



Proposição de um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento

básico: o contexto dos municípios paraibanos de pequeno porte

Proposition of an human vulnerability index to the insufficiency of basic sanitation: the context of the small paraibanos municipalities

 Yuciara Barbosa Costa Ferreira¹  Andrea Carla Lima Rodrigues²  Francine Modesto dos Santos³  Yáscara Maia Araújo de Brito⁴  Dayse Luna Barbosa⁵ and  Sahara Guimarães da Cruz⁶

¹ Mestre em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, Paraíba – Brasil. yuciara.barbosa@gmail.com

² Doutora em Engenharia Civil e Ambiental. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, Paraíba – Brasil. andrea.carla@professor.ufcg.edu.br

³ Doutora em Demografia. Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Campinas, São Paulo – Brasil. franmodesto@gmail.com

⁴ Doutora em Engenharia e Gestão de Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, Paraíba – Brasil. yascaramaiaa@gmail.com

⁵ Doutora em Recursos Naturais. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, Paraíba – Brasil. dayse.luna@yahoo.com.br

⁶ Graduada em Engenharia Civil. Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Campina Grande, Paraíba – Brasil. sahara.guimaraes@estudante.ufcg.edu.br

Notas dos autores

Os autores não têm conflitos de interesse a declarar.

A correspondência referente a este artigo deverá ser endereçada a Sahara Guimarães da Cruz

Cite como - American Psychological Association (APA)

Ferreira, Y. B. C., Rodrigues, A. C. L., Santos, F. M., Brito, Y. M. A., Barbosa, D. L., & Cruz,

S. G. (2024). Proposition of an human vulnerability index to the insufficiency of basic sanitation: the context of the small paraibanos municipalities. *J. Environ. Manag. & Sust.*, 13(1), 1-31, e25071. <https://doi.org/10.5585/2024.25071>

Manag. & Sust., 13(1), 1-31, e25071. <https://doi.org/10.5585/2024.25071>





Resumo

Objetivo: Desenvolver um índice que sintetiza aspectos socioeconômicos, institucionais e de saúde humana diante da insuficiência de saneamento básico em municípios de pequeno porte, a partir das três dimensões da vulnerabilidade – risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa.

Metodologia: O método para construir e validar o índice se configurou em três etapas: concepção do framework teórico com dados do IBGE (2010), da MUNIC (2017), do Atlas Esgoto (2017) e do SUS do período de 2010-2014; ponderação e padronização dos indicadores por meio de técnicas estatísticas multivariadas; e validação, com a aplicação e análise dentro do contexto dos municípios paraibanos.

Originalidade/Relevância: A literatura carece de índices que integrem a dimensão social às características das habitações, acesso ao saneamento básico e indicadores epidemiológicos em municípios de pequeno porte. Este estudo é relevante por compreender fatores que elevam a vulnerabilidade de populações e territórios permitindo identificar as áreas de maior criticidade, e direcionar ações para melhorar a qualidade de vida das populações afetadas.

Resultados: Os resultados revelaram a influência geográfica dos grandes centros urbanos sobre os municípios de pequeno porte circunvizinhos. Constatou-se que a vulnerabilidade se configura como um forte indicador da iniquidade e da desigualdade social presente nos municípios. No panorama do estado, verificou-se que a mesorregião do Agreste Paraibano apresenta cenários de vulnerabilidade elevada, em virtude de suas características econômicas, sanitárias e sociodemográficas.

Contribuições sociais/para a gestão: Espera-se contribuir na identificação dos fatores que exigem ações e políticas públicas assistencialistas imediatas, em benefício de melhores qualidades de vida para as populações mais vulneráveis.

Palavras-chave: vulnerabilidade, saneamento básico, saúde humana, municípios de pequeno porte





Proposition of an human vulnerability index to the insufficiency of basic sanitation: the context of the small paraibanos municipalities

Abstract

Objective: Develop an index that synthesizes socioeconomic, institutional and human health aspects regarding the lack of basic sanitation in small municipalities, based on the three dimensions of vulnerability – risk, susceptibility and adaptive capacity.

Methodology: The method for constructing and validating the index consisted of three stages: the development of the theoretical framework using data from IBGE (2010), MUNIC (2017), the Atlas Esgoto (2017), and SUS from the period 2010-2014; weighting and standardizing the indicators through multivariate statistical techniques; and validation, through the application and analysis within the context of the municipalities of Paraíba.

Originality/Relevance: The literature lacks indices that integrate the social dimension with housing characteristics, access to basic sanitation and epidemiological indicators in small municipalities. This study is relevant because it understands factors that increase the vulnerability of populations and territories, allowing it to identify the most critical areas and direct actions to improve the quality of life of affected populations.

Results: The results revealed the geographic influence of large urban centers on the surrounding small municipalities. It was found that vulnerability is a strong indicator of inequity and social inequality present in municipalities. In the state's panorama, it was found that the Agreste Paraibano mesoregion presents scenarios of high vulnerability, due to its economic, health and sociodemographic characteristics.

Social/management contributions: It is expected to contribute to the identification of factors that require immediate welfare actions and public policies, in benefit of better quality of life for the most vulnerable populations.

Keywords: vulnerability, basic sanitation, human health, small municipalities





Propuesta de un índice de vulnerabilidad humana ante la insuficiencia del saneamiento básico: el contexto de los pequeños municipios en paraíba

Resumen

Objetivo: Desarrollar un índice que resuma los aspectos socioeconómicos, institucionales y de salud humana relacionados con la insuficiencia de saneamiento básico en municipios pequeños, basado en las tres dimensiones de la vulnerabilidad: riesgo, susceptibilidad y capacidad de adaptación.

Metodología: El método para construir y validar el índice se configuró en tres etapas: concepción del marco teórico con datos del IBGE 2010, MUNIC (2017), Atlas Esgoto (2017) y SUS del período 2010-2014; ponderación y estandarización de indicadores mediante técnicas estadísticas multivariadas; y validación, con aplicación y análisis en el contexto de los municipios de Paraíba.

Originalidad/Relevancia: La literatura carece de índices que integren la dimensión social con las características de la vivienda, el acceso a saneamiento básico e indicadores epidemiológicos en municipios pequeños. Este estudio es relevante porque comprende los factores que aumentan la vulnerabilidad de las poblaciones y territorios, permitiendo identificar las áreas más críticas y dirigir acciones para mejorar la calidad de vida de las poblaciones afectadas.

Resultados: Los resultados revelaron la influencia geográfica de los grandes centros urbanos sobre los pequeños municipios circundantes. Se encontró que la vulnerabilidad es un fuerte indicador de la inequidad y desigualdad social presente en los municipios. En el panorama estatal, se encontró que la mesorregión Agreste Paraibano presenta escenarios de alta vulnerabilidad, debido a sus características económicas, sanitarias y sociodemográficas.

Aportes sociales/de gestión: Se espera contribuir a la identificación de factores que requieren acciones de bienestar y políticas públicas inmediatas, en beneficio de una mejor calidad de vida de las poblaciones más vulnerables.



Palabras clave: vulnerabilidade, saneamento, salud humana, pequeños municipios

Introdução

A complexidade da sociedade associada à intensificação dos impactos ambientais, principalmente nas questões relacionadas à precariedade da infraestrutura de saneamento básico, reflete diretamente na promoção da saúde e na qualidade de vida da população (Heller, 1998, Teixeira, Gomes & Souza, 2012, Silva et al., 2017). Sob essa perspectiva, o acesso aos serviços de saneamento básico tem sido pauta de repercussões em nível mundial e o relatório *Progress on drinking water, sanitation and hygiene* (World Health Organization [WHO], 2017) enfatiza uma vulnerabilidade acentuada das populações de áreas rurais.

