

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

### **POTENCIAL DE CAPTAÇÃO E APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA VIA TECNOLOGIAS SOCIAIS (TS) NO DELTA-ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS (DEA)**

*Yuri Antonio da Silva Rocha<sup>1</sup>; Aline Maria Meiguins de Lima<sup>2</sup>; Maria Luiza Nascimento Dias<sup>3</sup>; Arthur Gutemberg Andion Farias Moura<sup>4</sup>; Paulo Roberto Estumano Beltrão Junior<sup>5</sup>; Lucas Lima Raiol<sup>6</sup>; Douglas Matheus das Neves Santos<sup>7</sup>.*

**Resumo:** Apesar da abundância de recursos hídricos, a Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas abriga inúmeras comunidades rurais e urbanas em situação de insegurança hídrica relacionada com a precariedade de saneamento básico, especialmente no que tange ao abastecimento de água para consumo humano. À vista disso, este trabalho avaliou o potencial de atendimento da demanda hídrica (PADH) a partir da captação e aproveitamento da água de chuva na região do Delta-Estuário do Rio Amazonas (DEA). A análise foi conduzida com dados de precipitação do produto CHIRPS (1995–2024), aplicando-se equações que estimam o percentual da demanda hídrica suprida pela água pluvial, considerando diferentes faixas de consumo individual estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde. Os resultados demonstraram alta variabilidade sazonal no PADH, com atendimento muito satisfatório das demandas durante o período chuvoso e severas limitações no período menos chuvoso. O zoneamento espacial evidenciou desigualdades intra-regionais. Constatou-se que PADH apresenta variabilidade sazonal e que a adoção de Tecnologias Sociais de Captação e Aproveitamento da Água de Chuva (SCAAC), adaptadas às condições ambientais e socioculturais locais, constitui estratégia viável, de baixo custo e alto impacto para a promoção da segurança hídrica em territórios amazônicos vulneráveis.

**Palavras-chave:** Aproveitamento da água de chuva; Segurança Hídrica; Tecnologias Sociais.

**Abstract:** Despite the abundance of water resources, the Amazon River Basin is home to numerous rural and urban communities facing water insecurity due to inadequate basic sanitation, particularly regarding access to safe drinking water. In this context, this study assessed the Potential for Meeting Water Demand (PMWD) through rainwater harvesting and utilization in the Amazon River Delta-Estuary (DEA) region. The analysis was based on precipitation data from the CHIRPS product (1995–2024), applying equations to estimate the percentage of water demand met by harvested rainwater, considering different consumption ranges defined by the World Health Organization. Results

1) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)988128827. [eng.yurirocha@gmail.com](mailto:eng.yurirocha@gmail.com)

2) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)996231225. [ameiguins@ufpa.br](mailto:ameiguins@ufpa.br)

3) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)986120813. [m.luiza.dn@gmail.com](mailto:m.luiza.dn@gmail.com)

4) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)980328804. [arthurandion@gmail.com](mailto:arthurandion@gmail.com)

5) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA), Instituto Tecnológico Vale (ITV). R. Boaventura da Silva, 955 - Nazaré, Belém/PA. (91)991499941. [robertobeltraojr@gmail.com](mailto:robertobeltraojr@gmail.com)

6) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)988373719. [lucasraiol8@gmail.com](mailto:lucasraiol8@gmail.com)

7) Laboratório de Estudos e Modelagem Hidroambientais (LEMHA) vinculado ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (PPGCA) do Instituto de Geociências (IG) da Universidade Federal do Pará (UFPA). R. Augusto Corrêa, 01, Belém/PA. (91)983796475. [douglasneves23@hotmail.com](mailto:douglasneves23@hotmail.com)

revealed strong seasonal variability in PMWD, with highly satisfactory demand coverage during the rainy period and severe limitations during the drier season. Spatial zoning highlighted intra-regional disparities. It was found that PMWD varies seasonally and that the adoption of Social Technologies for Rainwater Harvesting and Utilization (STRHU), adapted to local environmental and sociocultural conditions, represents a feasible, low-cost, and high-impact strategy for promoting water security in vulnerable Amazonian territories.

**Keywords:** Rainwater harvesting; Water security; Social technologies.

## INTRODUÇÃO

A segurança hídrica é substancial para a qualidade de vida e de promoção à saúde. Contudo, mesmo abrigando a maior parte da Bacia Hidrográfica do Rio Amazonas e seus extensos recursos hídricos, apenas 64,2% da população da região Norte brasileira possui acesso ao abastecimento de água e somente 14,7% é atendida por rede de esgoto (Brasil, 2022). No estado do Pará, os índices são de 55,4% e 9,2%, respectivamente (Brasil, 2022). No contexto amazônico, populações tradicionalmente marginalizadas, como ribeirinhos e indígenas, enfrentam dificuldades de acesso à água segura, tendo que utilizar águas de rios, canais e igarapés, frequentemente contaminadas por esgotos domésticos, resíduos sólidos, microplásticos, efluentes industriais e agrotóxicos (Santos *et al.*, 2012; Costa *et al.*, 2020; Rico *et al.*, 2023).

