

VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL E MUDANÇAS CLIMÁTICAS SOB UMA PERSPECTIVA DEMOGRÁFICA NO BRASIL

SOCIAL-ENVIRONMENTAL VULNERABILITY AND CLIMATE CHANGE
UNDER A DEMOGRAPHIC PERSPECTIVE IN BRAZIL

Ciências Sociais Aplicadas • 14/05/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/778647046](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/778647046)

Cleoner Uchôa Araujo¹

Ana Roberta Barros Ferreira Oliveira²

Clécio Jads Pereira de Santana³

Francisco Ewerton Nicolau Silva⁴

Ricardo Tadeu Matos Sousa⁵

Lays Fernanda Franklin de Queiroz Cardoso Nascimento⁶

Fabício Brito Silva⁷

RESUMO

Este artigo analisa as vulnerabilidades socioambientais frente às mudanças climáticas sob uma perspectiva demográfica no Brasil. O estudo considerou 272 municípios brasileiros com séries climatológicas de 30 anos, abrangendo dados de precipitação, temperatura máxima e temperatura mínima obtidos pelo INMET, além de variáveis demográficas provenientes do IBGE. A análise utilizou estatística descritiva, teste de tendência de Mann-Kendall, análise de Pareto e correlação de Spearman. Os resultados indicaram tendência significativa de aumento das temperaturas máxima e mínima na maior parte dos municípios analisados, além de alterações nos padrões de precipitação. As correlações entre variáveis climáticas e demográficas evidenciaram que área territorial, população total, população infantil, expectativa de vida e mortalidade infantil podem contribuir para diferentes formas de vulnerabilidade. Conclui-se que a incorporação da dimensão demográfica é essencial para orientar políticas públicas de adaptação climática.

Palavras-chave: Planejamento Urbano; Desenvolvimento Regional; Cidades Sustentáveis.

ABSTRACT

This article analyzes social-environmental vulnerability to climate change from a demographic perspective in Brazil. The study considered 272 Brazilian municipalities with 30-year climatological time series, including precipitation, maximum temperature, and minimum temperature data obtained from INMET, as well as demographic variables from IBGE. The analysis applied descriptive statistics, the Mann-Kendall trend test, Pareto analysis, and Spearman correlation. The results indicated significant increasing trends in maximum and minimum temperatures in most

municipalities, along with changes in precipitation patterns. Correlations between climate and demographic variables showed that territorial area, total population, child population, life expectancy, and infant mortality may contribute to different forms of vulnerability. The study concludes that incorporating demographic dimensions is essential for guiding public policies aimed at climate adaptation, territorial planning, and the reduction of social-environmental risks in Brazil.

Keywords: O mesmo conteúdo de palavras-chave; porém em inglês.

1. INTRODUÇÃO

Diversos estudos e pesquisas trabalham no intuito de demonstrar que as mudanças nos padrões climáticos já são evidentes em todo o planeta. Esses estudos, em uma escala global, são norteados pelo IPCC- Intergovernmental Painel on Climate Change, que teve seu surgimento em 1988. Em seu último (quinto) relatório em 2014, o IPCC divulgou importantes dados sobre o aquecimento global e aumento de temperatura em todo o planeta como afirma Otto et al. (2017).

O IPCC destaca em seu relatório que este quadro do clima em mudança, é um ciclo natural, porém, agravado pela ação antropogênica. Nessa perspectiva, McMichael (1999) e Confalonieri et al. (2005), afirma que as mudanças climáticas refletem o impacto de processos socioeconômicos e culturais, como o crescimento populacional, a urbanização, a industrialização e o aumento de consumo de recursos naturais e da demanda sobre os ciclos biogeoquímicos.

Dessa forma, é necessário compreender que as mudanças climáticas causam diversos efeitos negativos ao ambiente, comprometendo drasticamente os recursos naturais e consequentemente o desenvolvimento regional, onde relacionar as mudanças climáticas às vulnerabilidades socioambientais constitui uma análise essencialmente de natureza interdisciplinar, pois cada esfera de pesquisa e diagnóstico traz consigo o desenvolvimento e aplicação de métodos para avaliar a vulnerabilidade das comunidades e ecossistemas (TURNER 2018; EAKIN & LUERS, 2006 ; ADGER et al., 2007; FÜSSEL, 2007).

O direcionamento da discussão sobre vulnerabilidade para a população é justificado pelo reconhecimento dos inúmeros riscos expostos e das consequências que essa exposição pode acarretar vários graus. Para Schumann (2014), uma questão que merece atenção é o fato de que a influência exercida pelo ambiente socioambiental está diretamente ligada à capacidade ou incapacidade de adaptação a uma situação de risco.

Sobre a compreensão do conceito de vulnerabilidade, Schumann (2014) impõe desafios aos que discutem, formulam e programam políticas públicas, na qual se sugere novas relações homem-natureza, aprimorando ações de mitigação, planejamento, enfrentamento e respostas às emergências, distinguindo especificidades regionais, distinguindo prioridades sociais e repensando modelos de desenvolvimento. Nesse contexto, torna-se contundente destacar a intrínseca relação entre as mudanças climáticas e os aspectos demográficos

Os estudos referentes à população representam um dos pilares para a discussão acerca do meio ambiente pois a questão demográfica é

um tema ambientalmente necessário, simplesmente pelo seu contínuo crescimento, cada vez mais concentrado geograficamente, onde a pauta população X recursos naturais têm voltado aos debates atuais. Neste panorama, que se discute as questões sobre vulnerabilidades relacionadas ao clima, é de suma importância que seja investigado os mecanismos demográficos que envolvem a dinâmica climática. Para Hogan (2001), é necessário compreender que o fator humano é um dos principais elementos a serem considerados nos modelos climáticos.

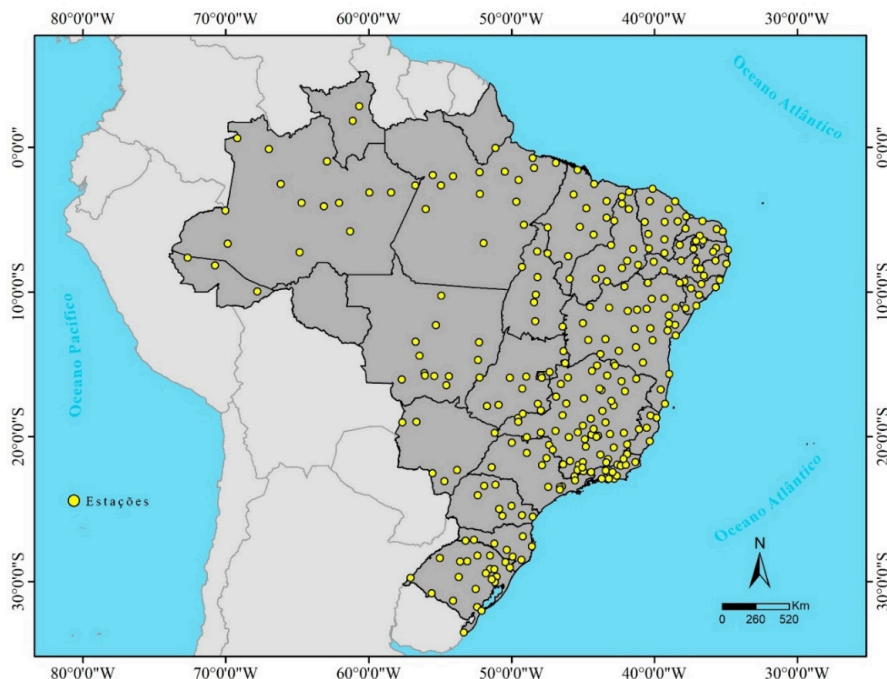
Nessas bases, o objetivo desta pesquisa consiste em analisar as vulnerabilidades socioambientais frente às mudanças climáticas, com ênfase na importância de contextualizar o campo de análise dos estudos no processo de organização do espaço à luz da demografia, baseada na articulação não apenas das variáveis demográficas, mas de seu impacto nas interações climáticas e socioambientais.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA OU REVISÃO DA LITERATURA

