

## Exposição e sensibilidade na avaliação da segurança hídrica: Um estudo de caso na Amazônia

**Sâmella Patrícia Lima Paungartten**  
Universidade Federal do Amapá

**Jader de Oliveira Santos**  
Universidade Federal do Ceará

### RESUMO

*As mudanças climáticas globais estão gerando incertezas em relação à disponibilidade de água, inclusive na Amazônia brasileira. Essas incertezas aumentam a preocupação com a ocorrência mais frequente de grandes períodos de seca, o que pode ameaçar o acesso à água. Para uma avaliação mais abrangente da segurança hídrica, os especialistas concordam com a adoção de três componentes essenciais: exposição, sensibilidade e resiliência. Este artigo tem como objetivo analisar a segurança hídrica na cidade de Oiapoque, localizada na Amazônia brasileira, com foco nas componentes de exposição e sensibilidade. Para avaliar a exposição foi utilizada a técnica do Índice Padronizado de Precipitação-Evapotranspiração (SPEI), que permite a quantificação e análise dos períodos de seca. Para a análise da sensibilidade, foram selecionadas variáveis e indicadores obtidos a partir de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010. Com base nos resultados obtidos, verificou-se que a análise e correlação entre exposição e sensibilidade são fundamentais para o desenvolvimento de estratégias integradas e holísticas no contexto da segurança hídrica. O estudo destaca a importância de uma abordagem abrangente e integrada, considerando não apenas as condições climáticas e a exposição às secas, mas também os aspectos socioeconômicos e institucionais que influenciam a sensibilidade da comunidade. Essa abordagem permite identificar áreas de maior risco e vulnerabilidade, além de orientar a implementação de ações mais efetivas para garantir a segurança hídrica e o bem-estar da população local.*

**Palavras-chave:** Segurança hídrica; Exposição; Sensibilidade; Variáveis; Amazônia

## Exposure and sensitivity in assessing water security: A case study in the Amazon

### ABSTRACT

*Global climate change is generating uncertainties regarding water availability, including in the Brazilian Amazon. These uncertainties increase concerns about the more frequent occurrence of extended drought periods, which can threaten access to water resources. To achieve a comprehensive assessment of water security, experts agree on the adoption of three essential components: exposure, sensitivity, and resilience. This article aims to analyze water security in the city of Oiapoque, located in the Brazilian Amazon, focusing on the exposure and sensitivity components. The Standardized Precipitation-Evapotranspiration Index (SPEI) was employed to evaluate exposure, enabling the quantification and analysis of drought periods. For sensitivity analysis, variables and indicators derived from the 2010 data from the Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE) were selected. Based on the obtained results, it was observed that the analysis and correlation between exposure and sensitivity are crucial for the development of integrated and holistic strategies in the context of water security. The study highlights the significance of a comprehensive and integrated approach, considering not only climate conditions and exposure to drought but also socioeconomic and institutional factors that influence community sensitivity. This approach allows for the identification of high-risk and vulnerable*



areas, as well as the implementation of more effective actions to ensure water security and the well-being of the local population.

**Keywords:** Water security; Exposure; Sensitivity; Vulnerability; Amazon

## Exposición y sensibilidad en la evaluación de la seguridad hídrica: un estudio de caso en la Amazonía

### RESUMEN

*Las cambiantes condiciones climáticas globales generan incertidumbre con relación a la disponibilidad de agua, incluso en la Amazonía brasileña. Estas incertidumbres aumentan la preocupación por la ocurrencia cada vez más frecuente de largos períodos de sequía, lo que puede amenazar el acceso al agua. Para una evaluación más integral de la seguridad hídrica, los expertos coinciden en la adopción de tres componentes esenciales: exposición, sensibilidad y resiliencia. Este artículo tiene como objetivo analizar la seguridad hídrica en la ciudad de Oiapoque, ubicada en la Amazonía brasileña, centrándose en los componentes de exposición y sensibilidad. Para evaluar la exposición se utilizó la técnica del Índice Estandarizado de Precipitación-Evapotranspiración (SPEI), que permite la cuantificación y análisis de los períodos de sequía. Para el análisis de la sensibilidad, se seleccionaron variables e indicadores obtenidos a partir de datos del Instituto Brasileño de Geografía y Estadística (IBGE) de 2010. Según los resultados obtenidos, se encontró que el análisis y la correlación entre la exposición y la sensibilidad son fundamentales para el desarrollo de estrategias integradas y holísticas en el contexto de la seguridad hídrica. El estudio destaca la importancia de un enfoque integral e integrado, considerando no solo las condiciones climáticas y la exposición a las sequías, sino también los aspectos socioeconómicos e institucionales que influyen en la sensibilidad de la comunidad. Este enfoque permite identificar áreas de mayor riesgo y vulnerabilidad, además de orientar la implementación de acciones más efectivas para garantizar la seguridad hídrica y el bienestar de la población local.*

**Palabras clave:** Seguridad hídrica; Exposición; Sensibilidad; Variables; Amazonía.

### INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas ameaçam a segurança hídrica não apenas reduzindo a disponibilidade de água, mas também tornando o recurso mais variável e imprevisível em muitas partes do mundo. O aumento na frequência e intensificação dos episódios de secas na Amazônia, estudados por Fisch, Marengo e Nobre (1998), Marengo e Souza Jr. (2018) e Dubreuil *et al.* (2019) coloca em relevo incertezas em relação ao acesso à água também em uma das maiores regiões hídricas do mundo.

Apesar da extensão de abordagens e dimensões, na perspectiva humana da segurança hídrica, é consenso que, entre outros elementos fundamentais, ela é atingida quando há acesso à água potável em quantidade e qualidade suficientes, de forma a satisfazer as necessidades básicas humana (STEVENSON *et al.*, 2012).

Na região Norte do Brasil, de acordo com os indicadores de saneamento básico, constata-se que somente 42,6% da população local não possui acesso a água tratada (BRASIL, 2019). Como resultado da escassez de água potável, essa parcela da população é obrigada a recorrer a fontes de água superficial e, principalmente, a águas subterrâneas não tratadas como alternativas para suprir suas necessidades domésticas, o que evidencia uma preocupante situação de baixa segurança hídrica.



Diversas abordagens metodológicas são empregadas na avaliação do nível, frequência e extensão da segurança hídrica em uma determinada região. Em estudos realizados por Cunha (2013) e Marandola Jr; Hogan (2006), constatou-se que investigar o perfil do risco e a estrutura de oportunidades disponíveis para os indivíduos ou grupos sociais no enfrentamento desses desafios pode desempenhar um papel fundamental na resolução de questões relacionadas ao acesso à água.

Além das variáveis naturais, existem fatores adicionais que agravam a insegurança hídrica em muitas regiões, especialmente em ambientes urbanos onde o fornecimento de água é distribuído de forma desigual, e grupos sociais pertencentes a minorias socioeconômicas enfrentam desafios significativamente maiores no acesso a água de qualidade. Em tais casos, é insuficiente identificar apenas os riscos naturais associados à escassez hídrica. Nessas situações faz-se necessário o estabelecimento de estratégias que possibilitem mapear quais atores são mais sensíveis aos contextos que denunciem deficiências no abastecimento de água.

Nessa perspectiva, o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC) - em seus relatórios de 2007 e 2014 - destaca a importância de três componentes fundamentais para uma melhor avaliação da segurança da água, tendo em vista as mudanças climáticas: exposição, sensibilidade e resiliência. Esses três componentes são considerados essenciais para compreender e lidar de maneira eficaz com os impactos das mudanças climáticas no contexto hídrico, e, especificamente na avaliação da segurança hídrica.

A exposição refere-se à componente que indica até que ponto um grupo populacional está sujeito a ser afetado por condições ambientais e/ou sociais em que existe a possibilidade de ocorrência de eventos como secas, inundações, poluição hídrica, poluição do solo, entre outros. Essa dimensão analisa a vulnerabilidade do grupo em relação aos perigos e ameaças relacionados à água, considerando tanto os aspectos naturais quanto os sociais envolvidos.