A inadequação das tecnologias convencionais de saneamento em ambientes remotos, insulares ou sazonalmente alagáveis, como várzeas e ilhas fluviais, reforça a necessidade de alternativas adaptadas às especificidades socioambientais e culturais. Tecnologias sociais, compreendidas como soluções desenvolvidas em interação com a comunidade, apropriadas por ela e voltadas à inclusão social (Otero & Jardim, 2004), surgem como alternativas descentralizadas de acesso à água. Os sistemas de captação e aproveitamento da água de chuva (SCAAC) são uma alternativa viável e replicável, sobretudo em regiões com altos volumes de precipitação. Na Amazônia, diversas iniciativas de implantação de SCAAC vêm sendo documentadas (Rosa, 2011; Gonçalves, 2012; Veloso & Mendes, 2014; Neu *et al.*, 2018).

Além de reduzir o consumo de águas contaminadas, os SCAAC fortalecem a autonomia das comunidades frente à ausência de infraestrutura pública de saneamento. Portanto, perante a insegurança hídrica e da inadequação dos modelos convencionais de abastecimento nas realidades amazônicas, este trabalho objetivou avaliar o potencial de atendimento da demanda hídrica por meio da captação e aproveitamento da água de chuva na região do Delta-Estuário do Rio Amazonas (DEA), cuja extensão abriga inúmeras comunidades rurais, sobretudo ribeirinhas. A hipótese é de que esse potencial apresenta variabilidade conforme os regimes sazonais da região.

