

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

## PROPOSIÇÃO DE INDICADORES NA AVALIAÇÃO DA SEGURANÇA HÍDRICA AMAZÔNICA

**Dr. Sâmela Patrícia Lima Paungartten**

Departamento de Geografia/Campus Binacional - UNIFAP - [samella.lima@unifap.com](mailto:samella.lima@unifap.com)

**Dr. Jader de Oliveira Santos**

Departamento de Geografia - UFC - [jadersantos@ufc.br](mailto:jadersantos@ufc.br)

**Resumo:** O objetivo deste artigo é apresentar um conjunto de indicadores como proposta metodológica na análise do grau de segurança hídrica em cidades amazônicas. A insegurança hídrica é uma condição em que a acessibilidade, a confiabilidade e a adequação tornam-se significativamente reduzida ou ausente, de modo a comprometer o bem-estar da população. O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) recomenda a adoção de três componentes relevantes na melhor avaliação da segurança hídrica, sendo eles: a exposição, a sensibilidade e a capacidade de resposta. Conclui-se que os indicadores de segurança hídrica propostos neste estudo, são de fácil acesso e podem assim, contribuir na melhor averiguação de cenários atuais e futuros quanto ao estado de segurança hídrica.

**Palavras-chave:** Exposição, Sensibilidade, Capacidade adaptativa, Amazônia

### 1. INTRODUÇÃO

Indicadores de segurança hídrica são métricas utilizadas para avaliar e monitorar o nível de segurança, disponibilidade, qualidade e acesso da água no território, são fundamentais na compreensão e situação dos recursos hídricos, bem como no desenvolvimento de estratégias de adaptação e mitigação de riscos relacionados à água.

Apesar do aumento no número de indicadores utilizados para avaliar as diversas dimensões da segurança hídrica, há grandes desafios na seleção e validação dessas métricas por parte de pesquisadores e políticas públicas (HEZRI; DOVERS, 2006; HOWLETT; CUENCA, 2017).

PUC–Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

Referindo-se a esses desafios, Sullivan et al. (2003) explica que, não há um critério único para a seleção de um índice, assim como não há nenhum que seja superior aos demais, sendo necessário analisar o contexto para definir as variáveis que, provavelmente, dependem das condições socioeconômicas, ambientais e culturais.

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC (2007, 2014) recomenda a adoção de três componentes ou dimensões relevantes na melhor avaliação de eventos de riscos a escassez hídrica, sendo eles: a exposição, a sensibilidade e a capacidade de resposta. Esses três componentes, embora apresentem ligeiras diferenças conceituais ou terminológicas, são unânimes em suas bases teóricas: a exposição, é a componente física e ambiental que revela em que medida um grupo populacional é passível de ser afetado por uma ameaça; a sensibilidade, é a componente socioeconômica associada com a predisposição de um grupo populacional a sofrer danos face um evento adverso e, a capacidade de adaptação, é a componente comportamental, comunitária e política que captura a disposição de um grupo populacional de se restabelecer perante o fenômeno ocorrido.

Alguns avanços ocorrem no conhecimento dos problemas que envolvem os recursos hídricos na Amazônia, associados não apenas a sua qualidade e acesso, mas a sua dinâmica hidroclimática, alertando para a complexidade e as peculiaridades inerentes a essa região, muitas vezes, generalizadas diante de políticas de planejamento territorial exógenas e distantes da realidade local (Duffy et al., 2015; Espinoza et al., 2013; Marengo et al., 2012; Pereira).

As mudanças climáticas ameaçam a segurança hídrica não apenas limitando a oferta de água, mas também tornando-a mais variável e imprevisível em diversas 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.

O objetivo deste artigo é fornecer um conjunto de indicadores que permitam uma análise integrada da segurança hídrica em cidades amazônicas sob a perspectiva das componentes: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação.