A falta de infraestrutura adequada para fornecer condições básicas de habitação nessas áreas, como redes de abastecimento de água e saneamento, juntamente com condições precárias de moradia, intensifica a exposição e revela o nível de sensibilidade social aos eventos identificados. Quando essas deficiências de infraestrutura são combinadas com desafios sociais, como pobreza, desemprego e baixa escolaridade, por exemplo, a exposição das pessoas ou grupos sociais aumenta significativamente (ANAZAWA; CARMO; MONTEIRO, 2017; CARVALHO; CURI, 2016; LUNA, 2006).

A investigação da exposição e da sensibilidade permite obter uma compreensão mais abrangente, integrando informações e gerando prognósticos mais precisos, que podem ser incorporados às políticas de planejamento e gestão da segurança hídrica. Essa abordagem holística auxilia na identificação de desafios e na formulação de estratégias adequadas para enfrentar os problemas relacionados à água, facilitando a tomada de decisões no desenvolvimento e implementação de medidas visando melhorias das condições de segurança hídrica.

Considerando a relevância das componentes mencionadas, o presente artigo tem como objetivo investigar a segurança hídrica na cidade de Oiapoque, localizada no estado do Amapá - AP, a partir das perspectivas da exposição e sensibilidade. A exposição será avaliada através da análise da intensificação de eventos climáticos que impactam a disponibilidade de água na



região, como secas mais frequentes ou enchentes mais severas. Por sua vez, a sensibilidade será analisada levando em conta as condições socioeconômicas da população local, incluindo indicadores como pobreza, desemprego e acesso limitado a serviços básicos de água e saneamento. Esses fatores desempenham um papel crucial na capacidade da população em lidar com os desafios relacionados à segurança hídrica. O objetivo dessa abordagem é fornecer uma visão abrangente e embasada para o desenvolvimento de políticas e estratégias de gestão hídrica eficazes na cidade de Oiapoque.

## METODOLOGIA

### Área de estudo

A cidade de Oiapoque está situada na região amazônica, no extremo norte do Brasil, no estado do Amapá. Localizada a aproximadamente 600 km da capital do estado, Macapá, a cidade é caracterizada por ser fronteiriça (Figura 1). A principal via de acesso a Oiapoque é a BR-156. É importante ressaltar que cerca de 80% da população reside na área urbana, que faz divisa com um território ultramarino europeu, a Guiana Francesa (IBGE, 2010).

**Figura 1** – Localização da cidade de Oiapoque - AP



**Fonte:** Elaborado pelos autores

A cidade de Oiapoque possui características climáticas que se enquadram em um clima quente e úmido. Nesse tipo de clima, existem duas estações bem distintas: (i) a estação seca, que ocorre de agosto a outubro, caracterizada por uma baixa precipitação em torno de 50 mm/mês; e (ii) a estação chuvosa, que abrange os meses de janeiro a julho, com precipitações mais elevadas 300 mm/mês (IBGE, 2010). Essas variações climáticas têm um impacto significativo na disponibilidade de água na região e influenciam diretamente na disponibilidade hídrica em Oiapoque (PAUNGARTTEN; SANTOS, 2021).

### Avaliação da exposição e sensibilidade



A avaliação da segurança hídrica tem sido objeto de estudo em diversos trabalhos científicos, com base em componentes fundamentais como exposição e sensibilidade, que foram identificados pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2014a) e complementados por outras experiências investigativas reconhecidas na literatura internacional (MOLINA, 2016; KOHLITZ; CHONG; WILLETTS, 2017; XIA *et al.*, 2017)

A avaliação da segurança hídrica é uma abordagem essencial para entender e lidar com os desafios relacionados à disponibilidade e qualidade da água. Dentre os fatores que contribuem para a avaliação da segurança hídrica, dois aspectos cruciais são considerados: exposição e sensibilidade. A exposição refere-se à magnitude e frequência dos eventos hídricos adversos, como secas, inundações e mudanças nos padrões de precipitação. A sensibilidade, por sua vez, diz respeito à vulnerabilidade e capacidade de resposta de um sistema às perturbações hídricas.

Esses conceitos foram inicialmente identificados pelo IPCC (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas) em seu relatório de 2014 e têm sido amplamente adotados na literatura científica internacional. Estudos como os de Molina (2016); Kohlitz; Chong e Willetts (2017) e Xia *et al.* (2017) destacaram a importância desses componentes na avaliação da segurança hídrica em diferentes contextos geográficos e socioeconômicos.

A adoção da componente exposição é essencial, pois reconhece a importância de diagnosticar o grau de exposição do recurso hídrico ao qual uma determinada população está sujeita. Isso envolve a análise de eventos e condições adversas, como secas, inundações e mudanças nos padrões de precipitação, que podem afetar a disponibilidade e qualidade da água.

Os fatores que compõem a exposição na segurança hídrica estão relacionados às condições climáticas, como estiagem intensa e prolongada, que podem afetar a disponibilidade hídrica em termos de volume e qualidade. Portanto, as variáveis que compõem a exposição estão associadas às variáveis climáticas, tendo como característica mais marcante a ocorrência de episódios de secas.

Os efeitos da seca podem se manifestar gradualmente ao longo de um longo período de falta de precipitação, o que torna difícil determinar objetivamente o início, a extensão e o fim desses episódios (BEGUERÍA *et al.*, 2014). Isso dificulta a quantificação precisa das características das secas, como intensidade, magnitude, duração e extensão espacial. Apesar desses desafios, pesquisadores e instituições têm desenvolvido métodos e abordagens para a quantificação das características da seca. Isso inclui o uso de índices de seca, modelagem estatística, técnicas de sensoriamento remoto e integração de diferentes fontes de dados.

Dentre os inúmeros modelos de identificação o Índice de Padrão de Precipitação Evapotranspiração (SPEI) tem sido amplamente aceito e utilizado como um índice de seca devido às suas características e capacidades. O SPEI é um índice que combina informações de precipitação e evapotranspiração para quantificar a anomalia de um determinado período em relação a um período de referência. Essa abordagem leva em consideração tanto a disponibilidade de água (precipitação) quanto a demanda atmosférica por água (evapotranspiração), permitindo uma avaliação mais completa das condições de seca, numa abordagem multiescalar, sendo utilizado por diversas disciplinas (BEGUERÍA *et al.*, 2014; VICENTE-SERRANO; BEGUERÍA; LÓPEZ-MORENO, 2010).



O Índice de Padrão de Precipitação Evapotranspiração (SPEI) é capaz de medir a severidade da seca com base em sua intensidade e duração, permitindo identificar o início e o fim dos episódios de seca. Essa capacidade é essencial para compreender e monitorar os impactos da seca ao longo do tempo. O SPEI também possui a vantagem de permitir comparações da severidade da seca tanto em diferentes períodos quanto em diferentes regiões geográficas. Isso ocorre porque o índice pode ser calculado e aplicado em uma ampla gama de climas, desde regiões úmidas até regiões áridas. A importância de ter índices de seca estatisticamente robustos e facilmente calculáveis, com um procedimento de cálculo claro e compreensível, foi destacada por Keyantash e Dracup (2002).

A análise do comportamento da chuva em uma série histórica de 30 anos (1989-2018) foi realizada utilizando as informações disponibilizadas pela estação meteorológica Meteo France (97308001), localizada no baixo curso do rio Oiapoque, na cidade de Saint Georges, território da Guiana Francesa. A escolha dos dados dessa estação se deve à falta de disponibilidade de informações contínuas e abrangentes na área de estudo durante o período mínimo de 30 anos necessário para a análise. A série histórica de 30 anos permite avaliar as tendências e padrões de precipitação ao longo desse período, fornecendo informações importantes para a compreensão do comportamento climático local. Esses dados podem ser utilizados para analisar a variabilidade da chuva, identificar anos secos ou chuvosos e estudar possíveis mudanças nas características da precipitação ao longo do tempo.

