

## **XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**

### **RESILIÊNCIA URBANA EM CENÁRIOS DE SECA NO SERTÃO DE ALAGOAS: DESENVOLVIMENTO E ANÁLISE DE SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA COM A *NOMINAL GROUP TECHNIQUE***

*Hemmylly Pedro<sup>1</sup>; Wesley Silva<sup>2</sup>; Manoel da Silva<sup>3</sup>; Andressa Silva<sup>4</sup>; Marcos de Lima<sup>5</sup>; Hugo Belarmino<sup>6</sup> & Maria Santos<sup>7</sup>*

**Abstract:** This study evaluates the application of Nature-Based Solutions (NBS) to strengthen urban resilience to drought in the Alagoas Hinterland, Brazil. Using the Nominal Group Technique (NGT), three stakeholder groups participated: academic experts (Group 1), public managers (Group 2), and residents from risk-prone areas (Group 3). Participants responded to a central question: "Which NBS should be prioritized to enhance urban resilience to drought?" Responses from Group 3 were used to triangulate the perceptions from Groups 1 and 2, allowing the identification of both convergences and divergences between technical perspectives and local realities. The findings highlight the importance of integrating scientific knowledge, public management, and local knowledge to improve the effectiveness of NBS in the Alagoas semi-arid region.

**Keywords:** Urban resilience; Drought; Nature-Based Solutions.

**Resumo:** Este estudo avalia a aplicação de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) para fortalecer a resiliência urbana frente à seca no Sertão Alagoano. A partir da Técnica do Grupo Nominal (NGT), especialistas acadêmicos (grupo 1), gestores públicos (grupo 2) e moradores de áreas de risco (grupo 3) responderam a um questionário com base na pergunta central: "*Quais SBN devem ser priorizadas para aumentar a resiliência urbana frente à seca?*". Logo, as respostas do grupo 3 serviram para triangulação com os grupos 1 e 2, permitindo identificar convergências e divergências entre percepção técnica e realidade local. Os resultados destacam a importância de integrar ciência, gestão pública e conhecimento local para a efetividade das SBN no Sertão de Alagoas.

**Palavras-chave:** Resiliência urbana; Seca; Soluções baseadas na natureza.

1) Graduanda do Curso de Engenharia de Produção - UFAL, E-mail: hemmylly.pedro@arapiraca.ufal.br

2) Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS, E-mail: wesley.silva@ceca.ufal.br

3) Professor do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS, E-mail: manoel.mariano@ctec.ufal.br

4) Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS, E-mail: andressaelenadm@hotmail.com

5) Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento - PPGRHS, E-mail: markos.eng.producao.sq@gmail.com

6) Bacharel no Curso de Engenharia de Produção - UNICAP, E-mail: belarmino hugoleonardo@hotmail.com

7) Graduanda do Curso de Engenharia Ambiental - UFAL, E-mail: maria.valerio@ctec.ufal.br

## INTRODUÇÃO

Conforme Ault (2020), a origem da seca está comumente vinculada à escassez de precipitação, sendo, entretanto, exacerbada por temperaturas elevadas, que amplificam a aridez atmosférica. Adicionalmente, segundo Smith (2011), a seca extrema é definida como um fenômeno que se caracteriza pela significativa redução na disponibilidade de recursos hídricos, ocasionando modificações na estrutura e no funcionamento dos ecossistemas, além dos limites da variabilidade considerada típica ou normal para uma dada localidade ou região.

Neste contexto, o fenômeno da seca configura-se como um dos principais riscos em escala global, pois, conforme destacado por Easterling et al. (2000) é provável que eventos extremos de seca se tornem mais frequentes à medida que os verões se apresentam progressivamente mais quentes e secos, acompanhados de alterações na sazonalidade das precipitações. Em concordância com a UNCCD (2022) as Nações Unidas alertaram que nos encontramos em um ponto crítico, observando a desertificação das terras, a transformação dos solos férteis em pó e a prevalência crescente da seca.

De acordo com Meerow & Newell (2016), a resiliência urbana pode ser definida como a capacidade dos sistemas urbanos de se ajustarem a eventos extremos e de transformar estruturas e processos que limitam sua adaptabilidade presente ou futura. Para a Organização das Nações Unidas (ONU), a resiliência urbana constitui uma temática de relevância essencial, como evidenciado pela inclusão do Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 11, que tem como meta tornar as cidades e comunidades mais inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis (ONU, 2025). Desse modo, a capacidade de resiliência promove a aptidão dos ambientes urbanos para absorver choques, como o fenômeno da seca, recuperar-se e, simultaneamente, implementar modificações que maximizem sua adaptabilidade diante de futuras mudanças e riscos.

