados conjuntos de dados como riscos relativos de internações hospitalares por doenças respiratórias associados ao poluente SO₂, informações sobre uso e cobertura do solo, informações sobre fontes de poluentes e IDHM no contexto brasileiro. Para compreender a distribuição e variabilidade dos dados, utilizou-se a estatística descritiva. Foi empregado o teste de Mann-Whitney para verificar se existe diferença estatística significativa entre os riscos considerando as faixas de IDHM e diferentes percentuais de uso e cobertura do solo. Para verificar a correlação entre as variáveis, empregou-se o Coeficiente de Correlação de Spearman. O teste de Mann-Whitney apresentou variabilidade significativa somente para os diferentes percentuais de uso e cobertura do solo. Regiões com maiores IDHMs e pixels com menores IDHMs apresentaram, em média, os maiores riscos. A correlação entre percentual de floresta e risco relativo foi negativa, indicando que áreas com maior percentual de floresta tendem a apresentar menores riscos. Já a correlação entre percentual de área de uso na agropecuária e risco relativo foi positiva, indicando que áreas com maior percentual de uso na agropecuária tendem a apresentar maiores riscos. A correlação entre percentual de área urbanizada e risco relativo foi negativa, indicando que áreas com menor percentual de área urbanizada tendem a apresentar maiores riscos. A correlação entre as emissões e o risco relativo não demonstrou significância estatística, mas pode sugerir que o risco não é exclusivamente resultante das emissões atmosféricas, podendo estar associado a outras variáveis. Este estudo forneceu estatísticas que podem orientar investigações futuras sobre os fatores que influenciam os riscos à saúde humana no Brasil.

Palavras-chave: poluição do ar; efeitos na saúde; risco ambiental; internações por doenças respiratórias.

ABSTRACT

Air pollution poses a serious health risk, being responsible for a high rate of morbidity and mortality globally. The health risk caused by air pollution varies in different regions of Brazil. Although previous studies have estimated relative risks between environmental factors and respiratory hospitalizations, the understanding of the determinants of these risks is still not well elucidated. In this sense, this study aimed to investigate the factors influencing the spatial variability of hospitalizations for respiratory diseases in Brazil. For the research, data sets such as relative risks of hospitalizations for respiratory diseases associated with the pollutant SO₂, information on land use and cover, information on pollutant sources, and HDI in the Brazilian context were used. Descriptive statistics were used to understand the distribution and variability of the data. The Mann-Whitney test was employed to verify if there is a statistically significant difference between risks considering HDI ranges and different percentages of land use and cover. To examine the correlation between the variables, the Spearman Correlation Coefficient was used. The Mann-Whitney test showed significant variability only for different percentages of land use and cover. Regions with higher HDIs and pixels with lower HDIs, on average, presented the highest risks. The correlation between the percentage of forest and relative risk was negative, indicating that areas with a higher percentage of forest tend to have lower risks. On the other hand, the correlation between the percentage of agricultural land use and relative risk was positive, indicating that areas with a higher percentage of agricultural land use tend to have higher risks. The correlation between the percentage of urbanized area and relative risk was negative, indicating that areas with a lower percentage of urbanized area tend to have higher risks. The correlation between emissions and relative risk did not show statistical significance, but may suggest that the risk is not exclusively the result of atmospheric emissions, possibly being associated with other variables. This study provided statistics that can guide future investigations into the factors influencing health risks in Brazil.

Keywords: air pollution; health effects; environmental risk; hospitalizations for respiratory diseases.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmide dos efeitos em saúde associados.....	18
Figura 2 – Componentes do Processo de Poluição.....	19
Figura 3 – Riscos Relativos das Internações Hospitalares Respiratórias associados ao Poluente SO ₂	20
Figura 4 – Determinantes sociais da saúde	21
Figura 5 – Faixas de desenvolvimento humano	22
Figura 6 – Mapa de Localização do Brasil.....	24
Figura 7 – Riscos Relativos por Faixa de IDH em Resolução de Pixel	32
Figura 8 – Riscos Relativos por Faixa de IDH por Região em Resolução de Pixel ..	33
Figura 9 – Gráfico de Dispersão dos Riscos Relativos versus IDHM	33
Figura 10 – Gráficos de Dispersão dos Riscos Relativos versus IDHM por Região .	34
Figura 11 – Correlação das Variáveis IDHM e Risco Relativo pelo Método de Spearman	35
Figura 12 – Riscos Relativos por Percentual de Floresta, Uso para Agropecuária e Área Urbanizada no Pixel	38
Figura 13 – Gráficos de Dispersão dos Riscos Relativos versus Percentual de Floresta, Uso para Agropecuária e Área Urbanizada	39
Figura 14 – Gráfico de Dispersão dos Riscos Relativos versus Densidades de Emissões de SO ₂ em resolução de pixel	40

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais poluentes atmosféricos com respectiva fonte de emissão 17

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Graus de Correlação do Coeficiente de Spearman	29
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CO Monóxido de Carbono

DATASUS Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil

FJP Fundação João Pinheiro

HDI Human Development Index

IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDH Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IPEA Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

MERRA-2 Projeto Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2

OMS Organização Mundial da Saúde

PIB Produto Interno Bruto

PNUD Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RR Risco Relativo

SO₂ Dióxido de Enxofre

WHO World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral.....	16
1.1.2	Objetivos Específicos.....	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	POLUIÇÃO DO AR.....	17
2.2	RISCO AMBIENTAL.....	19
2.2.1	RISCO RELATIVO	19
2.2.2	INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOECONÔMICOS NO RISCO À SAÚDE	20
2.2.3	INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RISCO À SAÚDE	22
2.2.4	INFLUÊNCIA DE FONTES POLUENTES NO RISCO À SAÚDE	23
3	MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1	ÁREA DE ESTUDO	24
3.2	OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS	25
3.2.1	Riscos Relativos.....	25
3.2.1.1	<i>Outliers</i>	<i>26</i>
3.2.2	Índice de Desenvolvimento Humano.....	26
3.2.3	Uso e Cobertura do Solo	26
3.2.4	Fontes de Poluentes	27
3.3	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	27
3.3.1	Estatística Descritiva	27
3.3.2	Teste de Mann - Whitney	28
3.3.3	Coefficiente de Correlação de Spearman	28
4	RESULTADOS	30
4.1	CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS E RISCO RELATIVO	30
4.2	CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE USO DO SOLO E RISCO RELATIVO.....	36
4.3	CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE FONTES DE POLUENTES E RISCO RELATIVO	40
5	DISCUSSÃO	41
6	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	44

REFERÊNCIAS.....	45
APÊNDICE A – ESPACIALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL – BRASIL, 2010	50
APÊNDICE B – ESPACIALIZAÇÃO DO USO DO SOLO – BRASIL, 2019 ..	51
APÊNDICE C – ESPACIALIZAÇÃO DAS DENSIDADES DE EMISSÕES DE SO₂ NO BRASIL ENTRE 1970 E 2018	52
APÊNDICE D – IDHM POR RESOLUÇÃO DE PIXEL REAMOSTRADA..	53
APÊNDICE E – MÉDIAS DE EMISSÕES DE SO₂ NO BRASIL POR RESOLUÇÃO DE PIXEL REAMOSTRADA	54
APÊNDICE F – HISTOGRAMAS DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL POR RESOLUÇÃO DE PIXEL	55
APÊNDICE G – HISTOGRAMAS DOS RISCOS RELATIVOS DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS ASSOCIADOS AO SO₂.....	56
APÊNDICE H – DENSIDADES DE EMISSÕES DE SO₂ POR REGIÃO EM RESOLUÇÃO DE PIXEL	57
APÊNDICE I – ESTATÍSTICAS DOS RISCOS RELATIVOS POR FAIXA DE IDH.....	58
APÊNDICE S – INTERVALO DE CONFIANÇA DOS RISCOS RELATIVOS	61

1 INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica representa um dos principais fatores de risco de morbidade e mortalidade em escala global (DE PAULA SANTOS et al., 2021), sendo responsável por 1 em cada 9 mortes em todo o mundo e responsável por 6,7 milhões de mortes somente em 2019 (HEALTH EFFECTS INSTITUTE, 2022).

O grau de risco decorrente da exposição à poluição do ar não é determinado exclusivamente pelo nível de exposição ao poluente (PINO-CORTÉS et al., 2020). Os riscos à saúde são estabelecidos em função da poluição do ar, nível de exposição da população à poluição e à sensibilidade e capacidade adaptativa dos indivíduos (O'LENICK et al., 2019).

Fatores socioeconômicos têm recebido pouca atenção, apesar de poderem afetar a capacidade de enfrentamento, bem como interagir com a suscetibilidade e exposição à poluição do ar (MAKRI; STILIANAKIS, 2008). Os estudos considerando esses fatores ainda são incipientes. Resultados obtidos por WILL et al. (2022) indicam que as populações residentes de municípios menos desenvolvidos são mais propensas a internações hospitalares por doenças respiratórias geradas por poluentes atmosféricos.

O Brasil é um país que apresenta grande desigualdade na distribuição de riquezas, além de contar com extensas parcelas de sua população vivendo em situações de pobreza que as privam de acesso a mínimas condições e bens essenciais à saúde (BUSS; PELLEGRINI FILHO, 2006). No Brasil, o DATASUS desempenha um papel fundamental ao armazenar informações sobre morbidade, informações epidemiológicas, estatísticas hospitalares e acesso a serviços, o que viabiliza os estudos na área da saúde.

O estudo conduzido por Moore (2023) estimou os riscos relativos entre fatores ambientais e hospitalizações cardiorrespiratórias no Brasil. Os determinantes associados a tais riscos ainda carecem de investigação. Nesse contexto, é importante que sejam conduzidas análises dos fatores que influenciam os riscos, com isso, pode-se desenvolver políticas públicas efetivas para enfrentar essa problemática.

Este trabalho tem como objetivo investigar os fatores que influenciam a variabilidade espacial das internações por doenças respiratórias no Brasil. Para alcançar esse objetivo, foram utilizados diferentes conjuntos de dados, incluindo os riscos relativos de internações hospitalares por doenças respiratórias estimados por Moore (2023), dados sobre uso e cobertura do solo do MapBiomias, informações sobre emissões de poluentes atmosféricos do EDGAR e dados de Índice de Desenvolvimento Humano Municipal do IBGE.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os fatores que influenciam na variabilidade espacial das internações por doenças respiratórias no Brasil.

1.1.2 Objetivos Específicos

Objetivo Específico 1: Analisar correlação espacial entre condições socioeconômicas e risco relativo.

Objetivo Específico 2: Analisar a correlação espacial entre uso do solo e risco relativo.

Objetivo Específico 3: Analisar a correlação espacial entre fontes de poluentes e risco relativo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 POLUIÇÃO DO AR

A poluição do ar ou poluição atmosférica caracteriza-se pela concentração de substâncias tóxicas no meio ambiente que interferem na saúde humana e ambiental. É considerada uma emergência de saúde pública, sendo uma das principais causas de morte entre todos os fatores de risco, superada apenas por hipertensão, tabagismo e altos níveis de glicose (WHO, 2023).

Segundo a OMS (2021), os poluentes clássicos são os que tem maior aumento de evidências demonstrando que a exposição causa efeitos nocivos à saúde. Entende-se por poluentes clássicos as partículas inaláveis ou material particulado fino (MP), ozônio (O₃), dióxido de nitrogênio (NO₂), dióxido de enxofre (SO₂) e monóxido de carbono (CO). No Quadro 1, tem-se a relação entre alguns poluentes atmosféricos com suas respectivas fontes de emissão.

Quadro 1 – Principais poluentes atmosféricos com respectiva fonte de emissão

CLASSIFICAÇÃO	TIPO	POLUENTES
Fontes Fixas	Combustão	Material Particulado
		Dióxido de enxofre e trióxido de enxofre
		Monóxido de carbono
		Hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio
	Processo industrial	Material particulado (fumos, poeiras e névoas) Gases: SO ₂ , SO ₃ , ácido clorídrico (HCl) e hidrocarbonetos Mercaptanos, HF, H ₂ S, NO _x , Pb**
Queima de resíduos sólidos	Material particulado Gases: SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x	
Outros	Hidrocarbonetos, material particulado	
Fontes móveis	Veículos automotores	Material particulado, monóxido de carbono, óxidos de nitrogênio, hidrocarbonetos, aldeídos e óxidos de enxofre
	Aviões e barcos	Óxidos de enxofre e óxidos de nitrogênio
	Locomotivas etc.	Ácidos orgânicos, hidrocarbonetos e aldeídos

CLASSIFICAÇÃO	TIPO	POLUENTES
Fontes naturais		Material particulado – poeiras Gases – SO ₂ , SO ₃ , HCl, NO _x , hidrocarbonetos
Reações químicas		Poluentes secundários – O ₃ *, aldeídos Ácidos orgânicos, nitratos orgânicos Aerossol fotoquímico etc.

Fonte: Ministério da Saúde, 2021, adaptado de MAIA, 2000.

Os impactos da poluição do ar na saúde humana abrangem uma ampla gama de problemas, que vão desde a irritação das vias respiratórias e dos olhos até condições mais graves, como asma, pneumonia, acidente vascular cerebral, entre outros. Segundo as descobertas do estudo conduzido por Murray et al. em 2020, observou-se uma alta incidência de mortes atribuíveis à poluição do ar devido a doenças cardiovasculares e respiratórias crônicas.

Na Figura 1, pode-se ver uma pirâmide com os principais efeitos em saúde associados com a poluição do ar.

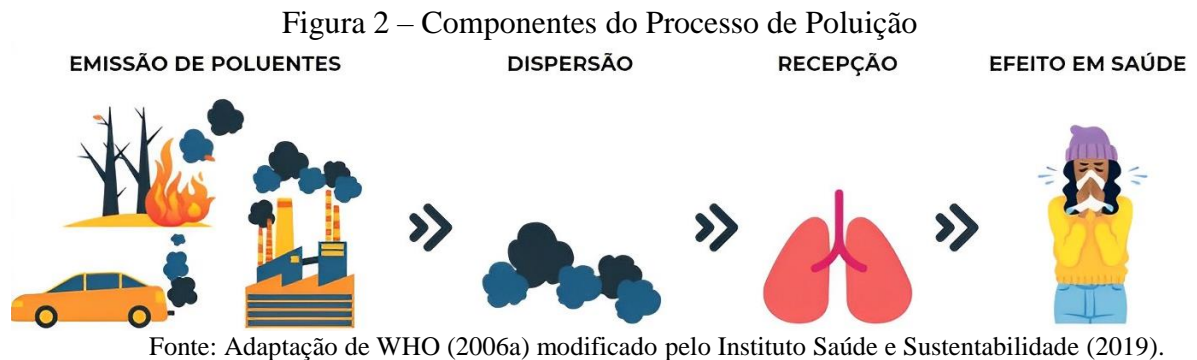
Figura 1 – Pirâmide dos efeitos em saúde associados com a poluição do ar



Fonte: WHO (2006) modificado por SIMONI et al. (2021).

2.2 RISCO AMBIENTAL

O processo de poluição do ar pode ser dividido em três componentes – emissão de poluentes, dispersão e recepção, resultando em consequências variadas na saúde. A interação entre esses fatores é o que se denomina risco ambiental.



O risco de adquirir doenças está diretamente relacionado à quantidade e à toxicidade da emissão de poluentes, bem como ao processo de dispersão, que pode, por vezes, levar os poluentes em direção contrária aos receptores. Além disso, o risco também está relacionado com a vulnerabilidade do indivíduo. Dentre os fatores que afetam a vulnerabilidade individual estão: gênero, idade, raça, níveis educacionais e socioeconômicos, localização e tipo de moradia, ocupação, status nutricional, uso de medicação, acesso aos serviços de saúde e combustíveis usados para cozinhar (SIMONI et al., 2021).

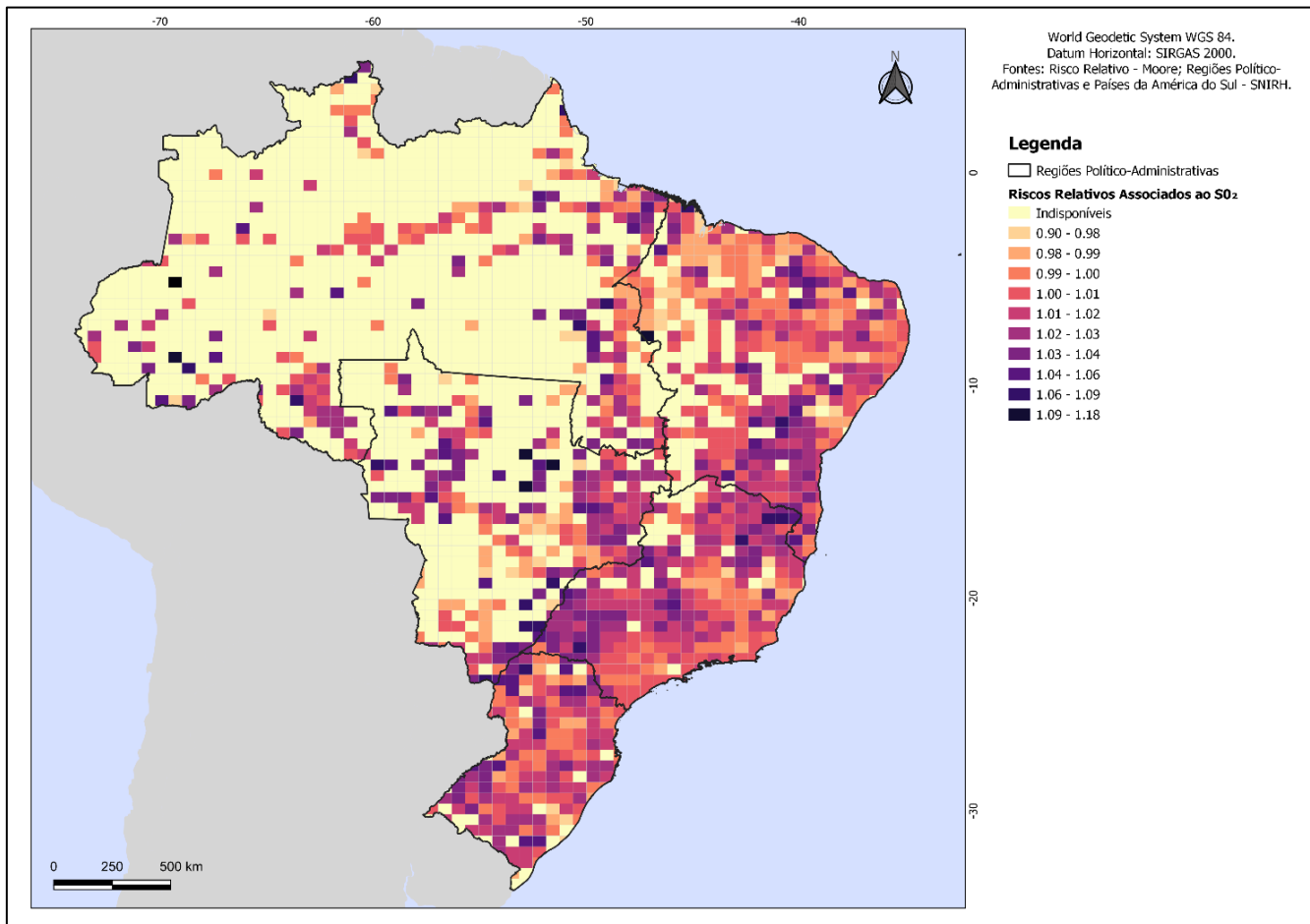
2.2.1 RISCO RELATIVO

O risco relativo (RR) pode ser definido como a razão da incidência entre indivíduos expostos pela incidência entre indivíduos não expostos (WAGNER; CALLEGARI-JACQUES, 1998). É frequentemente utilizado em estudos epidemiológicos para avaliar a associação entre um fator de risco específico e o desenvolvimento de uma determinada doença ou condição de saúde.

O estudo conduzido por Moore (2023) indicou que os poluentes SO_2 , $MP_{2.5}$, O_3 e CO estão associados ao aumento de internações por doenças cardiorrespiratórias no Brasil. Entre todos os poluentes examinados no estudo, verificou-se que o SO_2 demonstrou o maior risco relativo, especialmente em relação à morbidade respiratória, com ênfase nas regiões Sul e Sudeste do país – um mapa com os valores de tais riscos pode ser visto na Figura 3. As regiões

Centro-Oeste, Sul e Sudeste apresentaram maiores valores de risco, quando comparadas com as demais regiões. Essa constatação evidencia a necessidade de entender os fatores que influenciam na variabilidade espacial das doenças respiratórias, para que possam ser implementadas políticas de saúde pública mais eficazes e direcionadas.