## 2. INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA

Nas próximas sessões serão tratados os indicadores de segurança hídrica a partir das componentes: exposição, sensibilidade e capacidade de adaptação, reconhecidos pelo (IPCC,2014a) e adotados pela literatura internacional (BIIZIKOVA; BACHOFEN, 2009; MOLINA, 2016; KOHLITZ; CHONG; WILLETTS, 2017; KURIAKOSE; XIA *et al.*, 2017).

PUC–Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

A adoção da componente exposição, para reconhecer a importância do diagnóstico quanto ao grau de exposição do recurso água a que uma população está submetida. A sensibilidade, para entender o qual vulnerável esses atores se encontram frente a tal exposição e por fim, a capacidade adaptativa, para averiguação das ações e respostas manifestadas no território diante de um cenário de instabilidade hídrica.

## 2.1. Exposição

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.

Para situações de escassez hídrica, é possível a análise da intensificação de eventos climáticos que impactam a disponibilidade de água na região, como secas mais frequentes. 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)

Identificado o grau de exposição, é possível direcionar os recursos e esforços, de maneira a garantir a implementação de medidas preventivas e regulatórias adequadas.

## 2.2. Sensibilidade

O acesso à água em quantidade e qualidade é desigual e não afeta igualmente a 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 a essa situação (ANAZAWA; CARMO; MONTEIRO, 2017; CARVALHO; CURI, 2016; LUNA, 2006).

A componente sensibilidade aponta assimetrias de acesso à água pela população e revela não somente diferentes graus de vulnerabilidade ao acesso à água, mas também diferentes graus de segurança hídrica. O mapeamento das condições socioeconômicas e de seu acesso a água potável em quantidade e qualidade facilita a intervenção de políticas públicas na resolução das discrepâncias quanto a segurança hídrica.

PUC–Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

O quadro 1 apresenta os indicadores selecionados para discussão da componente sensibilidade de acordo com a literatura abordada.

**Quadro 1: Dimensões, variáveis, indicadores e escalas adotados na mensuração da componente sensibilidade**

| DIMENSÃO                    | INDICADORES   |
|-----------------------------|---|
| <b>População</b>            | População<br>Densidade Populacional   |
| <b>Escolaridade</b>         | Chefes de família não alfabetizados;<br>População com 15 anos ou mais de idade não alfabetizados.   |
| <b>Condição social</b>      | Domicílios com renda domiciliar per capita inferior a ½ salário mínimo;<br>Pessoas responsáveis com rendimento de até 1 salário-mínimo mensal, do sexo feminino.  |
| <b>Abastecimento humano</b> | Abastecimento por rede geral;<br>Abastecimento por poço;<br>Outra forma de abastecimento de água.   |
| <b>Saneamento básico</b>    | Rede sanitária via fossa séptica;<br>Rede sanitária via fossa rudimentar;<br>Rede sanitária via rio ou lago;<br>lixo enterrado na propriedade.<br>lixo jogado em terreno baldio ou logradouro<br>lixo jogado em rio, lago ou mar. |

Organização: Paungarten S.P. L, 2019

### 2.3. Capacidade Adaptativa

A capacidade de se adaptar é a componente comportamental, comunitária e política que captura a reação de um grupo populacional submetido a um fenômeno perigoso de absorver um choque e retornar a um estado aceitável (ANAZAWA, 2017; LUNA, 2007; MACHADO, 2018; MOLINA, 2016; MOLINA, 2016). Sua investigação possibilita capturá-la com mais amplitude e assim fornecer subsídios para solucionar ou atenuar contextos de instabilidades hídricas e suas repercussões socioeconômicas.