Segundo Chen et al. (2021), a *Nominal Group Technique* (NGT) é considerada uma metodologia estruturada que envolve um processo composto por brainstorming, discussão em grupo, disposição de opiniões e a classificação do conteúdo discutido, com o objetivo de alcançar uma conclusão. A mesma técnica mostrou rendimento de modo virtual sendo também vantajosa em ambientes online, conforme indicado por Mason et al. (2021). Consequentemente, a aplicação da NGT em contextos relacionados a soluções baseadas na natureza (SbN) pode resultar em um processo eficiente e flexível, uma vez que facilita a geração e a diversificação de ideias e propostas sobre o tema em questão.

Conforme Cutter e Finch (2008), observa-se uma tendência de que elementos evidentes, como ativos físicos, capital e populações humanas com seus meios de subsistência, sejam suscetíveis a danos e perdas quando expostos a eventos de risco, sejam eles singulares ou compostos, definindo vulnerabilidade. Logo, devido ao significativo impacto negativo dos eventos de seca em áreas urbanas no sertão alagoano, que evidenciam de maneira crescente a vulnerabilidade dessas regiões diante de fenômenos climáticos extremos, como a seca severa, torna-se fundamental o alcance da resiliência urbana em tais cenários. Portanto, o objetivo do presente estudo é analisar e desenvolver soluções baseadas na natureza voltadas ao fortalecimento da resiliência urbana no Sertão Alagoano utilizando uma abordagem estruturada como a *Nominal Group Technique*.

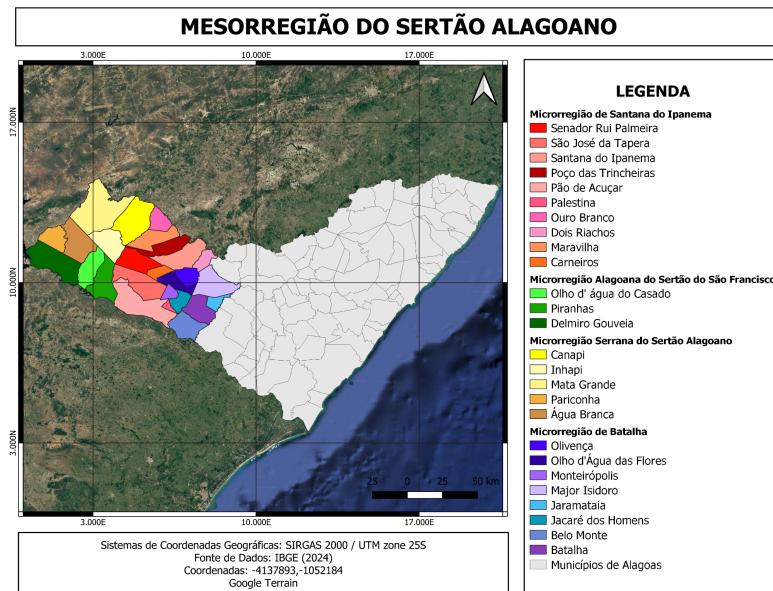
## METODOLOGIA

### Área de estudo

A área de estudo está localizada no Sertão de Alagoas onde o clima possui clima quente e seco, mostrando condições semiáridas segundo Barros et al. (2012). Essas condições intensificam a

escassez hídrica e ampliam a vulnerabilidade da região a eventos extremos, como a seca, ressaltando a necessidade de estratégias sustentáveis, como soluções baseadas na natureza e ações voltadas à resiliência urbana na área do Sertão Alagoano mostrada na Figura 1.

Figura 1 - Mapa - mesorregião do Sertão Alagoano



## Coleta de dados para avaliação das soluções baseadas na natureza

A coleta de dados foi realizada através da aplicação de questionário direcionado aos grupos g1 (especialistas acadêmicos), g2 (gestores públicos e planejadores urbanos) e g3 (moradores das áreas de risco), ou seja, a participação em um desses grupos é um critério necessário para a possibilidade de responder.

### Nominal Group Technique (NGT)

A interação entre o grupo 1, grupo 2 e grupo 3 é fundamental para entender os desafios e oportunidades para a implementação de soluções baseadas na natureza. Para analisar as diferenças e convergências nas opiniões dos grupos g1 e g2 (decision-makers - DMs mostrado no Quadro 1), será utilizada a NGT.

O questionamento central a ser respondido na NGT será: *"Considerando a realidade das áreas urbanas vulneráveis a cenários de seca no Sertão Alagoano, quais soluções baseadas na natureza devem ser priorizadas para aumentar a resiliência urbana?"*.