Figura 3 – Riscos Relativos das Internações Hospitalares Respiratórias associados ao Poluente SO_2

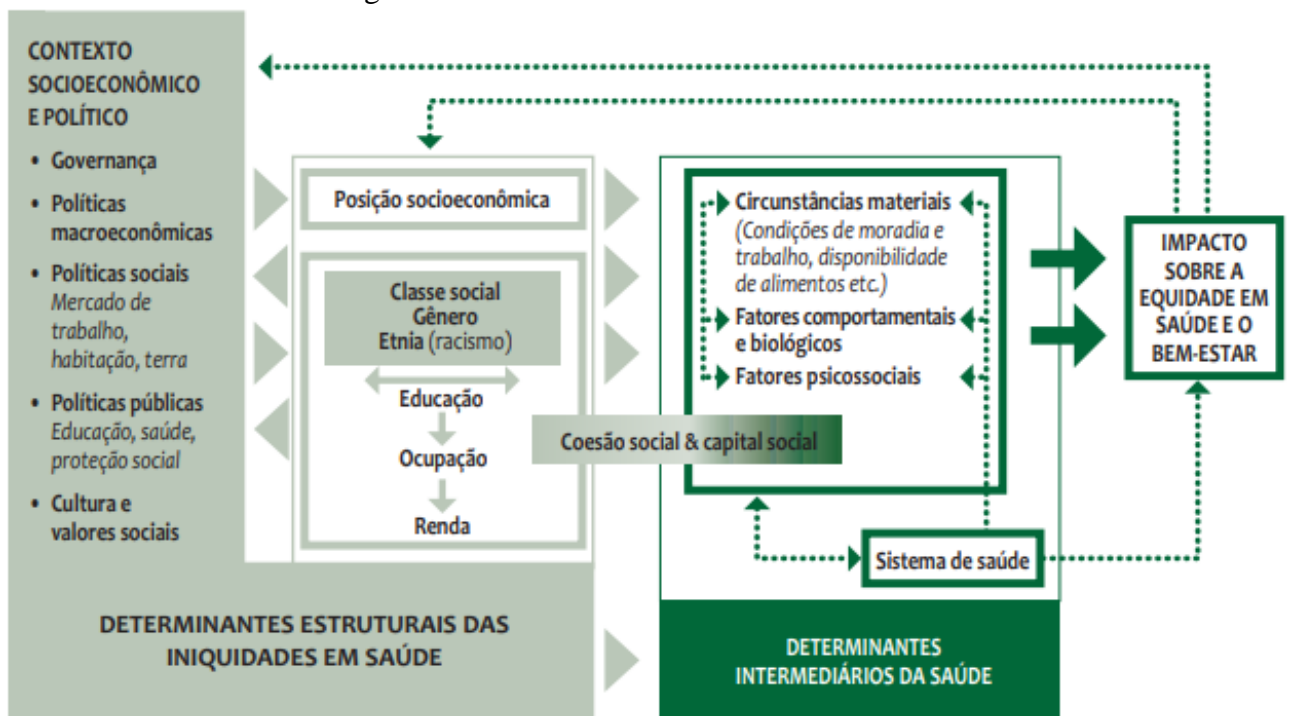


Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Moore (2023).

2.2.2 INFLUÊNCIA DE FATORES SOCIOECONÔMICOS NO RISCO À SAÚDE

Segundo Carvalho (2013), as condições econômicas e sociais exercem uma influência determinante sobre a saúde das pessoas e das populações, uma vez que a maior parte da carga de doenças é atribuída às circunstâncias em que as pessoas nascem, vivem, trabalham e envelhecem. O conjunto desses fatores é denominado 'determinantes sociais da saúde', abrangendo os aspectos sociais, econômicos, políticos, culturais e ambientais que influenciam a saúde (CARVALHO, 2013).

Figura 4 – Determinantes sociais da saúde



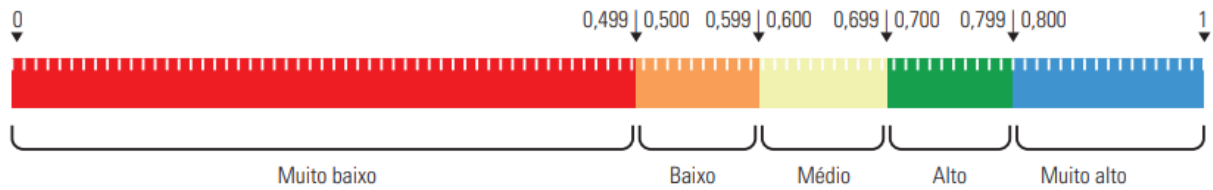
Fonte: Carvalho (2013) adaptado de SOLAR & IRWIN (2010).

Existem diversos indicadores socioeconômicos que fornecem informações sobre o bem-estar da população, são exemplos: Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), PIB per Capita, Taxa de Desemprego e Coeficiente de Gini.

Criado pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o IDH é uma medida composta que avalia o bem-estar socioeconômico de uma nação e incorpora três elementos: a oportunidade de desfrutar de uma vida saudável e duradoura - saúde; a capacidade de usufruir de um nível de vida adequado – renda; e o acesso ao conhecimento – educação (PNUD; IPEA; FJP, 2017).

Com a adaptação da metodologia do IDH Global e utilização de dados dos censos demográficos fornecidos pelo IBGE, o PNUD, o IPEA e a Fundação João Pinheiro calcularam o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) dos municípios do Brasil. O IDHM é uma medida numérica que varia de 0 a 1 refletindo um maior desenvolvimento quando mais próximo de 1 e um menor desenvolvimento quando mais distante de 1. O IDHM é segmentado em 5 faixas, que categorizam o desenvolvimento como muito baixo, baixo, médio, alto e muito alto. Tais faixas podem ser vistas na Figura 5.

Figura 5 – Faixas de desenvolvimento humano



Fonte: IPEA; FJP; PNUD (2017).

2.2.3 INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO RISCO À SAÚDE

Somadas, as emissões provenientes do desmatamento, outras mudanças de uso da terra e do setor agropecuário totalizaram 74% da poluição climática brasileira em 2021 (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2023), alertando para possíveis impactos na qualidade do ar e na saúde.

As árvores e as florestas desempenham um papel crucial na melhoria da qualidade do ar e na regulação das temperaturas atmosféricas (NOWAK-MATILDA; BOSCH, 2019). As árvores influenciam a qualidade do ar e, conseqüentemente, a saúde humana, regulando as temperaturas do ar, modificando o uso de energia em edifícios, alterando os microclimas locais, removendo poluentes do ar e emitindo diversas substâncias químicas (NOWAK-MATILDA; BOSCH, 2019).

Um estudo de Tsao et al. (2014) revela que a presença em ambientes florestais está associada a marcadores subclínicos mais favoráveis de doenças cardiovasculares, como a espessura média-intimal (IMT) da artéria carótida, em comparação com indivíduos que vivem e trabalham em ambientes urbanos. Além disso, o estudo evidencia que um ambiente florestal com menos poluição do ar pode beneficiar a saúde cardiovascular na aterosclerose subclínica (TSAO et al., 2014).

Além disso, o desmatamento apresenta contribuições importantes para a degradação da qualidade do ar. Em 2021, as emissões provenientes da mudança de uso da terra e florestas (MUT), especialmente relacionadas ao desmatamento, registraram um crescimento de 18,5% (OBSERVATÓRIO DO CLIMA, 2023).

De acordo com a pesquisa publicada por Requia et al. na revista Nature, que discute os impactos na saúde da exposição à fumaça de incêndios florestais, uma revisão crítica de 53 estudos epidemiológicos revelou que a exposição a tais incêndios está correlacionada com o surgimento de doenças respiratórias, enquanto há evidências crescentes sugerindo associações com desfechos cardiovasculares específicos (REID et al., apud REQUIA et al., 2021).

2.2.4 INFLUÊNCIA DE FONTES POLUENTES NO RISCO À SAÚDE

As fontes de poluição podem ser categorizadas em fontes estacionárias, que envolvem processos industriais, queima de resíduos, combustão, entre outros, e fontes móveis, incluindo veículos automotores, barcos, trens, entre outros. A partir da revolução industrial, houve um aumento de problemas respiratórios devido à elevada concentração de compostos tóxicos no ar (MARIO, 2012).

Nas áreas metropolitanas, a poluição do ar tem representado uma das principais ameaças à qualidade de vida de seus habitantes, sendo as fontes veiculares responsáveis por grande parte da degradação da qualidade do ar atmosférico, especialmente em grandes centros urbanos (TEIXEIRA; FELTES; RAMOS DE SANTANA, 2008).

No contexto brasileiro, grandes centros urbanos com alta intensidade industrial e tráfego de veículos são os que mais apresentam agravos relacionados à poluição do ar, tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente (MARQUES TORRES et al., 2020).

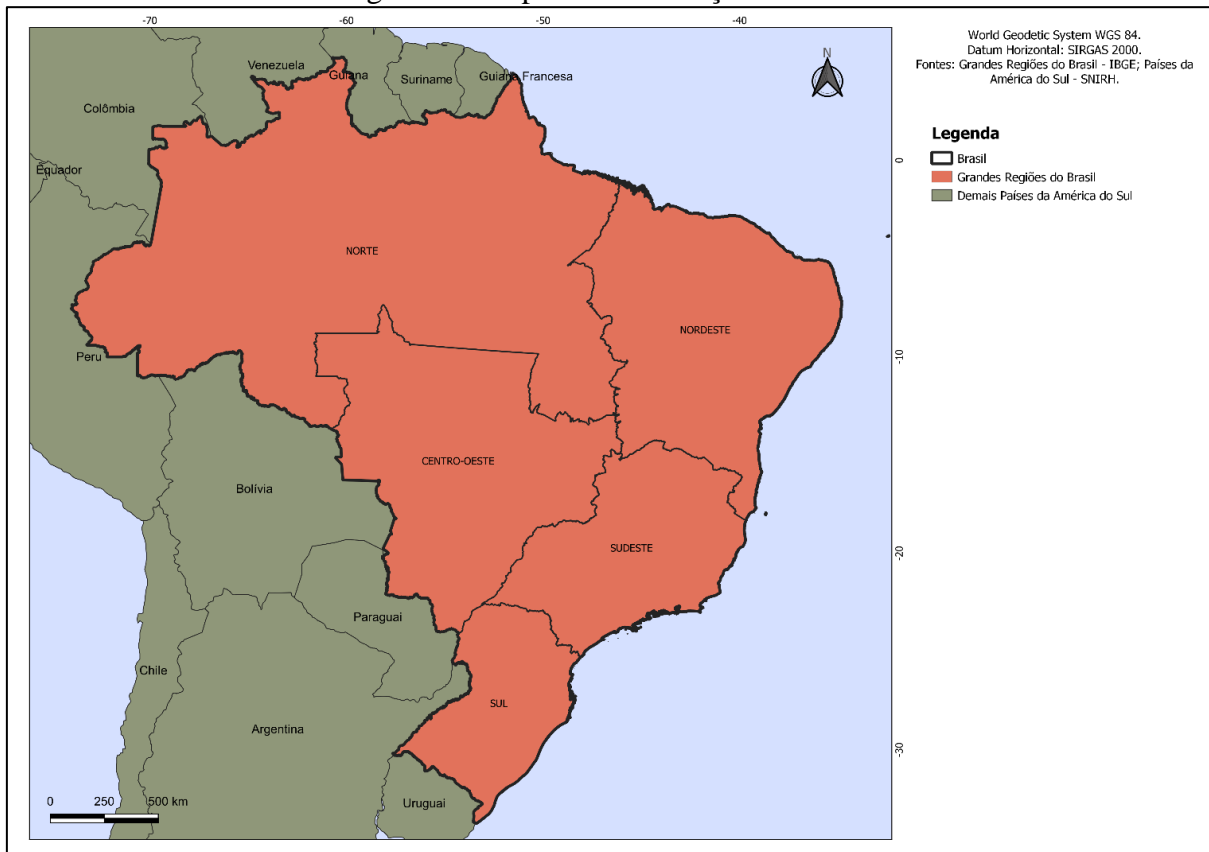
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ÁREA DE ESTUDO

O objeto de estudo foi o Brasil. Localizado na América do Sul, o Brasil é o quinto maior país do mundo em área territorial, com 8,5 milhões de quilômetros quadrados (IBGE, 2022). A divisão territorial do Brasil é composta por 26 Unidades Federativas e o Distrito Federal. O Brasil é dividido em 5 grandes regiões: Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. No contexto deste estudo, a análise de algumas estatísticas foi facilitada pela adoção dessas regiões e também pelas faixas de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH).

O Brasil é o sétimo país mais populoso do mundo, com uma população estimada em 203 milhões de habitantes em 2022 (IBGE, 2022). A população brasileira é caracterizada por sua diversidade étnica e cultural. O país possui uma economia em desenvolvimento, sendo uma das maiores economias emergentes globais. O mapa indicando a área de estudo pode ser visto na Figura 6.

Figura 6 – Mapa de Localização do Brasil



Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2010).

3.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS

3.2.1 Riscos Relativos

Os dados de risco relativo de internações hospitalares por doenças respiratórias foram extraídos da pesquisa de Moore (2023), responsável por conduzir uma análise espacial de risco no contexto do Brasil, com foco na relação entre doenças cardiorrespiratórias e poluição atmosférica. No estudo, Moore realizou uma avaliação do padrão espacial da associação entre as internações hospitalares cardiorrespiratórias, a poluição atmosférica e a meteorologia no Brasil. Para o cálculo do risco relativo, Moore utilizou taxas de internações hospitalares calculadas a partir de dados do DataSUS, bem como dados de concentração superficial de poluentes atmosféricos e estimativas de temperatura e umidade específica do Projeto Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications, Version 2 (MERRA-2).

Os dados de risco relativo foram derivados de uma série temporal que abrange o período de 2008 a 2019 e têm resolução espacial de $0.500^{\circ} \times 0.625^{\circ}$.

Com o intuito de assegurar a obtenção de informações de correlação mais confiáveis, optou-se por manter essa mesma resolução espacial ao longo deste trabalho. Essa abordagem visa garantir uma análise uniforme ao investigar as correlações propostas. Além disso, pixels sem dados de riscos foram removidos das análises.

Os dados de risco relativo empregados no presente estudo referem-se aos riscos relativos de internações hospitalares por doenças respiratórias associados ao poluente SO_2 , classificado como o principal poluente no ranking dos poluentes mais críticos do Brasil, conforme identificado na pesquisa de Moore (2023). Moore desenvolveu oito modelos, considerando uma defasagem de exposição de sete dias. Na análise, optou-se por selecionar o dia de defasagem que apresentou o maior risco relativo.

Tais resultados apresentam uma confiança de 95%. Os intervalos de confiança de risco relativo podem ser vistos no Apêndice S.

Na análise do risco relativo, valores abaixo de 1 representam fator de proteção, enquanto valores acima de 1 representam fator de risco. Vale ressaltar que valores abaixo de 1 podem ainda representar um fator de risco, considerando a possível associação negativa da condição ambiental com as internações.

3.2.1.1 Outliers

A presença de outliers prejudica consideravelmente a confiabilidade dos resultados obtidos. Portanto, é essencial que o pesquisador avalie como seu banco de dados foi construído e o limpe (BRITTO et al., 2009). Neste contexto, valores não representativos das amostras foram removidos. Considerou-se outlier apenas 1 dado de risco, que estava discrepantemente acima dos outros. Essa abordagem visou aprimorar a validade das estatísticas descritivas, como medidas de tendência central e dispersão.

Salienta-se que o Coeficiente de Correlação de Spearman não é sensível à presença de outliers ou assimetrias na distribuição (SOUSA, 2019).

3.2.2 Índice de Desenvolvimento Humano

Os dados referentes ao Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foram obtidos por meio do IBGE Cidades, um recurso mantido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O IBGE Cidades é uma plataforma que concentra informações abrangentes sobre os municípios brasileiros, incluindo indicadores socioeconômicos, demográficos e geográficos. Sua importância reside na capacidade de fornecer dados detalhados que são fundamentais para a compreensão das condições socioeconômicas e do desenvolvimento humano em diferentes regiões do país.

O IBGE Cidades dispõe de informação sobre Índice de Desenvolvimento Humano Municipal, o IDHM, para quase todos os 5.568 municípios brasileiros. Utilizaram-se os dados de IDHM do censo demográfico de 2010, os mais recentes disponíveis no momento do estudo. Salienta-se que foi necessário realizar um processo de reamostragem de tais dados, a fim de ajustá-los à mesma resolução espacial dos dados de risco. Pixels que abrangem mais de um município tiveram seus valores de IDHM ajustados para representar a média dos IDHM dos municípios envolvidos. Adicionalmente, para a análise dos dados, as faixas de IDH foram consideradas.

3.2.3 Uso e Cobertura do Solo

Os dados de uso e cobertura do solo foram obtidos por meio do projeto MapBiomass. O MapBiomass é uma iniciativa que se destaca por sua abrangência na monitorização do uso da

terra no território brasileiro. O MapBiomas divide as coberturas do solo em categorias como floresta, áreas agrícolas, áreas urbanas, corpos d'água, pastagens, áreas de mineração e outras, permitindo um mapeamento detalhado do uso do solo.

Neste trabalho, utilizou-se dados de uso e cobertura do solo referentes ao ano de 2019. O uso e cobertura do solo é considerado uma variável categórica nominal – o que significa que pode ser dividida em classes ou categorias e que não há ordenamento intrínseco entre as classes. Para a análise, esta característica foi considerada. Realizou-se o cálculo dos percentuais que representam a área urbanizada, uso para agropecuária e florestas dentro de cada pixel de resolução espacial de $0.500^{\circ} \times 0.625^{\circ}$. As correlações foram posteriormente calculadas levando em conta tais percentuais.

3.2.4 Fontes de Poluentes

Neste estudo, empregaram-se os dados de densidade de emissões atmosféricas provenientes do projeto Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). O EDGAR fornece informações de emissões provenientes de setores diversos, como o setor de energia e o setor agrícola. No entanto, o projeto exclui dados de emissões originadas por queimadas em larga escala, como incêndios florestais, e não contempla fontes e sumidouros relacionados a uso do solo, mudança no uso do solo e florestas.

A resolução temporal dos dados abrangeu o período de 1970 até 2018, referente a todo período de dados disponíveis no EDGAR. Adicionalmente, realizou-se o cálculo das somas das densidades de emissões presentes nos pixels, para que a resolução espacial estivesse de acordo com os dados de risco.

3.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

No que tange à análise estatística, utilizou-se a estatística descritiva, o teste de hipótese de Mann-Whitney e o método de Correlação de Spearman.

3.3.1 Estatística Descritiva

Para compreender a natureza dos dados coletados, foram realizadas análises exploratórias, como cálculo de medidas de tendência central, como média e mediana, e medidas

de dispersão, como desvio padrão e intervalo interquartil. Essas medidas foram utilizadas para compreender a distribuição e a variabilidade dos dados. Além disso, gráficos descritivos, como histogramas, boxplots e gráficos de dispersão, foram utilizados para visualizar os padrões presentes nos dados.

3.3.2 Teste de Mann - Whitney

Foi empregado o Teste de Mann–Whitney para investigar diferenças estatísticas nas medianas dos riscos relativos considerando as faixas de IDH e o percentual de usos e coberturas do solo nos pixels. O Teste de Mann – Whitney, de natureza não paramétrica, dispensa a suposição de normalidade nos dados. A hipótese nula (H_0) foi formulada considerando a igualdade das medianas, já a hipótese alternativa foi formulada considerando a diferença das medianas.

A estatística de Mann-Whitney foi calculada utilizando a linguagem de programação Python, através da função `mannwhitneyu`, que é parte do pacote estatístico fornecido pelo SciPy. Considerou-se um nível de significância $\alpha = 0.05$.

3.3.3 Coeficiente de Correlação de Spearman

Com o intuito de explorar a correlação entre risco relativo e as demais variáveis estudadas, utilizou-se o Coeficiente de Correlação de Spearman.

O Coeficiente de Correlação de Spearman é uma ferramenta estatística não paramétrica utilizada para avaliar a relação monotônica entre as variáveis, ou seja, a tendência de que, com o aumento de uma variável, a outra também aumente (ou diminua), mas não necessariamente a uma taxa constante. O Coeficiente de Correlação de Spearman pode ser aplicado tanto a conjuntos de dados lineares como a conjuntos de dados não lineares, além de não requerer que os dados provenham de duas populações com distribuições normais (SOUSA, 2019).

O Coeficiente de Correlação de Spearman foi calculado utilizando a função `spearmanr` do módulo `scipy.stats` em Python, que faz parte da biblioteca SciPy. Este procedimento envolveu a análise estatística das diferenças de ranks entre as variáveis, proporcionando uma medida de correlação não paramétrica.

O Coeficiente de Correlação de Spearman varia entre -1 e 1, indicando o grau de associação entre as variáveis. Quanto mais próximo do limite, mais intensa é a relação entre elas.

Para a interpretação dos Coeficientes de Correlação de Spearman, foram considerados os valores presentes na Tabela 1.