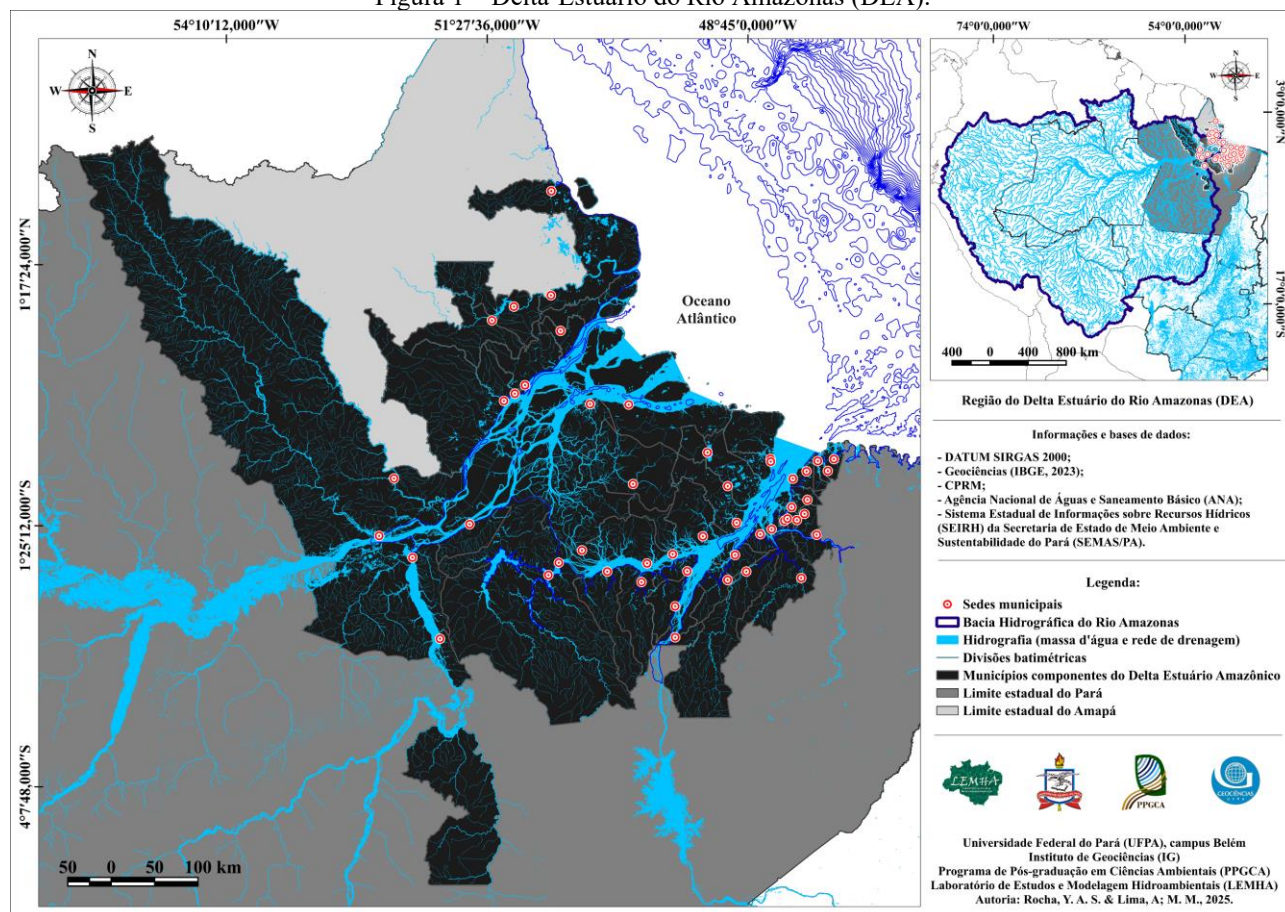
## METODOLOGIA

### Área de estudo

O presente estudo delimitou-se ao Delta-Estuário do Rio Amazonas (DEA), considerando sua configuração territorial sob a escala administrativa municipal. A área de abrangência compreende 50 municípios localizados nos estados do Amapá e do Pará, cuja morfologia é resultante da confluência entre a foz do Rio Amazonas e o Oceano Atlântico. Tal ambiente abriga inúmeras comunidades tradicionais, especialmente ribeirinhas, cuja subsistência advém da extração e consumo de recursos

naturais com técnicas culturais. O clima da região varia entre zona tropical sem estação seca (*Af*) e zona tropical de monção (*Am*) (Köppen, 1936; Alvares *et al.*, 2013).

Figura 1 – Delta-Estúário do Rio Amazonas (DEA).



## Base de dados

Os dados de precipitação foram obtidos a partir do produto *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS)*. A extração dos dados foi realizada por meio da plataforma *Google Earth Engine (GEE)*, utilizando um script desenvolvido especificamente para este fim. No GEE, os dados diários do CHIRPS foram processados e agregados para gerar totais mensais, abrangendo a série histórica de janeiro de 1995 a dezembro de 2024. O processamento envolveu a conversão dos dados originais em formato matricial (*raster*) e tabular (*CSV*). Posteriormente, os dados extraídos foram importados para o ambiente SIG QGIS, onde foram realizados os procedimentos de espacialização, análise temporal e zoneamento temático.

## Cálculo do potencial de atendimento da demanda hídrica (PADH)

O potencial de atendimento da demanda hídrica (PADH) foi estimado a partir da equação 1:

$$PADH (\%) = \frac{[(P-1) \cdot A]}{(Dp \cdot N)} \cdot 100 \quad (1)$$

Onde:



- $P$  = Precipitação mensal (mm);
- $A$  = Área de captação ( $m^2$ );
- $Dp$  = Demanda de água por pessoa (L/pessoa/mês);
- $N$  = Número de moradores.

A subtração de 1 mm da variável PPP corresponde ao descarte do primeiro milímetro de chuva. Esse volume inicial atua como agente de lavagem da superfície de coleta, removendo fezes de animais, detritos vegetais e resíduos orgânicos, que comprometem a qualidade físico-química e microbiológica da água (Rocha, 2022; Rocha *et al.*, 2023).

O resultado expressa, em percentuais, o quanto da demanda mensal de uma residência pode ser suprido pela água de chuva. A equação foi aplicada sobre quatro faixas de demanda diária: 5,3; 20; 50; e 100 L/pessoa/dia, convertidas para os equivalentes mensais (159, 600, 1500 e 3000 L/pessoa/mês), conforme classificação da Organização Mundial da Saúde (Howard *et al.*, 2020) apresentada na Tabela 1. Para padronização, adotou-se uma área de captação de 30  $m^2$  e um domicílio hipotético com quatro moradores.

Tabela 1 – Resumo do acesso à água, adequação e nível de preocupação com a saúde.

Nível de acesso	Tipicamente usado (L/pessoa/dia)	Acessibilidade do fornecimento de água	Adequação às necessidades de saúde	Nível de preocupação com a saúde
Acesso inadequado	< 5,3	Mais de 1000 m de distância ou mais de 30 minutos de coleta	Beber: não pode ser garantido; Cozinhar: não pode ser garantido; Higiene: comprometida, atividades devem ser feitas fora de casa.	Muito alta
Acesso básico	$\leq 20$	100–1000 m de distância ou 5–30 minutos de coleta	Beber: deve ser garantido; Cozinhar: deve ser garantido; Higiene: básica garantida, banho e lavanderia fora de casa.	Alta
Acesso intermediário	$\approx 50$	Até 100 m ou até 5 minutos de coleta	Beber: garantido; Cozinhar: garantido; Higiene: adequada em condições normais, banho e lavanderia podem ser feitos em casa.	Média
Acesso ideal	> 100	Água disponível continuamente em múltiplas torneiras	Beber: totalmente atendido; Cozinhar: totalmente atendido; Higiene – totalmente atendida, incluindo banho e limpeza doméstica	Baixa

Fonte: Adaptado de Howard *et al.* (2020).

A equação foi aplicada aos dados tabulados utilizando o *software Microsoft Excel*, por meio de fórmulas automatizadas para cálculo do PADH em escala mensal. Para os dados em formato matricial (*raster*), o geoprocessamento foi realizado no ambiente *RStudio*, utilizando rotinas programadas para aplicação das equações em séries espaciais, possibilitando a geração de matrizes mensais de PADH e posterior exportação para análise espacial no *software QGIS*.