Quadro 1 – Escala para ponderar as avaliações de acordo com a experiência e formação dos DMs

		Tempo de Experiência		
		Anos <10	Anos <20	Anos>20
Formação	Bacharelado	1	2	3
	Mestrado	2	4	6
	Doutorado	3	6	9

Fonte: Adaptado de Fontana et al. (2023)

Com base nessas definições, foram definidos dois cenários para analisar as SbN: Cenário (S1)  $g1 \text{ versus } g2 \rightarrow a$  para Soluções Baseadas na Natureza: Avaliação das SbN para aumento da resiliência urbana por Especialistas Acadêmicos (não ponderado) versus Gestores Públicos (não ponderado). Cenário (S2)  $g1 \text{ versus } g2 \rightarrow b$  para Soluções Baseadas na Natureza: Avaliação das SbN para aumento da resiliência urbana por Especialistas Acadêmicos (ponderado) versus Gestores Públicos (ponderado).

Os dados obtidos do grupo 3 serão empregados para triangulação dos resultados dos cenários S1 e S2, possibilitando a avaliação da convergência ou divergência entre as percepções desse grupo e as dos especialistas (grupos 1 e 2), considerando que a técnica NGT contempla exclusivamente a perspectiva dos especialistas. Ademais, para mensurar o grau de concordância nas respostas dos grupos, foi utilizada uma escala Likert de 5 pontos, conforme Fontana et al. (2023), com valores que variam de 0 (não aplicável) a 5 (concordo totalmente).

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

### Identificação e categorização das soluções baseadas na natureza

Foram estabelecidas categorias para as SbN, as quais são: classe 1 (mitigação climática e conforto urbano), classe 2 (gestão hídrica estruturada e vegetação urbana multifuncional), classe 3 (captação e conservação hídrica descentralizada) e classe 4 (soluções emergentes com baixa disseminação técnica e inovação tecnológica). Destaca-se ainda, que conforme o protocolo de Bearman et al. (2012) foram identificadas na literatura 35 SbN que podem ser utilizadas para lidar com eventos extremos de seca no Sertão Alagoano, como mostrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Soluções baseadas na natureza identificadas na revisão sistemática da literatura

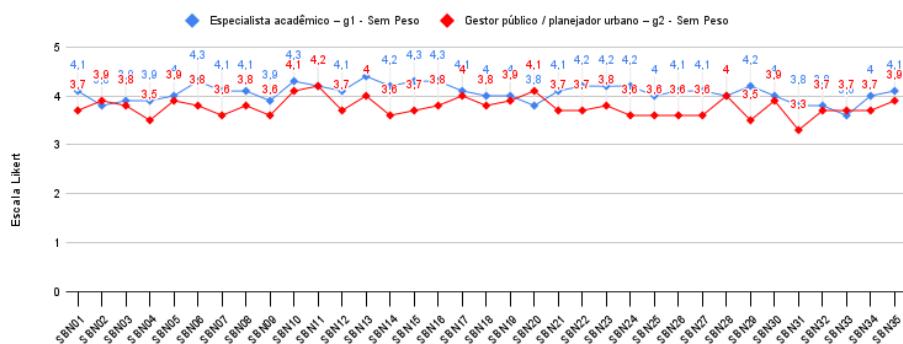
Código	Solução Baseada na Natureza (SbN)	Definição	Autores
SBN01	Cisternas urbanas	Estruturas para coleta e armazenamento de água da chuva para uso em períodos secos.	Li,S. et al. (2024)
SBN02	Telhados verdes adaptados à seca	Cobertura vegetal com espécies resistentes à seca para reduzir evaporação e aquecimento.	Küçük, e Ekşi (2023)
SBN03	Jardins xerófitos	Jardins compostos por plantas adaptadas a ambientes secos, reduzindo demanda hídrica.	Choudhary, Preeti; Kataria, Vinod (2022)
SBN04	Agricultura urbana de sequeiro	Cultivos urbanos com técnicas de baixo consumo de água.	Sui, et al. (2022)
SBN05	Quintais produtivos resilientes	Espaços familiares de cultivo com plantas nativas resistentes à seca.	Sánchez, e Torres (2014)
SBN06	Bacias de infiltração	Áreas rebaixadas para infiltrar e armazenar água no solo durante chuvas esporádicas.	Moravejalahkaam, e Rahimian (2023)
SBN07	Sistemas agroflorestais adaptados ao semiárido	Integração de árvores e cultivos resistentes à seca.	Albatayneh, Aiman, et al. (2022)
SBN08	Reservatórios subterrâneos comunitários	Armazenamento de água subterrânea para reduzir perdas por evaporação.	Li,Y.. et al. (2024)
SBN09	Barraginhas urbanas	Pequenas bacias para captação e infiltração de água da chuva.	De Mendonça, Leonardo Melo; Blanco, Claudio Jose Cavalcante; De Oliveira Carvalho, Frede (2023)
SBN10	Reflorestamento com espécies nativas do semiárido	Plantio de vegetação adaptada para aumentar a infiltração e reduzir evaporação.	Yang, Yongjun, et al. (2022)
SBN11	Pavimentos permeáveis com sombreamento	Infraestrutura que permite infiltração e reduz a temperatura do solo.	Kevern, e Wang (2009)
SBN12	Muros verdes xerófitos	Estruturas verticais vegetadas com plantas resistentes à seca.	Fan, Jiadong, et al. (2025)
SBN13	Captação de neblina	Estruturas que capturam água da umidade do ar.	Kang, et al. (2021)
SBN14	Recuperação de áreas de caatinga urbana	Restauração de ecossistemas nativos da caatinga dentro das cidades.	De Oliveira (2022)
SBN15	Zonas de amortecimento com vegetação xerófita	Áreas de transição vegetada que protegem a cidade dos efeitos da seca.	Ramler, David; Inselsbacher, Erich; Strauss, Peter (2023)
SBN16	Bioengenharia de solos para retenção de água	Técnicas naturais para aumentar a capacidade de retenção de água do solo.	Phan, et al. (2024)