No âmbito nacional, Heller (2018) considera que o quadro de assimetria do acesso ao saneamento no Brasil é intensificado em razão da desigualdade social e do padrão de políticas públicas excludentes no setor. Dentre os maiores desafios postos para a sociedade brasileira, a inclusão social igualitária frente às questões sanitárias e ambientais pode ser considerada como um fator primordial.

Ao analisar a realidade da maioria dos municípios brasileiros, observa-se grandes déficits na cobertura dos serviços de saneamento básico e no planejamento efetivo desses serviços (Lima Neto & Santos, 2012). Tal prática resulta em impactos sociais, econômicos e ambientais, principalmente nas regiões menos favorecidas como, por exemplo, as pequenas localidades do semiárido nordestino.

No universo de 5.570 municípios no Brasil, cerca de 88% são considerados de pequeno porte, cuja população é de até 50.000 habitantes (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística [IBGE], 2017). Embora não sofram dos mesmos problemas urbanos dos grandes centros, a maioria desses municípios apresenta dificuldades operacionais para a prática do planejamento e da gestão do saneamento, dada a falta de estrutura institucional e administrativa.

Na tentativa de proporcionar uma maior visibilidade aos municípios dessa tipologia,



analisar a vulnerabilidade da população frente à insuficiência de saneamento é imprescindível. O termo vulnerabilidade expressa a multidimensionalidade de conceitos que são empregados em diversas áreas do conhecimento, podendo destacar sua aplicação nas ciências sociais, ciências naturais e na engenharia (Cutter, 2011).

O conceito de vulnerabilidade abordado nesse estudo consiste na mesma proposta apresentada pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC], 2007), explicada a partir de três elementos: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Entretanto, foi necessário realizar uma contextualização desses componentes para a temática e realidade analisada.

A fim de compreender e quantificar os diversos tipos de vulnerabilidade, índices e indicadores têm sido amplamente difundidos pela comunidade científica para mensurar, caracterizar e identificar a vulnerabilidade de indivíduos, grupos ou comunidades (Alcântara et al., 2013). No Brasil, há alguns estudos que mensuram a vulnerabilidade por meio de indicadores desenvolvidos para embasar as políticas públicas especificamente voltadas para regiões e grupos populacionais considerados mais vulneráveis (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada [IPEA], 2015, Malta, Costa & Magrini, 2017, Santos et al., 2019). Entretanto, a literatura ainda carece de índices que integrem a dimensão social às características das habitações, o acesso ao saneamento básico e os indicadores epidemiológicos, principalmente no contexto dos municípios de pequeno porte.

A relevância deste estudo reside na identificação de fatores que exigem ações imediatas para reduzir a vulnerabilidade de populações e territórios, sendo uma ferramenta útil para: a formulação de políticas, a tomada de decisão nas esferas públicas, e a disseminação da cultura de uso dos indicadores nas agendas de políticas públicas regionais, nacionais e internacionais.

Optou-se pela escolha dos municípios paraibanos com população até 50.000 habitantes como unidades de análise e aplicação da pesquisa, haja vista que os municípios de pequeno

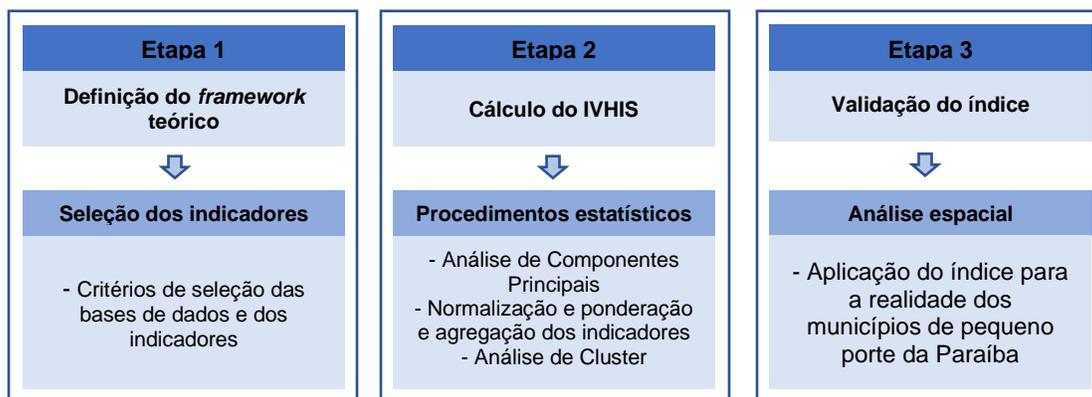
porte são predominantes em todo o estado da Paraíba e representam 96% da sua totalidade. No conjunto desses municípios, há diferentes modelos de gestão, apesar da similaridade em termos populacionais e proximidade geográfica, e ainda, aqueles que diante das limitações naturais, encontram alternativas para lidar com situações de escassez hídrica, por exemplo. Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo propor um índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico no contexto dos municípios paraibanos de pequeno porte.

Metodologia

O objetivo deste artigo é desenvolver um índice para dar suporte aos estudos sobre a vulnerabilidade de populações e territórios à insuficiência de saneamento básico. Assim, a metodologia para sua construção foi dividida em três etapas, conforme a **Erro! Fonte de referência não encontrada.**

Figura 1

Etapas metodológicas da pesquisa



Fonte: Elaboração própria.

Etapa 1: Framework teórico

Segundo Hammond et al. (1995 como citado em Silva, 2015) a construção de indicadores para fins de política pública tem a obrigação de explicitar tanto a métrica adotada



quanto o modelo conceitual subjacente, inerente ao indicador. Nesse sentido, com o propósito obter uma métrica de vulnerabilidade municipal para efeitos comparativos, optou-se pelo desenvolvimento de um índice composto (ou sintético), por conter diferentes indicadores. Os índices compostos integram e sintetizam aspectos multidimensionais, atuando como redutores de complexidade e proporcionando a comparação entre as unidades de análise (Barata et al., 2014).

Em vista disso, o índice desenvolvido segue a mesma proposta do IPCC (2007) e é constituído por três subíndices que correspondem aos elementos fundamentais da vulnerabilidade: risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa. Juntos, esses componentes originam o Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento (IVHIS), responsável por retratar as condições de vulnerabilidade de cada município.

O subíndice risco (I_R) pode ser interpretado como o perigo direto, bem como a natureza e extensão dos problemas de inadequação dos serviços de saneamento. Entende-se, portanto, que um domicílio com saneamento considerado inadequado conjuga as formas mais degradantes à saúde e ao meio ambiente simultaneamente. Além disso, também estão agrupadas informações referentes à incidência de impactos ambientais decorrentes da falta de saneamento.

O subíndice susceptibilidade (I_S) demonstra as características sociodemográficas, de pobreza e de ocorrência de Doenças Relacionadas ao Saneamento Inadequado (DRSAI), que podem tornar a população mais susceptível aos impactos decorrentes da precariedade das condições sanitárias. Os indicadores de pobreza construídos agregam as informações sobre acesso a saneamento básico, reconhecido como um fator de influência no bem-estar da população e elemento fundamental na análise das condições de vida das famílias.

Nesse sentido, se além do rendimento monetário de valor baixo, os domicílios apresentam um acesso precário às condições mínimas de salubridade e saneamento, significa que estão em situação de extrema vulnerabilidade e, portanto, configuram-se como o público-

alvo prioritário das políticas públicas para a melhoria da qualidade de vida (IBGE, 2011).

Já o subíndice de capacidade adaptativa (I_{CA}), além de integrar informações relacionadas diretamente a melhoria da qualidade de vida da população, também avalia a presença de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico que favoreçam a população, amenizando os impactos gerados pela insuficiência ou inadequação do saneamento.