Tabela 1 – Graus de Correlação do Coeficiente de Spearman

Padrões de Classificação	Grau de Correlação
$r_s = 0$	Sem Correlação
$0 < r_s \leq 0.19$	Muito Fraca
$0.20 \leq r_s \leq 0.39$	Fraca
$0.40 \leq r_s \leq 0.59$	Moderada
$0.60 \leq r_s \leq 0.79$	Forte
$0.80 \leq r_s \leq 1.00$	Muito Forte
1.00	Correlação Monótona

Fonte: YAN; WANG; MA; LIU; LIN; LI (2019) adaptado de Statstutor.

Para testar a significância estatística da medida de correlação, foi estabelecida a hipótese nula (H_0 = Coeficiente de correlação igual a zero). A hipótese alternativa (H_1) foi estabelecida como coeficiente de correlação diferente de zero. A avaliação da rejeição da hipótese nula demandou o cálculo do p-valor, considerando um nível de confiança de 95% (nível de significância $\alpha = 0.05$).

4 RESULTADOS

4.1 CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE CONDIÇÕES SOCIOECONÔMICAS E RISCO RELATIVO

A Figura 7 classifica os dados de IDHM de todos os pixels analisados (todo território brasileiro) de acordo com as faixas de IDH. Conforme pode-se ver na Figura 7, as faixas de IDH baixo e médio apresentaram as maiores dispersões dos dados de riscos, já a faixa de IDH muito baixo apresentou a menor dispersão entre as faixas. Os pixels das faixas de IDH muito baixo e médio são os que apresentaram as maiores medianas dos riscos (1.012 e 1.010, respectivamente).

Porém, na análise regional, regiões com maiores IDHMs apresentaram, em média, maiores riscos. As regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul, apresentam Índices de Desenvolvimento Humano Municipais mais elevados que as demais regiões, seguidas pelas regiões Norte e Nordeste – é o que confirma as estatísticas de média e mediana apresentadas no Apêndice N. As regiões Centro Oeste, Sudeste e Sul apresentaram maiores riscos que a regiões Norte e Nordeste (medianas de, respectivamente, 1.014, 1.011, 1.011, 1.010 e 1.006).

Salienta-se que as regiões Centro-Oeste e Norte apresentaram grande quantidade de pixels com valores de risco relativos indisponíveis, é o que se constata na Figura 3. Isso ocorre porque a maioria deles não contém dados de internações disponíveis ou não apresentaram valores de risco significativos.

Ainda no que tange à análise regional, as regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste apresentaram maiores medianas de risco para a faixa de IDH médio. Já na região Norte, observa-se a maior mediana de risco para a faixa de IDH baixo, conforme visto na Figura 8.

Para verificar se a diferença entre as medianas dos riscos relativos por faixas de IDH eram estatisticamente significativas, aplicou-se o teste de Mann-Whitney, o qual não mostrou significância estatística. Isso sugere que não há diferença estatisticamente significativa nas medianas dos riscos relativos entre as diferentes faixas de IDH, e a hipótese nula de igualdade das medianas não foi rejeitada. Os resultados do teste podem ser vistos no Apêndice O.

Na Figura 9, tem-se o gráfico de dispersão Riscos Relativos versus IDHM para todos os pixels analisados. A Correlação de Spearman foi calculada para tais dados e resultou em 0.05. Não se pôde rejeitar a hipótese nula, pois $p > 0.05$.

Já na Figura 10 estão os gráficos de dispersão exibidos por região. Tais gráficos indicam correlações muito fracas e fracas. A hipótese nula só pôde ser rejeitada na região Sul ($p < 0.05$). A região Sul apresentou uma correlação fraca e negativa, indicando uma correlação monótona não crescente, ou seja, à medida que IDHM diminui, o risco aumenta, ou, ainda, se mantém constante.

Na Figura 11, estão apresentados os valores de correlação das variáveis IDHM e Risco Relativo por faixa de IDH e por região.

Para as faixas de IDH médio, pôde-se rejeitar a hipótese nula para todas as regiões. A correlação entre risco relativo e IDHM para a faixa de IDH médio mostrou-se muito fraca para as regiões Sul, Norte, Nordeste e Centro-Oeste e fraca para a região Sudeste. A correlação entre risco relativo e faixa de IDHM para a faixa de IDH médio apresentou-se negativa para as regiões Sul, Sudeste e Nordeste e positiva para as regiões Norte e Centro-Oeste.

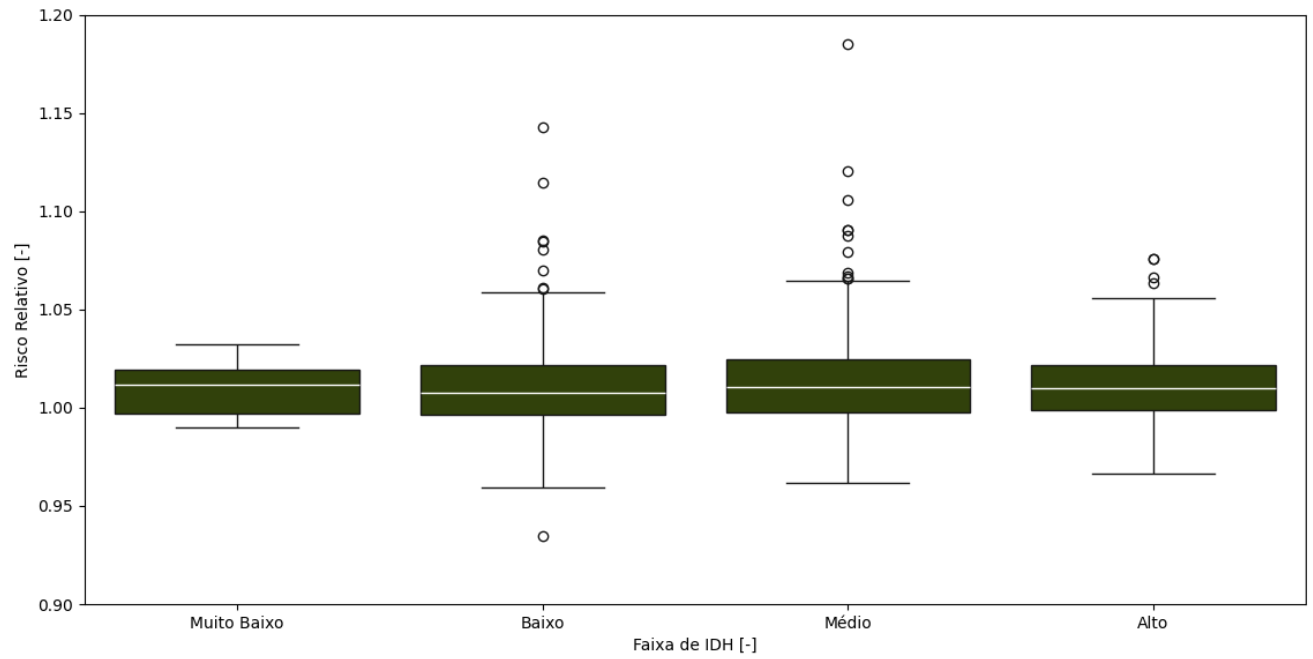
Para a faixa de IDH muito baixo não houve evidências para a hipótese alternativa.

Na faixa de IDH baixo rejeita-se a hipótese nula para a região Norte, a qual apresentou uma correlação muito fraca e negativa entre IDH e risco relativo.

Já para a faixa de IDH Alto, rejeita-se a hipótese nula na região Sul, a qual apresentou uma correlação muito fraca e negativa entre risco relativo e IDHM.

A espacialização do Índice de Desenvolvimento Humano Municipal pode ser observada no Apêndice A, enquanto a espacialização da variável reamostrada pode ser visualizada no Apêndice D. As estatísticas de risco calculadas por faixa de IDH e por região estão disponíveis nos Apêndices J e K, respectivamente.

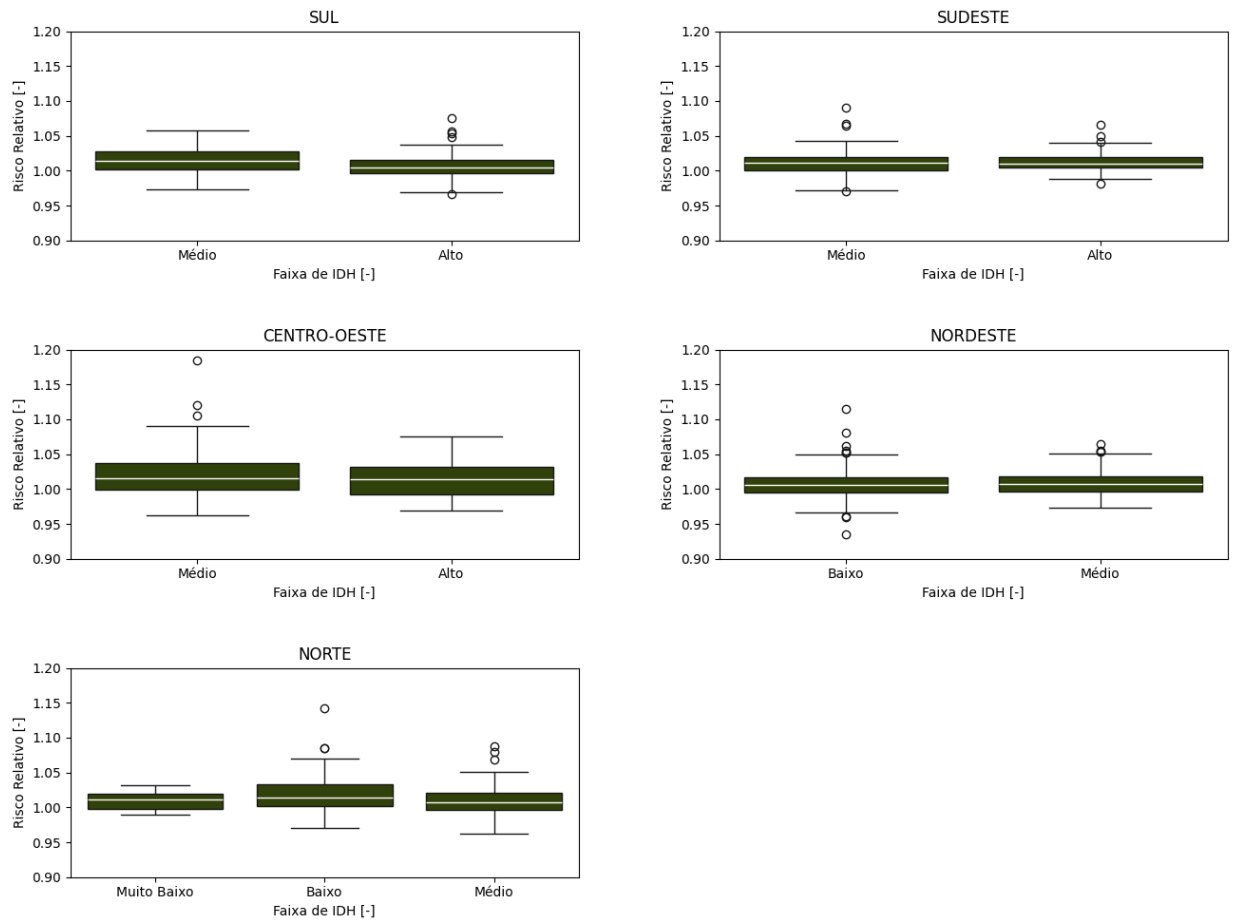
Figura 7 – Riscos Relativos por Faixa de IDH em Resolução de Pixel



Nota: Não foram gerados boxplots para faixas de IDH em regiões com uma amostra inferior a 5 pontos de dados.

Fonte: Elaboração própria.

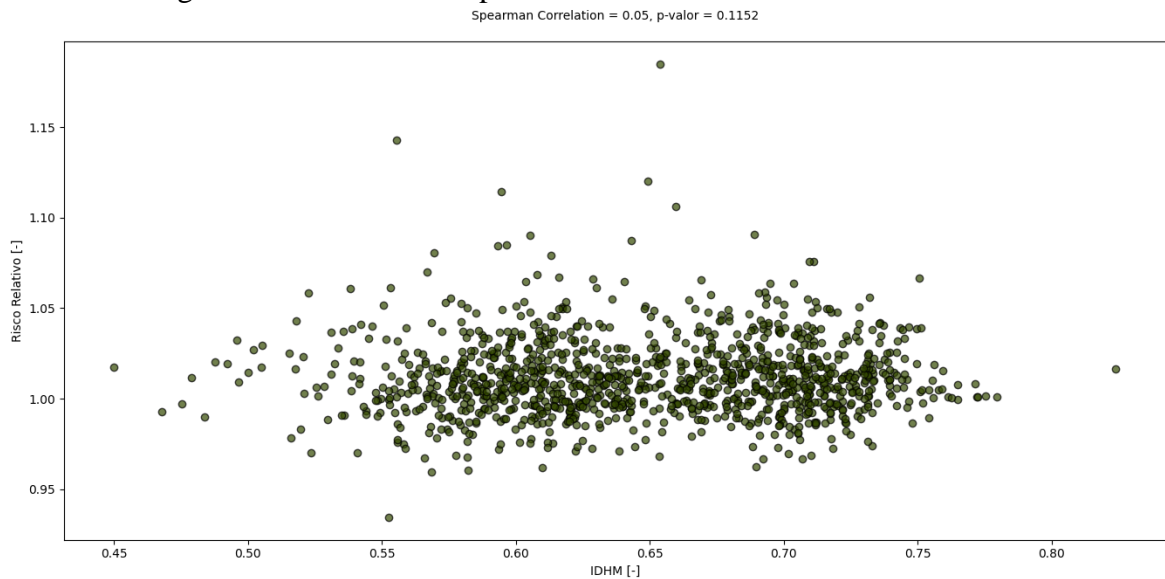
Figura 8 – Riscos Relativos por Faixa de IDH por Região em Resolução de Pixel



Obs.: Na elaboração dos boxplots, foram contempladas exclusivamente as faixas que apresentaram uma quantidade de dados suficiente em cada região. Não foram gerados boxplots para faixas de IDH em regiões com uma amostra inferior a 5 pontos de dados.

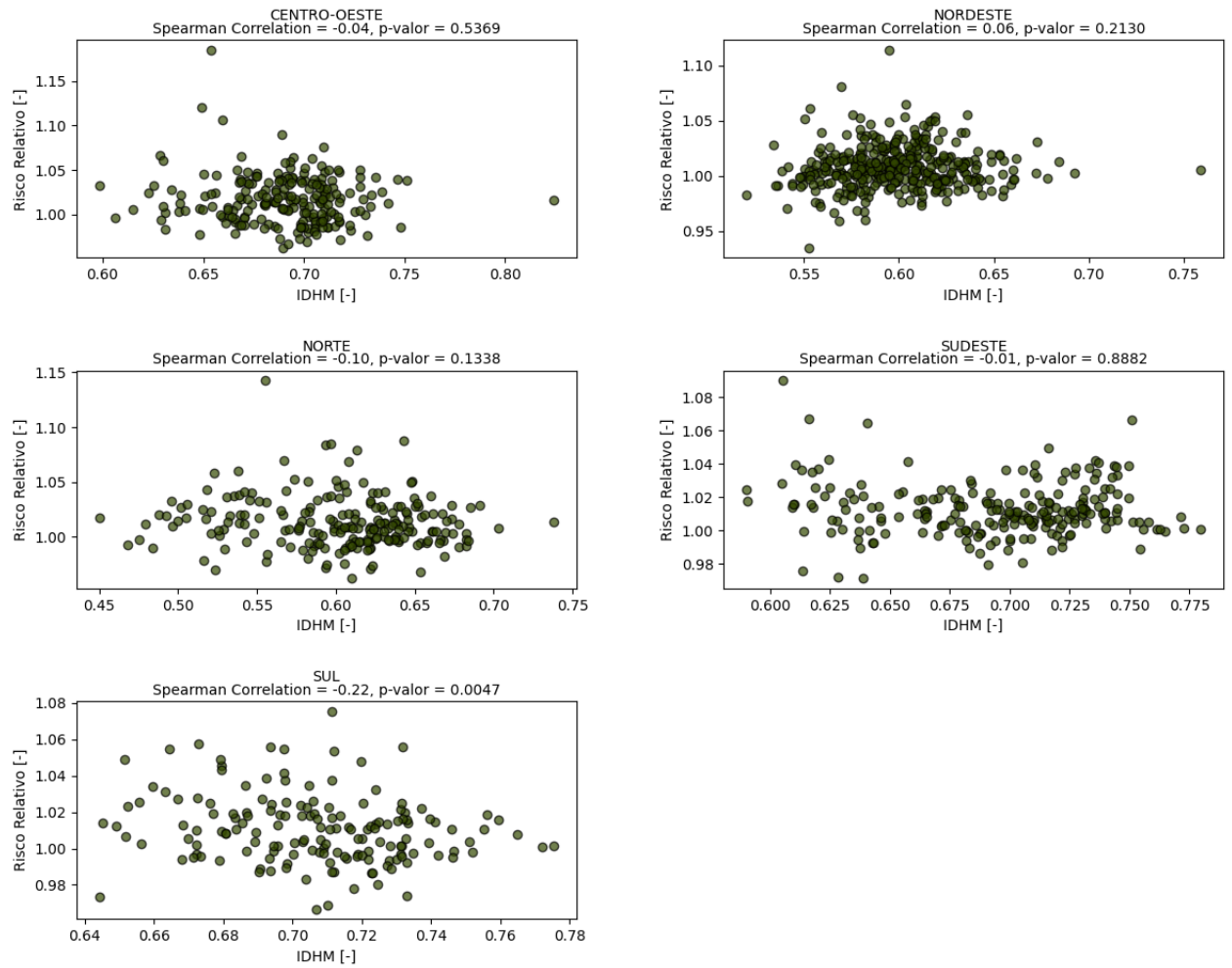
Fonte: Elaboração própria.

Figura 9 – Gráfico de Dispersão dos Riscos Relativos versus IDHM



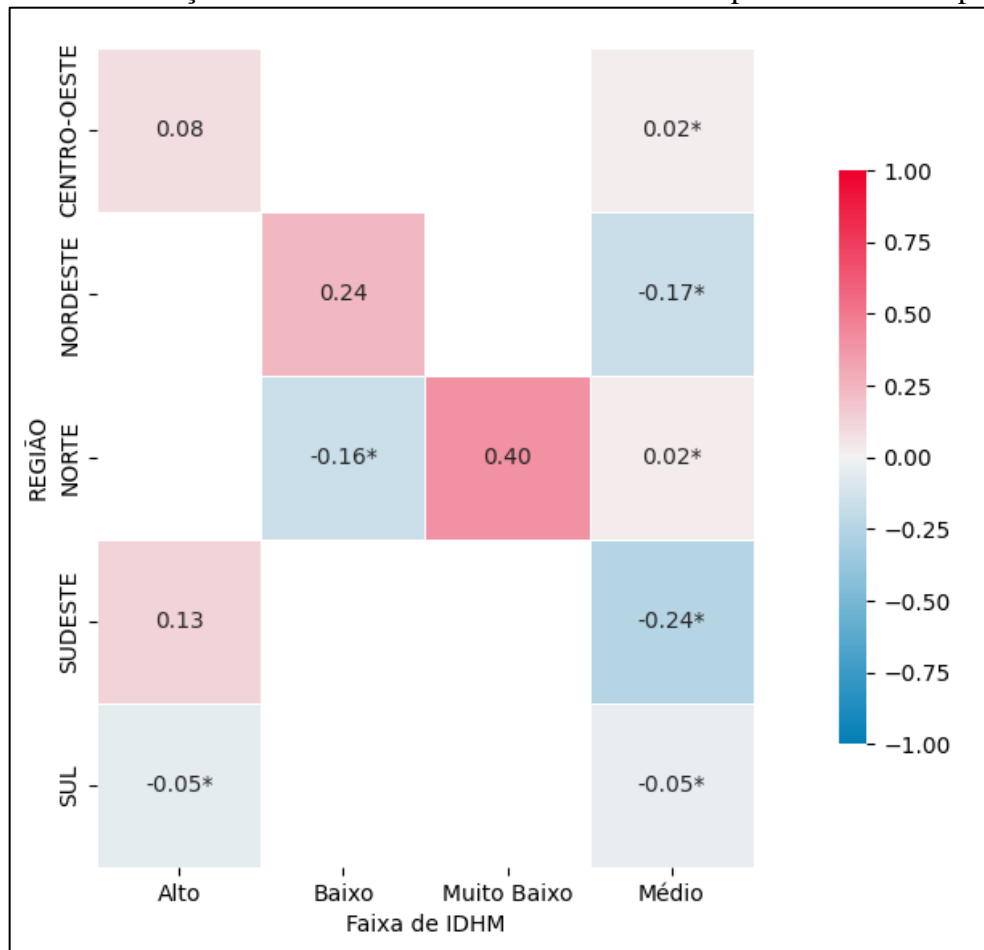
Fonte: Elaboração própria.