SBN17	Redes verdes de sombreamento urbano	Corredores vegetados para reduzir a temperatura urbana e conservar umidade.	Raeisifar, Hamidreza, et al. (2025)
SBN18	Sistemas de reúso de águas cinzas	Tratamento e reutilização de águas residuais para irrigação de áreas verdes.	Golfam, Ashofteh, Loaiciga (2021)
SBN19	Jardins filtrantes	Áreas verdes que tratam e reutilizam águas cinzas e pluviais.	Morash, et al. (2019)
SBN20	Ilhas urbanas de resiliência hídrica	Áreas multifuncionais que captam, armazenam e redistribuem água.	Liu, et al. (2023)
SBN21	Poços de recarga artificial	Estruturas para recarregar aquíferos urbanos com água da chuva.	Hao, et al. (2014)
SBN22	Canais verdes	Canais vegetados que direcionam a água da chuva para recarga do solo.	Duan, e Al-Asadi (2022)
SBN23	Agricultura hidropônica urbana com reúso	Cultivo com mínimo de água, utilizando sistemas fechados e águas reutilizadas.	Salinas-Velandia, Diego Alejandro, et al. (2022)
SBN24	Parques resilientes à seca	Áreas verdes urbanas projetadas com vegetação de baixa demanda hídrica.	Kraemer, R.; Kabisch, N. (2022)
SBN25	Florestas urbanas secas	Núcleos florestais com espécies adaptadas à seca para microclimas urbanos.	Etter, et al. (2017)
SBN26	Descompactação biológica do solo	Uso de plantas de raízes profundas para melhorar a infiltração de água no solo urbano.	McNabb, David H.; Startsev, Andrei (2022)
SBN27	Cinturões verdes adaptados ao semiárido	Anéis de vegetação resistente à seca em torno de cidades para proteção climática.	Yizhaq, Hezi; Al-Tawaha, Abdel Rahman Mohammad Said; Stavi, Ilan (2022)
SBN28	Telhados reflexivos e verdes combinados	Combinação de materiais reflexivos e vegetação para reduzir evaporação.	Khan, Ansar, et al. (2023)
SBN29	Floresta urbana sazonal	Plantios que se adaptam a períodos secos e chuvosos, com foco em conservação hídrica.	Wu, Linjia, et al. (2022)
SBN30	Retenção natural em parques lineares	Aproveitamento de parques urbanos para retenção e infiltração de água.	Walsh, Christopher J., et al. (2022)
SBN31	Biochar em áreas verdes urbanas	Aplicação de carvão vegetal no solo para aumentar a retenção de umidade.	Kapoor, Aanchal, et al. (2022)
SBN32	Plantios de espécies CAM (metabolismo ácido das crassuláceas)	Uso de plantas com metabolismo de alta eficiência hídrica em áreas urbanas.	Dadras, Armin, et al. (2023)
SBN33	Espelhos d'água subterrâneos	Áreas de retenção de água no subsolo para liberação gradual durante secas.	Simon, Szilvia, et al. (2023)
SBN34	Microbacias de recarga	Pequenas áreas projetadas para capturar e infiltrar água pluvial no solo.	Kirchner (2009)
SBN35	Barreiras vegetadas contra desertificação	Plantios estratégicos para conter processos de desertificação urbana.	Arvizu-Valenzuela, et al. (2020)

## Avaliação das respostas

A análise das respostas obtidas por meio do questionário aplicado foram conduzidas com base na NGT. A amostra possui 10 participantes do grupo 1, 10 participantes do grupo 2 e 40 participantes do grupo 3.