Da mesma forma, a consideração da sensibilidade é fundamental para compreender a vulnerabilidade dos atores envolvidos diante dessa exposição. A sensibilidade refere-se à capacidade de um sistema ou população responder e lidar com os impactos decorrentes das mudanças hídricas. Isso inclui a avaliação de fatores socioeconômicos, infraestrutura, capacidade de adaptação e outras características relevantes para determinar o nível de vulnerabilidade.

A análise da sensibilidade diante de estados de anormalidade dos recursos hídricos, como secas, estiagens climáticas ou falta de acesso, destaca a importância de variáveis que possam traduzir adequadamente a segurança hídrica. Com base na literatura, são apresentadas propostas de dimensões e variáveis que se adequam ao componente de sensibilidade (Quadro 1).

**Quadro 1** – Dimensões e variáveis adotadas pela literatura nacional e internacional na medição da sensibilidade frente à segurança hídrica

DIMENSÕES	REFERÊNCIAS
População	VIEIRA, Paulo Márcio Souza; STUDART, Ticiano Marinho Carvalho. Proposta metodológica para o desenvolvimento de um índice de sustentabilidade hidroambiental de áreas serranas no semiárido brasileiro-estudo de caso: Maciço de Baturité, Ceará. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 14, n. 4, p. 125-136, 2009.
Escolaridade	DUTRA, Rita de Cássia <i>et al.</i> Indicadores de vulnerabilidade: No contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento. 2012. ALMEIDA, L. Q. <b>Vulnerabilidades socioambientais de rios urbanos.</b> Tese de Doutorado em Geografia – UNESP. Rio Claro-SP. 278 p. 2010.
Condição social	ANAZAWA, T. M. <i>et al.</i> A grave escassez hídrica e as dimensões de um desastre socialmente construído: a Região Metropolitana de Campinas entre 2013-2015. 2017.



	DUTRA, Rita de Cássia <i>et al.</i> Indicadores de vulnerabilidade: No contexto da habitação precária em área de encosta sujeita a deslizamento. 2012. CARVALHO, J.R. M.; CURI, W. F. Construção de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental através da análise multicritério: estudo em municípios paraibanos. <b>Sociedade &amp; Natureza</b> , v. 25, n. 1, p. 91-105, 2013
<b>Abastecimento humano</b>	CARVALHO, J.R. M.; CURI, W. F. Construção de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental através da análise multicritério: estudo em municípios paraibanos. <b>Sociedade &amp; Natureza</b> , v. 25, n. 1, p. 91-105, 2013 JENSEN, Olivia; WU, Huijuan. Urban water security indicators: Development and pilot. <b>Environmental Science &amp; Policy</b> , v. 83, p. 33-45, 2018.
<b>Saneamento básico</b>	LUNA, R. M. <b>Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica para o Semi-árido Brasileiro (IPH)</b> . 2007. 138 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos), Universidade Federal do Ceará, 2007. CARVALHO, J.R. M.; CURI, W. F. Construção de um índice de sustentabilidade hidro-ambiental através da análise multicritério: estudo em municípios paraibanos. <b>Sociedade &amp; Natureza</b> , v. 25, n. 1, p. 91-105, 2013.

**Fonte:** Elaborado pelos autores

Após a adoção das componentes da segurança hídrica, exposição e sensibilidade, é necessário definir as variáveis que caracterizam cada um desses componentes. Essas variáveis desempenham um papel fundamental na avaliação da segurança hídrica e ajudam a quantificar e qualificar os fatores relevantes para cada componente. A definição e seleção adequadas das variáveis relevantes para exposição e sensibilidade permitem uma avaliação mais precisa da segurança hídrica e fornecem informações valiosas para o desenvolvimento de estratégias de gestão e adaptação adequadas.

Ao tratar de forma analítica essas duas variáveis, exposição e sensibilidade, é possível compreender de maneira mais completa a manifestação da segurança hídrica em um determinado território. Essa abordagem permite identificar áreas de maior risco, grupos populacionais mais vulneráveis e potenciais lacunas na capacidade de resposta e adaptação.

## RESULTADO E DISCUSSÕES

### Exposição

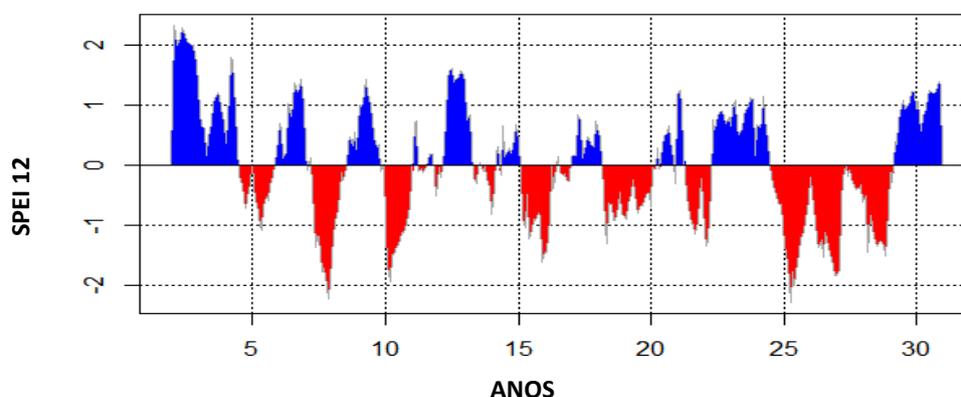
Na análise da exposição às secas, foram calculados os valores do Índice de Padrão de Precipitação Evapotranspiração (SPEI) com uma escala de 12 meses, conhecido como SPEI 12. Esses cálculos foram realizados para os períodos secos anuais dentro do intervalo temporal de 30 anos (1989 a 2018).

Os períodos de seca foram identificados quando o valor do SPEI 12 foi negativo por 12 ou mais meses consecutivos. Essa condição indica uma anomalia negativa na relação entre precipitação e evapotranspiração, indicando condições de seca.

Após a identificação dos períodos de estiagem, foram calculadas duas métricas importantes: a duração e a intensidade da seca. A duração da seca representa o número de meses consecutivos em que o SPEI 12 permaneceu negativo. Essa métrica indica a extensão temporal do evento de seca. A intensidade da seca é determinada pelo valor máximo atingido pelo SPEI durante o período de seca identificado. Esse valor máximo reflete a gravidade da seca, indicando a quão severa foi a falta de água durante o período analisado.

Essas informações sobre a duração e intensidade da seca são fundamentais para compreender a magnitude e as características das secas ocorridas ao longo dos 30 anos analisados. Esses resultados podem fornecer insights importantes para a gestão dos recursos hídricos e o planejamento de medidas de adaptação. A figura 2 traz os resultados do SPEI.

**Figura 2** – Duração e intensidade dos períodos secos anuais segundo o SPEI 12 (1989-2018)



**Fonte:** Elaboração pelos autores segundo a aplicação do método SPEI 12

Com base nos resultados obtidos com o cálculo do Índice de Padrão de Precipitação Evapotranspiração (SPEI 12), foram identificados os principais episódios de seca nos anos de 1992, 1994, 1995, 1997, 2006, 2008, 2012 e 2014. Esses períodos foram marcados pela ocorrência de valores negativos do SPEI 12 por 12 ou mais meses consecutivos, indicando um déficit hídrico significativo.

Na tabela 1, constam informações detalhadas sobre os períodos de seca identificados, incluindo o início e o fim da sequência, a duração e a intensidade máxima. Essas informações fornecem uma visão geral dos principais episódios de seca, destacando sua duração e intensidade.