Figura 10 – Gráficos de Dispersão dos Riscos Relativos versus IDHM por Região



Fonte: Elaboração própria.

Figura 11 – Correlação das Variáveis IDHM e Risco Relativo pelo Método de Spearman



Obs.: Valores de $p < 0.05$ estão marcados com um asterisco (*)

Fonte: Elaboração própria.

4.2 CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE USO DO SOLO E RISCO RELATIVO

Observando as estatísticas dos Riscos Relativos por Percentual de Floresta e os boxplots da Figura 12, nota-se que os resultados não apresentaram uma relação linear evidente entre cobertura florestal e riscos relativos. Contudo, nota-se que a menor mediana de riscos é referente aos pixels onde o percentual de floresta é maior (80% a 100%). E que a maior mediana de risco é referente aos pixels onde o percentual de floresta é menor (0% a 20%). O teste de Mann-Whitney revelou que há diferença estatisticamente significativas entre tais faixas (resultados disponíveis no Apêndice P). Para estas faixas, portanto, a hipótese nula foi rejeitada e assume-se que há evidências de pixels com os maiores percentuais de floresta apresentarem menores riscos.

Já para os usos na agropecuária, conforme visto nos boxplots da Figura 12, nota-se pixels com maiores percentuais de uso para agropecuária (80% – 100%) apresentaram também as maiores medianas de riscos, além de maior variabilidade nos dados de riscos. Pixels com menores percentuais de uso para agropecuária (0% a 20%) apresentaram as menores medianas de riscos, além de menor variabilidade nos dados de riscos. De acordo com os p-valores obtidos no teste de Mann-Whitney (disponíveis no Apêndice Q), rejeitou-se a hipótese nula e assumiu-se que há diferenças estatisticamente significativas entre as medianas de risco de tais faixas.

No que se refere às áreas urbanizadas, notou-se que as faixas de valores de 40% – 60% e 80% - 100% de áreas urbanizadas nos pixels apresentaram menos de 5 pixels cada uma. A menor mediana dos riscos encontrou-se na faixa de 20% a 40% de urbanização. Já a maior encontrou-se na faixa de 0% a 20% de urbanização, conforme pode-se ver na Figura 12. De acordo com o teste de Mann-Whitney, só há evidências para assumir a hipótese alternativa (das medianas serem diferentes) entre as faixas de 0% a 20% de urbanização e 20% a 40% de urbanização. As estatísticas resultantes de tal teste estão no Apêndice R.

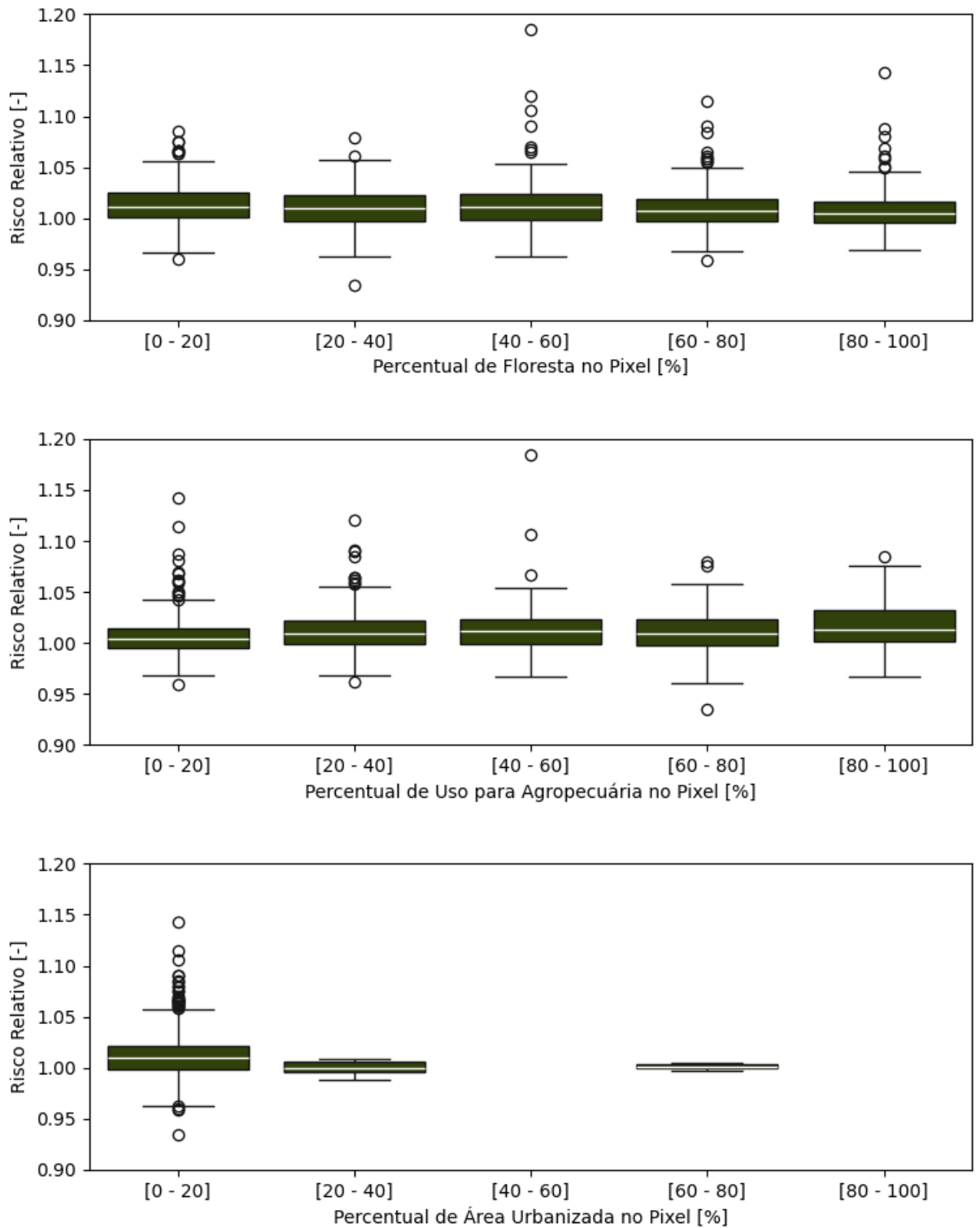
A Figura 13 exibe os gráficos de dispersão dos riscos relativos versus o percentual de floresta, uso para agropecuária e áreas urbanizadas nos pixels, respectivamente. Na Figura 13 pode-se observar também os Coeficientes de Correlação de Spearman calculados, que indicam correlações muito fracas e significativas.

A correlação entre percentual de floresta no pixel e risco relativo é negativa, o que indica que quanto maior a área de floresta no pixel, menores tendem a ser os riscos. Já a correlação entre percentual de uso na agropecuária e risco relativo é positiva, o que indica que, áreas com maior uso para agropecuária tendem a apresentar maiores riscos. A correlação entre percentual

de área urbanizada e risco relativo é negativa, o que pode indicar que quanto menor a área urbanizada nos pixels, maior o risco.

A espacialização do Uso e Cobertura do Solo pode ser observada no Apêndice B, enquanto a espacialização da variável reamostrada pode ser visualizada no Apêndice E. As estatísticas de risco calculadas para os percentuais de floresta, uso na agropecuária e áreas urbanizadas nos pixels estão disponíveis no Apêndice L, M e N, respectivamente.

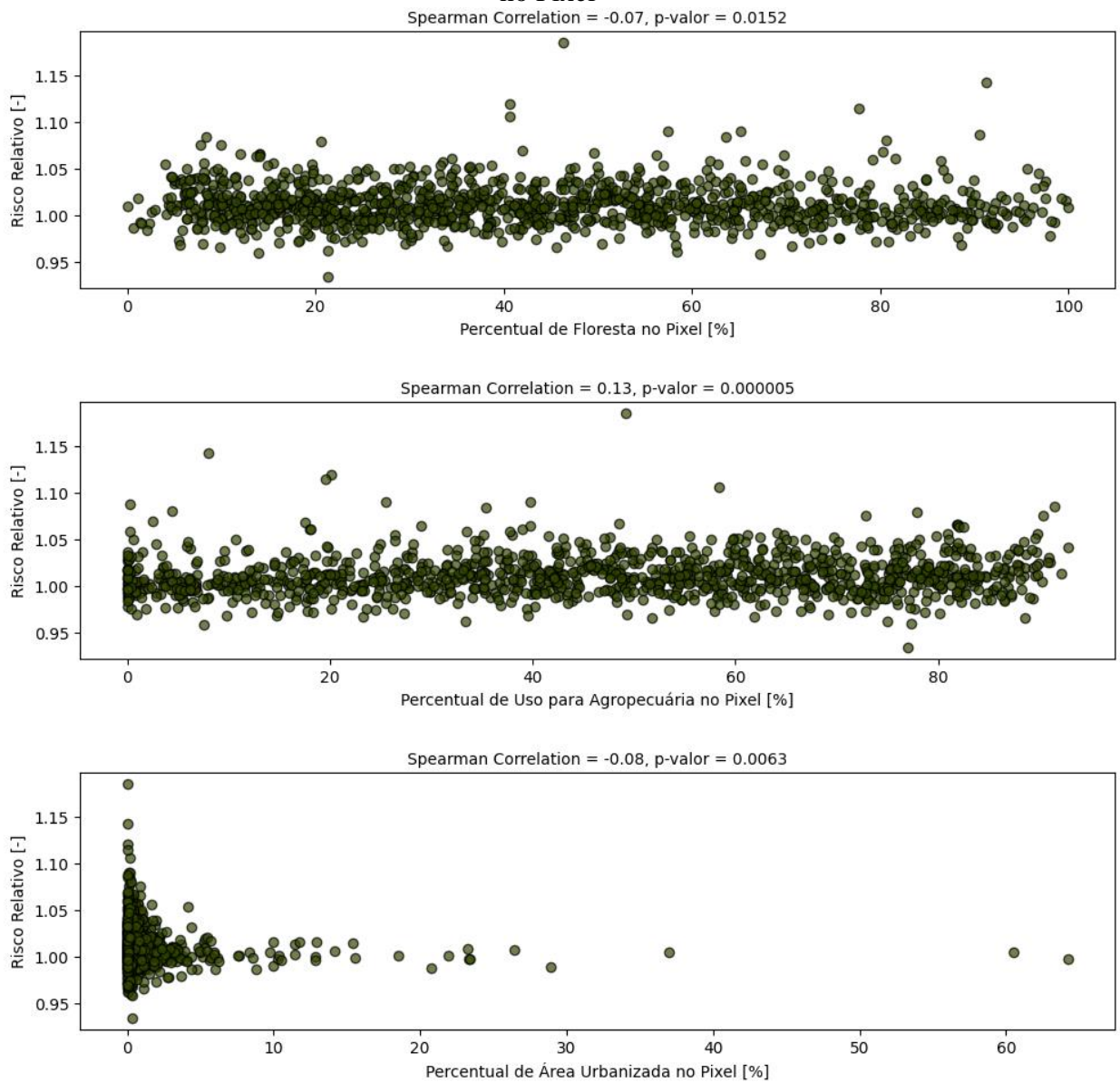
Figura 12 – Riscos Relativos por Percentual de Floresta, Uso para Agropecuária e Área Urbanizada no Pixel



Obs.: A ausência de boxplots em certas faixas indica falta de dados suficientes nas mesmas.

Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 – Gráficos de Dispersão dos Riscos Relativos versus Percentual de Floresta, Uso para Agropecuária e Área Urbanizada no Pixel



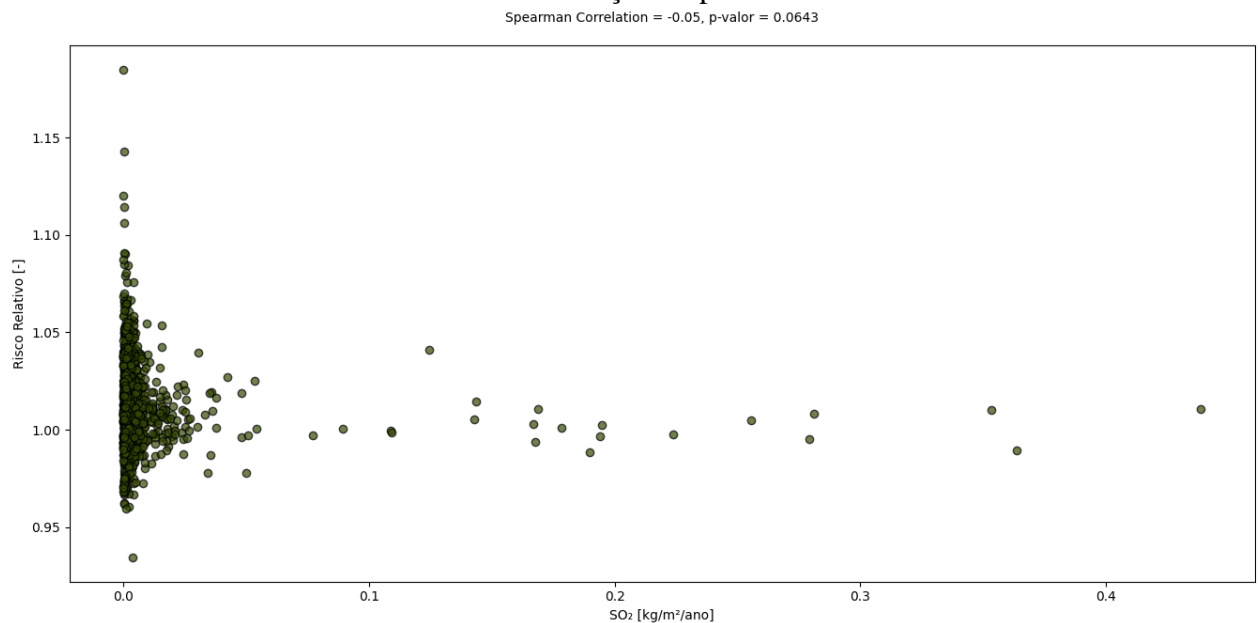
Fonte: Elaboração própria.

4.3 CORRELAÇÃO ESPACIAL ENTRE FONTES DE POLUENTES E RISCO RELATIVO

Na Figura 14 tem-se o gráfico de dispersão dos riscos relativos versus densidades de emissões de SO₂. A correlação de Spearman calculada foi de -0.05, indicando uma fraca relação negativa: à medida que as emissões aumentam, os riscos relativos tendem a diminuir ligeiramente. No entanto, o p-valor associado ao teste foi de 0.0643, indicando que não há evidências para a rejeição da hipótese nula a um nível de significância de 0.05.

A espacialização do Uso e Cobertura do Solo pode ser observada no Apêndice C, enquanto a espacialização da variável reamostrada pode ser visualizada no Apêndice E. Os Boxplots indicando a densidade de emissões de SO₂ por região em resolução de pixel estão no Apêndice H.

Figura 14 – Gráfico de Dispersão dos Riscos Relativos versus Densidades de Emissões de SO₂ em resolução de pixel



Fonte: Elaboração própria.

5 DISCUSSÃO

De acordo com a exposição espacial das variáveis estudadas, observou-se que as regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste apresentaram os maiores riscos, indicando uma distribuição não homogênea dos riscos pelo território brasileiro, o que justifica estudos que investiguem a variabilidade espacial do risco no Brasil.

Pixels com IDHM muito baixo e médio apresentaram as maiores medianas de riscos, o que pode indicar associação entre vulnerabilidade social e exposição a ameaças. Tais resultados reforçam a constatação feita por Noronha e Andrade (2001) que diz que quanto maior a desigualdade na distribuição de renda, menor é a chance de a pessoa apresentar bom estado de saúde no Brasil.

Porém, a análise regional revelou que as regiões com IDH mais elevado, como Sul, Sudeste e Centro-Oeste, tiveram, em média, maiores riscos. Essas disparidades suscitam reflexões intrigantes. Uma interpretação possível é que, embora as regiões com IDHM mais elevado apresentem, em média, maiores riscos, a distribuição dos valores de IDHM e riscos dentro dessas áreas pode ser heterogênea. A desigualdade socioeconômica no Brasil é ainda mais acentuada entre municípios, com algumas cidades do Nordeste comparáveis a países como Qatar e Israel, e outras ao Haiti (LUCIANO et al., 2013). Pixels específicos dentro de regiões mais desenvolvidas podem exibir vulnerabilidades significativas, destacando a necessidade de uma abordagem mais granular para avaliação de riscos. Além disso, a constatação pode sugerir que em regiões com IDHMs mais elevados, as emissões sejam mais significativas e as concentrações de poluentes sejam mais altas, podendo aumentar os valores de risco.

Ao explorar a correlação entre uso do solo e risco relativo, notou-se uma relação inversa entre o percentual de floresta nos pixels e os riscos relativos: tal constatação chama atenção para a importância da preservação florestal na redução dos impactos ao meio ambiente e à saúde. Um estudo conduzido por Powe e Willis (2004) sugere que a cobertura florestal na Grã-Bretanha absorve a poluição de SO₂ significativamente, aumentando a expectativa de vida e prevenindo de internações hospitalares por doenças respiratórias. Além disso, chama-se atenção para a necessidade de redução das emissões de SO₂, uma vez que as árvores capturam poluentes do ar, incluindo dióxido de enxofre, monóxido de carbono, dióxido de carbono (CO₂), entre outros (TALLIS et al. 2011 apud. MULLANEY et al. 2015) e o SO₂ é um dos principais gases os principais poluentes capazes de causar efeitos deletérios às árvores (DE; LIMA, 1980).

Adicionalmente, a correlação positiva entre o percentual de uso na agropecuária e risco relativo destaca a possível influência negativa dessa prática no contexto analisado. Segundo

Morello et al. (2020), existe uma relação entre queimadas e economia local de municípios que dependem principalmente de atividades agrícolas. As queimadas produzem poluição atmosférica que representa um grave risco para a saúde da população (FERNANDES COELHO et al., 2023). O SO₂ pode ser um dos produtos da queima.

Em relação ao percentual de áreas urbanizadas nos pixels, o cálculo das medianas dos riscos relativos sugeriu que áreas menos urbanizadas tendem a apresentar medianas maiores de riscos. Embora não haja evidências significativas de que as medianas de riscos são diferentes entre os percentuais de área urbanizada para diversas faixas, esse padrão talvez possa se relacionar com a presença de atividades econômicas como indústrias em regiões menos desenvolvidas urbanisticamente. Segundo a CETESB (2021), dentre as fontes antropogênicas de emissão de SO₂, destacam-se as atividades industriais relacionadas ao processamento de materiais contendo enxofre.

Ao explorar a correlação espacial entre fontes de poluentes e risco relativo, não se pôde rejeitar a hipótese nula, pois o teste não apresentou o nível de significância desejado. O resultado da correlação foi fraco e negativo entre as densidades de emissões de SO₂ e os riscos relativos, podendo indicar que os riscos podem não estar exclusivamente vinculados às emissões, ressaltando a necessidade de investigação de outros fatores relevantes. É o exemplo de padrões socioeconômicos e condições meteorológicas – as quais não foram contempladas neste estudo.

De maneira geral, as correlações calculadas entre risco relativo e as demais variáveis pelo Coeficiente de Correlação de Spearman apresentaram-se muito fracas, levantando a possibilidade de que a natureza das variáveis consideradas ou o método de teste empregado possam ter influenciado tais resultados.

Este estudo consistiu em uma análise preliminar de uma possível associação entre as variáveis estudadas. No entanto, chama-se atenção para algumas limitações associadas a ele.

Para a análise de correlação, utilizou-se a Correlação de Spearman, que mede a força e a direção de uma relação monotônica entre duas variáveis. Neste contexto, a implementação de um modelo de regressão, como a regressão linear ou regressão em painel, poderia oferecer uma vantagem significativa. Tais modelos permitem a análise simultânea de múltiplas variáveis, proporcionando uma compreensão mais abrangente e precisa das relações entre as variáveis. Além disso, o Coeficiente de Correlação de Spearman não considera a influência direta de uma localidade sobre a outra, pois se baseia na ordem dos dados, não em suas coordenadas geográficas. A ausência dessa abordagem pode limitar a compreensão completa das dinâmicas espaciais subjacentes aos dados analisados.

Ainda, foi adotada a resolução espacial de $0.500^{\circ} \times 0.625^{\circ}$, alinhada com a resolução dos dados de risco, cuja resolução seguiu a do MERRA-2. Tal resolução pode não ser adequada para capturar nuances específicas das variáveis estudadas. Essa limitação pode comprometer a precisão da representação de fenômenos locais, onde detalhes espaciais mais refinados são essenciais para uma compreensão abrangente e fiel a realidade.

Por fim, salienta-se que o cálculo do risco relativo considerou exclusivamente os dados de internações hospitalares respiratórias do DATASUS, o que não abrange a rede privada, podendo comprometer a precisão dos resultados.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O estudo apresentou a correlação entre o risco relativo de internações respiratórias associadas ao poluente SO₂ com as variáveis IDHM, Uso e Cobertura do Solo e Fontes de Poluentes.