2.1. Área da Pesquisa

O presente estudo foi realizado considerando 272 municípios brasileiros (Figura 1), constituindo uma amostra de aproximadamente 5% em relação ao total de municípios do país (5.570). Os municípios estudados abrangem 1.685.597,6km², correspondendo a 19,8% da área total do país (8.514.876 km²). Estes municípios foram escolhidos considerando o fato de possuírem estações meteorológicas com uma série temporal de dados de, pelo menos, 30 anos (1986-2016).

Figura 1 - Mapa da área estudada considerando os 272 municípios brasileiros que possuem estações meteorológicas com dados climáticos de uma série de 30 anos.



Fonte: Elaborado pelos autores.

2.2. Aquisição e Caracterização de Dados

Os dados climáticos foram adquiridos a partir da base do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Foram pesquisadas as estações meteorológicas distribuídas em todo o território nacional e selecionadas apenas as estações que possuíam pelo menos 30 anos de registro de dados, contabilizando um total de 272 estações. Foram utilizados registros mensais de precipitação, temperatura máxima, média e mínima, no período de 1986 a 2016, compondo uma série temporal de 30 (trinta) anos.

Os dados demográficos selecionados foram a área total, população total, densidade demográfica, população urbana, população rural, faixa etária, mortalidade infantil e expectativa de vida. Os dados demográficos foram adquiridos a partir da plataforma de dados do

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde foram coletados dados referentes ao último Censo realizado no ano de 2010.

2.3. Modelo Conceitual Utilizado

O modelo conceitual utilizado para analisar as vulnerabilidades socioambientais frente às mudanças climáticas, tem como base a abordagem conceitual aplicável de vulnerabilidade proposta por Fussel (2007). O autor classifica uma situação vulnerável a partir da análise conjunta dos seguintes fatores de vulnerabilidade: sistema, atributos de preocupação, referência temporal e perigo.

Para a análise do Sistema é necessário levar em consideração a integração do homem com o ambiente (Sistema Humano-Ambiente Integrado); O Atributo de Preocupação consiste em identificar o que está sendo ameaçado pela exposição a um perigo; A Referência Temporal delimita o tempo para a avaliação de uma vulnerabilidade e o Perigo representa evento físico, fenômeno, ou atividade humana que pode causar ameaças, danos e degradação ambiental, conforme disposto na Tabela 1.

Tabela 1 - Modelo Conceitual Aplicável para Pesquisa sobre Vulnerabilidade Socioambiental e Mudança Climática no Brasil

| Fatores de Vulnerabilidade | Descrição | Atributos |
|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| Sistema Vulnerável | Sistema Humano-Ambiente Integrado | Municípios Brasileiros |
| Atributos de Preocupação | O que está sendo ameaçado pela | População: |

| | | |
|----------------------------|---|--|
| o | exposição a um perigo | Dados Demográficos – População Total, Área Total, Densidade Demográfica, População Urbana, População Rural, Faixa Etária, Expectativa de Vida e Mortalidade Infantil |
| Referência Temporal | Horizonte temporal para uma avaliação de vulnerabilidade | Tendência Climática a partir de uma Série Temporal de 30 anos |
| Perigo | Evento Físico, Fenômeno ou Atividade Humana que pode causar ameaças, danos e degradação ambiental | Mudanças Climáticas: Dados Climatológicos – Temperatura Máxima, Temperatura Mínima e Precipitação |

Nota: Esquema proposto para Avaliações de Vulnerabilidade Socioambiental frente às Mudanças Climáticas no Brasil, baseado na Estrutura Conceitual Aplicável para pesquisa sobre Mudança Climática (FUSSEL -2007) com ênfase na classificação das Vulnerabilidades de acordo com as dimensões fundamentais para descrever uma situação vulnerável (sistema, atributo de preocupação, tempo e perigo).

Fonte: Elaborado pelos autores.

2.4. Análise dos Dados

As análises dos dados climatológicos consistiram na avaliação estatística descritiva onde foram identificadas as variáveis climáticas (precipitação, temperatura mínima e máxima). A análise de tendência foi realizada através do teste de Mann-Kendall, sendo este um teste não paramétrico, sugerido pela *World Meteorological Organization* (WMO) para avaliação de tendências em séries temporais de dados ambientais (YUE et al., 2002). O teste foi

desenvolvido por Mann-Kendall e tem sido amplamente utilizado para análise de tendências em series temporais de dados ambientais (HIPEL; MCLEOD, 1994).

Seja uma série temporal de observações, $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$, representa n pontos onde x_j representa o ponto no tempo j . Então a estatística de Mann Kendall (S) é dada por (Equação 1):

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{sgn}(x_j - x_k)$$

Onde:

$$\text{sgn}(x) = \begin{cases} +1, & \wedge x > 0 \\ 0, & \wedge x = 0 \\ -1, & x < 0 \end{cases}$$

Valores positivos de S indica uma tendência de crescimento no qual os valores crescem com o tempo, e valores negativos indica uma tendência negativa. Contudo, é necessário computar a probabilidade associada com S e a dimensão da amostra, n , para estatisticamente quantificar a significância da tendência.

Para uma dimensão da amostra > 10 , as aproximações normais para o teste de Mann-Kendall podem ser usadas.

Para esta, variância de S é obtida com (Equação 2),

$$V(S) = \frac{n(n-1)(2n-1) - \sum_{j=1}^p t_j(t_j-1)(2t_j+5)}{18}$$

Onde p é número de grupos contendo valores iguais na série de dados e t_j é o número de dados com valores iguais num certo grupo j .

Sabendo-se que S é normalmente distribuído e tem média zero e variância dada pela equação 1, pode se checar se a tendência positiva ou negativa é significativa diferente de zero. Se S é significativa diferente de zero, H_0 pode ser rejeitada para certo nível de significância apontando existência de tendência (H_1 é aceita).