O fundamento teórico para a construção do índice baseou-se na literatura científica internacional e nacional voltada para a avaliação da vulnerabilidade socioambiental e de saúde, bem como seus impactos (Kienberger, Lang & Zeil, 2009, Mavhura, Manyena & Collins, 2017, Carmo & Guizardi, 2018).

Seleção dos indicadores

A seleção dos indicadores para compor o índice teve como principal referência um trabalho na área de vigilância em saúde ambiental do Ministério da Saúde (Brasil, 2012). No entanto, alguns indicadores sugeridos não condizem com as particularidades dos municípios de pequeno porte e, portanto, não foram incluídos na construção do índice. Os dados utilizados nesta pesquisa são provenientes do Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2012), da Pesquisa de Informações Básicas Municipais – MUNIC (IBGE, 2017) e do Atlas esgotos (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico [ANA], 2017) – constituindo o conjunto de dados socioeconômicos, aspectos demográficos e de infraestrutura sanitária. Para doenças e cobertura da atenção básica, utilizou-se dos dados fornecidos pelo Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS) do período de 2010-2014. Em sua totalidade foram usados 30 indicadores alocados nos três subíndices (Tabela 1).

Considera-se que a presença dos indicadores que compõem o I_R , contribui para o aumento da vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento básico, isto é, valores altos do IVHIS; essa linha de pensamento também é válida para os nove indicadores do I_S . Em contrapartida, para avaliar o I_{CA} , quanto maior o valor dos seus indicadores, menor será o valor

do IVHIS.

Tabela 1

Indicadores propostos para obtenção do IVHIS

Subíndice	Indicadores
RISCO	<ul style="list-style-type: none">• Porcentagem de domicílios com abastecimento de água inadequado;• Porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário inadequado;• Porcentagem de domicílios com destino de lixo de forma inadequada;• Porcentagem de domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário;• Porcentagem da população em domicílios sem coleta e sem tratamento de esgoto;• Ocorrência de impactos ambientais devido à falta de saneamento;• Concentração de poluentes na água exigindo ampliação na captação e no tratamento da água durante períodos de estiagem.
SUSCEPTIBILIDADE	<ul style="list-style-type: none">• Taxa de mortalidade até os 5 anos de idade;• Razão de dependência;• Taxa de analfabetismo (15 anos ou mais);• Porcentagem de vulneráveis à pobreza;• Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Básico Inadequado (DRSAI) no período de 2010 a 2014;• Mortalidade proporcional por DRSAI;• Internações por Doença Diarreica Aguda (DDA) em menores de 5 anos;• Ocorrência de seca entre os anos 2014-2017.
CAPACIDADE ADAPTATIVA	<ul style="list-style-type: none">• Esperança de vida ao nascer;• IDHM;• Renda per capita;• Taxa de urbanização;• PIB per capita. Existência de: <ul style="list-style-type: none">• Política Municipal de Saneamento Básico;• Plano Municipal de Saneamento Básico;• Conselho Municipal de Saneamento Básico;• Fundo Municipal de Saneamento Básico;• Plano Municipal de Habitação;• Plano de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos;• Instrumento de gestão ambiental sobre saneamento básico;• Legislação sobre gestão de bacias hidrográficas;• Instrumento de gestão ambiental sobre coleta seletiva de resíduos sólidos domésticos.

Procedimentos estatístico para o cálculo do IVHIS

A formulação da metodologia baseada unicamente em critérios estatísticos objetivou, dentre outros fatores, a redução da subjetividade presente em métodos participativos que

incorporam opiniões de especialistas, por exemplo. Para a avaliação da vulnerabilidade, a agregação de diversos indicadores tem sido uma técnica bastante utilizada devido a vantagem de incorporar uma vasta gama de variáveis, levando a um modelo mais abrangente da realidade. Logo, uma solução bastante difundida é o emprego de técnicas estatísticas multivariadas para fins de redução de dados, atentando-se a perda mínima de informação no decorrer do processo. Devido a complexidade dos cálculos efetuados, utilizou-se o software estatístico XLSTAT versão 2019.3.2 para o processamento das técnicas envolvendo Análise de Componentes Principais (ACP) e Análise de Cluster Hierárquico (ACH).

Antes de iniciar os procedimentos estatísticos, foi necessário observar quais critérios devem ser satisfeitos para utilização da técnica multivariada previamente escolhida, vista que ela pode ser afetada de várias formas se não atender suas premissas conceituais inerentes às suposições estatísticas (Tabachinick & Fidell, 2007). O planejamento de uma ACP compreende três estágios iniciais: a verificação da adequabilidade da base de dados; a determinação da técnica de extração e o número de fatores a serem extraídos e a tomada de decisão quanto à rotação dos fatores (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2010).

Primeiramente, verificou-se a adequabilidade da base de dados. Em relação ao nível de mensuração, a literatura recomenda que se deve priorizar a utilização de variáveis contínuas ou discretas. No que concerne ao padrão de correlação entre as variáveis, a matriz de correlações deve exibir um número substancial de valores superiores a 0,30 (Hair et al., 2009). O teste de *Kaiser-Meyer-Olkin* (KMO), cujos valores variam entre 0 e 1, foi usado para avaliar a adequação do emprego da análise fatorial. Quanto mais próximo de 1, mais adequada será a utilização da técnica. Favero et al. (2009) sugere a seguinte escala para interpretar o valor da estatística KMO: entre 0,90 e 1, muito boa; entre 0,80 e 0,89, boa; entre 0,70 e 0,79, mediana; entre 0,60 e 0,69, razoável; entre 0,50 e 0,59, ruim e abaixo de 0,5, inadequada.

Após verificar a adequabilidade da base de dados, a próxima etapa consistiu na escolha da técnica de extração dos fatores que, para esse estudo, refere-se ao emprego dos

componentes principais. Apesar de não existir um critério consensual para definir a quantidade de fatores que devem ser extraídos, a literatura aponta alguns métodos que podem auxiliar o pesquisador na tomada de decisão, são eles: critério de Kaiser, critério *a priori*, critério de percentagem de variância e critério do gráfico *Scree*. O presente estudo utiliza o critério de Kaiser, que sugere apenas a extração de fatores com autovalores ou *eigenvalue* acima de um. Isso porque se o fator apresenta baixo *eigenvalue*, ele estará contribuindo pouco para explicar a variância nas variáveis originais.

Os fatores extraídos geralmente são rotados para tornar o resultado empírico facilmente interpretável, mantendo as suas propriedades estatísticas iguais. Há dois principais tipos de rotação: ortogonal e oblíqua. As rotações ortogonais são mais fáceis de reportar e de interpretar e, por esse motivo, optou-se por esse tipo de rotação neste trabalho. Para isso, presumiu-se que os componentes principais (F_i) são independentes, determinados a partir de combinações lineares das variáveis iniciais X_i , de acordo com o modelo matemático da Equação 1:

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k \quad (1)$$

Cada uma das k variáveis observadas é descrita linearmente em termos das “ k ” componentes não correlacionadas (F_i); a_{ik} são os pesos ou cargas fatoriais que compõem a combinação linear. As cargas fatoriais a_{ik} expressam os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e seus respectivos componentes.

Por fim, a última etapa para a realização da ACP envolveu a interpretação e a nomeação dos fatores através das cargas fatoriais. Em cada componente principal, considerou-se que as variáveis mais representativas são aquelas cujas cargas fatoriais são maiores ($a_{ik} > 0,30$), conforme estabelecido por Hair *et al.* (2009).