Quadro 2 Dimensões e variáveis pré-estabelecidos na avaliação da capacidade de adaptação.

| DIMENSÃO              | INDICADORES  |
|-----------------------|--|
| <b>Institucional</b>  | Legislações sobre proteção de mananciais e abastecimento de água.  |
| <b>Acessibilidade</b> | Consumo médio per capita de água;<br>Índices de perda na distribuição;<br>Porcentagem de economias atingidas por falta de abastecimento. |

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

|  |  |
|--|--|
| <b>Qualidade</b>                                     | Porcentagem de água tratada e índice de tratamento de Esgoto; Existência de fiscalização/monitoramento da qualidade da água. |
| <b>Oferta</b>  | Volume de água tratada fornecida; Alternativas de oferta hídrica a população desprovida de abastecimento.                    |
| <b>Participação pública</b>                          | Participação pública em projetos e programas sobre recursos hídricos na escala local.  |
| <b>Percepção e interpretação de risco a escassez</b> | Percepção e interpretação de risco a escassez hídrica.   |

Organização: Paungarten S.P. L., 2019

### 3. CONCLUSÕES

Os índices e indicadores são importantes na determinação da segurança hídrica porque fornecem informações objetivas e mensuráveis sobre a disponibilidade, qualidade e acesso dos recursos hídricos.

As cidades amazônicas, especialmente aquelas que passam por uma expansão urbana significativa, são afetadas não apenas pelo saneamento básico deficiente, mas também pelo aumento das temperaturas e da disponibilidade de água. Avaliar o atual e futuro estado da água, com os possíveis problemas de escassez diante do cenário das mudanças climáticas, ajuda a implementação de sistemas de prevenção e adaptação, amenizando o impacto destes eventos sobre as comunidades amazônicas.

Coletar, analisar e integrar informações, poderá promover um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos, direcionando o investimento e a ação para as áreas mais críticas.

### AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES).

### REFERÊNCIAS

ANAZAWA, T. M. **A GRAVE ESCASSEZ HÍDRICA E AS DIMENSÕES DE UM DESASTRE SOCIALMENTE CONSTRUÍDO: A REGIÃO METROPOLITANA DE CAMPINAS ENTRE 2013-2015**. 2017. Universidade Estadual de Campinas, [S. l.], 2017. Disponível em: file:///C:/Users/Sâmella/Downloads/Anazawa\_TathianeMayumi\_D.pdf. Acesso em: 21 abr. 2021.

PUC–Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

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**, [S. l.], v. 79, p. 68, 2017. Disponível em: <https://www.nepo.unicamp.br/publicacao/nepo-79/>. 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**, [S. l.], v. 34, n. 10, p. 3001–3023, 2014. DOI: 10.1002/joc.3887. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.3887>. Acesso em: 20 abr. 2021.

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**, [S. l.], v. 12, n. 2, p. 374–398, 2016.

DUFFY, Philip B.; BRANDO, Paulo; ASNER, Gregory P.; FIELD, Christopher B. Projections of future meteorological drought and wet periods in the Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, [S. l.], v. 112, n. 43, p. 13172–13177, 2015. DOI: 10.1073/pnas.1421010112.

ESPINOZA, Jhan Carlo; RONCHAIL, Josyane; FRAPPART, Frédéric; LAVADO, Waldo; SANTINI, William; GUYOT, Jean Loup. The Major Floods in the Amazonas River and Tributaries (Western Amazon Basin) during the 1970–2012 Period: A Focus on the 2012 Flood\*. **Journal of Hydrometeorology**, [S. l.], v. 14, n. 3, p. 1000–1008, 2013. DOI: 10.1175/JHM-D-12-0100.1.

FISCH, G.; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. The climate of Amazonia - a review. **Acta Amazônica**, [S. l.], 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.

FÜSSEL, Hans-Martin; KLEIN, Richard J. T. Climate Change Vulnerability Assessments: An Evolution of Conceptual Thinking. **Climatic Change**, [S. l.], v. 75, n. 3, p. 301–329, 2006. DOI: 10.1007/s10584-006-0329-3.

HEZRI, Adnan A.; DOVERS, Stephen R. Sustainability indicators, policy and governance: Issues for ecological economics. **Ecological Economics**, [S. l.], v. 60, n. 1, p. 86–99, 2006. DOI: 10.1016/j.ecolecon.2005.11.019. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092180090500529X>. Acesso em: 11 abr. 2021.