Mann (1945) e Kendall (1975) mostraram que mesmo para valores pequenos de n , pode-se assumir uma distribuição normal desde que o valor de estatística Z seja dado por (Equação 3):

$$|z| = \begin{cases} \frac{S-1}{[V(S)]^{1/2}} \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{se } S = 0 \\ \frac{S+1}{[V(S)]^{1/2}} \text{se } S < 0 \end{cases}$$

A análise dos dados demográficos consistiu em uma avaliação descritiva utilizando a análise de Pareto, com o objetivo de destacar os municípios mais significativos em termos quantitativos. Nesta etapa, foram analisados dados referentes ao último Censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) do ano de 2010. As variáveis consideradas foram: área total, população total, densidade demográfica, população urbana, população rural, faixa etária, expectativa de vida e mortalidade infantil. A pesquisa teve como parâmetro os cinco municípios que demonstraram os valores mais significativos em suas respectivas análises.

A análise de correlação Spearman foi utilizada para avaliar a relação entre as variáveis demográficas e as tendências das variáveis climatológicas (temperatura e precipitação). Desta forma foi possível avaliar a situação demográfica em função da tendência de mudanças das variáveis climáticas. Os valores considerados para as amostras com significância são de $p < 0,05$.

A análise dos dados consistiu em três etapas: na primeira foram identificados os dados demográficos dos municípios em estudo através de dados secundários da população. Na segunda etapa foram tabulados os dados referentes ao clima dos 272 municípios brasileiros que consideraram as variáveis climáticas de temperatura (máxima e mínima) e índice de precipitação. Na terceira etapa, foi analisado o cruzamento dos dados coletados e observados na primeira e segunda etapa para que fosse possível identificar as principais vulnerabilidades socioambientais às mudanças climáticas e quais seriam suas principais necessidades demandadas.

3. METODOLOGIA

Esta é a parte na qual se diz como foi feita a pesquisa. Existem várias formas de se explicitar uma metodologia. Deve-se optar por uma maneira que dê suporte adequado para realização da pesquisa ou sua replicação.

Nesta parte do trabalho são realizadas descrições dos passos dados e dos procedimentos/recursos que foram utilizados no desenvolvimento da pesquisa. Assim, devem ser mostrados, de forma detalhada, os instrumentos, procedimentos e ferramentas dos caminhos para se atingir o objetivo da pesquisa, definindo ainda o tipo de pesquisa, a população (universo da pesquisa), a amostragem (parte da população ou do universo, selecionada de acordo com uma regra), os instrumentos de coleta de dados e a forma como os dados foram tabulados e analisados.

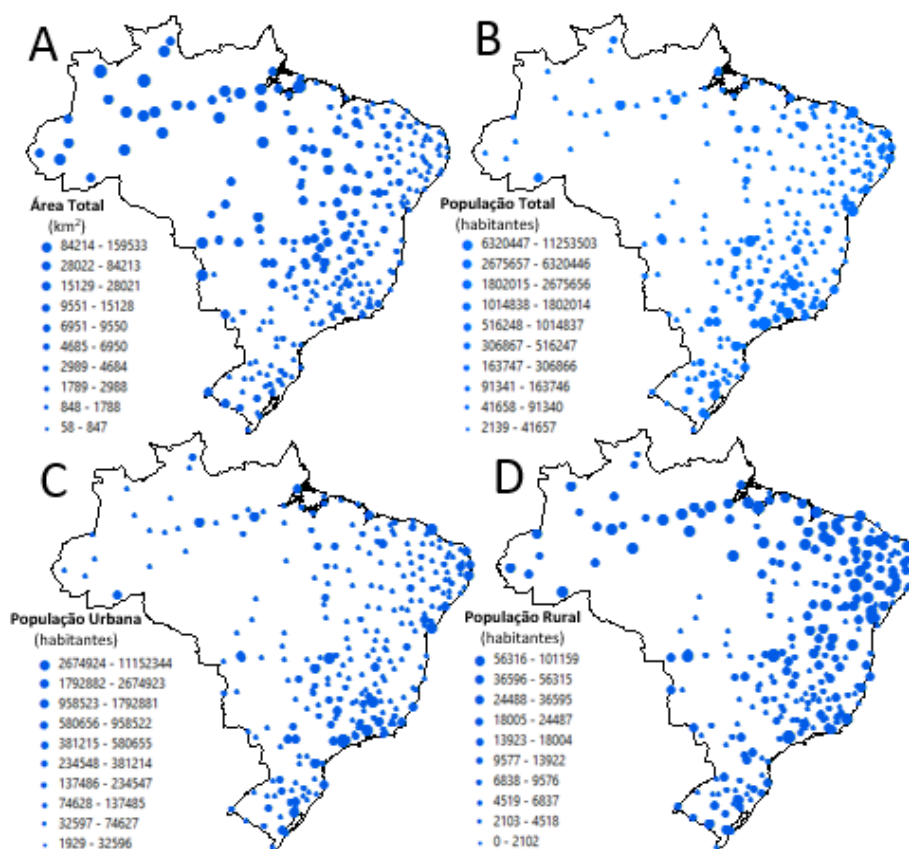
Todos os tipos de pesquisa devem apresentar material e métodos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Análise Descritiva de Dados Demográficos

Em relação à Área Total, os municípios amostrados somam aproximadamente 1.685.597,2 km², o que representa um percentual de 19,8 % da área total do território brasileiro (8.514.876 km²). O município com maior Área Total é Altamira-PA, localizado na região norte, com 159.533,4 km² e o município com menor área total é São Lourenço-MG, localizado na região sudeste, com 58.000 km² (Figura 2).

Figura 2 - Mapas de Distribuição dos Municípios que concentram maior Área Total (A); Municípios que concentram maior População Total (B); Municípios que concentram maior População Urbana (C) e Municípios que concentram maior População Rural.