Para o desenvolvimento do índice de vulnerabilidade proposto, fez-se o uso da propriedade de ortogonalidade, testando se os escores fatoriais seriam ortogonais e

observando a matriz de variância e covariância entre os mesmos. Os escores associados aos municípios tinham distribuição simétrica em torno da média zero, isto é, uma metade dos escores fatoriais teve sinais positivos enquanto a outra apresentou sinais negativos. Logo, os municípios com os menores IVHIS apresentam escores fatoriais negativos.

Com o propósito de evitar que altos escores fatoriais negativos elevassem a magnitude dos índices associados aos municípios, realizou-se a transformação dos escores fatoriais cujo objetivo foi trazê-los para o primeiro quadrante, padronizando-os conforme a Equação 2.

$$I_p = \frac{I_o - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \quad (2)$$

Onde: I_p é o valor padronizado do índice, I_o é o valor observado do indicador a ser padronizado, I_{\min} e I_{\max} são os valores mínimo e máximo observados para os escores fatoriais entre todos os municípios, contidos no intervalo fechado entre zero e um.

As variáveis qualitativas que poderiam assumir dois valores receberam a qualificação de dicotômicas; ou seja, para torná-las quantificáveis, as variáveis foram codificadas da seguinte forma: Sim=1 e Não=0.

Finalmente, foi realizado o cálculo do IVHIS por meio da Equação 3:

$$IVHIS = \frac{I_R + I_S + (1 - I_{CA})}{3} \quad (3)$$

A ACP é, em geral, utilizada como uma etapa intermediária para a aplicação de outras técnicas multivariadas. Com os resultados obtidos até essa etapa, foi preciso decidir os intervalos de vulnerabilidade para a classificação dos municípios, tendo em vista que a diferenciação entre as localidades é um fator importante. Uma solução para esse impasse foi a utilização da técnica multivariada denominada análise de cluster.

Estudos recorrentes, bem como manuais de análise multivariada têm sugerido que se aplique a ACH sobre os escores dos componentes, ou seja, sobre cada valor do IVHIS gerado (Macedo & Bassani, 2010). Sendo assim, as informações municipais foram agrupadas em por



meio de técnicas de agrupamentos hierárquicas, que teve como principal objetivo efetuar a classificação dos municípios em grupos, de forma que haja uma homogeneidade de valores do IVHIS dentro do mesmo grupo e uma heterogeneidade entre os diversos grupos (*clusters*).

As técnicas de agrupamentos visam a redução da subjetividade, pois quantificam a similaridade ou dissimilaridade entre indivíduos (Guimarães, Asmus & Burdorf, 2013). Neste trabalho, a partição foi realizada segundo uma função de agrupamento com base na distância Euclidiana, conhecida como a medida de dissimilaridade mais comumente usada em agrupamentos. Houve um estabelecimento de pontos centrais (centroides) e os integrantes de cada grupo foram identificados pelo método dos mínimos quadrados.

Validação do índice

Este artigo tem como unidade básica de análise, de processamento e de espacialização de informações, todos os municípios de até 50.000 habitantes do estado da Paraíba, situado no Nordeste brasileiro e que abrange uma área territorial de 56.467,239 km². Sua população estimada é de 4.018.127 pessoas, caracterizando-o como a 14^a unidade da federação mais populosa do país (IBGE, 2019). O estado compreende 223 municípios distribuídos em 23 microrregiões e em quatro mesorregiões, sendo estas: Agreste Paraibano, Borborema, Mata Paraibana e Sertão Paraibano.

Em termos populacionais, a mesorregião com maior número de municípios de pequeno porte em relação a sua quantidade total é a Borborema (100%), seguida do Agreste Paraibano (97%), Sertão Paraibano (96,4%) e Mata Paraibana (83%). Outra informação relevante é que de acordo com o último Censo Demográfico 2010 (IBGE, 2012), cerca de 42% desses 213 municípios em análise são predominantemente rurais.

No que tange ao recorte espacial da pesquisa (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), dentre o total de municípios do estado da Paraíba, 213 (95,5%) são considerados de pequeno porte segundo a classificação do IBGE (2011). Apenas dez municípios apresentam faixas populacionais acima de 50.000 habitantes e, portanto, serão

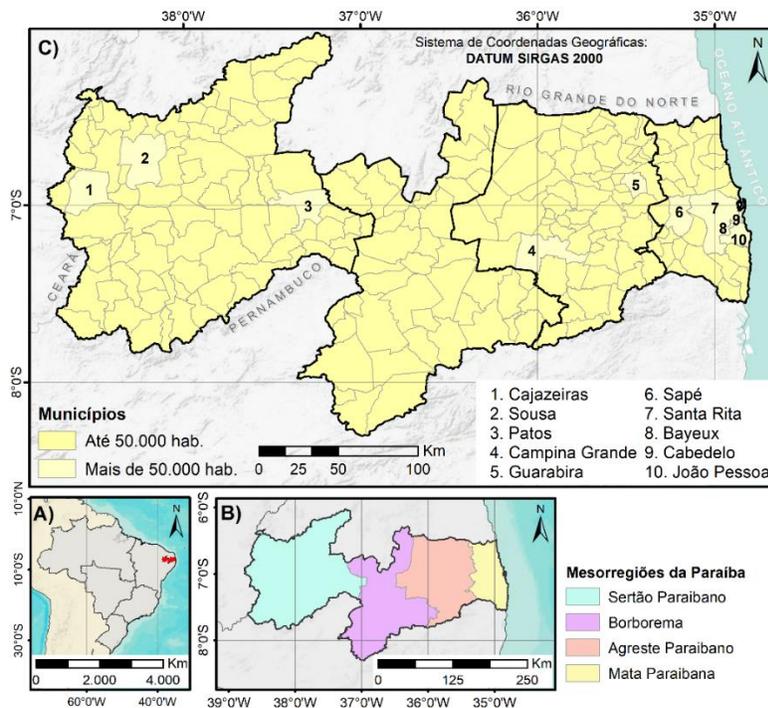


desconsiderados nesse estudo.

Para validação do índice desenvolvido, foi avaliada a distribuição dos escores fatoriais para cada município selecionado e, em seguida, realizou-se o mapeamento do Índice de Vulnerabilidade Humana à Insuficiência de Saneamento básico (IVHIS). Com o intuito de facilitar a compreensão da distribuição da vulnerabilidade e da relação espacial entre os municípios, utilizou-se de técnicas de geoprocessamento realizadas em ambiente SIG (ArcGIS Desktop 10.6) para representar os valores do IVHIS e de cada subíndice.

Figura 2

Localização geográfica, divisão mesorregional e características populacionais do estado da Paraíba



Fonte: Elaboração própria.

Resultados e Discussão

Foram aplicadas técnicas de análise multivariada em componentes principais e de agrupamento, ao conjunto de 30 variáveis dos municípios de pequeno porte da



Paraíba. Os resultados estatísticos provenientes da ACP para cada subíndice do IVHIS estão na Tabela 2.