A duração representa o número de meses consecutivos em que o SPEI 12 permaneceu negativo, indicando a extensão temporal da seca. Por exemplo, se um período de seca começou em janeiro de um determinado ano e terminou em dezembro do mesmo ano, sua duração será de 12 meses.

A intensidade máxima representa o valor mais negativo alcançado pelo SPEI 12 durante o período de seca. Esse valor reflete a gravidade máxima da falta de água durante a sequência de meses em que ocorreu a seca.

**Tabela 1** – Períodos secos, duração e intensidade máxima dos períodos secos da cidade de Oiapoque, a partir dos valores do SPEI 12

Início da sequência	Fim da sequência	Duração da sequência	Intensidade máxima do período
Fevereiro de 1992	Dezembro de 1992	12 meses	-1.0708601804
Fevereiro de 1994	Outubro de 1994	09 meses	-1.8203784344



Janeiro de 1995	Dezembro de 1995	9 meses	- 2.2107395737
Fevereiro de 1997	Novembro de 1997	12 meses	-1.335392888
Fevereiro de 2002	Outubro de 2002	9 meses	- 1.2173060024
Janeiro de 2006	Março de 2007	15 meses	- 0.8871194441
Mai de 2008	Abril de 2009	12 meses	- 1.3419797083
Janeiro de 2012	Abril de 2014	28 meses	- 1.9846428001
Junho de 2014	Fevereiro de 2016	21 meses	- 1.8269487616

**Fonte:** Elaborado pelos autores a partir dos resultados do SPEI 12

No cálculo da intensidade da seca, foram adotados limiares para caracterizar os períodos de seca acima da média, considerando o desvio padrão em que a precipitação cumulativa observada se afasta da média climatológica. Esses limiares são utilizados para categorizar diferentes intensidades de seca, abrangendo desde situações mais extremas de déficit pluviométrico até situações de excesso de precipitação. Para este caso específico, foram utilizados os limiares para as intensidades de seca propostos por Podestá *et al.* (2020).

A tabela 2 apresenta os limiares estabelecidos para classificar as diferentes intensidades de seca. Esses limiares são utilizados como referência para determinar a gravidade da seca em termos de desvios da média climatológica da precipitação.

Por outro lado, a tabela 3 apresenta os resultados dos indicadores de exposição específicos para a cidade de Oiapoque. Esses indicadores são calculados com base nos dados de precipitação e nos limiares estabelecidos, fornecendo informações sobre a exposição da região aos diferentes níveis de seca.

Os indicadores de exposição são úteis para avaliar o grau de vulnerabilidade da área estudada em relação à seca. Eles permitem identificar e quantificar a frequência e a intensidade das secas enfrentadas pela cidade de Oiapoque, auxiliando no planejamento e na implementação de medidas de adaptação e gestão de recursos hídricos.

**Tabela 2** – Limiares considerados para a caracterização do SPEI

Intensidade da seca	Valor do SPEI	Probalidade de ocorrência
Extrema	$SPEI \leq -1,19$	< 50 % dos anos
Severa	$-1,19 < SPEI \leq -1,04$	< 20 % dos anos
Moderada	$-1,04 < SPEI \leq -0,79$	< 10 % dos anos
Leve ou inexistente	$-0,79 < SPEI < -0,5$	< 5 % dos anos

**Fonte:** Adaptado de Molina (2016)

**Tabela 3** – Resultado dos indicadores de exposição para a cidade de Oiapoque - AP

Duração	Intensidade
---------	-------------



Duração média (meses)	Duração média (anos)	Número de períodos severos ou extremos
14,11	1,18	8

Fonte: Adaptado de Molina (2016)

A análise dos resultados obtidos permite observar que a cidade de Oiapoque tem apresentado maior intensidade e prolongamento dos períodos de estiagem climática nos últimos 30 anos, com a ocorrência de mais de 20% dos anos analisados com algum déficit pluviométrico, abaixo da normalidade considerada para o período característico.

### Sensibilidade

Para caracterizar a sensibilidade à segurança hídrica na cidade de Oiapoque, foram realizados levantamentos nos 13 setores censitários que compõem a área urbana da cidade. Foram selecionadas dimensões e indicadores relevantes para avaliar a sensibilidade dos diferentes setores em relação aos desafios relacionados à segurança hídrica.

Os indicadores específicos dentro de cada dimensão fornecem informações detalhadas sobre a sensibilidade de cada setor censitário em relação aos recursos hídricos. Essas informações podem ser utilizadas para identificar áreas mais vulneráveis, direcionar esforços de mitigação e desenvolver estratégias específicas para melhorar a segurança hídrica da cidade.

O quadro 3 apresenta um resumo das dimensões, variáveis, indicadores adotados na mensuração desta componente.

**Quadro 3** – Dimensões, variáveis, indicadores e escalas adotados na mensuração da componente sensibilidade

Dimensão	Variável	Indicador (%)	Escala Territorial
<b>População</b>	População Densidade Populacional	1- (%) População 2- (%) Densidade populacional	Setores Censitários e Cidade
<b>Escolaridade</b>	Chefes de família não alfabetizados; População com 15 anos ou mais de idade não alfabetizados.	3- (%) da população com 15 anos ou mais de idade não alfabetizados 4- (%) de chefes de família não alfabetizados	
<b>Condição social</b>	Domicílios com renda domiciliar per capita inferior a ½ salário mínimo; Pessoas responsáveis com rendimento de até 1 salário-mínimo mensal, do sexo feminino.	5- (%) de domicílios com renda domiciliar per capita inferior a ½ salário mínimo; 6- (%) de pessoas responsáveis com rendimento de até 1 salário mínimo mensal, do sexo feminino.	
<b>Abastecimento humano</b>	Abastecimento por rede geral; Abastecimento por poço; Outra forma de abastecimento de água.	7- (%) abastecimento por rede geral; 8- (%) de abastecimento por poço 9- (%) Outra forma de abastecimento de água.	
<b>Saneamento básico</b>	Rede sanitária via fossa séptica; Rede sanitária via fossa rudimentar; Rede sanitária via rio ou lago;	10- (%) rede sanitária via fossa séptica 11- (%) rede sanitária via fossa rudimentar 12- (%) rede sanitária via rio ou lago	



	lixo enterrado na propriedade. lixo jogado em terreno baldio ou logradouro lixo jogado em rio, lago ou mar.	13- (%) lixo enterrado na propriedade 14- Lixo jogado em terreno baldio ou logradouro 15- (%) lixo jogado em rio, lago ou mar	
--	---	---	--

Fonte: Elaboração baseada em IBGE (2010)

### Dimensão populacional

A dimensão populacional expressa de forma marcante o crescimento e expansão urbana, refletindo nos aspectos da segurança hídrica. O aumento populacional acelerado pode refletir numa maior demanda por água, levando ao stress das estruturas e do sistema de abastecimento existente. Contudo, cumpre destacar que o aumento ou expansão urbana por si não necessariamente deflagra uma ameaça ao grau de segurança hídrica.

Os dados de população foram obtidos diretamente das informações fornecidas pelo censo demográfico realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010). Os valores de população, referente aos diferentes setores, foram agrupados para serem normalizados e integrados às análises procedidas.

Conforme os dados apresentados, o número médio de residentes por setor censitário é de 7,69%, com mínimo de 5,24% e máximo de 11,61%.