HOWLETT, Michael P.; CUENCA, Janet S. The use of indicators in environmental policy appraisal: lessons from the design and evolution of water security policy measures. **Journal of Environmental Policy & Planning**, [S. l.], v. 19, n. 2, p. 229–243, 2017. DOI:

PUC–Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

**SUSTENTARE  
& WIPIS2023**

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO  
DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

10.1080/1523908X.2016.1207507. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1523908X.2016.1207507>. Acesso em: 11 abr. 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**, [S. l.], p. v–6, 2007.

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.

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

LUNA, Renata Mendes. Desenvolvimento do índice de pobreza hídrica (Iph) Para o semi-árido brasileiro. [S. l.], p. 138, 2007. . Acesso em: 11 abr. 2021.

MACHADO, Fernando Henrique. **Proposição de Indicadores de Segurança Hídrica: Seleção, Validação e Aplicação na Bacia Hidrográfica do Rio Jundiá-Mirim, Jundiá - SP, Brasil**. 2018. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, [S. l.], 2018. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/153669>. Acesso em: 11 abr. 2021.

MARENCO, 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**, [S. l.], v. 5, n. December, p. 1–33, 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jose-Marengo-2/publication/329466396\\_Mudancas\\_Climaticas\\_impactos\\_e\\_cenarios\\_para\\_a\\_Amazonia/links/5c137f2f92851c39ebeb6d5/Mudancas-Climaticas-impactos-e-cenarios-para-a-Amazonia.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jose-Marengo-2/publication/329466396_Mudancas_Climaticas_impactos_e_cenarios_para_a_Amazonia/links/5c137f2f92851c39ebeb6d5/Mudancas-Climaticas-impactos-e-cenarios-para-a-Amazonia.pdf). Acesso em: 17 jun. 2021.

MARENCO, Jose Antonio; TOMASELLA, Javier; SOARES, Wagner R.; ALVES, Lincoln M.; NOBRE, Carlos A. Extreme climatic events in the Amazon basin. **Theoretical and Applied Climatology**, [S. l.], v. 107, n. 1–2, p. 73–85, 2012. DOI: 10.1007/s00704-011-0465-1.

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, [S. l.], 2016. DOI: 10.13140/RG.2.2.28112.51204. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Vargas-Molina/publication/308368709\\_Propuesta\\_metodologica\\_para\\_la\\_evaluacion\\_y\\_el\\_analisis\\_de\\_la\\_vulnerabilidad\\_a\\_las\\_sequias\\_a\\_escala\\_de\\_Demarcacion\\_Hidrografica\\_Aplicacion\\_al\\_caso\\_del\\_Guadalete\\_-\\_Barbate/links](https://www.researchgate.net/profile/Jesus-Vargas-Molina/publication/308368709_Propuesta_metodologica_para_la_evaluacion_y_el_analisis_de_la_vulnerabilidad_a_las_sequias_a_escala_de_Demarcacion_Hidrografica_Aplicacion_al_caso_del_Guadalete_-_Barbate/links). Acesso em: 7 abr. 2021.

PUC-Campinas EESC USP Comitês PCJ

APRESENTAM:

# SUSTENTARE & WIPIS2023

WORKSHOP INTERNACIONAL

SUSTENTABILIDADE, INDICADORES E GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS



22/11 | evento  
23/11 | 100% online  
24/11 | e gratuito

PEREIRA, D. M.; SZLAFSZTEIN, C. F. Natural hazards and disasters in south western amazon region: Analysis of purus river basin | Ameaças e desastres naturais na amazônia sul ocidental: Análise da bacia do rio purus. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, Curitiba, v. 35, p. 68–94, 2015.

SULLIVAN, C. A. et al. The water poverty index: Development and application at the community scale. **Natural Resources Forum**, [S. l.], v. 27, n. 3, p. 189–199, 2003. DOI: 10.1111/1477-8947.00054. Acesso em: 11 abr. 2021.

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**, [S. l.], v. 23, n. 7, p. 1696–1718, 2010. DOI: 10.1175/2009JCLI2909.1.