Tabela 2

Resultados da ACP para os subíndices risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa

Subíndice	Teste KMO	ACP	Equações
RISCO	0,682	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F1=46,6% <p>a) Domicílios com abastecimento de água inadequado; b) Domicílios com esgotamento sanitário inadequado; c) Domicílios com destino de lixo de forma inadequada; d) Domicílios sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ F2=22,1% <p>e) População em domicílios sem coleta e sem tratamento de esgoto.</p>	$IR_{quant} = \frac{f_1 \times 0,466 + f_2 \times 0,221}{0,687} \quad (4)$ $IR_{quali} = \frac{\sum_{i=1}^2 f_i}{2} \quad (5)$ <p>Onde: fi representa o código do município quanto a ocorrência de impactos ambientais devido à falta de saneamento e a presença de elevadas concentrações de poluentes na água em períodos de estiagem, podendo ser 0 ou 1.</p> $IR_{final} = \frac{IR_{quant} \times 5 + IR_{quali} \times 2}{7} \quad (6)$
SUSCEPTIBILIDADE	0,660	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F1=29,7% <p>a) Razão de dependência; b) Índice de Gini; c) Taxa de analfabetismo (15 anos ou mais); d) Porcentagem de vulneráveis à pobreza.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ F2=18,9% <p>e) Internações por Doenças Relacionadas ao Saneamento Básico Inadequado (DRSAI) e f) Internações por Doença Diarreica Aguda (DDA) em menores de 5 anos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ F3=12,5% <p>g) taxa de mortalidade até os 5 anos de idade e h) Mortalidade proporcional por DRSAI.</p>	$IS_{quant} = \frac{f_1 \times 0,297 + f_2 \times 0,189 + f_3 \times 0,125}{0,611} \quad (7)$ $IS_{final} = \frac{IS_{quant} \times 8 + IS_{quali}}{9} \quad (8)$



CAPACIDADE ADAPTATIVA	0,660	<ul style="list-style-type: none"> ▪ F1=49,5% a) Esperança de vida ao nascer; b) IDHM; c) Renda <i>per capita</i> e d) Taxa de urbanização. <ul style="list-style-type: none"> ▪ F2=20,3% e) PIB <i>per capita</i> .	$ICA_{quant} = \frac{f_1 \times 0,495 + f_2 \times 0,203}{0,698} \quad (9)$ $ICA_{quali} = \frac{\sum_{i=1}^9 f_i}{9} \quad (10)$ Onde: f_i representa o código do município quanto a existência de instrumentos de gestão relacionados ao saneamento. $ICA_{final} = \frac{ICA_{quant} \times 5 + ICA_{quali} \times 9}{14} \quad (11)$
--------------------------	-------	---	---

A análise de correlação aplicada às variáveis de cada subíndice apresentou a existência de correlações bastante significativas, reforçando a adequabilidade da técnica de ACP. O teste de KMO para os três subíndices resultou em valores razoáveis para a aplicação da técnica estatística.

Cada subíndice foi dividido conforme a tipologia de suas variáveis a partir das Equações 4, 5, 7, 8, 9 e 10 da Tabela 2. Os valores finais para I_R , I_S e I_{CA} foram representados pela média ponderada em relação às variáveis quantitativas e qualitativas presentes em cada dimensão da vulnerabilidade, conforme mostram as Equações 6, 8 e 11 descritas na Tabela 2.

Posteriormente, prosseguiu-se com a ACH para agrupar os valores de cada subíndice em classes distintas. Com o intuito de analisar a estrutura hierárquica formada pela união entre os elementos e visualizar o processo de clusterização (*clustering*), utilizou-se os dendrogramas gerados, que é a forma mais usual de representação dos resultados de métodos hierárquicos. Esse diagrama representa uma árvore hierárquica de vínculos na qual pode-se verificar no seu eixo vertical a perda de informação (dissimilaridade) conforme o avanço dos estágios de aglomeração. Um bom ponto de decisão da clusterização final, isto é, da escolha do número de grupos, é onde os valores de distância mudam consideravelmente. Os resultados dessa técnica demonstraram que os valores do IVHIS e dos seus subíndices (I_R , I_S , I_{CA}) deveriam ser agrupados em três classes (baixa, média e alta).



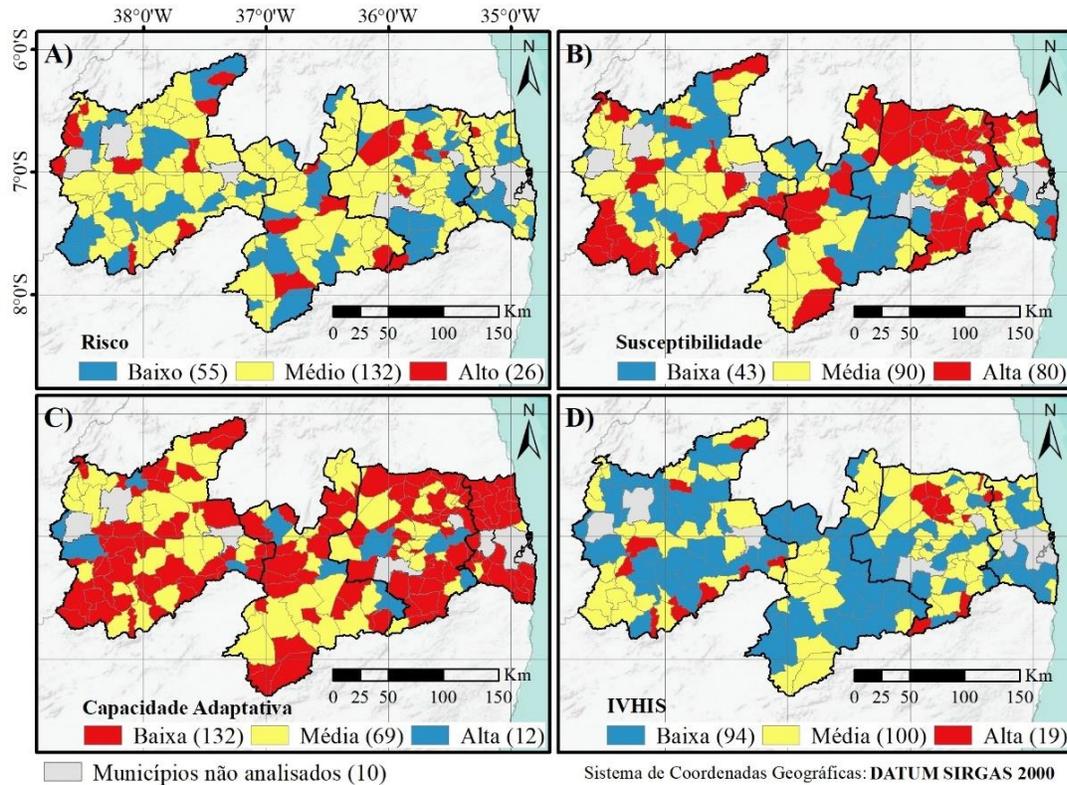
Após a realização dos procedimentos estatísticos, obteve-se os valores do IVHIS para cada município paraibano de pequeno porte, de acordo com as três dimensões da vulnerabilidade (Figura 3).

O subíndice de Risco (I_R) (Figura 3a) refletiu que cerca de 62% dos municípios paraibanos de pequeno porte apresentaram um risco mediano. Os valores mais próximos a 1 indicam um risco alto e os mais próximos a 0 revelam um risco baixo. Dentre a totalidade dos 213 municípios, 26 apresentaram médias de inadequação mais significativas. As mesorregiões que mais se destacam em relação aos municípios com maior incidência de problemas sanitários foram: o Sertão, com um percentual de 42,3%, e o Agreste com 34,6%.

Na mesorregião do Sertão Paraibano os municípios com situações mais críticas encontram-se bem distribuídos. No entanto, verifica-se que o principal fator que contribuiu para a elevação do risco nesses 11 municípios, está relacionado aos altos índices de domicílios com esgotamento sanitário inadequado.

Figura 3

Análise espacial de desempenho dos municípios paraibanos para: a) o subíndice risco; b) o subíndice susceptibilidade; c) o subíndice capacidade adaptativa; d) o índice de vulnerabilidade humana à insuficiência de saneamento



Fonte: Elaboração própria

Por outro lado, o Agreste concentra a cidade de Campina Grande, a segunda maior do Estado em contingente populacional. Os municípios imediatamente ao Sul dessa localidade, apresentaram risco baixo. Os valores mais significativos, caracterizados como os mais preocupantes para o Agreste, estão situados ao norte de Campina Grande, indicando, assim, que pode haver a influência de um grande centro urbano na redução do risco dos pequenos municípios localizados em seu entorno.