Os resultados mostraram que pixels com os menores IDHMs apresentaram os maiores riscos. Já na análise regional, regiões com maiores IDHMs apresentaram os maiores riscos. Pixels com os maiores percentuais de área de floresta apresentaram os menores riscos, enquanto os pixels com os maiores percentuais área para uso na agropecuária apresentaram os maiores riscos. Pixels com os menores percentuais de área urbanizada apresentaram os maiores riscos. A correlação entre fontes de poluentes e risco relativo não apresentou a significância desejada.

De acordo com os resultados do coeficiente de correlação de Spearman, os riscos relativos apresentam correlações classificadas como muito fracas e fracas com as variáveis testadas. Diante dessa constatação, sugere-se explorar alternativas de modelagem, como, por exemplo, a aplicação de modelos de regressão linear ou mesmo modelos de regressão em painel. A exploração dessas técnicas pode oferecer uma perspectiva mais abrangente e contribuir para uma compreensão mais completa do comportamento das variáveis em estudo. Além disso, incentiva-se pesquisas futuras a explorarem métodos que abordem as complexidades espaciais presentes nos dados.

Por fim, recomenda-se a ampliação do escopo do estudo para incluir outros poluentes relevantes, como o CO. Originado principalmente de processos de combustão, esse composto pode exercer influências significativas na saúde respiratória.

REFERÊNCIAS

Atlas do desenvolvimento humano nas regiões metropolitanas brasileiras Florianópolis, Sorocaba, Rida Grande Teresina, Rida Petrolina-Juazeiro. – Brasília: IPEA : PNUD : FJP, 2017.

BRITTO, D. et al. **Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r)**Revista Política Hoje. 2019.

BUSS, P. M.; PELLEGRINI FILHO, A. Iniquidades em saúde no Brasil, nossa mais grave doença: comentários sobre o documento de referência e os trabalhos da Comissão Nacional sobre Determinantes Sociais da Saúde. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, n. 9, p. 2005–2008, set. 2006.

CARVALHO, AI. Determinantes sociais, econômicos e ambientais da saúde. In FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ. A saúde no Brasil em 2030 - prospecção estratégica do sistema de saúde brasileiro: população e perfil sanitário [online]. **Rio de Janeiro: Fiocruz/Ipea/Ministério da Saúde/Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República**, 2013. Vol. 2. pp. 19-38. ISBN 978-85-8110-016-6.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Dióxido de Enxofre: Métodos de Análise**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2020/07/Dio%CC%81xido-de-enxofre.pdf> . Acesso em: 20 de novembro de 2023.

DE, W.; LIMA, P. **AS FLORESTAS E A POLUIÇÃO DO AR**. 1980.

DE PAULA SANTOS, U. et al. Environmental air pollution: Respiratory effects. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 47, n. 1, p. 1–13, 2021.

FERNANDES COELHO, T. et al. IMPACTOS DOS POLUENTES RESULTANTES DAS QUEIMADAS NA SAÚDE HUMANA. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 1, p. 1–15, 2023.

HEALTH EFFECTS INSTITUTE. **Air quality and health in cities: a state of global air report**. 2022.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 01 nov. 2023.

ISS (Instituto Saúde e Sustentabilidade). 2019. **Análise do monitoramento de qualidade do ar no Brasil**. Disponível em: https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/An%C3%A1lise-do-Monitoramento-de-Qualidade-do-Ar-no-Brasil_ISS.pdf. Acesso em: 02 de jul. de 2023.

Joint Research Centre (JRC). **Global Air Pollutant Emissions:Time series 1970-2018**. Emissions Database for Global Atmospheric Research (EDGAR). Disponível em: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/dataset_ap61. Acesso em: 13 abr. 2023.

LUCIANO, B. et al. **DESIGUALDADES SOCIOECONÔMICAS, DEMOGRÁFICAS E EM SAÚDE NO NORDESTE BRASILEIRO**. 2013.

M.P.J. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS**. 2012. Dissertação (Mestrado em Planejamento Urbano e Industrial) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2012.

MAKRI, A.; STILIANAKIS, N. I. Vulnerability to air pollution health effects. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 211, n. 3–4, p. 326–336, jul. 2008.

MARIO, J. **Poluição atmosférica como condicionante no processo de ocupação do espaço urbano: Análise na cidade de Porto Alegre, RS**. 2012.

MARQUES TORRES, L. et al. Poluição atmosférica em cidades brasileiras: uma breve revisão dos impactos na saúde pública e meio ambiente. **Naturae**, v. 2, n. 1, p. 23–33, 26 ago. 2020.

MINISTÉRIO DA SAÚDE; SECRETARIA DE VIGILÂNCIA EM SAÚDE; DEPARTAMENTO DE SAÚDE AMBIENTAL, DO T. E V. DAS E. EM S. P. **Poluição atmosférica na ótica do Sistema Único de Saúde: vigilância em saúde ambiental e qualidade do ar.** 2021.

MOORE, Julia Placido. **DOENÇAS CARDIORRESPIRATÓRIAS E POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA: UMA ANÁLISE ESPACIAL DE RISCO NO BRASIL.** 2023. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023.

MORELLO, T.F. et al. Predicting fires for policy making: Improving accuracy of fire brigade allocation in the Brazilian Amazon. **Ecological Economics**, v.169, p.106501, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2019.106501>.

MULLANEY, J.; LUCKE, T.; TRUEMAN, S. J. A review of benefits and challenges in growing street trees in paved urban environments. **Landscape and Urban Planning**, v. 134, p. 157–166, fev. 2015.

MURRAY, C. J. L. *et al.* Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet**, v. 396, n. 10258, p. 1223–1249, out. 2020. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0140673620307522>>.

NORONHA, K. V. M. S.; ANDRADE, M. V. Desigualdades sociais em saúde: evidências empíricas sobre o caso brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 32, p. 877-897, 2001.

Nowak, D., & Bosch, M. (2019). [Tree and forest effects on air quality and human health in and around urban areas]. *Sante publique*, S1 HS, 153-161. <https://doi.org/10.3917/spub.190.0153>.

O'LENICK, C. R. et al. Urban heat and air pollution: A framework for integrating population vulnerability and indoor exposure in health risk analyses. **Science of The Total Environment**, v. 660, p. 715–723, abr. 2019.

Observatório do Clima. **Análise das Emissões de Gases de Efeito Estufa e Suas Implicações para as Metas Climáticas do Brasil**. 2023.

Organização Pan-Americana da Saúde. **Novas Diretrizes Globais de Qualidade do Ar da OMS visam salvar milhões de vidas da poluição atmosférica**. 2021. Disponível em: <https://www.paho.org/pt/noticias/22-9-2021-novas-diretrizes-globais-qualidade-do-ar-da-oms-visam-salvar-milhoes-vidas-da>. Acesso em: 13 nov. 2023.

PINO-CORTÉS, E. et al. Effect of socioeconomic status on the relationship between short-term exposure to PM_{2.5} and cardiorespiratory mortality and morbidity in a megacity: the case of Santiago de Chile. **Air Quality, Atmosphere & Health**, v. 13, n. 5, p. 509–517, 2 maio 2020.

POWE, N. A.; WILLIS, K. G. Mortality and morbidity benefits of air pollution (SO₂ and PM₁₀) absorption attributable to woodland in Britain. **Journal of Environmental Management**, v. 70, n. 2, p. 119–128, fev. 2004.

Projeto MapBiomass – **Coleção 8 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil**. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/>. Acesso em: 05 de mar. de 2023.

REID, C. E. et al. Health impacts of wildfire smoke. *Environ. Health Perspect.* **124**, 1334–1343.

SciPy Community. (2022). **SciPy: Open source scientific tools for Python**. Disponível em: <https://www.scipy.org/>. Acesso em: 01 set. 2023.

SIMONI, W. F. DE et al. **O ESTADO DA QUALIDADE DO AR NO BRASIL**. São Paulo: Brasil, jan. 2021. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/sites/default/files/wri-o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil.pdf>. Acesso em: 02 out. 2023.

SOLAR, O.; IRWIN, A. A conceptual framework for action on the social determinants of health. **Social Determinants of Health Discussion Paper 2**. Genebra: OMS, 2010.

SOUSA, Á. Coeficiente de correlação de Pearson e coeficiente de correlação de Spearman: o que medem e em que situações devem ser utilizados? **Correio dos Açores: Matemática**, p. 19, 2019.

TEIXEIRA, E. C.; FELTES, S.; RAMOS DE SANTANA, E. R. **ESTUDO DAS EMISSÕES DE FONTES MÓVEIS NA REGIÃO METROPOLITANA DE PORTO ALEGRE, RIO GRANDE DO SUL**. 2008.

TSAO, T. M. et al. The health effects of a forest environment on subclinical cardiovascular disease and health-related quality of life. **PLoS ONE**, v. 9, n. 7, 28 jul. 2014.

VIALI, L. **Testes de Hipóteses Não Paramétricos**. Disponível em: http://www.mat.ufrgs.br/~viali/estatistica/mat2282/material/apostilas/Testes_Nao_Parametricos.pdf. Acesso em: 01 out. 2023.

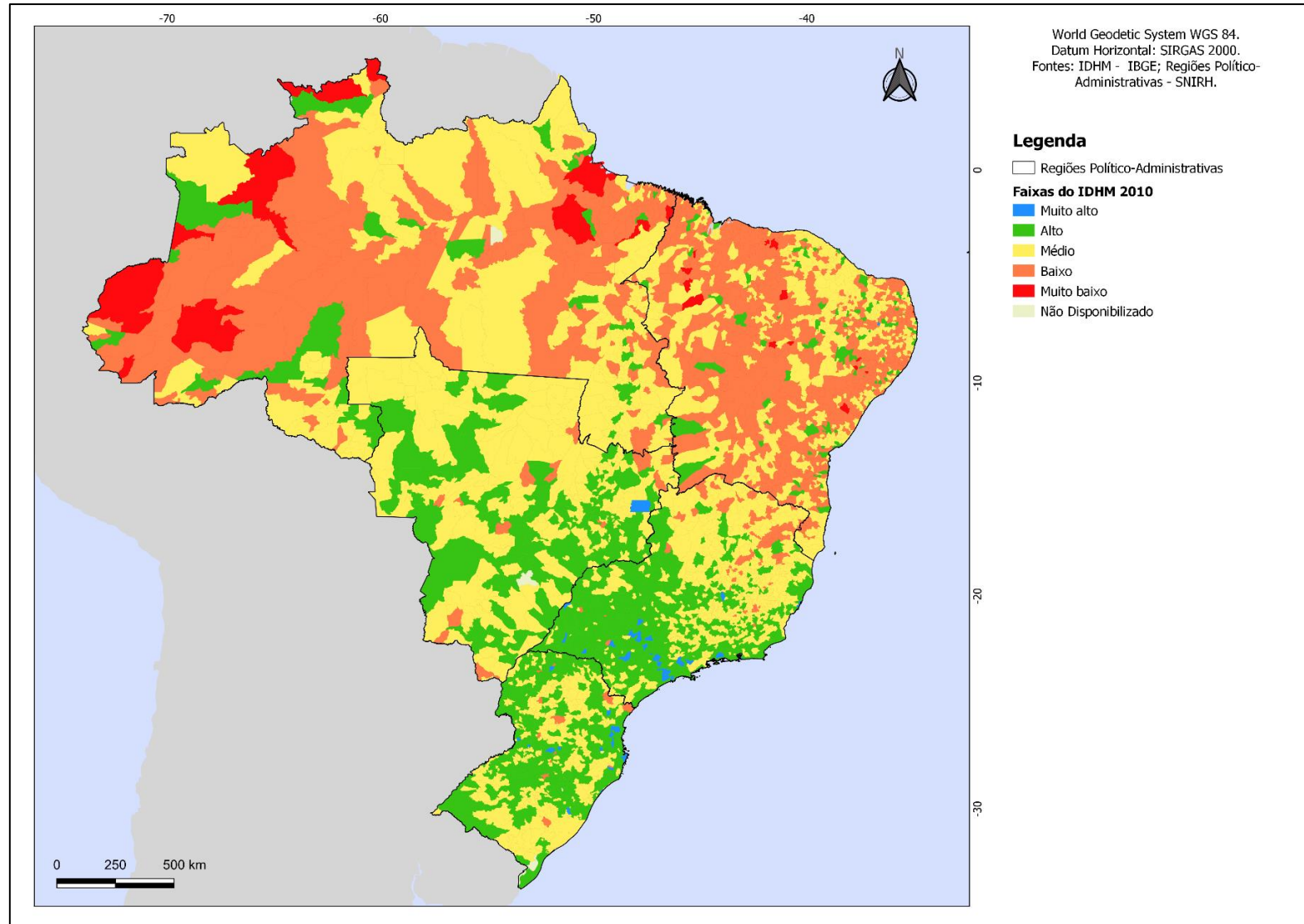
WAGNER, M.; CALLEGARI-JACQUES, S. Medidas de associação em estudos epidemiológicos: risco relativo e odds ratio. **Jornal de Pediatria**, v. 74, p. 247–251, 1998.

WILL, R. et al. Socioeconomic development role in hospitalization related to air pollution and meteorology: A study case in southern Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 826, 20 jun. 2022.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Air pollution: The invisible health threat**. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/feature-stories/detail/air-pollution--the-invisible-health-threat>. Acesso em: 31 out. 2023.

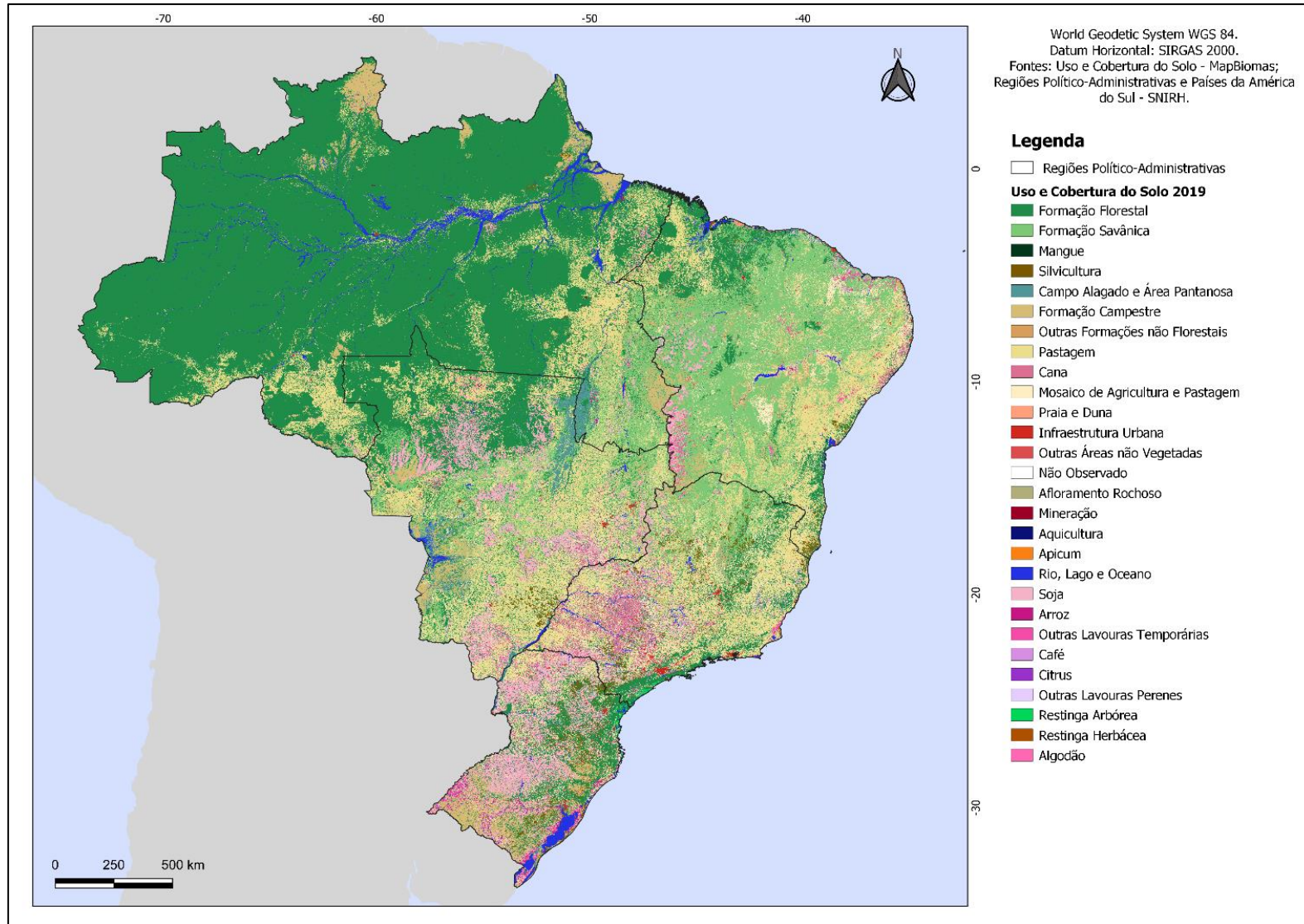
YAN, Zhihong; WANG, Shuqian; MA, Ding; LIU, Bin; LIN, Hong; LI, Su. Meteorological Factors Affecting Pan Evaporation in the Haihe River Basin, China. **Water**, v. 11, n. 2, p. 317, 13 fev. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/w11020317>.

APÊNDICE A – ESPACIALIZAÇÃO DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL – BRASIL, 2010



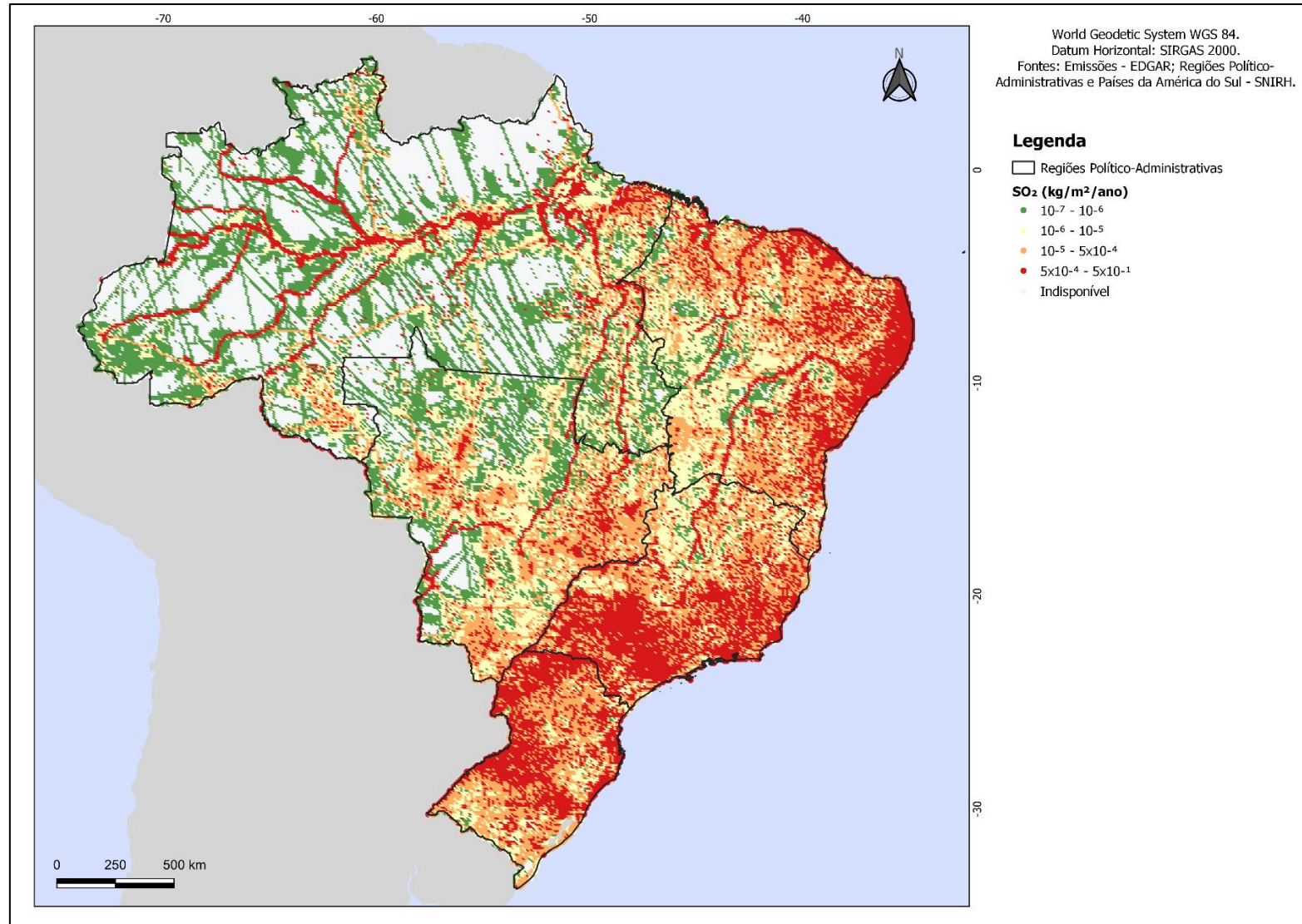
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2010).