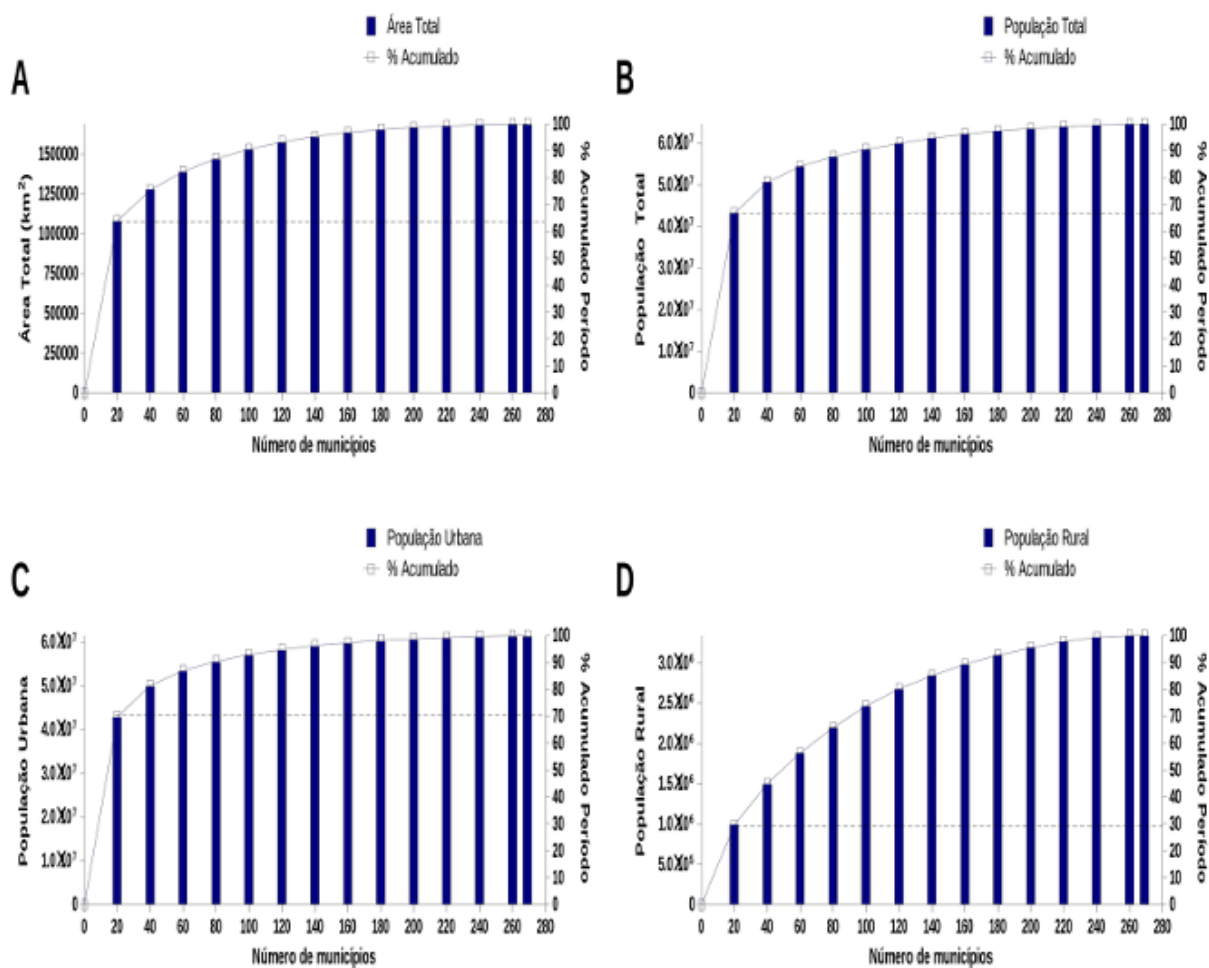


Fonte: Elaborado pelos autores.

Através do Gráfico de Pareto (Figura 3-A) é possível observar que em apenas 20 municípios estão concentrados aproximadamente 65% da

Área Total dos municípios amostrados.

Figura 3 - Gráfico de Pareto. Distribuição dos Municípios que concentram maior Área Total (A); Distribuição dos Municípios que concentram maior População Total (B); Distribuição dos Municípios que concentram maior População Urbana (C); Distribuição dos Municípios que concentram maior População Rural (D).



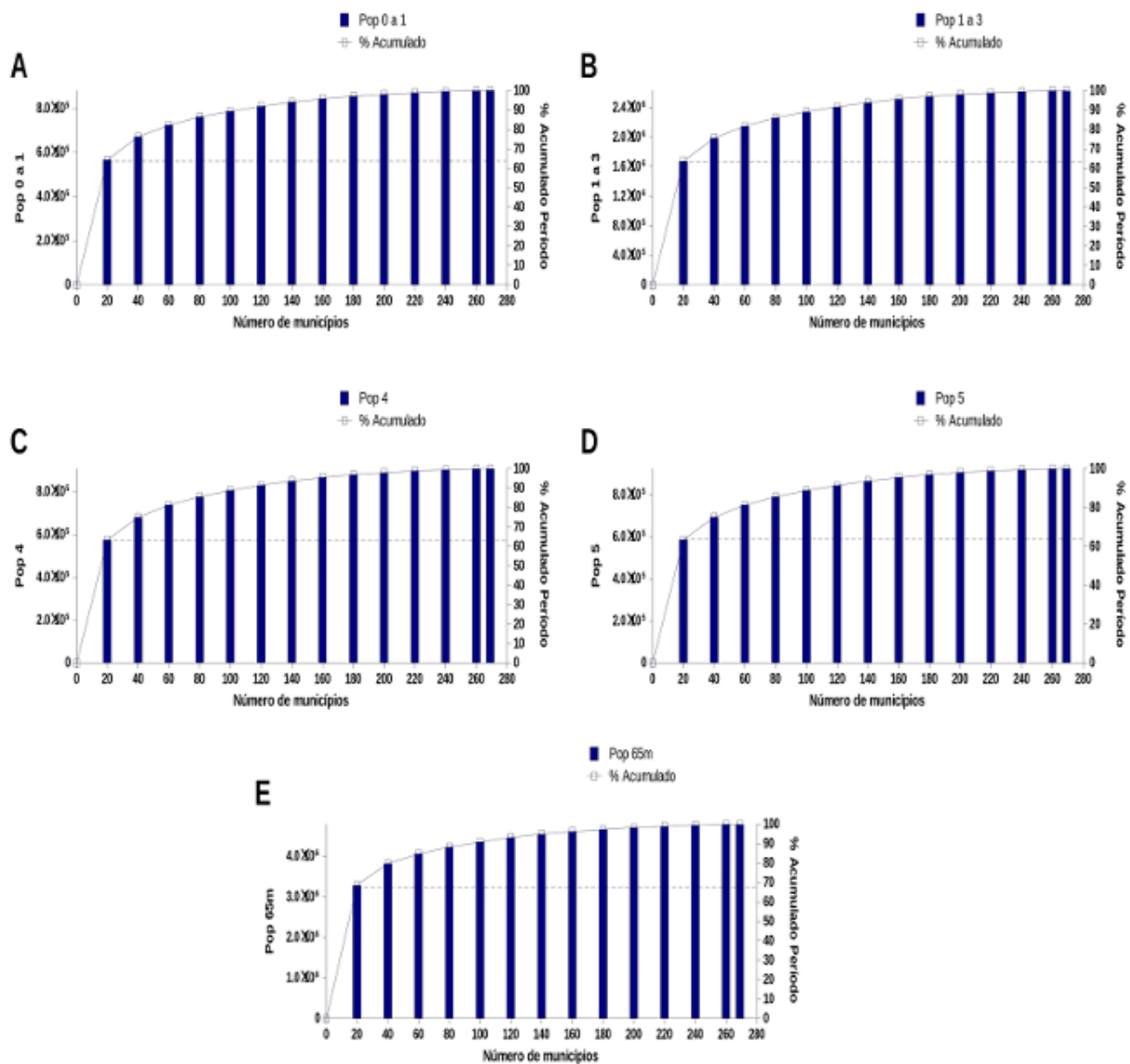
Fonte: Elaborado pelos autores.