Figura 2 - Cenário 1

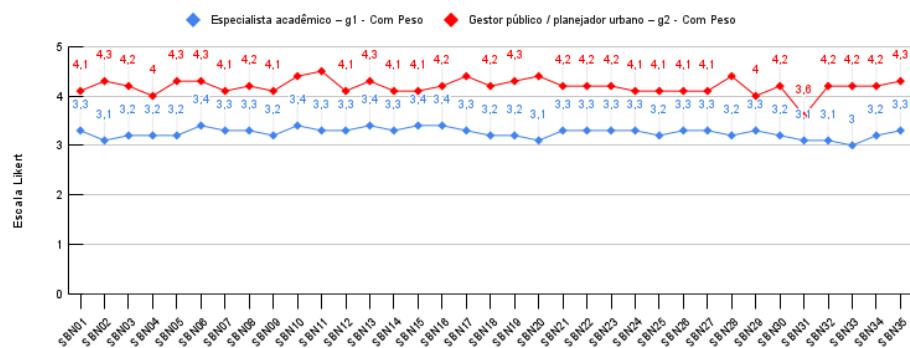


Conforme mostrado na Figura 2, a análise comparativa das SbN, utilizando a NGT, revelou elevada convergência entre os grupos 1 (especialistas acadêmicos) e 2 (gestores públicos) nas

intervenções da classe 1 (mitigação climática e conforto urbano). As SbN11 (pavimentos permeáveis com sombreamento), SbN13 (captação de neblina) e SbN17 (redes verdes de sombreamento urbano) apresentaram diferenças inferiores a 0,5 pontos entre os grupos, evidenciando alinhamento quanto à aplicabilidade dessas estratégias. Padrão semelhante foi identificado na classe 3 (captação e conservação hídrica descentralizada), com destaque para as SbN06 (bacias de infiltração), SbN12 (muros verdes xerófitos) e SbN13, todas com discrepâncias inferiores a 0,5 pontos, reforçando sua adequação ao contexto semiárido. Logo, segundo Ferrario et al. (2024) é possível afirmar que há a identificação de um efeito positivo das SbN na mitigação de extremos climáticos.

Sobretudo, a SbN31 (biochar em áreas verdes urbanas), pertencente à classe 4 (soluções emergentes com baixa disseminação técnica e inovação tecnológica), obteve uma das menores médias de avaliação ( $g1 = 3,3$ ;  $g2 = 3,3$ ), possivelmente em função do conhecimento técnico restrito e da ausência de evidências empíricas sobre sua eficácia no Sertão de Alagoas. Em contraste, as maiores divergências entre os grupos (acima de 0,5 pontos) foram identificadas em soluções da classe 2 (gestão hídrica estruturada e vegetação urbana multifuncional), como a SbN29 (floresta urbana sazonal) e a SbN30 (retenção natural em parques lineares). Os resultados indicam maior viabilidade das SbN das classes 1 e 3, associada à experiência técnica e ao clima do local.

Figura 3 - Cenário 2



Como evidenciado na Figura 3, a aplicação da NGT evidenciou discrepâncias significativas entre os grupos, com diferenças superiores a 0,7 pontos na maioria das SbN. As menores divergências, ainda superiores a 0,7 pontos, ocorreram nas SbN01 (telhados verdes), SbN02 (corredores de ventilação) e SbN03 (áreas de vegetação densa), pertencentes à classe 1 (mitigação climática e conforto urbano). As maiores discrepâncias, acima de 1,0 ponto, foram observadas nas SbN19 (jardins filtrantes) e SbN20 (ilhas urbanas de resiliência hídrica), da classe 2 (gestão hídrica estruturada e vegetação urbana multifuncional), e na SbN11 (pavimentos permeáveis com sombreamento), da classe 1.

As SbN com maiores médias, sobretudo no g2, incluíram a SbN06 (bacias de infiltração), SbN13 (captação de neblina) e SbN16 (bioengenharia de solos para retenção de água), classe 1. Em contrapartida, as menores médias no g1 foram registradas nas SbN31 (biochar em áreas verdes urbanas) classe 4 (soluções emergentes com baixa disseminação técnica e inovação tecnológica), SbN32 (plantios de espécies CAM) e SbN33 (espelhos d'água subterrâneos), integrantes da classe 3 (captação e conservação hídrica descentralizada).