APÊNDICE B – ESPACIALIZAÇÃO DO USO DO SOLO – BRASIL, 2019



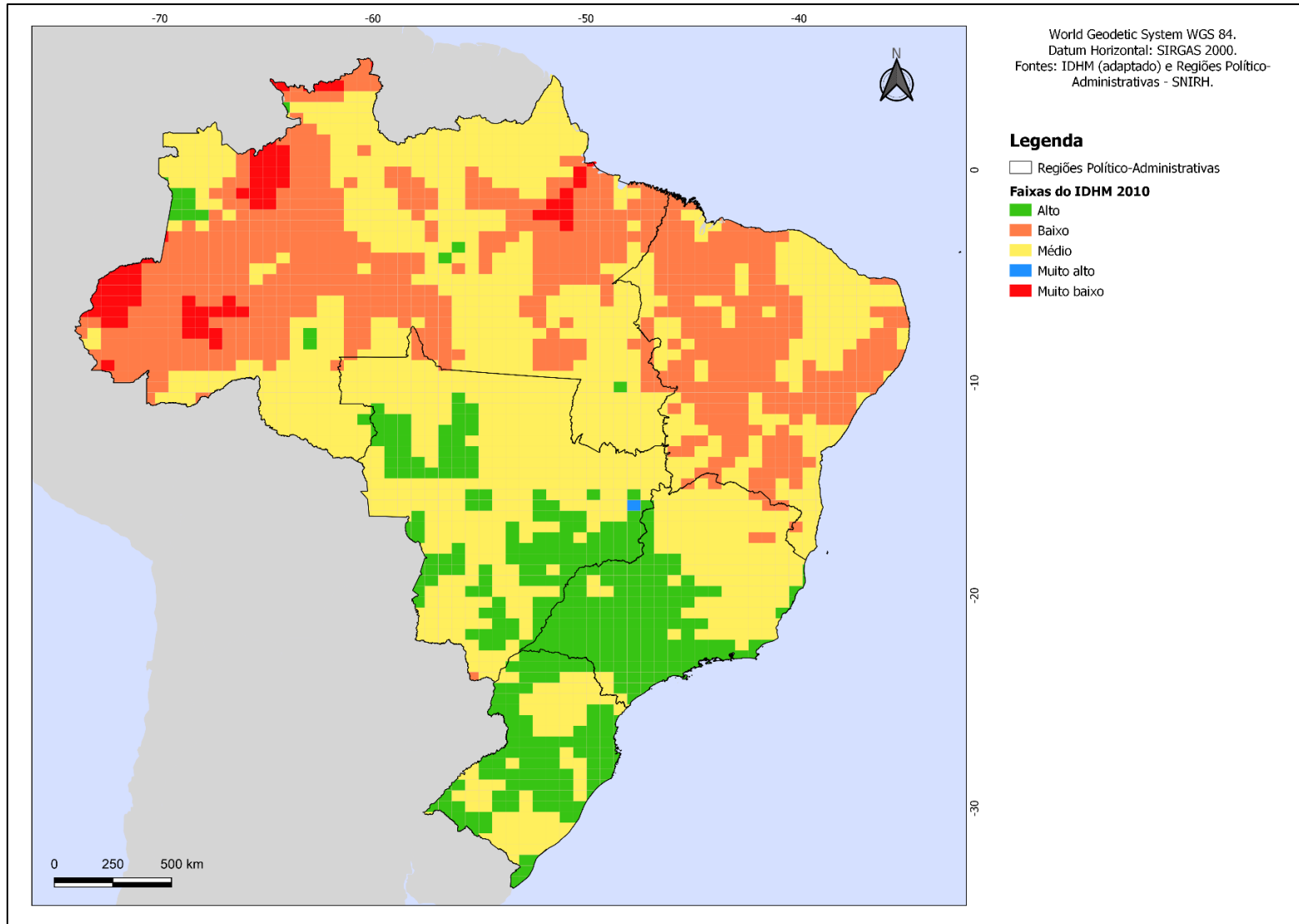
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do MapBiomas (2019).

APÊNDICE C – ESPACIALIZAÇÃO DAS DENSIDADES DE EMISSÕES DE SO₂ NO BRASIL ENTRE 1970 E 2018



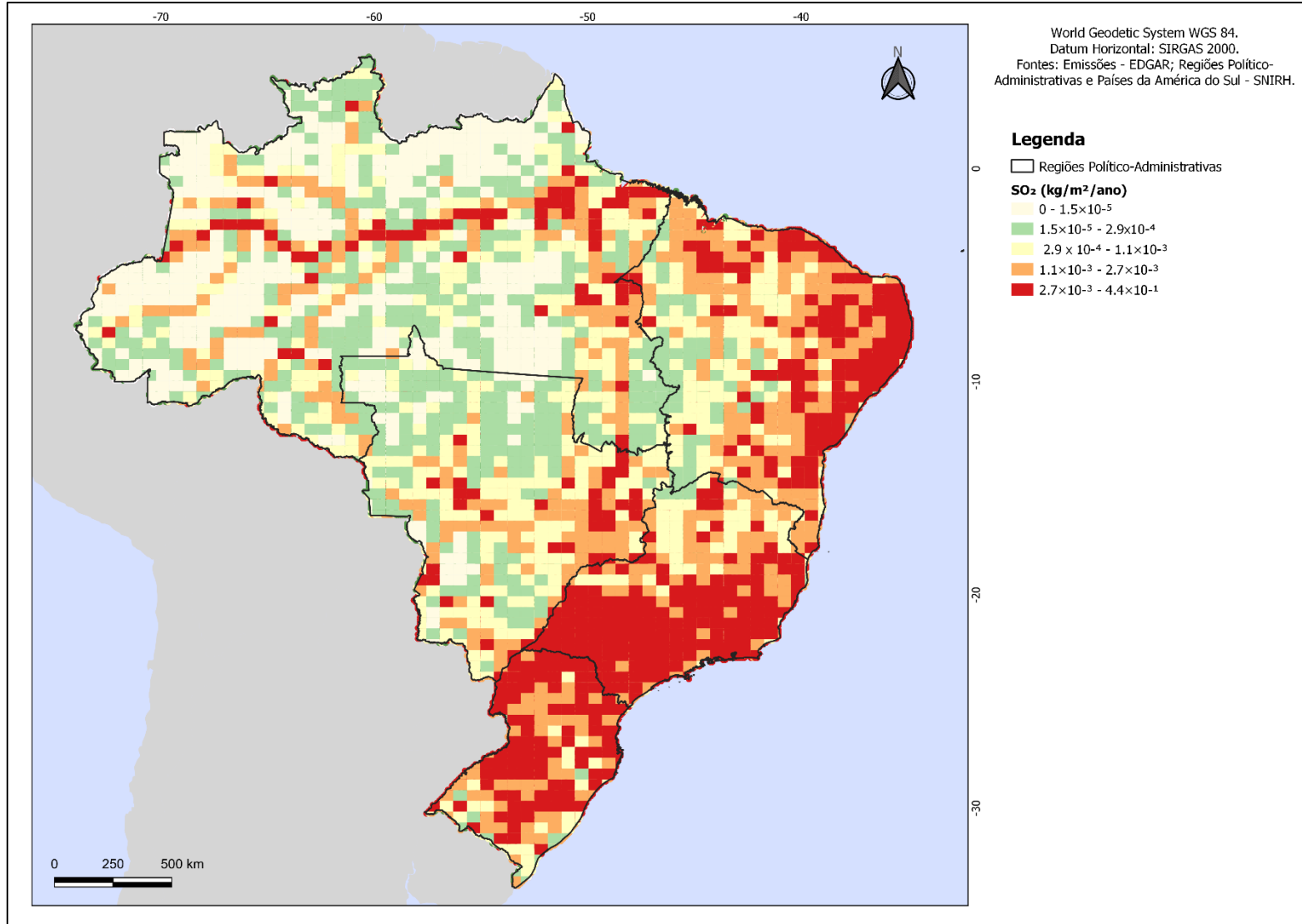
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do EDGAR (2018).

APÊNDICE D – IDHM POR RESOLUÇÃO DE PIXEL REAMOSTRADA



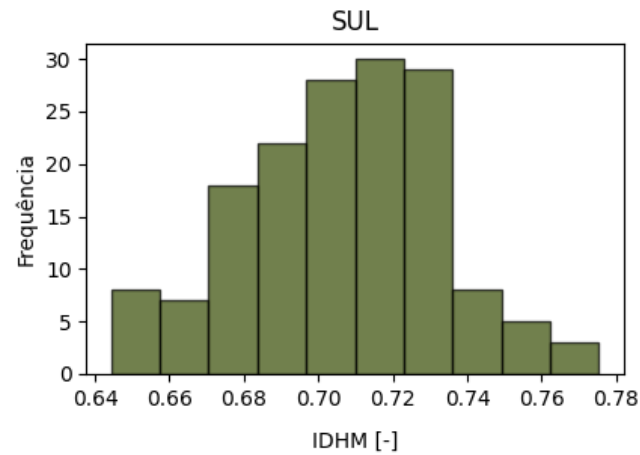
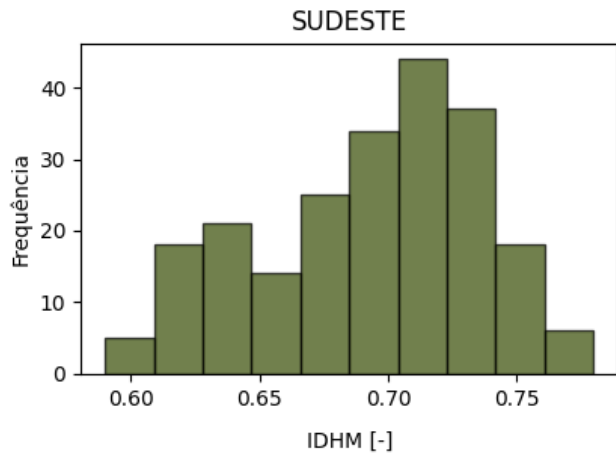
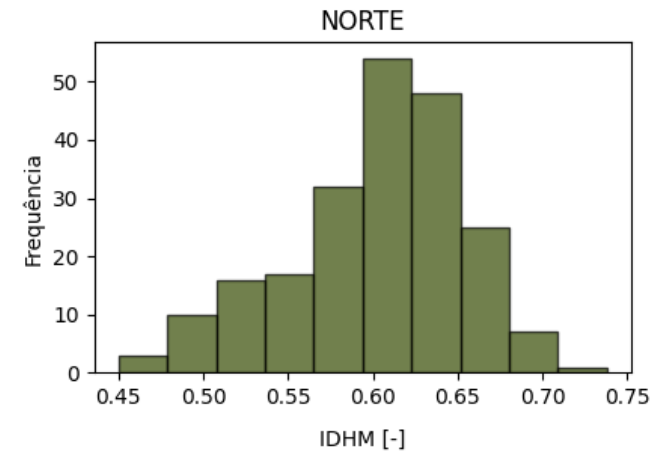
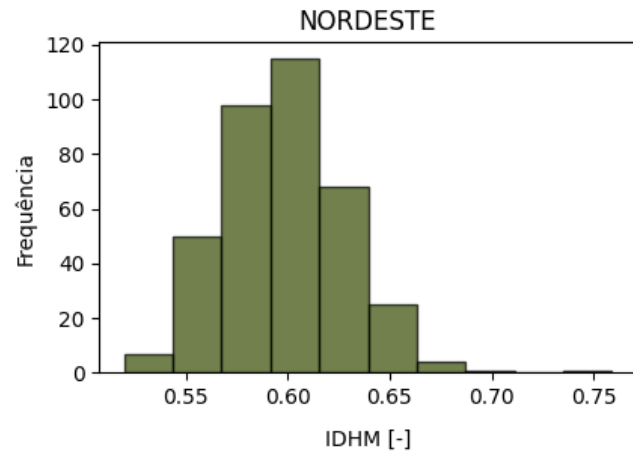
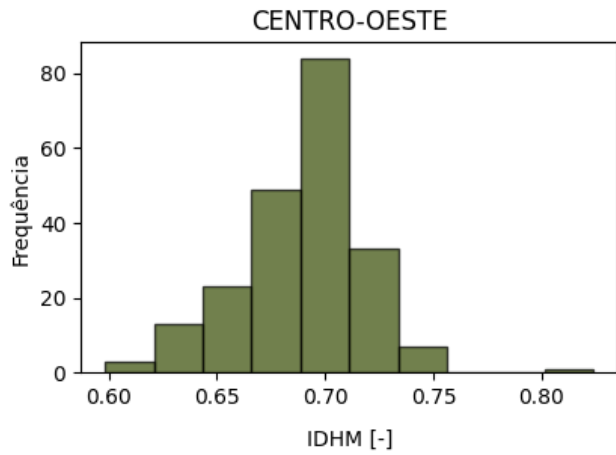
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2010).

APÊNDICE E – MÉDIAS DE EMISSÕES DE SO₂ NO BRASIL POR RESOLUÇÃO DE PIXEL REAMOSTRADA



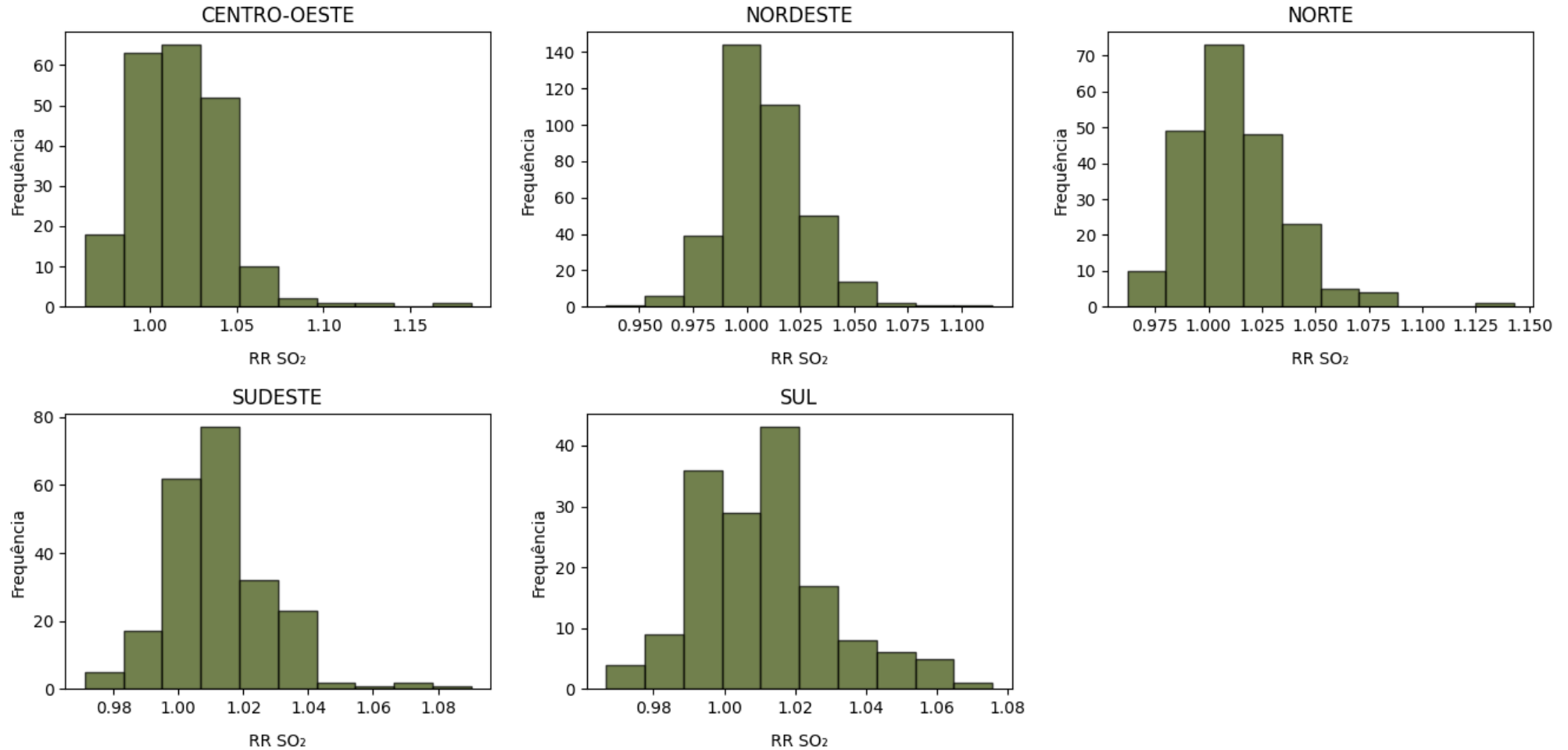
Fonte: Elaboração própria a partir de dados do EDGAR (2018).

**APÊNDICE F – HISTOGRAMAS DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO MUNICIPAL POR RESOLUÇÃO DE
PIXEL**

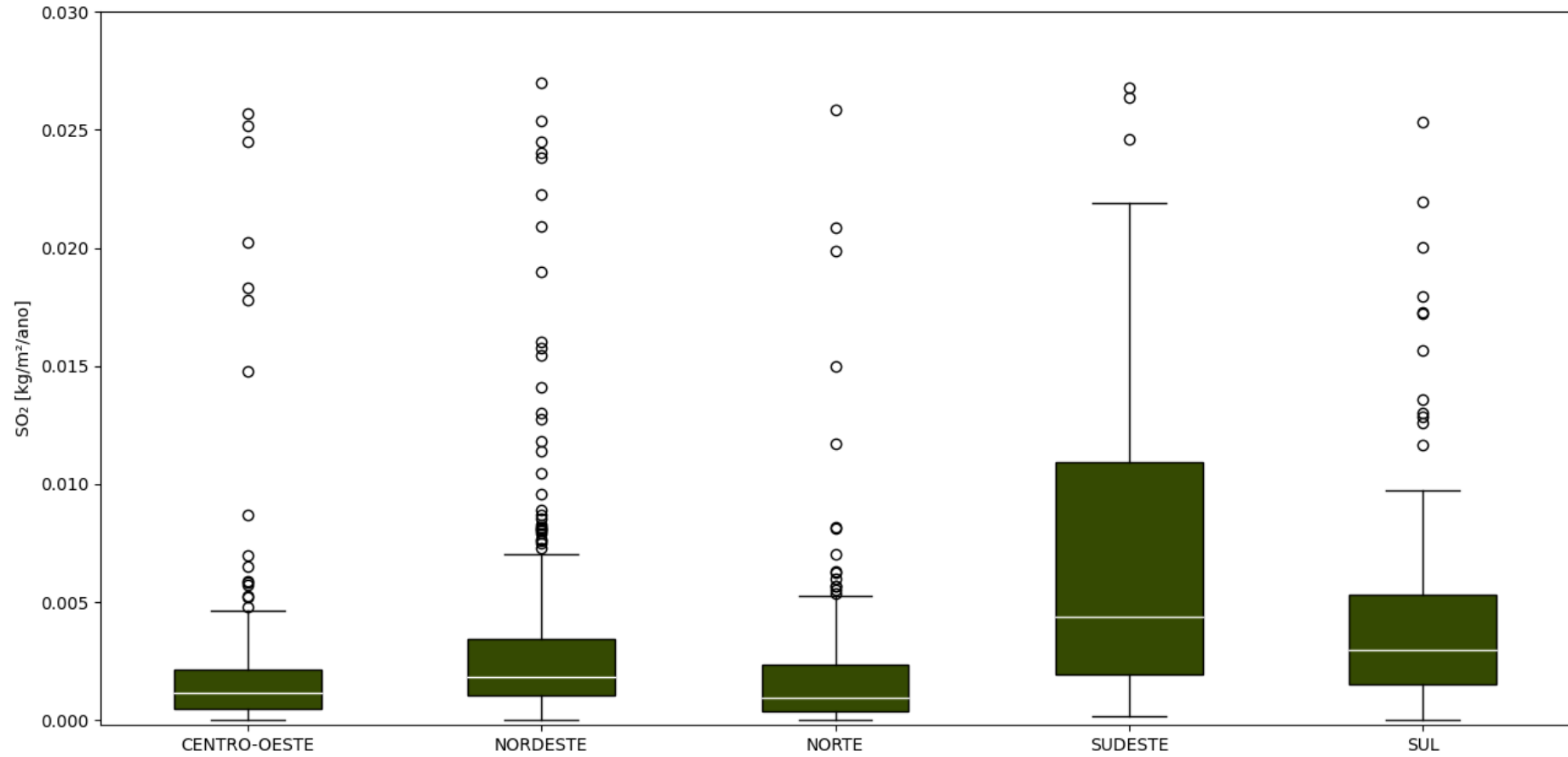


Fonte: Elaboração própria a partir de dados do IBGE (2010).