No que se refere à População Total, os municípios amostrados somam 64.533.854 habitantes, o que representa 31% da população total brasileira (190.732.694 habitantes). Nesse quesito, é importante destacar que apenas 24 municípios concentram 70% da população amostrada e 20,61% da população brasileira. As capitais, por sua vez, representam 67% da população amostrada e 20% da população brasileira.

O município amostrado que apresenta a maior População Total é São Paulo - SP, localizado na região sudeste, com 11.253.503 habitantes. A Densidade Demográfica dos municípios amostrados tem uma média de 348,96 hab./km² quanto a Densidade Demográfica brasileira é de 23,80 hab./km² (IBGE, 2010). O desvio padrão deste dado foi de 1.127,79 hab. /km². O município com maior Densidade Demográfica é Fortaleza-CE, localizado na região nordeste com 7.786,52 hab./km² e o que apresenta menor Densidade Demográfica é Barcelos-AM, localizado na região norte, com 0,21 hab./km².

A População Urbana dos municípios amostrados totaliza 61.232.273 habitantes o que corresponde a 94,88% da população total amostrada. A População Urbana brasileira é de aproximadamente 160.000.000 habitantes, totalizando um percentual de 84,3% da População Total, enquanto a População Rural brasileira é de aproximadamente 49.000.000 de pessoas, que totaliza 15,7% da População Total brasileira (IBGE, 2010). No Gráfico de Pareto (Figura 3-C) é possível observar que em apenas 20 municípios estão concentrados aproximadamente 70% da População Urbana amostrada, enquanto na Figura 3-D observa-se uma concentração de apenas 30% de População Rural em 20 municípios.

Figura 4 - Gráfico de Pareto. Distribuição dos Municípios que concentram maior População de 0 a 1 ano (A); Distribuição dos Municípios que concentram maior População de 1 a 3 anos (B); Distribuição dos Municípios que concentram maior População de 4 anos (C); Distribuição dos Municípios que concentram maior População de 5 anos (D); Distribuição dos Municípios que concentram maior População com 65 anos ou mais (E).



Fonte: Elaborado pelos autores.

Em relação à faixa etária observou-se no Gráfico de Pareto que em 20 municípios do total da amostra estão concentrados aproximadamente 65% da população com faixa etária de 0 a 5 anos de idade (Figura 4-A, 4-B, 4-C e 4-D); observou-se também que em 20 municípios da população amostrada estão concentrados aproximadamente 70% da população com faixa etária igual ou acima de 65 anos como mostra a figura 4-E.

A média da expectativa de vida da população dos municípios amostrados é de aproximadamente 74 anos, sendo que o município de Lagoa Vermelha (RS) possui a maior expectativa de vida e Monte Santo (BA) apresenta a menor expectativa dentre os municípios

analisados. Em relação à Mortalidade Infantil os municípios com maior taxa encontram-se nas regiões nordeste e sul, com destaque para o município de Luzilândia-PI. Os municípios com as menores taxas de mortalidade infantil concentram-se nas regiões sul, sudeste e centro-oeste com destaque para o município de Lagoa Vermelha-RS que apresenta a menor taxa de mortalidade infantil dentre a população amostrada

Análise de Dados Climatológicos

De acordo com o teste de tendência de Mann-Kendall, do total de 272 localidades, 34,14% (82 municípios) apresentaram tendência estatisticamente significativa em relação à precipitação, 92,27% (259 municípios) em relação à temperatura máxima e 91,17% (248 municípios) em relação à temperatura mínima.

Em relação às tendências estatisticamente significativas de precipitação, 37,8% (31 municípios) apresentaram tendência de aumento e 62,2% (51 municípios) apresentaram tendência de diminuição. Em relação às tendências estatisticamente significativas de temperatura máxima, 90,8% (247 municípios) apresentaram tendência de aumento e 9,2% (4 municípios) apresentaram tendência de diminuição. Em relação às tendências estatisticamente significativas de temperatura mínima, 89,3% (243 municípios) apresentaram tendência de aumento e 10,7% (3 municípios) apresentaram tendência de diminuição.

Desta forma, foi possível observar que a maior tendência de mudança climática está ocorrendo em relação à diminuição da precipitação e aumento das temperaturas máxima e mínima. Ou seja, o aumento da temperatura é o fator físico climático mais

preponderante nos municípios estudados, constituindo assim o fator de vulnerabilidade mais importante no contexto nacional.

Análise da Correlação de Dados Demográficos e Climatológicos

A Tabela 2 apresenta os valores referentes a análise de correlação de Spearman entre as variáveis demográficas e os valores de tendência das variáveis climáticas:

Tabela 2 - Correlação de Spearman entre as Variáveis Demográficas e Climatológicas.

| Variável Demográfica | Variável Climatológica | | | |
|------------------------------|--------------------------|--------------|--------------|----------------|
| | r Spearman Valor de p | Temp. Máx. | Temp. Mín. | Precipitação |
| Área total | | | | |
| População Total | | 0,125 | 0,133 | - 0,017 |
| Densidade demográfica | | 0,053 | 0,143 | 0,114 |
| População urbana | | - 0,047 | - 0,032 | 0,071 |
| População rural | | 0,028 | 0,111 | 0,162 |
| População de 0 a 1 | | 0,022 | 0,025 | - 0,158 |
| População de 1 a 3 | | 0,078 | 0,174 | 0,080 |

| | | | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|----------------|
| População 4 anos | r Spearman Valor de p | 0,087 | 0,182 | 0,073 |
| População até 5 | r Spearman Valor de p | 0,083 | 0,180 | 0,077 |
| População acima de 65 anos | r Spearman Valor de p | 0,085 | 0,184 | 0,079 |
| Mortalidade Infantil | r Spearman Valor de p | 0,003 | 0,058 | 0,108 |
| Expectativa de Vida | r Spearman Valor de p | 0,115 | 0,091 | - 0,416 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Área Total apresentou correlação positiva e significativa ($p < 0,05$) com as temperaturas mínima e máxima. Dessa forma, as temperaturas apresentam maiores tendências de aumento nos municípios com maior área total. Os cinco municípios com maior área total estão na região Norte: Altamira-PA (159.533,4 km²); Barcelos-AM (122.476,0); São Gabriel da Cachoeira-AM (109.183,5 km²); São Félix do Xingu-PA (84.213,1 km²) e Almeirim-PA (72.954,65km²).