Figura 4 - Grupo 3



As avaliações do grupo 3 (moradores de áreas de risco), com base na NGT, mostraram variação restrita entre 2,9 e 3,3 pontos, indicando percepção homogênea das SbN. As maiores médias (3,3) foram atribuídas às SbN01 (cisternas urbanas), SbN04 (agricultura urbana de sequeiro), SbN05 (quintais produtivos resilientes) e SbN34 (microbacias de recarga), da classe 1 (mitigação climática e conforto urbano), além da SbN19 (jardins filtrantes), da classe 2 (gestão hídrica estruturada e vegetação urbana multifuncional). As menores médias (2,9) concentraram-se na SbN09 (barraginhas urbanas) classe 3 (captação e conservação hídrica descentralizada) e nas SbN15 (Zonas de amortecimento com vegetação xerófita) e SbN16 (bioengenharia de solos para retenção de água) classe 1, evidenciando desconhecimento ou baixa percepção de benefícios práticos por parte dos moradores da área de estudo.

## CONCLUSÕES

A triangulação das avaliações dos grupos 1 e 2 (gestores e especialistas) com o grupo 3 (moradores da área de risco), obtidas por meio da NGT, evidenciou convergência na aceitação das SbN da classe 1. Houve a valorização de intervenções como cisternas urbanas, agricultura de sequeiro e quintais produtivos resilientes devido a familiaridade referente a essa intervenção e conhecimento de benefícios tangíveis, demonstrando elevado potencial para fortalecer a resiliência urbana em cenários de seca no Sertão de Alagoas. Este consenso destaca a importância de soluções adaptadas localmente para enfrentar a escassez hídrica e promover a sustentabilidade socioambiental.

Por outro lado, as SbN das classes 2, 3 e 4 apresentaram maiores divergências entre os grupos, refletindo incertezas quanto à viabilidade técnica e aplicação prática, sobretudo as soluções de inovação tecnológica. A baixa aceitação local evidencia a necessidade de estratégias integradas de capacitação e diálogo, reforçando que o desenvolvimento das SbN deve alinhar evolução técnica e valorização social para fortalecer a resiliência urbana em relação à seca no Sertão de Alagoas.

## REFERÊNCIAS

- ALBATAYNEH, A.; ABDALHAQ, I.; ASSAF, M.; ALBATAYNEH, M.; JASIM, M. (2022). "Enhancing the energy efficiency of buildings by shading with PV panels in semi-arid climate zone". *Sustainability*, v. 14, n. 24, p. 17040.
- AULT, T.R. (2020). "On the essentials of drought in a changing climate". *Science*, v. 368, n. 6488, p. 256–260.
- ARVIZU-VALENZUELA, L.V.; GUTIÉRREZ-GARCÍA, G.; GUTIÉRREZ-MICELI, F.A.; DELGADO-HERRERA, M.A.; MORALES-TREJO, A.; HERNÁNDEZ-HERNÁNDEZ, R.M. (2020). "Barriers for plant establishment in the abandoned tailings of Nacozari, Sonora, Mexico: the

influence of compost addition on seedling performance and tailing properties". Environmental Science and Pollution Research, v. 27, p. 39635–39650.

BARROS, A.H.C.; FERREIRA, M.E.S.; SILVA, F.F.; SANTOS, J.S.; MELO, M.L.S. (2012). "Climatologia do estado de Alagoas". [S.l.: s.n.].

BEARMAN, M.; DAWSON, P.; O'DONNELL, M.; ELLIS, R.; CASTELLA, C. (2012). "Systematic review methodology in education research: How to make a systematic review transparent, rigorous and useful". The Australian Educational Researcher, v. 39, n. 1, p. 625–637.

CHEN, T.T.; HSIAO, H.C.; CHIU, C.H.; LIU, H.E. (2021). "Exploring core competencies of clinical nurse preceptors: A nominal group technique study". Nurse Education in Practice, v. 56, p. 103200.

CHOUDHARY, P.; KATARIA, V. (2022). "In vitro culture in combination with aeroponics is an efficient means of mass propagation of *Sarcostemma acidum*: a rare medicinal plant of Indian arid zone". In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, p. 1–10.

CUTTER, S.L.; FINCH, C. (2008). "Temporal and spatial changes in social vulnerability to natural hazards". Proceedings of the National Academy of Sciences, v. 105, n. 7, p. 2301–2306.

DADRAS, A.; MEYERS, A.; SCHULZ, R.; GERSHENZON, J.; WINKLER, B.; WERCK-REICHHART, D. (2023). "Accessible versatility underpins the deep evolution of plant specialized metabolism". Phytochemistry Reviews, p. 1–14.

DE MENDONÇA, L.M.; BLANCO, C.J.C.; DE OLIVEIRA CARVALHO, F. (2023). "Recurrent neural networks for rainfall-runoff modeling of small Amazon catchments". Modeling Earth Systems and Environment, v. 9, n. 2, p. 2517–2531.