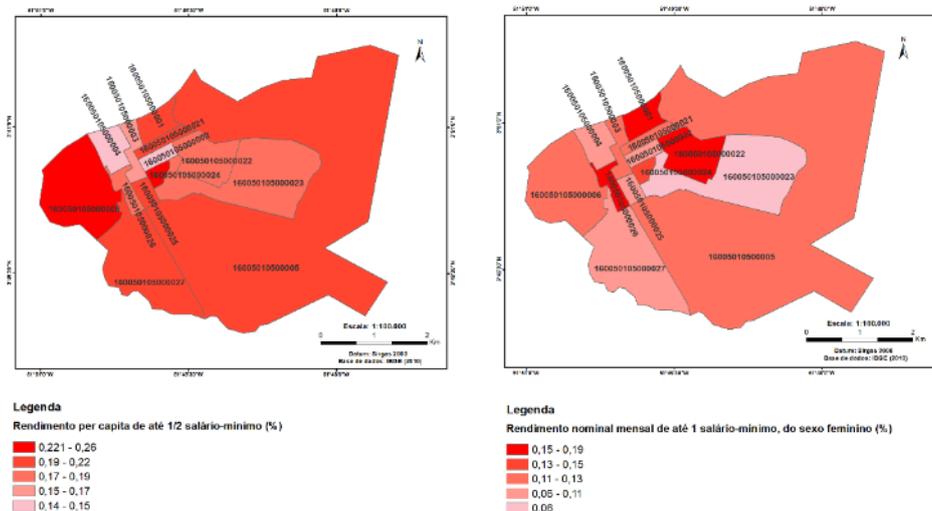
De acordo Molina (2016), a população é uma variável que está diretamente relacionada ao número de pessoas que podem ser afetadas por um evento de risco. Quanto maior a população, maior a sensibilidade e, portanto, a vulnerabilidade à segurança hídrica, principalmente em territórios com crescente expansão urbana e escassez de infraestrutura de abastecimento de água tal como ocorre na cidade de Oiapoque.

### Dimensão condição social

A dimensão da condição social revela condições adversas de abastecimento de água. O acesso à água em quantidade e qualidade é desigual e não afeta igualmente uma população de um determinado território, pois os indivíduos mais sensíveis a condições adversas de abastecimento de água referem-se aos que têm a menor possibilidade material de se ajustar (ANAZAWA; CARMO; MONTEIRO, 2017; CARVALHO; CURI, 2016; LUNA, 2006).

Considerando o referido cenário foram adotados os indicadores de domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário-mínimo e o total do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis com rendimento nominal mensal de até 1 salário-mínimo, do sexo feminino, cujos resultados são expressos na figura 3.

**Figura 3** – Dimensão condição social na cidade de Oiapoque - AP



Fonte: Elaboração baseada em IBGE (2010)

Sobre a variável domicílios particulares com rendimento nominal mensal domiciliar per capita de até 1/2 salário-mínimo, cerca de 20,31% das famílias possuem rendimento familiar inferior a meio salário-mínimo, o que indicando um número elevado de famílias de baixa renda.

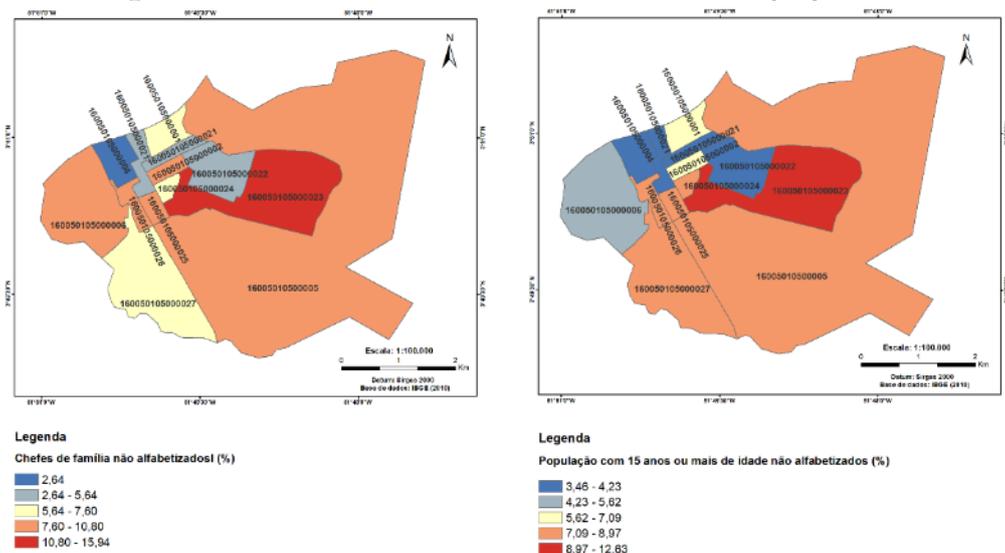
A cidade de Oiapoque apresenta fragilidade na sua economia, com elevada dependência de programas sociais do governamentais. Os últimos estudos apontam que a taxa de desemprego dos municípios do estado do Amapá são os maiores dentre as demais unidades federativas; 20,2% (PNAD, 2019).

Para a variável total do rendimento nominal mensal das pessoas responsáveis com rendimento de até 1 salário-mínimo, do sexo feminino, há um total de 1.620 domicílios chefiados por mulheres. Deste total 30% apresentam renda mensal inferior a 1 salário-mínimo.

### Dimensão escolaridade

O acesso à educação revela diversos aspectos socioeconômicos, pois há amplo arcabouço na literatura que indica que quanto maior o tempo de estudo, maior será a renda, a qualidade e a expectativa de vida do indivíduo (SOUZA; ZANELLA, 2010; SANTOS, 2015; DANTAS, LUSTOSA E ZANELLA, 2016). A baixa escolaridade limita a capacidade do indivíduo de enfrentar situações perigosas e dificulta as medidas de recuperação e adaptação, aumentando sua sensibilidade (ANAZAWA; CARMO; MONTEIRO, 2017). Portanto, ambas as variáveis percentagem da população com 15 anos ou mais de idade não alfabetizados e percentagem de chefes de família não alfabetizados são indicadores que podem expressar o grau de sensibilidade a que uma população está exposta (Figura 4).

**Figura 4 – Dimensão escolaridade na cidade de Oiapoque - AP**

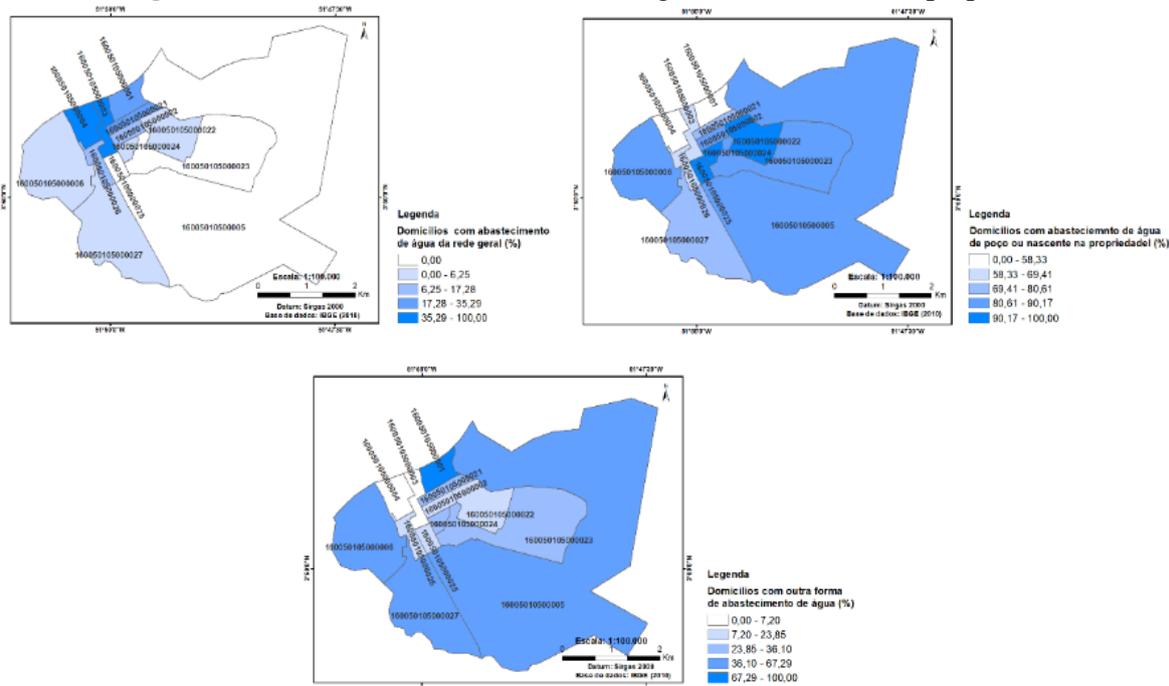


Fonte: Elaboração baseada em IBGE (2010)

### Dimensão abastecimento humano

Em relação à dimensão abastecimento humano foram consideradas as principais formas de abastecimento utilizadas pela população (Figura 5). O levantamento de informações pode traduzir melhor o quadro de abastecimento de água da cidade, que por sua vez, quando integrado às informações de exposição e as demais dimensões permite refletir sobre o grau de sensibilidade a que a população está exposta.