**APÊNDICE G – HISTOGRAMAS DOS RISCOS RELATIVOS DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DOENÇAS
RESPIRATÓRIAS ASSOCIADOS AO SO₂**



Fonte: Elaboração própria a partir de dados de Moore (2023).

APÊNDICE H – DENSIDADES DE EMISSÕES DE SO₂ POR REGIÃO EM RESOLUÇÃO DE PIXEL

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE I – ESTATÍSTICAS DOS RISCOS RELATIVOS POR FAIXA DE IDH

Faixa de IDH	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Primeiro Quartil (25%)	Mediana (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Máximo
Muito Baixo	1.0100	0.0141	0.9899	0.9973	1.0118	1.0191	1.0323
Baixo	1.0102	0.0234	0.9345	0.9965	1.0079	1.0217	1.1427
Médio	1.0130	0.0223	0.9620	0.9976	1.0103	1.0245	1.1850
Alto	1.0114	0.0186	0.9666	0.9989	1.0099	1.0217	1.0756

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE J – ESTATÍSTICAS DOS RISCOS RELATIVOS POR REGIÃO

Região	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Primeiro Quartil (25%)	Mediana (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Máximo
Centro-Oeste	1.0172	0.0279	0.9625	0.9974	1.0156	1.0355	1.1850
Nordeste	1.0080	0.0196	0.9345	0.9960	1.0058	1.0174	1.1143
Norte	1.0134	0.0236	0.9620	0.9973	1.0097	1.0253	1.1427
Sudeste	1.0126	0.0160	0.9711	1.0032	1.0105	1.0194	1.0902
Sul	1.0107	0.0189	0.9666	0.9977	1.0103	1.0195	1.0756

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE K – ESTATÍSTICAS DOS RISCOS RELATIVOS POR PERCENTUAL DE FLORESTA

Percentual de Área [%]	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Primeiro Quartil (25%)	Mediana (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Máximo
0 - 20	1.0141	0.0212	0.9603	1.0003	1.0118	1.0250	1.0850
20 - 40	1.0105	0.0200	0.9345	0.9968	1.0095	1.0222	1.0791
40 - 60	1.0134	0.0231	0.9620	0.9987	1.0111	1.0235	1.1850
60 - 80	1.0104	0.0214	0.9594	0.9977	1.0071	1.0194	1.1143
80 - 100	1.0098	0.0234	0.9684	0.9962	1.0046	1.0165	1.1427

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE L – ESTATÍSTICAS DOS RISCOS RELATIVOS POR PERCENTUAL DE USO EM AGROPECUÁRIA

Percentual de Área [%]	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Primeiro Quartil (25%)	Mediana (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Máximo
0 - 20	1.0079	0.0224	0.9594	0.9956	1.0044	1.0143	1.1427
20 - 40	1.0122	0.0218	0.9620	0.9986	1.0095	1.0223	1.1202
40 - 60	1.0134	0.0213	0.9668	0.9993	1.0118	1.0233	1.1850
60 - 80	1.0116	0.0206	0.9345	0.9984	1.0098	1.0238	1.0791
80 - 100	1.0169	0.0221	0.9666	1.0014	1.0131	1.0320	1.0850

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE M – RISCOS RELATIVOS POR PERCENTUAL DE ÁREA
URBANIZADA**

Percentual de Área [%]	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Primeiro Quartil (25%)	Mediana (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Máximo
0 - 20	1.0120	0.0208	0.9345	0.9981	1.0096	1.0220	1.1427
20 - 40	0.9994	0.0076	0.9885	0.9955	0.9995	1.0054	1.0084
40 - 60	-	-	-	-	-	-	-
60 - 80	1.0013	0.0057	0.9973	0.9993	1.0013	1.0033	1.0054
80 - 100	-	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE N - ESTATÍSTICAS DO ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO HUMANO
MUNICIPAL (IDHM) POR REGIÃO POR RESOLUÇÃO DE PIXEL**

Região	Média	Mediana	Desvio Padrão	Variância	Valor Mínimo	Valor Máximo
Centro-Oeste	0.690	0.693	0.029	0.001	0.598	0.824
Nordeste	0.598	0.597	0.030	0.001	0.520	0.759
Norte	0.602	0.610	0.052	0.003	0.450	0.738
Sudeste	0.693	0.701	0.042	0.002	0.590	0.780
Sul	0.706	0.708	0.027	0.001	0.644	0.775

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE O - RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY PARA AS
FAIXAS DE IDHM**

Faixa 1	Faixa 2	P-valor
Alto	Médio	0.58654
Alto	Baixo	0.27686
Alto	Muito Alto	0.65993
Alto	Muito Baixo	0.99541
Médio	Baixo	0.08844
Médio	Muito Alto	0.73005
Médio	Muito Baixo	0.87544
Baixo	Muito Alto	0.64539
Baixo	Muito Baixo	0.81483
Muito Alto	Muito Baixo	1

Legenda: Linhas com cor vermelha indicam que $p > 0.05$.

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE P - RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY PARA OS
PERCENTUAIS DE FLORESTA NOS PIXELS**

Faixa 1	Faixa 2	P-valor
(0% - 20%]	(20% - 40%]	0.06089
(0% - 20%]	(40% - 60%]	0.41611
(0% - 20%]	(60% - 80%]	0.01660
(0% - 20%]	(80% - 100%]	0.00291
(20% - 40%]	(40% - 60%]	0.25004
(20% - 40%]	(60% - 80%]	0.52497
(20% - 40%]	(80% - 100%]	0.15787
(40% - 60%]	(60% - 80%]	0.08101
(40% - 60%]	(80% - 100%]	0.01430
(60% - 80%]	(80% - 100%]	0.37329

Legenda: Linhas com cor vermelha indicam que $p > 0.05$. Linhas com cor verde indicam $p < 0.05$.

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE Q - RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY PARA OS
PERCENTUAIS DE USO NA AGROPECUÁRIA NOS PIXELS**

Faixa 1	Faixa 2	P-valor
(0% - 20%]	(20% - 40%]	0.00319
(0% - 20%]	(40% - 60%]	0.00006
(0% - 20%]	(60% - 80%]	0.00133
(0% - 20%]	(80% - 100%]	0.00001
(20% - 40%]	(40% - 60%]	0.32069
(20% - 40%]	(60% - 80%]	0.77055
(20% - 40%]	(80% - 100%]	0.02825
(40% - 60%]	(60% - 80%]	0.52970
(40% - 60%]	(80% - 100%]	0.13065
(60% - 80%]	(80% - 100%]	0.04735

Legenda: Linhas com cor vermelha indicam que $p > 0.05$. Linhas com cor verde indicam $p < 0.05$.

Fonte: Elaboração própria.

**APÊNDICE R - RESULTADOS DO TESTE DE MANN-WHITNEY PARA OS
PERCENTUAIS DE ÁREA URBANIZADA NOS PIXELS**

Faixa 1	Faixa 2	P-valor
(0% - 20%]	(20% - 40%]	0.03725
(0% - 20%]	(60% - 80%]	0.40246
(20% - 40%]	(60% - 80%]	1

Legenda: Linhas com cor vermelha indicam que $p > 0.05$. Linhas com cor verde indicam $p < 0.05$.

Fonte: Elaboração própria.

APÊNDICE S – INTERVALO DE CONFIANÇA DOS RISCOS RELATIVOS

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.914	0.935	0.946	1.001	1.002	1.003	1.004	1.017	1.025
0.928	0.959	0.966	1.001	1.002	1.003	1.000	1.017	1.026
0.933	0.960	0.975	1.000	1.002	1.003	1.003	1.017	1.018
0.957	0.962	0.967	0.996	1.002	1.003	1.012	1.017	1.019
0.943	0.963	0.973	1.000	1.002	1.003	1.012	1.017	1.019
0.939	0.967	0.972	0.991	1.002	1.003	1.014	1.017	1.020
0.951	0.967	0.978	1.000	1.003	1.003	1.011	1.017	1.020
0.950	0.967	0.981	0.989	1.003	1.005	1.002	1.017	1.022
0.941	0.968	0.979	1.001	1.003	1.003	1.013	1.018	1.020
0.962	0.968	0.971	1.000	1.003	1.003	1.005	1.018	1.022
0.956	0.969	0.971	1.001	1.003	1.003	1.011	1.018	1.021
0.956	0.969	0.977	1.002	1.003	1.003	1.004	1.018	1.025
0.931	0.970	0.976	1.000	1.003	1.004	1.001	1.018	1.025
0.959	0.970	0.978	1.000	1.003	1.004	1.006	1.018	1.024
0.966	0.970	0.971	1.000	1.003	1.005	1.004	1.018	1.020
0.923	0.971	0.986	0.997	1.003	1.005	1.010	1.018	1.021
0.931	0.971	0.990	1.001	1.003	1.004	1.011	1.018	1.022
0.969	0.972	0.973	1.000	1.003	1.006	1.005	1.018	1.024
0.951	0.972	0.982	0.999	1.003	1.006	0.993	1.018	1.021
0.954	0.972	0.982	0.999	1.003	1.006	1.005	1.018	1.023
0.959	0.973	0.984	1.001	1.003	1.004	1.006	1.018	1.022
0.956	0.973	0.977	1.000	1.003	1.005	1.003	1.018	1.025
0.946	0.973	0.991	1.000	1.003	1.005	0.992	1.018	1.019
0.948	0.973	0.990	1.000	1.003	1.003	1.013	1.018	1.021
0.956	0.973	0.990	0.995	1.003	1.004	1.008	1.019	1.023
0.945	0.973	0.990	1.000	1.003	1.005	1.005	1.019	1.022
0.953	0.974	0.987	1.000	1.003	1.006	1.009	1.019	1.024

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.936	0.975	0.981	1.001	1.003	1.004	1.000	1.019	1.028
0.965	0.975	0.980	1.003	1.003	1.004	1.014	1.019	1.021
0.954	0.976	0.983	0.995	1.003	1.005	1.005	1.019	1.024
0.964	0.976	0.978	0.993	1.003	1.006	1.016	1.019	1.020
0.945	0.976	0.984	1.001	1.004	1.004	1.000	1.019	1.032
0.967	0.976	0.980	1.000	1.004	1.006	1.003	1.019	1.022
0.965	0.976	0.981	0.997	1.004	1.006	0.992	1.019	1.021
0.960	0.976	0.980	0.996	1.004	1.006	1.002	1.019	1.025
0.962	0.977	0.982	1.000	1.004	1.007	1.003	1.019	1.021
0.961	0.977	0.981	0.999	1.004	1.007	1.015	1.019	1.020
0.964	0.977	0.982	1.000	1.004	1.006	1.012	1.019	1.021
0.963	0.977	0.987	1.000	1.004	1.006	1.004	1.019	1.029
0.966	0.977	0.989	1.001	1.004	1.006	1.004	1.019	1.027
0.970	0.978	0.982	1.003	1.004	1.004	1.001	1.019	1.026
0.971	0.978	0.981	1.000	1.004	1.005	1.002	1.019	1.026
0.951	0.978	0.990	1.002	1.004	1.004	1.006	1.019	1.023
0.970	0.978	0.983	0.986	1.004	1.006	1.005	1.019	1.028
0.971	0.979	0.988	0.999	1.004	1.007	1.008	1.019	1.023
0.960	0.980	0.987	1.000	1.004	1.005	1.015	1.019	1.021
0.966	0.980	0.984	1.002	1.004	1.005	0.992	1.019	1.020
0.971	0.980	0.984	1.000	1.004	1.006	1.000	1.019	1.034
0.949	0.980	0.999	1.000	1.004	1.006	1.011	1.019	1.020
0.969	0.980	0.982	1.000	1.004	1.007	1.004	1.019	1.028
0.952	0.981	0.995	0.992	1.004	1.008	1.010	1.020	1.021
0.971	0.981	0.986	1.003	1.004	1.005	1.011	1.020	1.025
0.961	0.981	0.993	1.002	1.004	1.006	1.000	1.020	1.028
0.973	0.981	0.986	1.003	1.004	1.005	1.011	1.020	1.023
0.973	0.982	0.985	1.000	1.004	1.007	1.015	1.020	1.023
0.966	0.982	0.984	1.000	1.005	1.008	1.006	1.020	1.025
0.974	0.982	0.983	1.001	1.005	1.009	1.007	1.020	1.025

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.973	0.982	0.986	0.993	1.005	1.009	1.006	1.020	1.024
0.960	0.982	0.990	1.002	1.005	1.006	1.017	1.020	1.020
0.977	0.983	0.985	1.001	1.005	1.006	1.014	1.020	1.026
0.977	0.983	0.987	1.000	1.005	1.008	1.000	1.020	1.035
0.970	0.983	0.990	1.004	1.005	1.005	1.015	1.020	1.024
0.972	0.983	0.987	1.001	1.005	1.007	1.006	1.020	1.025
0.971	0.983	0.990	0.999	1.005	1.007	1.014	1.020	1.024
0.960	0.983	0.986	1.000	1.005	1.008	1.016	1.020	1.022
0.977	0.983	0.987	1.002	1.005	1.007	1.000	1.021	1.021
0.972	0.984	0.989	0.980	1.005	1.008	1.001	1.021	1.039
0.971	0.984	0.992	1.002	1.005	1.007	1.012	1.021	1.025
0.973	0.984	0.990	0.992	1.005	1.006	1.004	1.021	1.030
0.967	0.984	0.985	1.004	1.005	1.006	1.011	1.021	1.027
0.965	0.984	0.992	1.004	1.005	1.005	1.013	1.021	1.022
0.979	0.985	0.988	1.001	1.005	1.006	0.993	1.021	1.035
0.976	0.985	0.990	1.000	1.005	1.006	1.004	1.021	1.025
0.973	0.985	0.991	1.001	1.005	1.008	1.011	1.021	1.027
0.982	0.985	0.989	1.001	1.005	1.007	1.002	1.021	1.029
0.980	0.985	0.986	1.003	1.005	1.006	1.007	1.021	1.028
0.979	0.985	0.990	0.994	1.005	1.009	1.002	1.021	1.033
0.974	0.985	0.992	1.001	1.005	1.006	1.016	1.021	1.023
0.970	0.986	0.994	1.003	1.005	1.005	1.010	1.021	1.028
0.965	0.986	0.988	1.000	1.005	1.009	1.015	1.022	1.025
0.977	0.986	0.992	1.002	1.005	1.006	1.001	1.022	1.028
0.978	0.986	0.989	1.000	1.005	1.009	1.009	1.022	1.029
0.978	0.986	0.988	1.000	1.005	1.008	1.010	1.022	1.023
0.977	0.986	0.994	1.001	1.005	1.008	1.015	1.022	1.024
0.980	0.986	0.989	1.000	1.005	1.008	1.005	1.022	1.029
0.970	0.986	0.995	1.002	1.005	1.006	1.015	1.022	1.025
0.976	0.986	0.993	0.989	1.005	1.008	1.009	1.022	1.028

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.978	0.986	0.990	1.002	1.005	1.008	1.005	1.022	1.027
0.962	0.986	0.997	1.000	1.005	1.007	1.010	1.022	1.027
0.962	0.986	0.990	1.001	1.005	1.009	1.010	1.022	1.022
0.969	0.987	0.992	1.000	1.006	1.006	1.017	1.022	1.025
0.985	0.987	0.988	1.000	1.006	1.009	1.010	1.022	1.023
0.976	0.987	0.992	1.001	1.006	1.008	1.011	1.022	1.028
0.983	0.987	0.990	1.000	1.006	1.008	1.013	1.022	1.024
0.965	0.987	0.990	1.000	1.006	1.009	1.018	1.022	1.026
0.978	0.987	0.990	0.996	1.006	1.011	1.012	1.022	1.027
0.971	0.987	0.989	1.002	1.006	1.006	1.012	1.022	1.026
0.980	0.987	0.994	0.985	1.006	1.008	1.010	1.022	1.024
0.982	0.987	0.990	1.002	1.006	1.006	1.002	1.023	1.027
0.972	0.987	0.993	1.001	1.006	1.010	1.012	1.023	1.029
0.975	0.987	0.990	1.000	1.006	1.009	1.017	1.023	1.026
0.956	0.987	0.995	0.993	1.006	1.007	1.002	1.023	1.025
0.985	0.987	0.988	1.003	1.006	1.007	1.018	1.023	1.025
0.980	0.988	0.991	1.003	1.006	1.006	1.001	1.023	1.025
0.980	0.988	0.990	1.000	1.006	1.011	1.007	1.023	1.029
0.981	0.988	0.990	1.000	1.006	1.008	1.016	1.023	1.026
0.979	0.988	0.993	1.000	1.006	1.008	1.003	1.023	1.026
0.980	0.988	0.992	1.005	1.006	1.007	1.014	1.023	1.025
0.979	0.988	0.989	1.005	1.006	1.007	1.002	1.023	1.038
0.975	0.988	0.997	1.002	1.006	1.007	1.013	1.023	1.029
0.982	0.988	0.991	1.001	1.006	1.007	1.014	1.023	1.026
0.987	0.988	0.989	1.001	1.006	1.011	1.002	1.023	1.024
0.978	0.988	0.995	1.001	1.006	1.009	1.014	1.023	1.028
0.976	0.988	0.994	0.998	1.006	1.011	1.018	1.023	1.026
0.986	0.989	0.990	1.001	1.006	1.009	1.002	1.024	1.027
0.966	0.989	0.997	1.003	1.006	1.008	1.000	1.024	1.041
0.979	0.989	0.994	0.988	1.006	1.007	1.002	1.024	1.037

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.986	0.989	0.990	1.001	1.006	1.009	1.005	1.024	1.024
0.979	0.989	0.990	1.002	1.006	1.009	1.013	1.024	1.025
0.984	0.989	0.992	1.003	1.006	1.007	1.001	1.024	1.030
0.970	0.989	0.998	1.005	1.007	1.007	1.018	1.024	1.027
0.987	0.989	0.990	1.000	1.007	1.012	1.014	1.024	1.030
0.977	0.989	0.992	0.994	1.007	1.013	1.014	1.024	1.035
0.982	0.989	0.990	1.001	1.007	1.008	1.009	1.025	1.038
0.985	0.989	0.991	1.002	1.007	1.008	1.016	1.025	1.028
0.984	0.989	0.990	0.992	1.007	1.008	1.020	1.025	1.029
0.982	0.989	0.994	1.003	1.007	1.010	1.012	1.025	1.028
0.976	0.989	0.995	1.002	1.007	1.008	1.005	1.025	1.027
0.976	0.989	0.994	1.000	1.007	1.012	1.017	1.025	1.029
0.979	0.989	0.998	1.000	1.007	1.010	1.016	1.025	1.030
0.975	0.990	0.990	1.000	1.007	1.010	1.019	1.025	1.028
0.984	0.990	0.993	1.006	1.007	1.008	1.006	1.025	1.035
0.979	0.990	0.999	1.001	1.007	1.009	1.004	1.025	1.028
0.984	0.990	0.992	1.000	1.007	1.010	1.009	1.025	1.028
0.981	0.990	0.994	1.002	1.007	1.010	1.006	1.025	1.035
0.979	0.990	0.997	0.994	1.007	1.015	1.020	1.025	1.028
0.969	0.990	0.998	0.980	1.007	1.011	1.018	1.025	1.027
0.980	0.990	0.996	0.988	1.007	1.009	1.003	1.025	1.027
0.982	0.990	0.992	1.004	1.007	1.008	1.017	1.025	1.030
0.981	0.990	0.992	1.006	1.007	1.008	1.005	1.025	1.034
0.960	0.990	0.998	1.002	1.007	1.010	1.000	1.025	1.029
0.988	0.990	0.992	1.006	1.007	1.009	1.011	1.025	1.027
0.988	0.990	0.991	1.003	1.007	1.009	1.009	1.025	1.026
0.987	0.990	0.990	1.000	1.007	1.014	1.001	1.026	1.041
0.953	0.990	0.994	1.003	1.008	1.010	1.017	1.026	1.029
0.984	0.990	0.992	1.006	1.008	1.008	1.009	1.026	1.033
0.984	0.990	0.992	1.003	1.008	1.008	1.006	1.026	1.037