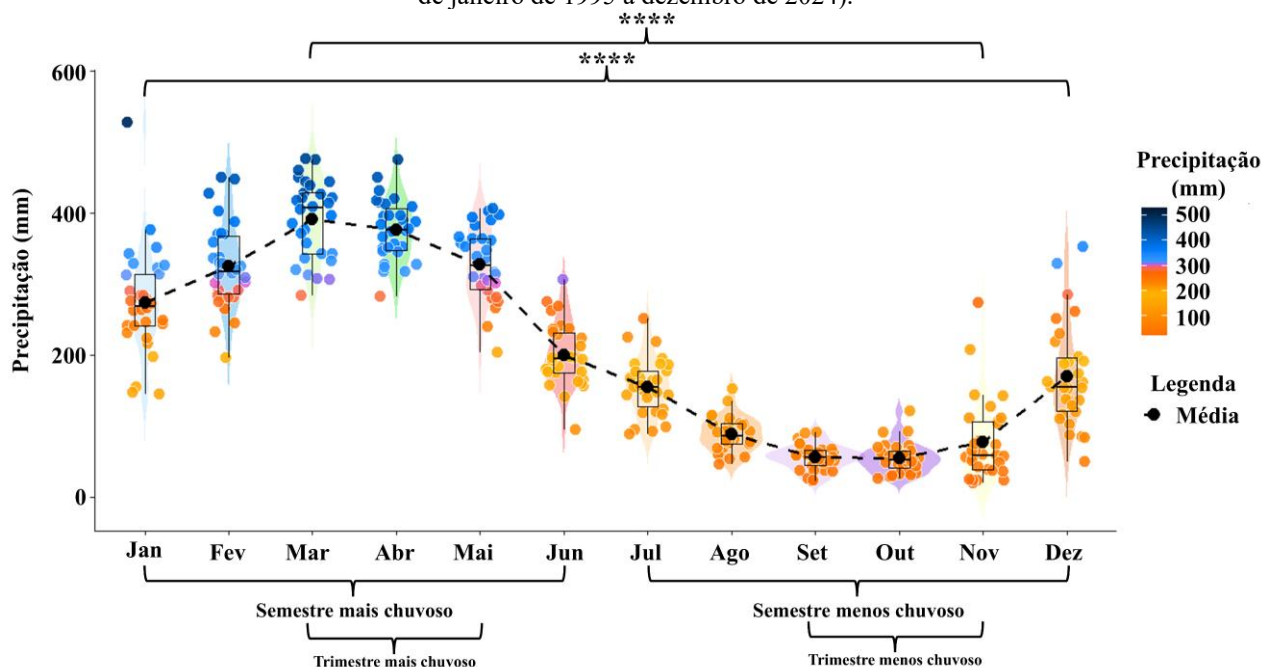
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Precipitação

A precipitação anual do DEA apresenta uma média de  $2502,81 \pm 210,18 \text{ mm.ano}^{-1}$ , variando de 2058,25 mm a 2502,81 mm. Na escala interanual, a precipitação varia de  $55,87 \pm 21,13 \text{ mm}$  a 391,41 mm. A sazonalidade é bem caracterizada e estatisticamente diferente ( $p < 0,0001$ ) em período chuvoso (PC) e menos chuvoso (PMC), compostos pelos meses de janeiro a junho e de julho a dezembro, respectivamente (Figura 2). No PC, a precipitação média é de  $316,03 \pm 70,02$ , enquanto no PMC a precipitação média é de  $101,10 \pm 49,99 \text{ mm}$ . O maior volume de chuva ocorre no trimestre março, abril e maio (MAM), com precipitação média de  $364,28 \pm 34,59 \text{ mm}$ , enquanto que a estiagem é mais concentrada nos meses de setembro, outubro e novembro, com precipitação média de  $63,68 \pm 12,98 \text{ mm}$ . Espacialmente, a precipitação mensal varia de 0,14 mm a 666,97 mm, acompanhando a sazonalidade (Figura 3). Contudo, a distribuição espacial da chuva não é uniforme, cujo volume, mesmo no PC, é maior na porção nordeste.