**Figura 5 – Formas de abastecimento de água na cidade de Oiapoque - AP**



Fonte: Elaboração baseada em IBGE (2010)

Cerca de 43,23% da média do total de domicílios da cidade não possui abastecimento de água provida pelo sistema de abastecimento público. A baixa percentagem de domicílios com esse serviço demonstra uma alta percentagem de domicílios com abastecimento hídrico advindo de poços subterrâneos. Em média 92% dos domicílios consomem água, para diversos fins, proveniente de poços ou nascentes localizados no terreno ou na propriedade.

A água subterrânea constitui importante fração dos recursos hídricos disponíveis, apresenta, normalmente, em seu estado natural, excelentes condições para todo tipo de uso. No entanto, sua disponibilidade e qualidade são altamente condicionadas aos diferentes usos do solo e ao quadro físico natural local que pode acarretar custos elevados para a população de baixa renda.

O consumo de água de rios *in natura* ainda é uma realidade em cidades amazônicas, por se tratar de abastecimento recorrido na falta de um abastecimento hídrico público, mas que está sujeita à alta incidência de doenças de veiculação hídrica atrelada ao consumo de água sem tratamento.

Os dados encontrados corroboram a investigação de Azevedo (2006), ao confirmar que grande parte do abastecimento de água na região amazônica provém de águas superficiais e subterrâneas abaixo do padrão de potabilidade, que em períodos de maior estiagem está sujeito a grandes variações em volume e qualidade.

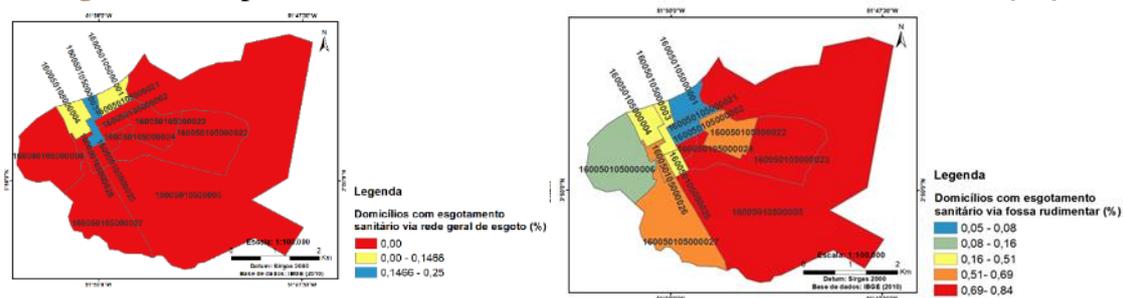
### Dimensão saneamento básico

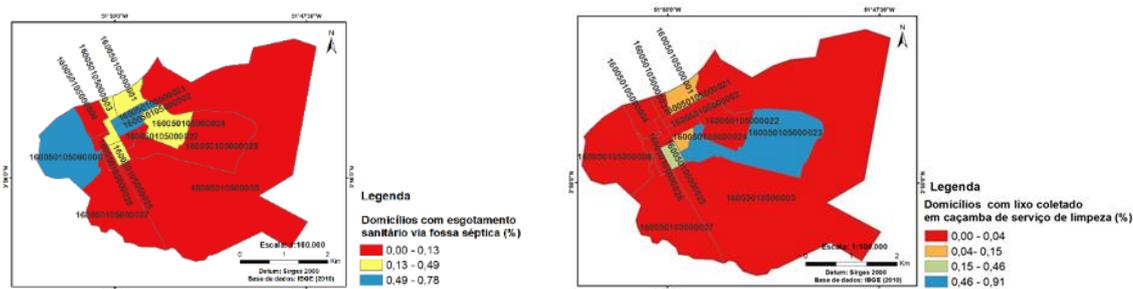
O saneamento básico é uma das dimensões mais importante para o entendimento das condições sociais, o que tem repercussão não somente no acesso à água, mas também no acesso a serviços essenciais. Possibilita ainda a compreensão da qualidade dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos (LUNA, 2007; ANAZAWA, 2017; PAUNGARTTEN; SANTOS, 2021).

Os resultados da análise da dimensão anterior indicam uma significativa procura por alternativas de abastecimento hídrico, sobretudo, quanto ao consumo de águas subterrâneas, essa informação demanda um levantamento sobre as condições de saneamento básico local.

A figura 6 expõe as principais formas de abastecimento de água, onde 4,0% do total de domicílios da cidade está ligado a uma rede geral de esgoto ou pluvial. A baixa percentagem de domicílios com o serviço demonstra uma alta percentagem de domicílios com esgotamento sanitário do tipo fossa séptica e rudimentar. Em média 31,63 % dos domicílios possuem fossa séptica no terreno ou na propriedade. 47,0% dos domicílios utilizam as fossas rudimentares. Do total de domicílios, mais de 5% enquadram-se no esgotamento sanitário do tipo rio, lago ou mar.

**Figura 6** – Mapeamento da dimensão saneamento básico na cidade de Oiapoque - AP





Fonte: Elaboração baseada em IBGE (2010)

No que respeita a coleta de resíduos, essa dimensão é contemplada pela coleta de lixo. Os dados mostram que há grande precariedade no serviço, pois, em média apenas 13,38% dos domicílios possuem coleta de lixo realizada por serviço municipal de coleta, enquanto 3,77% dos domicílios queimam o lixo na própria propriedade. Especialmente corresponde às áreas da cidade que anualmente vem apresentando considerável expansão urbana, desassistida de estrutura e serviços básicos de esgotamento sanitário.

### Relação entre exposição e sensibilidade

A correlação entre as dimensões de exposição e sensibilidade é essencial na avaliação da segurança hídrica, pois ambas desempenham um papel crucial na compreensão e no enfrentamento dos desafios relacionados aos recursos hídricos.

A dimensão de exposição refere-se à avaliação das condições e características do ambiente em relação à exposição aos eventos climáticos extremos, como secas prolongadas, escassez de água e mudanças nas condições climáticas. Ela envolve a análise das variáveis climáticas a fim de determinar o grau de exposição de uma determinada área ou população.

Por outro lado, a dimensão de sensibilidade está relacionada à vulnerabilidade e capacidade de uma população ou área de lidar com os impactos aos eventos climáticos extremos. Ela envolve a análise de fatores demográficos, socioeconômicos, infraestrutura, acesso à água potável, educação e saneamento.

Ao correlacionar essas dimensões, foi possível obter uma visão mais abrangente da segurança hídrica. Por exemplo, se uma área apresenta alta exposição a secas prolongadas, mas possui uma infraestrutura robusta de captação e distribuição de água, pode ter uma sensibilidade reduzida aos impactos da seca. Por outro lado, uma área com baixa exposição a eventos climáticos extremos, mas com uma população de baixa renda e acesso limitado à água potável, pode ter uma sensibilidade mais alta.