A população total apresenta uma correlação positiva e significativa com a temperatura mínima ($p < 0,05$). Dessa forma, a temperatura mínima (noites mais quentes) apresenta maior tendência de aumento nos municípios com maior população total. Os cinco municípios com maior população total encontram-se nas regiões Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste: São Paulo-SP (11.253.503 hab.); Rio

de janeiro-RJ (6.320.446); Salvador-BA (2.675.656 hab.); Brasília-DF (2.570.160 hab.) e Fortaleza-CE (2.452.185 hab.) (Tabela 3).

Tabela 3 - Municípios com maior População Urbana e Rural

| População Urbana | | População Rural | |
|-----------------------|------------|-----------------------|--------------------|
| São Paulo (SP) | 11.152.344 | São Paulo (SP) | 101.159 |
| Rio de Janeiro (RJ) | 6.320.446 | Brasília (DF) | 87.950 |
| Salvador (BA) | 2.674.923 | Petrolina (PE) | 74.747 |
| Brasília (DF) | 2.482.210 | Cametá (PA) | 68.058 |
| Fortaleza (CE) | 2.452.185 | São Luís (MA) | 56. ³¹⁵ |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A População Urbana e a População Rural apresentam uma correlação positiva e significativa com a precipitação ($p < 0,05$); dessa forma, a precipitação apresenta maior tendência de aumento em municípios com maior População Urbana e maior População Rural.

A população de 0 a 5 anos apresenta uma correlação positiva e significativa com a temperatura mínima ($p < 0,05$); dessa forma, a temperatura mínima apresenta maior tendência de aumento em municípios com maior População na faixa etária de 0 a 5 anos na Tabela 4. A população acima de 65 anos não apresentou dados relevantes em relação à temperatura e precipitação.

Tabela 4 - Municípios com maior população na Faixa Etária de 0 a 5 anos.

| | População de 0 a 1 ano | | População de 1 a 3 anos |
|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| São Paulo (SP) | 142819 | São Paulo (SP) | 421276 |
| Rio de Janeiro (RJ) | 72807 | Rio de Janeiro (RJ) | 216582 |
| Brasília (DF) | 37717 | Brasília (DF) | 112131 |
| Manaus (AM) | 33662 | Fortaleza (CE) | 101424 |
| Fortaleza (CE) | 33298 | Salvador (BA) | 99681 |
| | População 4 anos | | População 5 anos |
| São Paulo (SP) | 146688 | São Paulo (SP) | 149757 |
| Rio de Janeiro (RJ) | 74523 | Rio de Janeiro (RJ) | 77201 |
| Brasília (DF) | 39200 | Brasília (DF) | 39609 |
| Fortaleza (CE) | 33985 | Fortaleza (CE) | 34579 |
| Salvador (BA) | 32724 | Salvador (BA) | 33798 |

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Expectativa de vida apresenta uma correlação positiva e significativa com a precipitação ($p < 0,05$). Dessa forma, a precipitação apresenta maior tendência em municípios com maior expectativa de vida. Os cinco municípios com maior expectativa de vida encontram-se nas regiões Sul e Sudeste: Lagoa Vermelha-RS (78,1 anos); Taubaté-SP (77,98 anos); Viçosa-MG (77,96); Barbacena-MG (77,88) e Lavras-MG (77,8).

A Mortalidade Infantil apresenta uma correlação positiva e significativa com a precipitação ($p < 0,05$). Dessa forma, a precipitação apresenta maior tendência em municípios com maior mortalidade infantil. Os cinco municípios com maior mortalidade infantil encontram-se nas regiões Nordeste e Sul: Luzilândia-PI (38); Colinas - MA (37,9); São Joaquim-SC (37,9); Monte Santo - BA (37,6) e Monteiro - PB (35,6).

Através da análise do perfil da população brasileira juntamente com dados climatológicos de temperatura (máxima e mínima) e precipitação, foi possível identificar vulnerabilidades associadas à demografia e ao clima. As primeiras análises revelaram que o Brasil é um país com muitos contrastes em seu perfil populacional e climático. Por um lado, há um país com grandes centros urbanos de alta densidade populacional, e por outro lado um país com municípios com extensa área total e pouco habitado, caracterizando, assim, vazios demográficos (SANTOS et al., 2012).

As vulnerabilidades identificadas nesta pesquisa começam a partir da análise do perfil demográfico brasileiro. Entender a dinâmica da população brasileira sob uma perspectiva de tamanho e ocupação é fundamental para os estudos sobre vulnerabilidade socioambiental. Estudos como o de Costa et al. (2015), baseia suas análises sobre quadros de disparidades regionais, com a concentração de municípios na faixa de alta vulnerabilidade social na região Norte, nos estados do Acre, do Amazonas, do Pará, do Amapá e de Rondônia. Costa et al. (2015) afirma ainda que a desigualdade entre os índices do Norte-Nordeste evidencia a existência de um país polarizado, com realidades, necessidades e prioridades distintas, que devem ser mais profundamente investigadas a fim de superá-las, ainda existentes, desigualdades regionais.

As variáveis demográficas referentes à área total, população total, densidade demográfica, população urbana e rural, faixa etária, expectativa de vida e mortalidade infantil apresentaram médias com elevado desvio padrão, o que foi constatado na análise das variações dos municípios com maiores e menores índices.

A predominância da população urbana nos municípios amostrados sugere quadros de vulnerabilidade tanto na zona urbana quanto na zona rural. O inchaço populacional que prevalece nos grandes centros já carrega consigo vulnerabilidades em relação ao saneamento e acesso a serviços públicos, especialmente aos economicamente vulneráveis. Estudos acerca desta análise confirmam a complexidade da dinâmica migratória da população. Os migrantes podem também ser mais vulneráveis no seu destino do que a área de origem, se não falam a língua local proeminente e não têm acesso aos mercados de trabalho, autoridades locais e infraestruturas seguras e suficientes (TACOLI,2009).

No que se refere ao clima, o Brasil apresenta uma significativa variedade climática ao longo de seu território. O fato de ter dimensões continentais (quando comparado ao tamanho dos países e continentes), faz com que o Brasil alcance duas zonas climáticas, além de sofrer interferência de diversos fatores e eventos climáticos externos e internos (ROSS, 1995).

Em relação aos estudos realizados sobre tendências climáticas no Brasil, Guedes (2019) contempla, em suas análises, séries temporais de dados pluviométricos de oito estações meteorológicas no Rio Grande do Sul, as quais foram aplicados nos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Spearman. O estudo de Guedes (2019) identificou alterações na tendência de 50% das estações

analisadas, corroborando com os resultados encontrados por meio de gráficos. No caso do Rio Grande do Sul, o autor sugere que o aumento da precipitação total anual nas séries temporais pode estar relacionado aos períodos de eventos climáticos como o El Niño e La Niña.

Nessa perspectiva, segundo o IPCC (2014) os dados climatológicos vêm apresentando evidências de mudanças no clima pelo aumento da temperatura e alterações no ciclo da precipitação. É importante ressaltar que essas tendências de aumento de temperatura seguem a tendência climática global, associadas ao aquecimento global (IPCC, 2014). Nos cenários de vulnerabilidades socioambientais associadas ao clima em mudança, existem uma gama de estudos avançados em escala global. Em diferentes partes do mundo, a comunidade científica trabalha em prol de discutir os efeitos diversos que as mudanças climáticas podem causar nas populações.