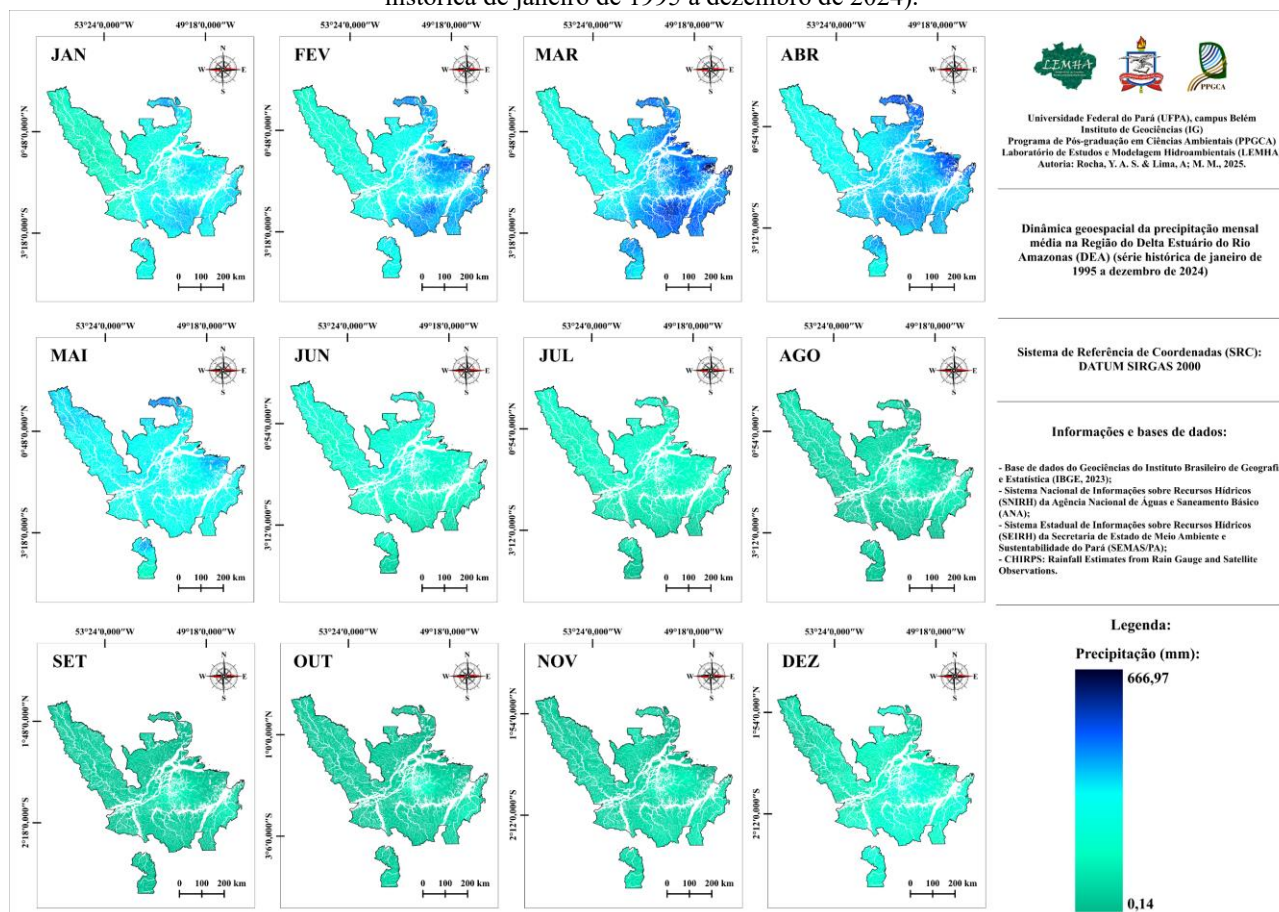
Esse padrão é resposta da alta evapotranspiração da floresta amazônica somada a ocorrência de fenômenos hidrometeorológicos de macroescala, cujos resultados se assemelham aos achados de Lima *et al.* (2021a; 2021b), Santos *et al.* (2021), Raiol *et al.* (2025), Rocha *et al.* (2023), Rocha *et al.* (2025a; 2025b).

Figura 2 – Dinâmica da precipitação interanual média (mm) do Delta-Estuário do Rio Amazonas (DEA) (série histórica de janeiro de 1995 a dezembro de 2024).



Nota: As cores representam diferentes faixas de precipitação conforme a escala à direita. As caixas delimitam os quartis e os violinos indicam a densidade de distribuição dos dados. Os trimestres e semestres mais e menos chuvosos estão indicados na base do gráfico. Diferenças estatisticamente significativas (\*\*\*\*,  $p < 0,0001$ ) foram observadas entre os períodos sazonais PC e PMC comparados.

Figura 3 – Dinâmica espacial da precipitação interanual média (mm) do Delta-Estúário do Rio Amazonas (DEA) (série histórica de janeiro de 1995 a dezembro de 2024).



## Potencial de atendimento da demanda hídrica (PADH) (%)

O potencial de atendimento da demanda hídrica (PADH) mensal apresentou comportamentos conforme a faixa de consumo considerada (Tabela 2; Figura 4). Para a demanda de 159 L/pessoa/mês, o PADH foi superior a 1200% entre janeiro e maio e percentuais sempre acima de 250% mesmo nos meses menos chuvosos. Para a demanda de 600 L/pessoa/mês, o atendimento também se mostrou satisfatório no primeiro semestre, com destaque para março e abril. No entanto, a partir de julho observou-se queda expressiva, com valores inferiores a 100% entre agosto e novembro, alcançando o mínimo de 68,59% em outubro. Referente a demanda de 1500 L/pessoa/mês, o PADH foi integral apenas maio. Nos demais meses, os percentuais foram decrescendo até atingir 27,43% em outubro, o que compromete a regularidade do abastecimento. Para a demanda de 3000 L/pessoa/mês, nenhum mês foi completamente atendido. Mesmo no pico da estação chuvosa, os valores ficaram abaixo de 100%, com o máximo de 97,6% em março. Nos meses menos chuvosos, os percentuais caíram para níveis inviáveis, como 13,71% em outubro.