O quadro 4 possibilita evidenciar como os indicadores relacionados à exposição e à sensibilidade se associam as dimensões física, social, institucional, infraestrutura e econômica.

**Quadro 4** – Relação de indicadores e as dimensões da vulnerabilidade

Componente	Indicadores	Dimensões				
		Física	Social	Institucional	Infraestrutura	Econômica
Exposição	Standardized Precipitation-	X				



	Evapotranspiration Index (SPEI).					
Sensibilidade	1. População.		X			
	2. Densidade populacional.		X			
	3. População com 15 anos ou mais de idade não alfabetizados.		X			
	4. Chefes de família não alfabetizados.		X			
	5. Domicílios com renda domiciliar per capita inferior a ½ salário-mínimo.					X
	6. Pessoas responsáveis com rendimento de até 1 salário-mínimo mensal, do sexo feminino.					X
	7. Abastecimento por rede geral.				X	
	8. Abastecimento por poço.	X				
	9. Outra forma de abastecimento de água.	X				
	10. Rede sanitária via fossa séptica.	X				
	11. Rede sanitária via fossa rudimentar.	X				
	12. Rede sanitária via rio ou lago.	X				
	13. lixo enterrado na propriedade.	X				
	14. lixo jogado em terreno baldio ou logradouro.	X				
	15. lixo jogado em rio, lago ou mar.	X				
	16. Existência de legislações sobre proteção dos mananciais.			X		
	17. Percepção e interpretação de riscos a escassez.			X		
	18. Plano de saneamento básico – serviço de abastecimento de água.			X		

Fonte: Elaboração pelos autores



A espacialização dos indicadores físicos, socioeconômicos e estruturais, juntamente com os indicadores institucionais, é uma abordagem essencial para compreender a segurança hídrica. Ela permitiu uma análise mais abrangente e integrada dos diversos aspectos que influenciam a disponibilidade, o acesso e a gestão dos recursos hídricos.

Ao considerar a espacialização desses indicadores, é possível identificar padrões geográficos e variações locais que afetam a segurança hídrica. Isso inclui a análise da disponibilidade hídrica em diferentes áreas, o crescimento urbano e suas implicações no consumo de água potável, bem como a relação entre indicadores socioeconômicos e o acesso à água.

A falta de implementação do plano de saneamento básico e a percepção frágil de riscos relacionados à escassez hídrica podem ter consequências significativas para a segurança hídrica. Isso pode resultar em problemas como a falta de infraestrutura adequada para fornecimento de água potável, o aumento da demanda sem uma gestão eficiente e a falta de preparação para lidar com eventos de escassez hídrica.

Diante do exposto, percebe-se que compreender a relação entre exposição e sensibilidade é fundamental para uma abordagem abrangente da segurança hídrica. Ao analisar a relação entre exposição e sensibilidade, é possível identificar as áreas que enfrentam maior exposição à escassez hídrica e, ao mesmo tempo, têm uma sensibilidade mais elevada a esses impactos. Essa análise multifacetada permite uma compreensão mais profunda dos desafios enfrentados e das áreas de risco e vulnerabilidade.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse artigo buscou contribuir para uma discussão sobre segurança hídrica a partir da análise do comportamento das condições climáticas (exposição) e das condições socioeconômicas da população (sensibilidade) manifestadas no território da cidade de Oiapoque.

As componentes analisadas nortearam a compreensão da segurança hídrica permitindo a construção de relações entre eventos climáticos e a sua repercussão ao acesso à água. Envolveu a compreensão das diferentes dimensões que contribuem para a situação atual dos recursos hídricos na região. Essas dimensões puderam ser agrupadas em categorias. Cada categoria desempenha um papel importante na análise da segurança hídrica, fornecendo informações sobre diferentes aspectos relacionados à disponibilidade, acesso e gestão dos recursos hídricos.

A correlação entre exposição e sensibilidade permitiu compreensão mais completa dos desafios e oportunidades relacionados aos recursos hídricos, auxiliando na tomada de decisões e na formulação de estratégias eficazes para garantir a segurança hídrica a longo prazo.

Na dimensão relativa à exposição, são considerados fatores como as condições climáticas locais, a disponibilidade de água e a qualidade dos recursos hídricos. Isso inclui a análise das variáveis climáticas, a quantificação da precipitação, a caracterização dos períodos de seca.

A dimensão social abrangeu os aspectos relacionados à população local, suas necessidades e demandas em relação à água. Isso inclui fatores como demografia, acesso à água



potável, fontes de abastecimento, usos e demandas de água, podendo incluir a capacidade de adaptação e resposta da comunidade em situações de escassez hídrica.

A dimensão infraestrutura abordou a avaliação da capacidade e eficiência dos sistemas de abastecimento de água, saneamento básico, coleta de lixo e outros componentes relacionados à infraestrutura.

A dimensão econômica envolveu a análise dos aspectos de renda e educacionais, pois está diretamente relacionada às condições socioeconômicas e do nível de escolaridade.

Portanto, a partir do entendimento da interação entre exposição e sensibilidade, é possível desenvolver estratégias mais integradas e holísticas para a compreensão da segurança hídrica. A integração desses componentes permite uma abordagem abrangente e sistêmica para enfrentar os desafios atuais e futuros relacionados à água.

## REFERÊNCIAS

ANAZAWA, Tathiane Mayumi; CARMO, Roberto Luiz Do; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira. A grave escassez hídrica da Região Metropolitana de Campinas entre 2013 e 2015 enquanto um desastre socialmente construído: abordagem metodológica multiescalar. **Textos Nepo**, v. 79, p. 68, 2017.

AZEVEDO, Rainier Pedraça De. Uso de água subterrânea em sistema de abastecimento público de comunidades na várzea da Amazônia central. **Acta Amazônica**. v. 36, n. 3, p. 313–320, 2006. DOI: 10.1590/S0044-59672006000300004.

BRASIL. (2019). Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: 25º Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019 (Vol. 53, Issue 9). Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2019/2-Diagnostico\\_SNIS\\_AE\\_2019\\_Republicacao\\_31032021.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/diagnosticos-anteriores-do-snis/agua-e-esgotos-1/2019/2-Diagnostico_SNIS_AE_2019_Republicacao_31032021.pdf). Acesso em: 24 abr. 2021.

BEGUERÍA, Santiago; VICENTE-SERRANO, Sergio M.; REIG, Fergus; LATORRE, Borja. Standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) revisited: parameter fitting, evapotranspiration models, tools, datasets and drought monitoring. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 10, p. 3001–3023, 2014. DOI: 10.1002/joc.3887.

CARVALHO, J. R. M. DE; CURI, Wilson Fadlo. Sistema de Indicadores para a Gestão de Recursos Hídricos em Municípios: Uma Abordagem Através dos Métodos Multicritério e Multidecisor. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 2, p. 374–398, 2016.

CUNHA, Lúcio. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. **Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo**, n. November, p. 153–165, 2013. DOI: 10.13140/RG.2.1.

DANTAS, E. W. C.; COSTA, MARIA CLÉLIA LUSTOSA; Zanella, Maria Elisa. **Vulnerabilidade socioambiental e qualidade de vida em Fortaleza**. 1. ed. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2016. v. 1. 116p.



DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Climate change evidence in Brazil from Köppen's climate annual types frequency. **International Journal of Climatology**, v. 39, n. 3, p. 1446–1456, 2019. DOI: 10.1002/joc.5893.

FEITOSA, G. P. Análise comparativa da hidroclimatologia e de índices de seca de regiões hidrográficas do semiárido brasileiro, da Tunísia e da Mauritânia. 2016. 121 f. Monografia (Graduação em Ciências Ambientais) - Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

FISCH, G.; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. The climate of Amazonia - a review. **Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101–126, 1998. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/aa/v28n2/1809-4392-aa-28-2-0101.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2021.