Solânea foi o município do Agreste cujo valor do índice foi considerado de extremo risco (1,0). Destaca-se que o valor final obtido tem fins comparativos e, portanto, a pontuação zero



não indica ausência de vulnerabilidade, da mesma forma que a pontuação igual a um não significa vulnerabilidade extrema, e sim que determinado município do estado é mais ou menos vulnerável em relação aos demais (Santos, 2016). Sendo assim, os indicadores que contribuíram para a situação crítica desse município foram: a alta porcentagem de domicílios com esgotamento sanitário inadequado (aproximadamente 100%) e com destino de lixo de forma inadequada (cerca de 80%). Segundo Oliveira (2018), o processo de expansão urbana do município acarretou em uma segregação socioespacial, na qual uma parcela significativa da população vem ocupando espaços com habitações precárias e, portanto, não usufrui das infraestruturas urbanas de saneamento básico.

Em síntese, o cenário paraibano aponta para uma classificação predominantemente de baixo-médio risco, em que 25,8% das localidades apresentaram situações de baixo risco, 62,0% estavam enquadrados na categoria mediana e 12,2% registraram elevados índices significativos de inadequação dos serviços de saneamento básico.

Quanto à susceptibilidade (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), os resultados demonstraram que cerca de 80% dos municípios apresentaram uma susceptibilidade média-alta, dentre os quais 47% exibiram valores mais significativos.

Constata-se que a mesorregião em que a população tem sido mais afetada é o Agreste Paraibano. Dentre os seus 66 municípios, mais de 50% registraram um I_s elevado, enquanto apenas 10,6% indicam uma melhor qualidade de vida da população. Nesses últimos, ações para aumentar a resiliência da população, considerando os parâmetros analisados no I_s , devem ser objeto de planejamento e políticas públicas adequadas para reduzir as iniquidades sociais e a incidência das DRSAl.

É possível identificar as áreas de maior criticidade como, por exemplo, os municípios situados no extremo norte do Agreste, caracterizados por apresentarem índices de pobreza mais elevados, além de precariedades e inadequações em termos de saneamento básico. Nesses municípios, é notável a elevada importância dos benefícios do Programa Bolsa Família,

o que não só aponta para o papel chave de políticas e serviços públicos que aliviem os efeitos da pobreza e da escassez de oportunidades econômicas, mas também corrobora para o alto grau de vulnerabilidade dessa população (Paraíba, 2018).

Paiva & Souza (2018) também já constataram, a partir de dados secundários de todos os estados brasileiros, que as internações por doenças de veiculação hídrica estão associadas às condições de saneamento básico, escolaridade e cobertura por serviços de atenção básica; enquanto Viana, Freitas & Giatti (2015) revelaram a existência de uma relação direta entre as altas taxas de internações por DRSAl, os altos índices de pobreza extrema e as condições precárias de saneamento na Amazônia legal. Dessa forma, entende-se que a nítida interface entre a propagação de doenças e os índices de atendimento dos serviços de saneamento, indica uma explicação estrutural de profunda crise da saúde pública no Brasil.

A Mata Paraibana, mesorregião que detém a maior densidade demográfica registrada no Estado, possui localidades de médio e grande porte ao sul, entre as quais está a capital João Pessoa, que registraram baixas fragilidades nesse aspecto, com exceção de Pitimbu. Apesar desse município apresentar um risco baixo, Costa, Gadelha & Filgueira (2019) constataram que a presença de lixões à céu aberto e o consumo de água fora dos padrões de potabilidade na localidade, refletem prejuízos à saúde humana, deixando a população mais suscetível à incidência de DRSAl.

Na hipótese do desenvolvimento de planos de ação para reduzir a vulnerabilidade dos municípios de pequeno porte da Paraíba, em que a susceptibilidade caracterizasse o fator prioritário de investimentos, o Agreste seria a mesorregião de intervenção urgente. Dessa forma, sugere-se que a adoção integrada de políticas de saneamento, a educação e a assistência à saúde que considerem as desigualdades intramunicipais, possam contribuir para a melhoria das condições de saúde da população mais afetada.

Embora o risco e a susceptibilidade representem a fragilidade dos municípios, a ausência de instrumentos de planejamento e gestão dos serviços de saneamento básico



podem acentuar os impactos gerados pelos problemas sanitários existentes. Desta forma, o I_{CA} difere dos demais subíndices tendo em vista que quanto mais próximo de 1 for o seu valor, menor será a vulnerabilidade. Ao analisar o panorama geral do estado, conforme apresentado na **Erro! Fonte de referência não encontrada.**, verifica-se que 62% dos municípios da Paraíba apresentam baixa capacidade adaptativa, ou seja, não dispõem de políticas públicas e serviços que promovam melhorias na qualidade de vida da população.

Dentre as variáveis analisadas nesse subíndice, nota-se que apenas 5,2% dos municípios têm alguma legislação referente à gestão de bacias hidrográficas. Entretanto, o planejamento efetivo das ações de saneamento básico requer uma intersetorialidade com outras áreas, especialmente aquelas relacionadas à gestão dos recursos hídricos, em que o fator de interação entre saneamento e preservação de corpos hídricos concentra-se no contexto da gestão de bacias hidrográficas.

A mesorregião com a maior predominância de municípios com baixa capacidade adaptativa foi a Mata paraibana, que dentre os seus 25 municípios de pequeno porte selecionados, 23 demonstraram um cenário desfavorável. Essa situação se deve, principalmente, à ausência de instrumentos e políticas correlatos ao saneamento básico.

Em relação aos casos extremos, os municípios Gado Bravo e Cacimbas, localizados no Agreste e Sertão paraibanos, respectivamente, revelaram um quadro de atenção. Ao analisar os indicadores que contribuíram fortemente para uma baixa capacidade adaptativa desses municípios, verificou-se que ambos não apresentaram nenhum instrumento de gestão do saneamento básico e, além disso, mais de 75% da população residia na zona rural. Por outro lado, os municípios Teixeira e Santa Cruz, ambos situados no Sertão, apresentaram cenários positivos, com elevados índices de capacidade adaptativa.

É importante ressaltar as diferenças entre esses municípios, tendo em vista que Teixeira é mais urbanizado e possui, aproximadamente, o dobro da população de Santa Cruz. No entanto, há uma similaridade no fato de que ambos estão próximos a municípios de médio

porte: Patos, o terceiro município mais importante no estado considerando os aspectos econômico, político e social; e Sousa, o principal polo do Noroeste estadual. Portanto, apesar desses municípios de pequeno porte pertencerem a mesma mesorregião, há particularidades inerentes a cada um.

Os resultados também evidenciaram que a ausência de Planos Municipais de Saneamento Básico (PMSB) interfere fortemente nas demais variáveis, ou seja, se não há PMSB dificilmente haverá outros instrumentos de gestão associados ao saneamento básico no município. Haja vista que a existência do PMSB é a condição de acesso aos recursos federais, Lisboa, Heller & Silveira (2013) identificaram em seus estudos que as principais dificuldades para a elaboração e implementação dos PMSB em municípios de pequeno porte, são: a indisponibilidade de recursos financeiros; a limitação quanto à qualificação profissional e capacidade técnica municipal; a falta de integração dos órgãos vinculados às áreas do saneamento e a vontade política.

Sistemas adaptados são mais estáveis a variações, de modo que as ações governamentais visam promover o desenvolvimento socioeconômico da comunidade; em contrapartida, sistemas vulneráveis tem estratégias de desenvolvimento comprometidas pelos impactos da insuficiência de saneamento básico, os quais reduzem a efetividade de políticas sociais, econômicas e de promoção à saúde. Isso significa que antes de investir em educação e saúde, é necessário promover a universalização dos serviços de saneamento básico, de forma que todos tenham acesso a um ambiente saudável e equilibrado.