Kearney et al. (2018) descrevem análises relacionadas às ameaças à saúde pública causadas pelas mudanças climáticas, e ao mesmo tempo em que identificam populações sensíveis ao clima, principalmente na zona rural do leste da Carolina do Norte. Mysiak (2018) apresenta um índice de risco climático que foi desenvolvido para informar o planejamento nacional de adaptação ao clima na Itália. O estudo trabalha no desenho de políticas e planos de adaptação onde orienta a fase inicial de formulação de problemas e identifica as áreas com maior propensão a serem adversamente afetadas pelas mudanças climáticas.

Rohat (2018) estuda novos métodos para obter e computar projeções socioeconômicas de correspondência de cenários e uma abordagem baseada em análises de correlação - e as aplica ao caso

da Europa. Eles oferecem uma variedade de possibilidades de aplicação prática, produzindo projeções no nível subnacional de vários fatores de vulnerabilidade humana, como características demográficas e sociais, urbanização, estado do ambiente, infraestrutura, estado de saúde e condições de vida.

Neste panorama, que se discute as questões sobre vulnerabilidades relacionadas ao clima, é de suma importância que seja investigado os mecanismos demográficos que envolvem a dinâmica climática. Para Hogan (2001), é necessário compreender que o fator humano é um dos principais elementos a serem considerados nos modelos climáticos.

Hogan (2001) destaca que a dificuldade de articular o que se pode projetar a partir desses cenários de clima para o futuro e as medidas efetivas de mitigação e adaptação esteja no fato de se desconsiderarem os elementos sociais e políticos envolvidos no processo. Nesse sentido, o componente demográfico ainda é pouco explorado nas análises de mudanças climáticas (HOGAN, 2001), mesmo que sejam reconhecidas as contribuições mais impactantes de outros aspectos demográficos para os níveis de emissões (LUTZ et al., 2002).

Nos cenários de vulnerabilidades socioambientais associadas ao clima em mudança, existe uma gama de estudos avançados em escala global. Em diferentes partes do mundo, a comunidade científica trabalha em prol de discutir os efeitos diversos que as mudanças climáticas podem causar nas populações. A vulnerabilidade devido à concentração populacional nas capitais brasileiras identificadas na pesquisa reforça as constatações nos estudos de Marandola et al. (2009) que afirma que em ambientes

intensamente modificados pelo homem, a matriz causal de riscos e de elementos que podem interferir na vulnerabilidade é consideravelmente maior, dificultando a apreensão de relações de causalidade entre determinados perigos e certas características do grupo demográfico.

Para Otto et al. (2017), as vulnerabilidades causadas pelas mudanças climáticas possuem uma natureza multifatorial: vários fatores ligados ao clima influenciam diretamente a saúde, o bem-estar, a economia, o deslocamento das populações (IPCC, 2014). Para Barbieri (2013) as abordagens em demografia e seu caráter geracional refletem a necessidade de articular determinantes e consequências da dinâmica populacional – inclusive aqueles que definem variáveis-chave de vulnerabilidade populacional (educação, renda, tamanho de famílias, mortalidade e morbidade, mobilidade etc.) – às características do contexto e às dimensões que definem o “desenvolvimento socioeconômico” (social, política, econômica, institucional e ambiental).

Em relação aos estudos realizados sobre tendências climáticas no Brasil, Guedes (2019) contempla, em suas análises, séries temporais de dados pluviométricos de oito estações meteorológicas no Rio Grande do Sul, as quais foram aplicados nos testes estatísticos não paramétricos de Mann-Kendall e Spearman. O estudo de Guedes (2019) identificou alterações na tendência de 50% das estações analisadas, corroborando com os resultados encontrados por meio de gráficos. No caso do Rio Grande do Sul, o autor sugere que o aumento da precipitação total anual nas séries temporais pode estar relacionado aos períodos de eventos climáticos como o El Niño e La Niña.

Segundo Barbieri (2013), vulnerabilidade populacional ressalta a necessidade de construção de uma agenda de pesquisa que defina cenários de vulnerabilidade, e consequentemente informem estratégias de adaptação, a partir de uma perspectiva interdisciplinar que explicita relações entre mudanças ambientais (em particular, mudanças climáticas), dinâmica socioeconômica e demográfica, saúde populacional e o papel das instituições, em um dado horizonte de tempo e em escalas relevantes para o planejamento e políticas públicas (municípios, unidades de planejamento, etc.).

A importância de contextualizar o campo de análise dos estudos no processo de vulnerabilidades socioambientais frente às mudanças climáticas sob a ótica da demografia, baseia-se na articulação não apenas das variáveis demográficas, mas de seu impacto nas interações socioambientais, onde a dinâmica populacional correlacionada aos dados climatológicos é analisada dentro de uma nova perspectiva.

5. CONCLUSÃO

O fato de o universo amostral desta pesquisa abranger todas as regiões brasileiras torna o trabalho relevante e significativo para estudos posteriores que abordem essa temática. Neste sentido, a importância do presente trabalho está pautada, sobretudo, no fato de se tratar de um país com dimensões continentais, o qual além de abranger grandes zonas climáticas, possui em seu território uma consistente diversidade climática.

Em relação às limitações do método, e da pesquisa propriamente dita, acerca do estudo das vulnerabilidades socioambientais frente a

mudanças climáticas na perspectiva demográfica, a identificação de tais vulnerabilidades a nível municipal de mapeamento pode levar a uma falsa sensação de precisão. Apesar de os municípios amostrados apresentarem dados a partir de um modelo conceitual, é necessário que haja um entendimento de que as realidades locais variam por diversos fatores a saber, onde torna-se necessário um debate com um diagnóstico local referente às questões relacionadas aos efeitos das mudanças climáticas.

É necessário destacar que as vulnerabilidades socioambientais frente às mudanças climáticas, identificadas a partir do enfoque demográfico, apontam para a importância das políticas públicas no que se refere ao enfrentamento dos efeitos socioambientais diante de um clima em mudança. Desta forma, este estudo contempla uma base de dados que pode corroborar para a implantação de políticas públicas que possam atingir as populações com maior grau de vulnerabilidade socioambiental sob o efeito das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADGER, W. N.; AGRAWALA, S.; MIRZA, M. M. Q.; CONDE, C.; O'BRIEN, K.; PULHIN, J.; PULWARTY, R.; SMIT, B.; TAKAHASHI, K. Assessment of adaptation practices, options, constraints and capacity. In: PARRY, M. L. et al. (ed.). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Cambridge: Cambridge University Press, 2007. p. 717-743. DOI: não localizado.