GOZZO, Luiz F.; PALMA, Doris S.; CUSTODIO, Maria S.; MACHADO, Jeferson P. Climatology and trend of severe drought events in the state of Sao Paulo, Brazil, during the 20th century. **Atmosphere**, v. 10, n. 4, p. 1–16, 2019. DOI: 10.3390/ATMOS10040190.

IBGE. **Cidades @: Amapá: Oiapoque**. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?codmun=160050>. Acesso em: 12 jun. 2021.

IPCC. **Introduction to the Working Group II Fourth Assessment Report. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, p. v–6, 2007. Disponível em: [http://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/contents.html](http://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/contents.html). Acesso em: 8 abr. 2021.

IPCC. **Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Disponível em: <http://www.citeulike.org/group/15400/article/13497155>.

IPCC. **Part A: Global and Sectoral Aspects**. (Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability., [s. l.], p. 1132, 2014. b. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf). Acesso em: 22 abr. 2021.

IPCC. **Aquecimento Global de 1,5°C: Sumário para Formuladores de Políticas**. Ipcc, [s. l.], p. 28, 2019. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2021.

KEYANTASH, John; DRACUP, John A. The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 83, n. 8, p. 1167–1180, 2002. DOI: 10.1175/1520-0477-83.8.1167.

LUNA, Renata Mendes. **Desenvolvimento do Índice de Pobreza Hídrica para o Semi-árido Brasileiro**. 2006. UFC, 2006.

MARANDOLA JR, Eduardo; HOGAN, Daniel Joseph. As dimensões da vulnerabilidade. **São Paulo em Perspectiva**, [S. l.], v. 20, n. 1, p. 33–43, 2006. Acesso em: 7 abr. 2021.



MARENGO, José. A.; SOUZA JR, Carlos. Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia (INCT) para Mudanças Climáticas Fase 2**, v. 5, n. December, p. 1–33, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/JoseMareng2/publication/329466396\\_Mudancas\\_Climaticas\\_impactos\\_e\\_cenarios/Mudancas-Climaticas-impactos-e-cenarios-para-a-Amazonia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/JoseMareng2/publication/329466396_Mudancas_Climaticas_impactos_e_cenarios/Mudancas-Climaticas-impactos-e-cenarios-para-a-Amazonia.pdf). Acesso em: 17 jun. 2021.

MOLINA, J. V. **Propuesta metodológica para la evaluación y el análisis de la vulnerabilidad a las sequías a escala de demarcación hidrográfica. aplicación al caso del guadalete-barbate**. 2016. Pablo Olavide/Sevilla, 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.28112.51204.

PODESTÁ, G.; SKANSI, M.; HERRERA, N.; VEIGA, H. **Descripción de índices para el monitoreo de sequía meteorológica implementados por el Centro Regional del Clima para el Sur de América del Sur Reporte Técnico CRC-SAS**. Disponível em: [http://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte\\_sequias.pdf](http://www.crc-sas.org/es/content/monitoreo/reporte_sequias.pdf). Acesso em: 21 jun. 2021.

Pesquisa nacional por amostra de domicílios - PNAD: microdados. Rio de Janeiro: IBGE, 2009. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao/9127-pesquisa-nacional-por-amostra-de-domicilios.html?=&t=downloads>. Acesso em: 16 jun. 2021.

PAUNGARTTEN, S. P. L; SANTOS, Jader de Oliveira. Ameaças à dimensão humana da segurança hídrica na cidade fronteiriça de Oiapoque – AP/Amazônia Oriental. **Revista Verde Grande: Geografia e Interdisciplinaridade**, v. 3, n. 02, p. 62–73, 2021. b. DOI: 10.46551/rvg26752395202126273.

PAUNGARTTEN, S. P. L; SANTOS, Jader de Oliveira. Variabilidade temporal dos períodos secos e chuvosos no município fronteiriço de Oiapoque, Amapá - Amazônia Setentrional. *Em: EDUFMA (org.). EDUCAÇÃO AMBIENTAL E SUAS APLICABILIDADES*. Jéssica Ca ed. São Luís - MA. p. 87–95, 2021. Disponível em: [https://sigaa.ufma.br/sigaa/public/programa/documentos\\_stricto.jsf?lc=pt\\_BR&idPrograma=1539&idTipo=5](https://sigaa.ufma.br/sigaa/public/programa/documentos_stricto.jsf?lc=pt_BR&idPrograma=1539&idTipo=5).

SANTOS, Jader de Oliveira. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 75 - 90, sep. 2015. ISSN 1984-2201.

SOUZA, L.B.; ZANELLA, M. E. **Percepção de riscos ambientais: teoria e aplicações**. 2. ed. Fortaleza: EDUFC, 2010. v. 1. 237p.

STEVENSON, Edward G. J.; GREENE, Leslie E.; MAES, Kenneth C.; AMBELU, Argaw; TESFAYE, Yihenu Alemu; RHEINGANS, Richard; HADLEY, Craig. Water insecurity in 3 dimensions: An anthropological perspective on water and women’s psychosocial distress in Ethiopia. **Social Science and Medicine**, v. 75, n. 2, p. 392–400, 2012. DOI: 10.1016/j.socscimed.2012.03.022.

THOMAS B. MCKEE, Nolan J. Doesken and John Kleis. THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES. *Em: EIGHTH CONFERENCE ON APPLIED CLIMATOLOGY*, California. **Anais [...]**. California p. 17–22. 1993.



VICENTE-SERRANO, Sergio M.; BEGUERÍA, Santiago; LÓPEZ-MORENO, Juan I. A multiscalar drought index sensitive to global warming: The standardized precipitation evapotranspiration index. **Journal of Climate**, v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010. DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1.

VEGA, Humberto Millán; LIMA, Jakeline Rabelo; CERNIAK, Samuel Nogueira. SPEI and Hurst Analysis of Precipitation in the Amazonian Area of Brazil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 2, p. 325–334, 2019. DOI: 10.1590/0102-77863340027.

XIA, Jun; NING, Like; WANG, Quan; CHEN, Junxu; WAN, Long; HONG, Si. Vulnerability of and risk to water resources in arid and semi-arid regions of West China under a scenario of climate change. **Climatic Change**, v. 144, n. 3, p. 549–563, 2017. DOI: 10.1007/s10584-016-1709-y.

### HISTÓRICO

**Submetido:** 27 de junho de 2023.

**Aprovado:** 25 de julho de 2023.

**Publicado:** 02 de agosto de 2023.

### DADOS DOS AUTORES

#### Sâmella Patrícia Lima Paungartten

Doutora pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Docente da Universidade Federal do Amapá (UNIFAP), Macapá, Amapá, Brasil. Endereço para correspondência: Rua Macacoari, número 55, apartamento 202, bairro Trem, Macapá - Amapá, Brasil, CEP: 68.901-020.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0001-9501-6416>

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/5285834743227363>

**E-mail:** [samella.lima@unifap.br](mailto:samella.lima@unifap.br)

#### Jader de Oliveira Santos

Doutor em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (USP). Docente do Departamento e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Fortaleza, Ceará, Brasil. Endereço para correspondência: Bloco 911, Campus do Pici, 900, Fortaleza – CE, Brasil, CEP: 60455-760.

**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-2977-7086>.

**Lattes:** <http://lattes.cnpq.br/0356125933191024>

**E-mail:** [jadersantos@ufc.br](mailto:jadersantos@ufc.br)

### COMO CITAR O ARTIGO - ABNT

PAUNGARTTEN, S. P. L.; SANTOS, J. O. Exposição e sensibilidade na avaliação da segurança hídrica: Um estudo de caso na Amazônia. **Revista GeoUECE**, Fortaleza (CE), v. 12, n. 22, e202305, 2023.

<https://doi.org/10.59040/GEOUECE.2317-028X.v12.n22.e202305>