Logo, evidencia-se que a manutenção e atendimento das demandas ao longo do ano depende de infraestrutura robusta de captação e estocagem de água. Ademais, ressalta-se que a viabilidade do aproveitamento de água de chuva depende fortemente da adequação entre demanda e variabilidade sazonal da oferta.

O zoneamento do PADH (Figura 5) apresenta variações entre os diferentes níveis de demanda e nos trimestres sazonais. Durante o trimestre MAM, observa-se cobertura praticamente integral

(>90%) em toda a área de estudo para as demandas de 159, 600 e 1500 L/pessoa/mês. Mesmo para a demanda de 3000 L/pessoa/mês, grande parte da região apresenta PADH superior a 80%. Os melhores desempenhos estão concentrados nas porções nordeste, norte e centro-oeste da área de estudo, onde a precipitação acumulada é maior nesse período.

Durante o trimestre SON, o PADH cai significativamente, especialmente para as demandas de 1500 L/pessoa/mês e 3000 L/pessoa/mês. Por outro lado, a demanda de 159 L/pessoa/mês mantém-se atendida em quase toda a região, mesmo nos meses de estiagem. Áreas do noroeste, oeste, centro-sul e sudeste são consistentemente mais vulneráveis a déficits no PADH, especialmente para demandas médias e altas.

Tabela 2 – Potencial mensal médio de atendimento da demanda hídrica (PADH) por captação de água da chuva, considerando quatro faixas de demanda individual (159, 600, 1500 e 3000 L/pessoa/mês).

Meses	Precipitação mensal média (mm)	Demanda de 159 L/pessoa/mês	Demanda de 600 L/pessoa/mês	Demanda de 1500 L/pessoa/mês	Demanda de 3000 L/pessoa/mês
		Potencial de atendimento da demanda hídrica (%)			
Janeiro	274,43 ± 75,66	1289,8	341,79	136,71	68,35
Fevereiro	325,32 ± 60,34	1529,84	405,4	162,16	81,08
Março	391,41 ± 55,08	1841,57	488,01	195,2	97,6
Abril	376,1 ± 43,48	1769,34	468,87	187,55	93,77
Maio	328,06 ± 51,24	1542,77	408,83	163,53	81,76
Junho	200,85 ± 44,83	942,68	249,81	99,92	49,96
Julho	156,00 ± 39,38	731,14	193,75	77,5	38,75
Agosto	89,11 ± 24,32	415,63	110,14	44,05	22,02
Setembro	56,5 ± 17,72	261,83	69,38	27,75	13,87
Outubro	55,87 ± 21,13	258,86	68,59	27,43	13,71
Novembro	78,68 ± 57,12	366,41	97,1	38,84	19,42
Dezembro	170,42 ± 72,06	799,16	211,77	84,71	42,35

Figura 4 – Dinâmica interanual do potencial mensal médio de atendimento da demanda hídrica (PADH) por captação de água da chuva, considerando quatro faixas de demanda individual (159, 600, 1500 e 3000 L/pessoa/mês).