Por último, os municípios foram analisados segundo suas vulnerabilidades à insuficiência de saneamento básico (**Erro! Fonte de referência não encontrada.**), integrando os três fatores discutidos anteriormente (risco, susceptibilidade e capacidade adaptativa).

A maior parte dos municípios analisados ficou concentrada na faixa média de vulnerabilidade (46,9%). O Agreste Paraibano concentrou 52,6% dos municípios mais vulneráveis. Nesse cenário, é possível identificar um grupo de municípios vizinhos que



apresentam índices elevados de vulnerabilidade, são eles: Damião, Arara, Solânea, Casserengue e Cacimba de Dentro. Vale ressaltar que a homogeneidade apresentada por tais localidades deve-se às peculiaridades da microrregião em que eles estão inseridos, caracterizada pela intermitência dos rios, escassez hídrica, má qualidade da água nos lençóis subterrâneos, baixa oferta de emprego pelo setor agropecuário, altos índices de pobreza e de inadequação dos sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário, e a ausência de instrumentos de planejamento e gestão correlatos ao setor de saneamento básico (Paraíba, 2018).

Em contrapartida, a Borborema compreende os municípios com menores índices de vulnerabilidade, apesar de 100% serem considerados de pequeno porte. A mesorregião da Mata Paraibana também apresentou um quadro mais favorável, uma vez que Pedro Régis foi o único município com situação crítica de vulnerabilidade.

O Sertão, por sua vez, abrange o segundo e o terceiro municípios mais vulneráveis de toda a Paraíba: Água Branca e Cacimbas, respectivamente. Nota-se que ambos estão localizados ao sul da mesorregião, especificamente na divisa com o estado de Pernambuco. Essas situações de elevada criticidade justificam-se pelo fato de que os dois municípios apresentaram elevados índices de risco e de susceptibilidade, e quase nenhuma estratégia visando a melhoria da qualidade de vida da população.

Ademais, esse panorama geral também permitiu visualizar a influência geográfica dos municípios de médio e grande porte sobre os pequenos municípios, haja vista que as municipalidades circunvizinhas aos grandes centros urbanos apresentaram os menores índices de vulnerabilidade. Essa constatação representa a grande dependência e fragilidade dessas localidades, e pode ser explicada por circunstâncias em que grande parte da população usufrui dos benefícios oferecidos pelos municípios de maior porte.

Logo, essa relação de dependência apresenta-se como um alerta, pois em situações que os grandes centros urbanos começarem a revelar grandes problemas de infraestrutura

sanitária e falhas contínuas nas políticas públicas assistencialistas e de promoção à saúde, a população dos municípios de pequeno porte será altamente atingida.

Conclusões

Esse trabalho demonstrou que a utilização de índices e indicadores pode facilitar a avaliação de políticas públicas implementadas, bem como o direcionamento mais adequado de ações e programas voltados às populações que se encontram em processos de vulnerabilidades.

O IVHIS integrou e sintetizou uma vasta gama de variáveis que, representadas por um único valor, propiciaram a análise de diferentes dimensões em torno da problemática do saneamento inadequado e seus impactos na sociedade.

A definição do marco teórico-conceitual apresentada no trabalho evidenciou que a vulnerabilidade é algo complexo de mensurar, tendo em vista que sua natureza multidisciplinar engloba aspectos sociais, econômicos, demográficos, institucionais e de saúde humana. Com isso, a metodologia desenvolvida ressaltou aspectos de uma visão integrada, multifacetada e multidimensional.

No que concerne à validação do índice proposto, o uso de técnicas de geoprocessamento favoreceu a visualização de aspectos importantes dos processos de vulnerabilidade, enfatizando a influência geográfica entre os municípios paraibanos, as áreas de prioridade de articulação intersetorial de políticas, e favorecendo o monitoramento do ciclo de políticas específicas no desenvolvimento das territorialidades. Outra questão notável foi a fragilidade dos municípios de pequeno porte. A partir dos resultados do IVHIS para a realidade paraibana, foi explicitada uma possível relação de dependência entre esses municípios e os grandes centros urbanos.

Destaca-se que situações de vulnerabilidade não são permanentes, elas são dinâmicas e podem mudar. A aceção da vulnerabilidade como parâmetro de avaliação implica na análise de diversos fatores, na intenção de revelar quão exposta, suscetível e incapaz pode estar uma



população ante os impactos da insuficiência dos serviços de saneamento básico.

Conclui-se que para efeitos de políticas públicas, a identificação dos municípios onde as altas vulnerabilidades socioeconômicas, demográficas e sanitárias coincidem, ajuda a decidir para onde devem ser orientados os maiores esforços, no sentido de melhorar a qualidade de vida das populações mais afetadas. Ainda, em um contexto atual de ampliação da trajetória de urbanização brasileira, identificar, medir e caracterizar a vulnerabilidade de grupos populacionais e de seus territórios é fundamental para informar o desenho das políticas públicas dentro dos novos cenários que começam a se estabelecer.

References

- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico. (2017). *Atlas esgotos: despoluição de bacias hidrográficas*. Brasília: ANA. Recuperado de <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/1d8cea87-3d7b-49ff-86b8-966d96c9eb01>
- Alcântara, V.S., Strauch, J.C.M., & Ajara, C. (2013). Metodologia para análise da vulnerabilidade socioambiental: estudo de caso na macrorregião da Costa Verde. *Revista Brasileira de Cartografia*, 65(3), 555-570. <https://doi.org/10.14393/rbcv65n3-44805>
- Barata, M.M.L., Confalonieri, U., Marinho, D.P., Costa N., C., Luigi, G., Oliveira, F.T. ... Pereira, C.A.R. (2014). *Mapa de vulnerabilidade da população dos municípios do estado do Rio de Janeiro frente às mudanças climáticas: Relatório Final*. Recuperado de <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/64216>
- Bernardes, C., Bernardes, R. S., & Gunther, W. M. R. (2018). Proposta de índice de salubridade ambiental domiciliar para comunidades rurais: aspectos conceituais e metodológicos. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 23(4), 697-706. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522018141631>



- Brasil. (2012). *Vigilância em Saúde Ambiental: dados e indicadores selecionados*. Brasília: Ministério da Saúde.
- Carmo, M.E., & Guizardi, F.L. (2018). O conceito de vulnerabilidade e seus sentidos para as políticas públicas de saúde e assistência social. *Cadernos de Saúde Pública*, 34, e00101417. <https://doi.org/10.1590/0102-311X00101417>
- Costa, S.G.F., Gadelha, C.L.M., & Filgueira, H.J.A. (2019). Saneamento básico e salubridade ambiental em cidades do litoral do estado da Paraíba. *Revista DAE*, 67(219). <https://doi.org/10.4322/dae.2019.041>
- Cutter, S.L. (2011). A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. *Revista Crítica de Ciências Sociais*, (93), 59-69. <https://doi.org/10.4000/rccs.165>
- Doni, M.V. (2004). *Análise de cluster: métodos hierárquicos e de particionamento* (Monografia de Bacharelado). Universidade Presbiteriana Mackenzie, São Paulo, Brasil. Recuperado de <http://meusite.mackenzie.com.br/rogerio/tgi/2004Cluster.PDF>
- Favero, L., Belfiore, P., Chan, B., & Silva, F. (2009). *Análise de dados: modelagem multivariada para tomada de decisões*. Rio de Janeiro: Elsevier. Recuperado de <https://repositorio.usp.br/item/001769290>
- Figueiredo F., D.B., & Silva Jr., J.A. (2010). Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial. *Opin. Publica*, 16(1), 160-185. <https://doi.org/10.1590/S0104-62762010000100007>
- Guimarães, R.M., Asmus, C.I.R.F., & Burdorf, A. (2013). Caracterização da exposição de população a organoclorados: uma aplicação da análise de cluster. *Revista brasileira de epidemiologia.*, 16(2), 231-239. <https://doi.org/10.1590/S1415-790X2013000200001>
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J., Anderson, R. E., & Tatham, R. L. (2009). *Análise Multivariada de Dados* (6a ed.) Porto Alegre, RS: Bookman.