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.968	0.990	0.993	1.001	1.008	1.011	1.007	1.026	1.033
0.988	0.990	0.993	1.001	1.008	1.010	1.020	1.026	1.030
0.987	0.991	0.992	1.003	1.008	1.010	1.005	1.026	1.036
0.983	0.991	0.994	1.002	1.008	1.012	1.014	1.026	1.029
0.979	0.991	0.998	1.002	1.008	1.011	1.019	1.026	1.030
0.968	0.991	0.996	1.006	1.008	1.008	1.011	1.027	1.033
0.988	0.991	0.993	1.004	1.008	1.010	1.011	1.027	1.042
0.979	0.991	0.996	1.000	1.008	1.010	1.003	1.027	1.040
0.984	0.991	0.996	1.005	1.008	1.010	1.023	1.027	1.028
0.984	0.991	0.993	1.001	1.008	1.013	1.005	1.027	1.038
0.975	0.991	0.994	1.005	1.008	1.010	1.004	1.027	1.036
0.986	0.991	0.994	1.003	1.008	1.010	1.009	1.027	1.036
0.967	0.992	0.999	1.003	1.008	1.010	1.003	1.027	1.032
0.981	0.992	0.996	1.003	1.008	1.010	1.003	1.027	1.044
0.969	0.992	0.994	1.000	1.008	1.010	1.017	1.027	1.033
0.986	0.992	0.995	1.001	1.008	1.012	0.982	1.027	1.032
0.984	0.992	0.994	1.000	1.008	1.012	1.010	1.028	1.037
0.981	0.992	0.997	1.004	1.008	1.012	1.012	1.028	1.036
0.976	0.992	0.996	1.001	1.008	1.013	1.009	1.028	1.036
0.983	0.992	0.993	1.003	1.008	1.011	1.011	1.028	1.035
0.987	0.992	0.994	1.001	1.008	1.012	1.011	1.028	1.038
0.985	0.992	0.997	1.001	1.008	1.010	1.007	1.028	1.048
0.986	0.992	0.997	0.996	1.008	1.011	1.016	1.028	1.035
0.983	0.992	1.000	1.006	1.008	1.009	1.002	1.028	1.049
0.985	0.992	0.995	1.003	1.008	1.011	1.006	1.028	1.036
0.986	0.993	0.999	1.001	1.008	1.011	1.013	1.028	1.034
0.974	0.993	0.999	1.003	1.009	1.013	1.005	1.028	1.039
0.988	0.993	0.994	0.998	1.009	1.016	1.000	1.028	1.030
0.960	0.993	0.995	1.003	1.009	1.009	1.008	1.028	1.043
0.984	0.993	0.999	0.996	1.009	1.011	1.011	1.028	1.038

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.991	0.993	0.994	1.002	1.009	1.013	1.011	1.028	1.038
0.991	0.993	0.994	1.005	1.009	1.011	1.018	1.028	1.033
0.986	0.993	0.997	1.006	1.009	1.009	1.005	1.029	1.041
0.982	0.993	0.999	1.007	1.009	1.009	1.020	1.029	1.034
0.991	0.993	0.995	1.004	1.009	1.010	1.019	1.029	1.035
0.951	0.993	0.997	1.000	1.009	1.013	1.012	1.029	1.033
0.982	0.993	0.999	1.006	1.009	1.010	1.002	1.029	1.055
0.977	0.993	0.996	1.004	1.009	1.010	1.018	1.030	1.035
0.979	0.993	0.999	1.000	1.009	1.013	1.014	1.030	1.033
0.989	0.993	0.996	1.003	1.009	1.013	1.003	1.030	1.045
0.987	0.993	0.997	1.000	1.009	1.016	1.017	1.030	1.037
0.982	0.993	1.000	1.003	1.009	1.013	1.018	1.030	1.038
0.987	0.993	0.996	1.003	1.009	1.012	1.022	1.031	1.034
0.978	0.994	1.000	0.979	1.009	1.018	1.000	1.031	1.042
0.984	0.994	0.999	1.000	1.009	1.010	1.015	1.031	1.037
0.985	0.994	0.997	1.007	1.010	1.011	1.021	1.031	1.036
0.986	0.994	0.999	1.004	1.010	1.011	1.001	1.031	1.044
0.974	0.994	1.000	1.003	1.010	1.012	0.985	1.031	1.033
0.989	0.994	0.997	1.007	1.010	1.011	1.007	1.031	1.042
0.974	0.994	0.996	1.001	1.010	1.015	1.009	1.031	1.036
0.985	0.994	0.995	1.002	1.010	1.015	1.015	1.031	1.033
0.990	0.994	0.998	1.001	1.010	1.016	1.018	1.031	1.038
0.984	0.994	1.000	1.003	1.010	1.011	1.020	1.031	1.034
0.981	0.994	0.998	1.006	1.010	1.011	1.020	1.031	1.037
0.989	0.994	0.999	1.000	1.010	1.014	1.013	1.032	1.041
0.979	0.994	0.999	1.001	1.010	1.012	1.016	1.032	1.033
0.986	0.994	0.998	1.007	1.010	1.010	1.015	1.032	1.034
0.990	0.994	0.996	1.005	1.010	1.010	1.023	1.032	1.036
0.982	0.994	0.997	1.005	1.010	1.011	1.015	1.032	1.038
0.989	0.994	1.000	1.001	1.010	1.016	1.008	1.032	1.044

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.992	0.994	0.996	1.002	1.010	1.015	1.011	1.032	1.044
0.990	0.994	0.995	1.007	1.010	1.012	1.023	1.033	1.039
0.988	0.995	0.998	1.008	1.010	1.011	1.017	1.033	1.042
0.984	0.995	1.000	1.003	1.010	1.012	1.001	1.033	1.062
0.989	0.995	0.999	1.001	1.010	1.016	1.004	1.033	1.052
0.993	0.995	0.996	1.009	1.010	1.011	1.006	1.033	1.040
0.992	0.995	0.997	0.997	1.010	1.016	1.021	1.033	1.035
0.981	0.995	0.998	1.007	1.010	1.012	1.026	1.033	1.036
0.980	0.995	0.999	1.006	1.010	1.012	1.001	1.033	1.059
0.989	0.995	1.000	0.989	1.010	1.011	1.020	1.033	1.036
0.987	0.995	1.000	1.001	1.010	1.015	1.022	1.033	1.038
0.979	0.995	0.998	0.998	1.010	1.014	1.011	1.034	1.037
0.990	0.995	0.996	1.003	1.010	1.012	1.024	1.034	1.037
0.981	0.995	0.998	0.986	1.011	1.015	1.012	1.034	1.045
0.986	0.995	0.996	1.005	1.011	1.012	1.024	1.034	1.038
0.976	0.995	0.997	0.996	1.011	1.013	1.018	1.034	1.041
0.992	0.995	0.996	1.001	1.011	1.018	0.989	1.034	1.038
0.989	0.995	0.999	1.001	1.011	1.018	1.008	1.034	1.040
0.989	0.995	0.999	1.000	1.011	1.018	1.021	1.034	1.039
0.994	0.995	0.997	1.001	1.011	1.011	1.016	1.034	1.037
0.989	0.995	1.000	1.006	1.011	1.014	1.001	1.034	1.059
0.989	0.995	0.997	1.007	1.011	1.014	1.004	1.034	1.045
0.974	0.995	0.999	1.007	1.011	1.014	1.006	1.035	1.040
0.990	0.995	0.997	1.008	1.011	1.012	1.019	1.035	1.042
0.985	0.996	0.997	1.000	1.011	1.016	1.008	1.035	1.041
0.992	0.996	0.996	1.003	1.011	1.014	1.021	1.035	1.039
0.990	0.996	0.999	1.006	1.011	1.014	1.005	1.035	1.049
0.992	0.996	0.999	0.983	1.011	1.016	1.005	1.035	1.040
0.969	0.996	0.998	0.996	1.011	1.012	1.023	1.035	1.041
0.979	0.996	1.000	1.003	1.011	1.013	1.019	1.035	1.041

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.992	0.996	0.997	1.000	1.011	1.017	1.001	1.035	1.041
0.981	0.996	0.999	1.006	1.011	1.014	0.996	1.035	1.053
0.994	0.996	0.996	1.001	1.011	1.018	1.022	1.036	1.042
0.986	0.996	0.997	1.007	1.011	1.013	1.026	1.036	1.041
0.961	0.996	0.998	1.002	1.011	1.016	1.019	1.036	1.045
0.993	0.996	0.997	1.009	1.011	1.012	1.001	1.036	1.073
0.989	0.996	1.000	1.003	1.011	1.016	1.027	1.036	1.039
0.994	0.996	0.997	1.005	1.011	1.016	1.010	1.036	1.044
0.994	0.996	0.996	1.000	1.011	1.020	1.027	1.036	1.037
0.987	0.996	1.000	1.000	1.012	1.015	1.028	1.036	1.041
0.995	0.996	0.997	1.002	1.012	1.017	1.025	1.037	1.044
0.987	0.996	0.997	1.001	1.012	1.018	1.027	1.037	1.042
0.994	0.996	0.997	1.006	1.012	1.016	1.017	1.037	1.047
0.990	0.996	1.000	1.009	1.012	1.013	1.018	1.037	1.048
0.987	0.996	0.999	1.005	1.012	1.016	1.009	1.037	1.040
0.991	0.996	1.000	1.002	1.012	1.017	1.001	1.037	1.074
0.973	0.996	0.998	1.002	1.012	1.018	1.019	1.037	1.045
0.991	0.996	0.999	1.005	1.012	1.014	1.020	1.037	1.046
0.975	0.996	1.000	1.005	1.012	1.016	1.007	1.037	1.052
0.992	0.996	0.999	1.002	1.012	1.017	1.022	1.037	1.044
0.992	0.997	0.999	1.005	1.012	1.013	1.026	1.037	1.043
0.994	0.997	0.998	1.004	1.012	1.015	1.015	1.037	1.038
0.967	0.997	0.999	1.007	1.012	1.015	1.003	1.037	1.039
0.983	0.997	0.998	1.008	1.012	1.014	1.013	1.037	1.050
0.993	0.997	0.999	1.005	1.012	1.012	0.987	1.037	1.057
0.996	0.997	0.997	1.001	1.012	1.020	1.001	1.038	1.040
0.994	0.997	1.000	1.001	1.012	1.019	1.005	1.038	1.059
0.980	0.997	0.998	1.006	1.012	1.013	1.014	1.038	1.038
0.994	0.997	0.998	1.003	1.012	1.013	1.022	1.038	1.040
0.994	0.997	0.997	1.007	1.012	1.014	1.015	1.038	1.044

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.990	0.997	0.997	0.988	1.012	1.015	1.031	1.038	1.043
0.965	0.997	0.998	1.001	1.012	1.021	1.024	1.038	1.043
0.989	0.997	0.998	1.007	1.012	1.014	1.014	1.038	1.044
0.993	0.997	0.997	1.003	1.013	1.018	1.023	1.038	1.041
0.992	0.997	0.997	1.007	1.013	1.014	1.003	1.038	1.058
0.995	0.997	0.998	1.001	1.013	1.015	1.017	1.038	1.046
0.996	0.997	0.998	0.995	1.013	1.018	1.023	1.039	1.047
0.995	0.997	1.000	1.002	1.013	1.013	1.010	1.039	1.051
0.973	0.997	0.998	1.005	1.013	1.018	1.033	1.039	1.040
0.994	0.997	1.000	0.990	1.013	1.015	1.021	1.039	1.041
0.989	0.997	0.999	1.006	1.013	1.015	1.025	1.039	1.047
0.990	0.997	0.999	1.008	1.013	1.015	1.029	1.039	1.041
0.991	0.997	1.000	1.002	1.013	1.019	1.014	1.039	1.046
0.995	0.997	1.000	0.991	1.013	1.019	1.017	1.039	1.041
0.995	0.997	0.999	1.005	1.013	1.016	1.006	1.039	1.051
0.963	0.997	0.999	1.000	1.013	1.020	1.008	1.039	1.048
0.994	0.998	0.999	1.001	1.013	1.020	1.024	1.040	1.049
0.996	0.998	0.998	1.006	1.013	1.014	1.024	1.040	1.045
0.997	0.998	0.998	1.003	1.013	1.016	1.000	1.040	1.048
0.997	0.998	0.998	1.005	1.013	1.018	1.033	1.040	1.044
0.994	0.998	0.998	1.001	1.013	1.018	0.996	1.040	1.060
0.977	0.998	1.000	1.010	1.013	1.016	1.008	1.040	1.045
0.994	0.998	1.000	1.007	1.013	1.016	1.003	1.040	1.049
0.988	0.998	0.998	1.006	1.013	1.017	1.004	1.040	1.061
0.996	0.998	0.998	1.001	1.013	1.019	1.018	1.040	1.048
0.989	0.998	0.999	1.001	1.013	1.023	1.001	1.041	1.061
0.993	0.998	1.000	1.001	1.013	1.020	1.022	1.041	1.044
0.994	0.998	0.999	0.999	1.013	1.014	0.989	1.041	1.050
0.984	0.998	0.999	1.001	1.013	1.021	1.031	1.041	1.044
0.995	0.998	0.999	1.009	1.013	1.015	1.026	1.041	1.043

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.985	0.998	1.000	1.009	1.013	1.016	1.016	1.041	1.058
0.997	0.998	0.998	1.002	1.013	1.025	1.025	1.041	1.044
0.978	0.998	0.999	1.006	1.013	1.014	1.016	1.041	1.051
0.995	0.998	1.000	1.007	1.013	1.016	1.020	1.042	1.044
0.995	0.998	0.999	1.004	1.013	1.019	1.013	1.042	1.049
0.978	0.998	0.999	1.001	1.013	1.015	1.001	1.042	1.071
0.997	0.998	0.999	0.965	1.014	1.015	1.024	1.042	1.046
0.982	0.998	1.000	1.009	1.014	1.016	1.019	1.042	1.046
0.996	0.998	0.999	1.009	1.014	1.015	1.006	1.042	1.072
0.997	0.998	0.999	1.000	1.014	1.023	1.027	1.042	1.049
0.996	0.998	0.999	1.008	1.014	1.017	1.022	1.042	1.055
0.989	0.998	0.999	0.989	1.014	1.026	1.018	1.043	1.060
0.996	0.998	1.000	1.006	1.014	1.017	1.028	1.043	1.052
0.997	0.998	0.999	0.998	1.014	1.019	1.011	1.043	1.058
0.993	0.999	0.999	1.004	1.014	1.019	1.017	1.043	1.049
0.995	0.999	1.000	1.002	1.014	1.021	1.020	1.043	1.058
0.996	0.999	0.999	0.992	1.014	1.020	1.001	1.043	1.079
0.997	0.999	0.999	1.000	1.014	1.018	1.001	1.044	1.067
0.994	0.999	0.999	1.001	1.014	1.015	1.020	1.045	1.048
0.985	0.999	0.999	1.006	1.014	1.017	1.014	1.045	1.051
0.996	0.999	1.000	0.996	1.014	1.026	1.033	1.045	1.054
0.998	0.999	1.000	1.009	1.014	1.014	1.023	1.046	1.055
0.997	0.999	1.000	1.001	1.014	1.017	0.995	1.046	1.075
0.990	0.999	0.999	1.004	1.014	1.025	1.005	1.046	1.049
0.999	0.999	0.999	1.003	1.014	1.017	1.030	1.046	1.055
0.997	0.999	1.000	1.001	1.014	1.023	1.033	1.047	1.052
0.998	0.999	1.000	1.008	1.014	1.017	1.034	1.047	1.047
0.998	0.999	1.000	1.000	1.014	1.018	1.020	1.048	1.050
0.982	0.999	1.000	1.004	1.014	1.020	1.014	1.048	1.055
0.998	0.999	0.999	1.001	1.014	1.026	1.019	1.048	1.068

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
0.992	0.999	0.999	1.009	1.014	1.016	1.019	1.048	1.065
0.997	0.999	1.000	1.004	1.014	1.019	1.012	1.048	1.062
0.996	0.999	1.000	1.000	1.014	1.018	1.032	1.049	1.055
0.999	0.999	1.000	1.012	1.014	1.016	0.998	1.049	1.050
0.998	0.999	1.000	1.000	1.014	1.029	1.032	1.049	1.058
0.998	0.999	1.000	1.001	1.015	1.020	1.037	1.050	1.056
0.997	0.999	1.000	1.009	1.015	1.019	1.042	1.050	1.055
0.996	0.999	1.000	0.999	1.015	1.023	1.028	1.050	1.059
0.967	0.999	1.000	1.003	1.015	1.017	1.008	1.050	1.071
0.999	1.000	1.000	1.002	1.015	1.020	1.028	1.050	1.061
0.998	1.000	1.000	1.004	1.015	1.022	1.026	1.050	1.061
0.999	1.000	1.000	1.002	1.015	1.019	1.030	1.050	1.053
1.000	1.000	1.000	1.002	1.015	1.021	1.017	1.050	1.055
1.000	1.000	1.000	1.012	1.015	1.017	1.029	1.050	1.055
1.000	1.000	1.000	1.009	1.015	1.016	1.030	1.051	1.052
0.999	1.000	1.000	0.998	1.015	1.023	1.028	1.051	1.060
0.999	1.000	1.000	1.007	1.015	1.017	1.017	1.051	1.072
0.999	1.000	1.000	1.012	1.015	1.017	1.008	1.051	1.066
0.972	1.000	1.000	1.002	1.015	1.023	1.042	1.052	1.053
1.000	1.000	1.000	1.002	1.015	1.026	1.020	1.052	1.065
1.000	1.000	1.000	1.009	1.015	1.018	1.015	1.052	1.073
0.998	1.000	1.000	1.003	1.015	1.022	1.025	1.053	1.064
0.996	1.000	1.001	1.004	1.015	1.027	1.048	1.053	1.057
1.000	1.000	1.000	1.001	1.016	1.016	1.031	1.054	1.060
0.999	1.000	1.001	1.004	1.016	1.019	1.034	1.054	1.062
0.999	1.001	1.001	1.012	1.016	1.017	1.050	1.054	1.056
1.000	1.001	1.001	1.010	1.016	1.016	1.015	1.055	1.062
1.000	1.001	1.001	1.009	1.016	1.019	1.048	1.055	1.056
1.000	1.001	1.001	1.002	1.016	1.019	1.040	1.055	1.065
1.000	1.001	1.001	1.001	1.016	1.018	1.040	1.055	1.062

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
1.000	1.001	1.001	1.010	1.016	1.019	1.023	1.055	1.061
1.000	1.001	1.001	1.007	1.016	1.019	1.021	1.056	1.059
0.998	1.001	1.001	1.001	1.016	1.021	1.007	1.056	1.058
1.000	1.001	1.002	1.001	1.016	1.023	1.042	1.058	1.060
1.001	1.001	1.001	1.011	1.016	1.019	1.034	1.058	1.069
1.000	1.001	1.002	1.006	1.016	1.021	1.019	1.059	1.077
0.999	1.001	1.002	1.009	1.016	1.019	1.024	1.059	1.081
1.000	1.001	1.001	1.005	1.016	1.019	1.032	1.061	1.080
1.001	1.001	1.001	1.000	1.016	1.020	1.002	1.061	1.073
1.000	1.001	1.002	1.001	1.016	1.021	1.047	1.061	1.063
1.000	1.001	1.002	1.009	1.016	1.017	1.034	1.064	1.068
1.000	1.001	1.002	1.001	1.016	1.021	1.025	1.064	1.069
0.983	1.001	1.002	1.010	1.016	1.020	1.042	1.064	1.073
1.001	1.001	1.002	1.000	1.016	1.027	1.033	1.064	1.074
0.997	1.001	1.002	1.004	1.016	1.025	1.013	1.066	1.077
0.946	1.001	1.002	1.006	1.016	1.023	1.030	1.066	1.071
0.992	1.001	1.002	1.006	1.016	1.022	1.032	1.067	1.073
1.000	1.001	1.002	1.001	1.016	1.017	1.056	1.067	1.075
1.000	1.001	1.002	1.006	1.016	1.020	1.006	1.069	1.101
1.000	1.001	1.002	1.008	1.016	1.020	1.020	1.070	1.088
0.991	1.001	1.002	1.015	1.017	1.018	1.036	1.076	1.090
1.000	1.001	1.002	1.007	1.017	1.021	1.063	1.076	1.076
0.986	1.002	1.003	1.003	1.017	1.018	1.063	1.079	1.081
1.000	1.002	1.003	1.006	1.017	1.018	1.059	1.081	1.094
1.000	1.002	1.003	1.005	1.017	1.021	1.046	1.084	1.106
0.998	1.002	1.002	0.987	1.017	1.020	1.057	1.085	1.095
1.000	1.002	1.002	1.010	1.017	1.020	1.033	1.087	1.104
0.999	1.002	1.003	1.008	1.017	1.021	1.032	1.090	1.103
0.998	1.002	1.002	1.008	1.017	1.019	1.061	1.091	1.100
0.980	1.002	1.003	1.009	1.017	1.022	1.056	1.106	1.134

Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior	Limite Inferior	Valor Adotado	Limite Superior
1.001	1.002	1.002	1.003	1.017	1.024	1.049	1.114	1.141
1.000	1.002	1.002	1.000	1.017	1.022	1.007	1.120	1.212
0.997	1.002	1.003	1.003	1.017	1.024	1.035	1.143	1.191
1.000	1.002	1.002	1.008	1.017	1.020	1.009	1.185	1.315
0.989	1.002	1.004	1.014	1.017	1.019			

Fonte: Adaptado de Moore (2023).