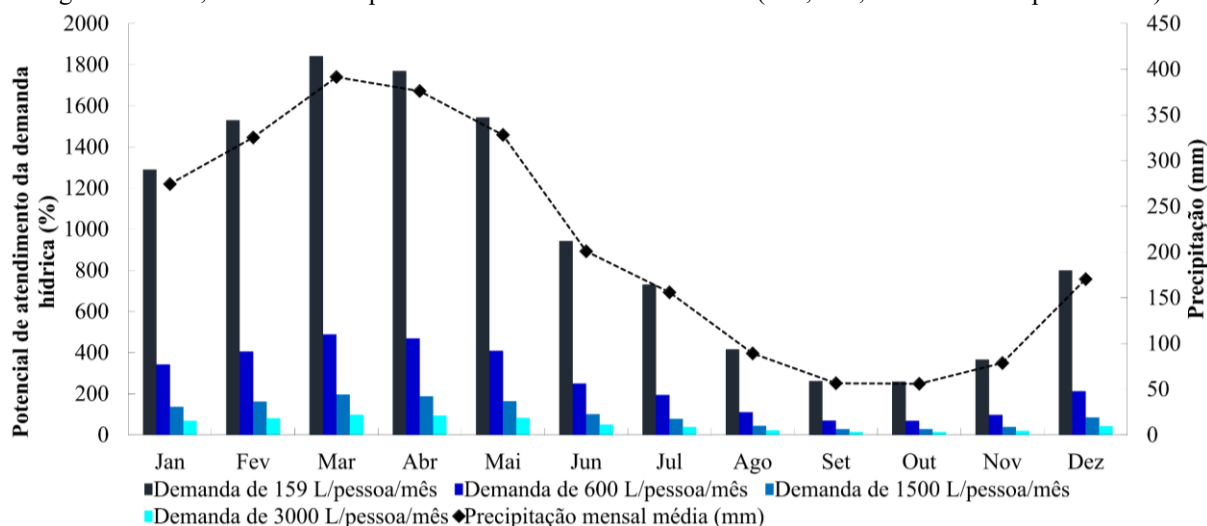
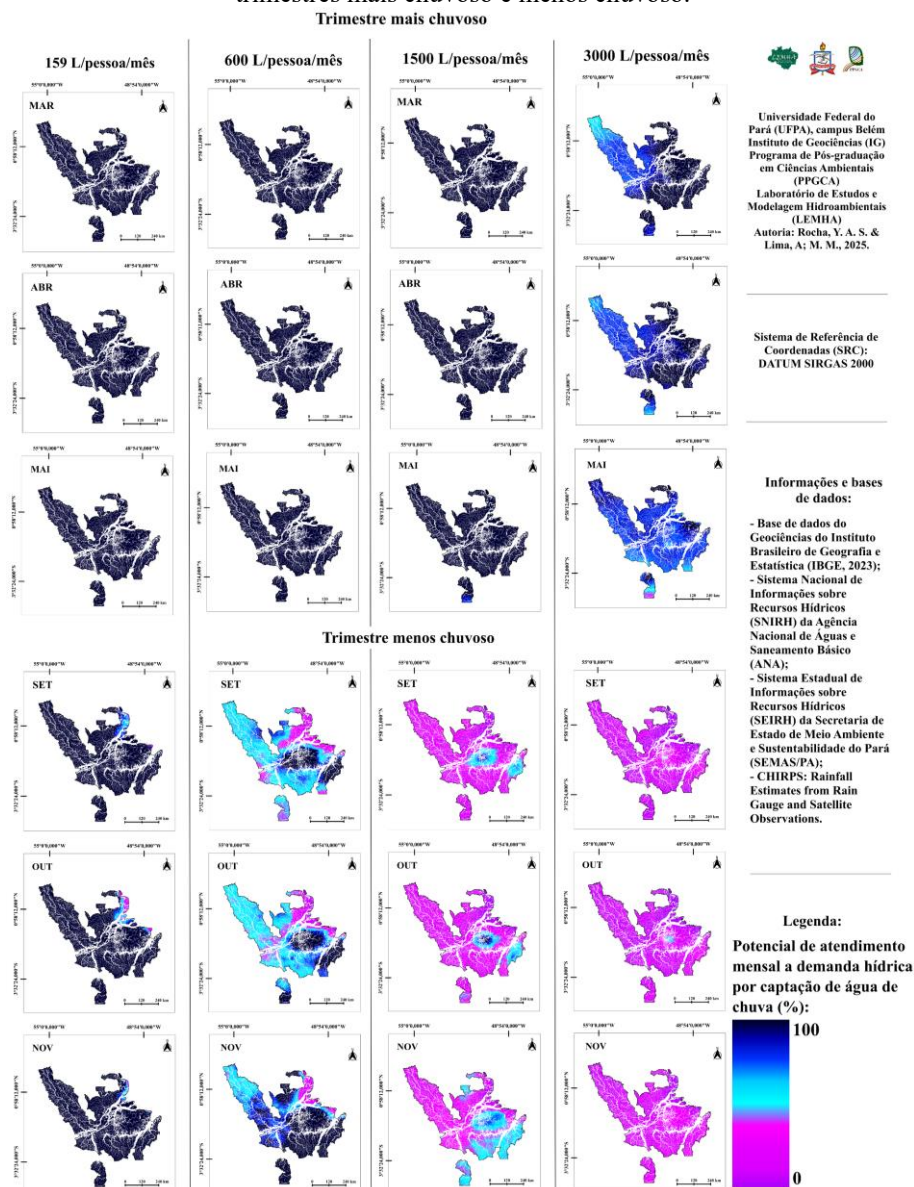




Figura 5 – Variabilidade do Zoneamento espacial do Potencial de Atendimento à Demanda Hídrica (PADH) nos trimestres mais chuvoso e menos chuvoso.



Esses aspectos reforçam que, embora o sistema de captação de água pluvial tenha alto potencial no trimestre chuvoso, sua eficiência interanual está fortemente condicionada à adequação entre a infraestrutura instalada, a demanda projetada e a dinâmica espaço-temporal da precipitação.

## CONCLUSÃO

A avaliação do potencial de atendimento da demanda hídrica por captação de água de chuva Delta-Estúário do Rio Amazonas (DEA) indica elevada dependência da variabilidade sazonal da precipitação, confirmando a hipótese levantada. De maneira geral, a região apresenta ótimo PADH. Contudo, dado o período menos chuvoso, evidencia-se a vulnerabilidade estrutural do abastecimento hídrico em contextos de precipitação reduzida, necessitando respostas e adaptações técnicas integradas e territorializadas de gestão de recursos hídricos.