DE OLIVEIRA, M.L.; FERNANDES, M.R.; MARTINS, J.A.; DE MOURA, M.S.B.; SILVA, B.B.; GLOAGUEN, R. (2022). "Remote sensing-based assessment of land degradation and drought impacts over terrestrial ecosystems in Northeastern Brazil". Science of The Total Environment, v. 835, p. 155490.

DUAN, J.G.; AL-ASADI, K. (2022). "On bed form resistance and bed load transport in vegetated channels". Water, v. 14, n. 23, p. 3794.

EASTERLING, D.R.; MEEHL, G.A.; PARMESAN, C.; CHANGNON, S.A.; KARL, T.R.; MEARNS, L.O. (2000). "Climate extremes: observations, modeling, and impacts". Science, v. 289, n. 5487, p. 2068–2074.

ETTER, A.; ANDRADE, A.; SAAVEDRA, K.; CORTÉS, J. (2017). "Actualización de la lista roja de los ecosistemas terrestres de Colombia" [fonte eletrônica]. Disponível em: <http://reporte.humboldt.org.co/biodiversidad/2017/cap2/204/#seccion1>. Acesso em: 10 jun. 2025.

FAN, J.; et al. (2025). "Vertical flow structures in a finite patch of natural submerged vegetation under wave-current conditions: Laboratory experiments". Journal of Hydrology, p. 133405.

FERRARIO, F.; et al. (2024). "Evaluating Nature-based Solutions as urban resilience and climate adaptation tools: A meta-analysis of their benefits on heatwaves and floods". Science of the Total Environment, p. 175179.

FONTANA, M.E.; LEVINO, N.A.; GUARNIERI, P.; SALEHI, S. (2023). "Using Group Decision-Making to assess the negative environmental, social and economic impacts of unstable rock salt mines in Maceió, Brazil". The Extractive Industries and Society, v. 16, p. 101360.

- GOLFAM, P.; ASHOFTEH, P.S.; LOÁICIGA, H.A. (2021). “Integration of Gray System Theory with AHP decision-making for wastewater reuse decision-making”. *Journal of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste*, v. 25, n. 3, p. 04021019.
- HAO, Q.; et al. (2014). “Applicability of artificial recharge of groundwater in the Yongding River alluvial fan in Beijing through numerical simulation”. *Journal of Earth Science*, v. 25, p. 575–586.
- KANG, J.H.; LEE, S.; PARK, K.; LIM, S.; KIM, S.; KIM, J.T. (2021). “Effect of mesh wettability modification on atmospheric and industrial fog harvesting”. *Frontiers in Physics*, v. 9, p. 680641.
- KAPOOR, A.; VERMA, M.; GUPTA, R.; SHARMA, P.; CHAUHAN, R. (2022). “Biochar as a means to improve soil fertility and crop productivity: a review”. *Journal of Plant Nutrition*, v. 45, n. 15, p. 2380–2388.
- KEVERN, J.T.; SCHAEFER, V.R.; WANG, K. (2009). “Temperature behavior of pervious concrete systems”. *Transportation Research Record*, v. 2098, n. 1, p. 94–101.
- KHAN, A.; BALOCH, M.; SHAHID, M.Z.; ABBASI, S.A.; IQBAL, W.; KHAN, M.A.; RAJPUT, S.; SULTAN, S.; KHAN, M.M.; IMRAN, M.; HUSSAIN, M. (2023). “Exploring the meteorological impacts of surface and rooftop heat mitigation strategies over a tropical city”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 128, n. 8, p. e2022JD038099.
- KIRCHNER, J.W. (2009). “Bacias hidrográficas como sistemas dinâmicos simples: caracterização da bacia hidrográfica, modelagem de chuva-escoamento e hidrologia para trás”. *Pesquisa de Recursos Hídricos*, v. 45, n. 2.
- KRAEMER, R.; KABISCH, N. (2022). “Parks under stress: air temperature regulation of urban green spaces under conditions of drought and summer heat”. *Frontiers in Environmental Science*, v. 10, p. 849965.
- KÜÇÜK, N.; EKİ, M. (2023). “Evaluation of native herbaceous plants for green roof applications in Istanbul”. *Ecological Engineering*, v. 196, p. 107094.
- LI, S.; LIU, J.; WU, J.; HUANG, C.; LIU, Y.; ZHANG, X. (2024). “Enhancing the SWAT model for creating efficient rainwater harvesting and reuse strategies to improve water resources management”. *Journal of Environmental Management*, v. 366, p. 121829.
- LI, Y.; ZHANG, C.; YANG, M.; ZHAO, J.; SUN, C.; ZHANG, B. (2024). “Underground Reservoirs Regulate the Composition and Metabolism of Microbial Community in Coal Mine Water”. *ACS Omega*, v. 9, n. 51, p. 50786–50795.
- LIU, Z.; YANG, S.; ZHANG, L.; CHEN, Y.; LIU, Y.; CHEN, J. (2023). “Remote sensing and geostatistics in urban water-resource monitoring: a review”. *Marine and Freshwater Research*, v. 74, n. 10, p. 747–765.
- MASON, S.; LING, J.; MOSOIU, D.; ARANTZAMENDI, M.; TSERKEZOGLOU, A. J.; PREDOIU, O. et al. (2021). “Undertaking research using online nominal group technique: lessons from an international study (RESPACC)”. *Journal of Palliative Medicine*, v. 24, p. 1867–1871. <https://doi.org/10.1089/jpm.2021.0216>.
- MCNABB, D. H.; STARTSEV, A. (2022). “Seven-year changes in bulk density following forest harvesting and machine trafficking in Alberta, Canada”. *Forests*, v. 13, n. 4, p. 553.
- MEEROW, S.; NEWELL, J. P. (2016). “Urban resilience for whom, what, when, where, and why?”. *Urban Geography*. <https://doi.org/10.1080/02723638.2016.1206395>.