BARBIERI, A. F. Transições populacionais e vulnerabilidade às mudanças climáticas no Brasil. **Redes: Revista do Desenvolvimento**

Regional, Santa Cruz do Sul, v. 18, n. 2, p. 193-213, maio/ago. 2013. DOI: não localizado.

CONFALONIERI, U. E. C. Regional climate change and human health in South America. In: DIAS, P. L. S.; RIBEIRO, W. C.; NUNES, L. H. (org.). **A contribution to understand the regional impact of global change in South America**. São Paulo: Editora USP, 2005. DOI: não localizado.

COSTA, M. A.; MARGUTI, B. O. (ed.). **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Brasília, DF: Ipea, 2015. DOI: não localizado.

EAKIN, H.; LEMOS, M. C. Institutions and change: the challenge of building adaptive capacity in Latin America. **Global Environmental Change**, v. 20, n. 1, p. 1-3, 2010. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2009.08.002.

EAKIN, H.; LUERS, A. L. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. **Annual Review of Environment and Resources**, v. 31, p. 365-394, 2006. DOI: 10.1146/annurev.energy.30.050504.144352.

FÜSSEL, H.-M. Vulnerability: a generally applicable conceptual framework for climate change research. **Global Environmental Change**, v. 17, n. 2, p. 155-167, 2007. DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.05.002.

FÜSSEL, H.-M. Vulnerability to climate change and poverty. In: EDENHOFER, O.; WALLACHER, J.; LOTZE-CAMPEN, H.; REDER, M.; KNOPF, B.; MÜLLER, J. (ed.). **Climate Change, Justice and Sustainability: Linking Climate and Development Policy**. Dordrecht: Springer, 2012. p. 9-17. DOI: 10.1007/978-94-007-4540-7_2.

GUEDES, H. A. S.; PRIEBE, P. S.; MANKE, E. B. Tendências em séries temporais de precipitação no norte do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 2, p. 283-291, 2019. DOI: 10.1590/0102-7786334023.

HIPEL, K. W.; MCLEOD, A. I. **Time Series Modelling of Water Resources and Environmental Systems**. Amsterdam: Elsevier, 1994. DOI: não localizado.

HOGAN, D. J.; TOLMASQUIM, M. T. (ed.). **Human Dimensions of Global Environmental Change: Brazilian Perspectives**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2001. DOI: não localizado.

IPCC. **Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva: IPCC, 2014. DOI: não localizado.

IPCC. **Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Cambridge University Press, 2001. DOI: não localizado.

IWAMA, A. Y.; BATISTELLA, M.; FERREIRA, L. C.; ALVES, D. S.; FERREIRA, L. C. Risco, vulnerabilidade e adaptação às mudanças climáticas: uma abordagem interdisciplinar. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 95-118, abr./jun. 2016. DOI: 10.1590/1809-4422ASOC137409V1922016.

KEARNEY, G. D.; JONES, K.; BELL, R. A.; SWINKER, M.; ALLEN, T. R. Climate change and public health through the lens of rural, eastern

North Carolina. **North Carolina Medical Journal**, v. 79, n. 5, p. 270-277, 2018. DOI: 10.18043/ncm.79.5.270.

KENDALL, M. G. **Rank Correlation Methods**. 4. ed. London: Charles Griffin, 1975. DOI: não localizado.

LUTZ, W.; PRSKAWETZ, A.; SANDERSON, W. C. (ed.). **Population and Environment: Methods of Analysis**. New York: Population Council, 2002. DOI: não localizado.

MANN, H. B. Nonparametric tests against trend. **Econometrica**, v. 13, n. 3, p. 245-259, 1945. DOI: 10.2307/1907187.

MARANDOLA JÚNIOR, E.; HOGAN, D. J. Vulnerabilidade do lugar vs. vulnerabilidade sociodemográfica: implicações metodológicas de uma velha questão. **Revista Brasileira de Estudos de População**, Rio de Janeiro, v. 26, n. 2, p. 161-181, jul./dez. 2009. DOI: não localizado.

MCMICHAEL, A. J. From hazard to habitat: rethinking environment and health. **Epidemiology**, v. 10, n. 4, p. 460-464, 1999. DOI: 10.1097/00001648-199907000-00021.

MYSIAK, J.; TORRESAN, S.; BOSELLO, F.; MISTRY, M.; AMADIO, M.; MARZI, S.; FURLAN, E.; SPEROTTO, A. Climate risk index for Italy. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, v. 376, art. 20170305, 2018. DOI: 10.1098/rsta.2017.0305.

OJIMA, R. As dimensões demográficas das mudanças climáticas: cenários de mudança do clima e as tendências do crescimento populacional. **Revista Brasileira de Estudos de População**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 389-403, jul./dez. 2011. DOI: não localizado.

OTTO, I. M.; RECKIEN, D.; REYER, C. P. O.; MARCUS, R.; LE MASSON, V.; JONES, L.; NORTON, A.; SERDECZNY, O. Social vulnerability to climate change: a review of concepts and evidence. **Regional Environmental Change**, v. 17, n. 6, p. 1651-1662, 2017. DOI: 10.1007/s10113-017-1105-9.

ROHAT, G. Projecting drivers of human vulnerability under the shared socioeconomic pathways. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 15, n. 3, art. 554, 2018. DOI: 10.3390/ijerph15030554.

ROSS, J. L. S. Análises e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 9, p. 65-75, 1995. DOI: 10.7154/RDG.1995.0009.0003.

SANTOS, J. O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, n. 10, p. 127-144, 2012. DOI: 10.5418/RA2012.0810.0009.

SCHUMANN, L. R. M. A. **A multidimensionalidade da construção teórica da vulnerabilidade: análise histórico-conceitual e uma proposta de índice sintético**. 2014. 165 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento, Sociedade e Cooperação Internacional) – Centro de Estudos Avançados e Multidisciplinares, Universidade de Brasília, Brasília, 2014. DOI: não localizado.

TACOLI, C.; MCGRANAHAN, G.; SATTERTHWAITTE, D. Urbanization, poverty and inequity: is rural-urban migration a poverty problem, or part of the solution? In: MARTINE, G.; MCGRANAHAN, G.; MONTGOMERY, M.; FERNÁNDEZ-CASTILLA, R. (ed.). **The New Global Frontier: Urbanization, Poverty and Environment in the 21st Century**. London: Earthscan, 2008. p. 37-53. DOI: não localizado.

TURNER, B. L. et al. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 100, n. 14, p. 8074-8079, 2003. DOI: 10.1073/pnas.1231335100.

YUE, P. S.; YANG, T. C.; WU, C. K. Impact of climate change on water resources in southern Taiwan. **Journal of Hydrology**, v. 260, n. 1-4, p. 161-175, 2002. DOI: 10.1016/S0022-1694(01)00614-X.

¹ Discente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

² Mestre em Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

³ Discente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁴ Mestre em Meio Ambiente pelo Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁵ Discente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)

⁶ Discente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar](#)

[o e-mail](#)

⁷ Docente do Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente da Universidade CEUMA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar](#)

[o e-mail](#)