- Heller, L. (1998). Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. *Ciência & Saúde Coletiva*, 3(2), 73-84. <https://doi.org/10.1590/S1413-81231998000200007>
- Heller, L. (2018). Política de saneamento vis-à-vis à política de saúde: encontros, desencontros e seus efeitos. In: R. D'Albuquerque, A. L. Brito, F. Sarti, F. Ultremare, & L. Heller. (Org.). *Saneamento como política pública: um olhar a partir dos desafios do SUS* (pp. 133-143). Rio de Janeiro, RJ: Centro de Estudos Estratégicos da Fiocruz. <https://doi.org/10.1590/0103-11042019S718>
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. (2011). *Indicadores Sociais Municipais*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. (2012). *Censo Demográfico 2010: Resultados gerais da amostra*. Rio de Janeiro: IBGE.
- Instituto Brasileiro De Geografia e Estatística. (2017). *Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC)*. Recuperado de <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/financas-publicas/19879-suplementos-munic2.html?=&t=downloads>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). *Cidades*. Recuperado de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pb/panorama>
- Instituto De Pesquisa Econômica Aplicada. (2015). *Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros* (77 pp.). Brasília, DF: Costa, M. A. & Marguti, B. O. Recuperado de <https://repositorio.ipea.gov.br/handle/11058/4381>
- Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: technical summary*. Cambridge: IPCC. Recuperado de https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar4_wg2_full_report.pdf
- Kienberger, S., Lang, S., & Zeil, P. (2009). Spatial vulnerability units--expert-based spatial modelling of socio-economic vulnerability in the Salzach catchment, Austria. *Natural*



Hazards & Earth System Sciences, 9(3), 767-778. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-767-2009>

- Lima N, I.E., & Santos, A.B.D. (2012). Planos de Saneamento Básico. In: A. Philippi Jr., & A. C. Galvão Jr. (Org.), *Gestão do Saneamento Básico: abastecimento de água e esgotamento sanitário* (323-363). Barueri: Manole.
- Lisboa, S.S., Heller, L., & Silveira, R.B. (2013). Desafios do planejamento municipal de saneamento básico em municípios de pequeno porte: a percepção dos gestores. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 18(4), 341-348. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522013000400006>
- Macedo, C.E.G., & Bassani, V.D.S. (2010). Vulnerabilidade socioeconômica em Porto Alegre: uma abordagem com base em análise multivariada. In: *Anais XVII Encontro Nacional de Estudos Populacionais*, Caxambu, MG. Recuperado de <https://proceedings.science/abep-2010/trabalhos/vulnerabilidade-socioeconomica-em-de-porto-alegre-uma-abordagem-com-base-em-anal?lang=pt-br>
- Malta, F.S., Costa, E.M., & Magrini, A. (2017). Índice de vulnerabilidade socioambiental: uma proposta metodológica utilizando o caso do Rio de Janeiro, Brasil. *Ciência & Saúde Coletiva*, 22(12), 3933-3944. <https://doi.org/10.1590/1413-812320172212.25032017>
- Mavhura, E., Manyena, B., & Collins, A. E. (2017). An approach for measuring social vulnerability in context: The case of flood hazards in Muzarabani district, Zimbabwe. *Geoforum*, 86, 103-117. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2017.09.008>
- Oliveira, F. L. B. (2018). *Vulnerabilidade socioambiental e expansão urbana: análise do município de Solânea – PB* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Brasil. Recuperado de <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1700>
- Paiva, R.F.P., & Souza, M.F.D.P.D. (2018). Associação entre condições socioeconômicas, sanitárias e de atenção básica e a morbidade hospitalar por doenças de veiculação



hídrica no Brasil. *Cadernos de Saúde Pública*, 34(1). <https://doi.org/10.1590/0102-311X00017316>

Paraíba. (2018). *Projeto Segurança Hídrica da Paraíba – PSH/PB: Plano gestão ambiental e social da primeira fase do ramal do Curimataú - sistema adutor transparaíba*. Paraíba: Secretaria de Estado da Infraestrutura, dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Recuperado de <https://paraiba.pb.gov.br/diretas/secretaria-de-infraestrutura-e-dos-recursos-hidricos/programas/projeto-de-sustentabilidade-hidrica>

Piccoli, A. S., Kligerman, D. C., & Cohen, S. C. (2017). Políticas em saúde, saneamento e educação: trajetória da participação social na saúde coletiva. *Saúde e Sociedade*, 26(2), 397-410. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902017160043>

Santos, R. B., Menezes, J. A., Confalonieri, U., Madureira, A. P., Duval, I. B., Garcia, P. P. ... Margonari, C. (2019). Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: a experiência do estado do Espírito Santo. *Saúde e Sociedade*, 28(1), 299-321. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902019180431>

Santos, R.B. (2016). *Vulnerabilidade socioambiental e de saúde dos municípios do estado do Espírito Santo frente aos impactos das mudanças climáticas* (Dissertação de Mestrado). Centro de Pesquisas René Rachou, Belo Horizonte, Brasil. Recuperado de <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/15089>

Santos, R.B., Menezes, J.A., Confalonieri, U., Madureira, A.P., Duval, I.B., Garcia, P.P. ... Margonari, C. (2019). Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: a experiência do estado do Espírito Santo. *Saúde e Sociedade*, 28(1), 299-321. <https://doi.org/10.1590/s0104-12902019180431>

Silva, A.A. (2015). *Indicadores para avaliação de efeitos de intervenções de saneamento básico: a questão da sustentabilidade* (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Saúde





Pública da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.

<https://doi.org/10.11606/D.6.2016.tde-30052016-132007>

Silva, S.A., Gama, J.A.S., CALLADO, N.H., & SOUZA, V.C.B. (2017). Saneamento básico e saúde pública na bacia hidrográfica do Riacho Reginaldo em Maceió, Alagoas. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 22(4), 699-709.

<https://doi.org/10.1590/s1413-41522017146971>

Siqueira, M.S., Rosa, R. S., Bordin, R., & Nagem, R. C. (2017). Internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado na rede pública de saúde da região metropolitana de Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2010-2014. *Epidemiologia e Serviços de saúde*, 26(4), 795-806. <https://doi.org/10.5123/S1679-49742017000400011>

Tabachnick, B., & Fidell, L. (2007). *Using multivariate analysis*. Needham Heights: Allyn & Bacon.

Teixeira, J.C., Gomes, M.H.R., & Souza, J. A. (2012). Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. *Revista Panamericana de Salud Pública*, 32(6), 419-425.

Recuperado de <https://iris.paho.org/handle/10665.2/9233>

Viana, R.L., Freitas, C.M., & Giatti, L.L. (2016). Saúde ambiental e desenvolvimento na Amazônia legal: indicadores socioeconômicos, ambientais e sanitários, desafios e perspectivas. *Saúde e Sociedade*, 25(1), 233-246. [https://doi.org/10.1590/S0104-](https://doi.org/10.1590/S0104-12902016140843)

[12902016140843](https://doi.org/10.1590/S0104-12902016140843)

World Health Organization. (2017). *Progress on drinking water, sanitation and hygiene: 2017 update and SDG baselines*. Geneva: WHO. Recuperado de

<https://www.who.int/publications/i/item/9789241512893>