- MORASH, J. et al. (2019). "Increasing sustainability of residential areas using rain gardens to improve pollutant capture, biodiversity and ecosystem resilience". *Sustainability*, v. 11, n. 12, p. 3269.
- MORAVEJALAHKAMI, B.; RAHIMIAN, M.-H. (2023). "An infiltration calibration method for small-scale basin irrigated fields considering land surface microtopography". *Irrigation and Drainage*, v. 72, n. 2, p. 543–553.
- OBJETIVO de Desenvolvimento Sustentável 11: Cidades e comunidades sustentáveis. (2025). Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/11>. Acesso em: 9 jun. 2025.
- PHAN, T. N. et al. (2024). "A comprehensive study on young roots of *Acacia mangium* Willd. species for soil bioengineering". *Land Degradation & Development*, v. 35, n. 17, p. 5124–5136.
- RAEISIFAR, H. et al. (2025). "Experimental assessment of the turbulent flow field due to emergent vegetation at a sharply curved open channel". *Water*, v. 17, n. 2, p. 205.
- RAMLER, D.; INSELSBACHER, E.; STRAUSS, P. (2023). "A three-dimensional perspective of phosphorus retention across a field-buffer strip transition". *Environmental Research*, v. 233, p. 116434.
- SALINAS-VELANDIA, D. A. et al. (2022). "Insights into circular horticulture: knowledge diffusion, resource circulation, one health approach, and greenhouse technologies". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 19, p. 12053.
- SIMON, S. et al. (2023). "Wetland management in recharge regions of regional groundwater flow systems with water shortage, Nyírség Region, Hungary". *Water*, v. 15, n. 20, p. 3589.
- SMITH, M. D. (2011). "O papel ecológico dos extremos climáticos: compreensão atual e perspectivas futuras". *Jornal de Ecologia*, v. 99, n. 3, p. 651–655.
- SUI, B. et al. (2022). "Interactions between soil conservation and dryland farming of heterogeneously eroding areas in Loess Hills, China". *International Soil and Water Conservation Research*, v. 10, n. 4, p. 574–585.
- SÁNCHEZ, S. M.; TORRES, R. J. (2014). "Diagnóstico e tipificação de unidades familiares com e sem galinhas de quintal em uma comunidade de Huatusco, Veracruz (México)". *Avanços na Pesquisa Agrícola*, v. 18, n. 2, p. 63–75.
- UNCCD. (2022). "Drought in numbers 2022 – Restoration for readiness and resilience". UNCCD Rep., 51 p. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/drought-numbers-2022-restoration-readiness-and-resilience>.
- WALSH, C.J.; et al. (2022). "Dispersed urban-stormwater control improved stream water quality in a catchment-scale experiment". *Water Resources Research*, v. 58, n. 12, p. e2022WR032041.
- WU, L.; et al. (2022). "An empirical study of the restoration potential of urban deciduous forest space to youth". *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 6, p. 3453.
- YANG, Y.; et al. (2022). "Reforestation improves vegetation coverage and biomass, but not spatial structure, on semi-arid mine dumps". *Ecological Engineering*, v. 175, p. 106508.
- YIZHAQ, H.; AL-TAWAHA, A.R.M.S.; STAVI, I. (2022). "A first study of *Urginea maritima* rings: a case study from southern Jordan". *Land*, v. 11, n. 2, p. 285.