Nesse cenário, a adoção de Tecnologias Sociais de Captação e Aproveitamento da Água de Chuva (SCAAC) configura-se como estratégia essencial para a promoção da segurança hídrica, especialmente em comunidades tradicionais e territórios marcados por vulnerabilidades socioambientais. Ressalta-se que os cálculos do PADH apresentados têm caráter generalista, baseando-se em valor fixo de demanda de quatro moradores. Em contextos reais, a aplicabilidade desses resultados depende diretamente da adaptação dos cálculos ao número de moradores por domicílio, ao perfil de consumo, aos usos prioritários da água e às dinâmicas específicas de cada comunidade. A extrapolação direta dos percentuais estimados sem essa adequação pode comprometer a eficácia do planejamento e subestimar riscos de insegurança hídrica.

## REFERÊNCIAS

- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. D. M., & Sparovek, G. (2013). Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische zeitschrift*, 22(6), 711-728. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- Brasil. (2022). *Painel do Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico (SINISA)*. Ministério das Cidades. <https://www.gov.br/cidades/pt-br/acao-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel>.
- Brasil. (2023). *Diagnóstico temático: Serviços de água e esgoto – Visão geral: ano de referência 2022*. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental.
- Costa, K. A. D. da, Benjamim, J. K. F., De Aguiar Neto, S. A., Ferreira, T. M. C., Philippsen, H. K., Rosas, J. C. F., Serra, I. S. D., Silva, J. M. S. da, Lopes, M. do S. B., & Souza, C. M. N. (2020). Avaliação da qualidade das águas da Baía do Guajará para consumo humano. *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, 11(6), 150–159. <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2020.006.0014>
- Gonçalves, C. C. (2012). *Aproveitamento de águas pluviais para abastecimento em área rural na Amazônia: Estudo de caso: Ilhas Grande e Murutucú, Belém-PA* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Pará.
- Howard, G., Bartram, J., Williams, A., Overbo, A., Fuente, D., & Geere, J. A. (2020). *Domestic water quantity, service level and health* (2nd ed.). Geneva: World Health Organization. Disponível em [https://ueaeprints.uea.ac.uk/id/eprint/79561/1/Published\\_Version.pdf](https://ueaeprints.uea.ac.uk/id/eprint/79561/1/Published_Version.pdf).
- Köppen, W. (1936). *Das geographische System der Klimate*. In W. Köppen & R. Geiger (Eds.), *Handbuch der Klimatologie* (1st ed., Part C, pp. 1–44). Berlin: Gebrüder Bornträger.
- Lima, A. M. M., Corrêa, J. A. M., da Silva, L. M., & Ferreira, S. C. G. (2021a). Análise da relação entre a paisagem e a hidrogeoquímica da bacia hidrográfica do rio Moju, Amazônia Oriental-Brasil. *Água y Territorio/Water and Landscape*, (17), 131-150. <https://doi.org/10.17561/at.17.5041>.
- Lima, A. M. M., Ferreira, N. S., da Silva, M. V. S., & da Costa, A. M. S. (2021b). Dinâmica do hidroterritório da Região Metropolitana de Belém (PA). *Research, Society and Development*, 10(5), e25620514723-e25620514723. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i5.14723>.
- Neu, V., Guedes, V. M., Araújo, M. G. da S., Meyer, L. F. F., Brito, I. R., & Batista, L. M. (2018). Água da chuva para consumo humano: Estudo de caso na Amazônia Oriental. *Inclusão Social*, 12(1). <https://revista.ibict.br/inclusao/article/view/4403>

- Otero, M. R., & Jardim, F. A. (2004). Reflexões sobre a construção do conceito de tecnologia social. In Fundação Banco do Brasil (Ed.), *Tecnologia social: uma estratégia para o desenvolvimento* (pp. 117–136). Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil.
- Raiol, L. L., Rocha, Y. A. D. S., Lima, A. M. M. D., & Velastegui-Montoya, A. (2025). Assessment of environmental degradation and conservation in the Maracanã River Basin, eastern amazon. *Frontiers in Environmental Science*, 12, 1506701. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2024.1506701>.
- Rico, A., Redondo-Hasselerharm, P. E., Vighi, M., Waichman, A. V., Nunes, G. S. de S., Oliveira, R. de, Singdahl-Larsen, C., Hurley, R., Nizzetto, L., & Schell, T. (2023). Large-scale monitoring and risk assessment of microplastics in the Amazon River. *Water Research*, 232, 119707. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2023.119707>
- Rocha, Y. A. D. S., Lima, A. M. M. D., Silva, C. M. S. E., Franco, V. D. S., Raiol, L. L., Oliveira, I. S. D., Dias, M. L. N., & Beltrão Júnior, P. R. E. (2025a). Hydro-meteorological dynamics of rainfall erosivity risk in the Amazon River Delta-Estuary. *Journal of Water and Climate Change*, 16(5), 1673-1694. <https://doi.org/10.2166/wcc.2025.544>.
- Rocha, Y. A. D. S., Neu, V., & Kina, V. J. (2025b). Percepção de ribeirinhos sobre saneamento, saúde e ambiente mediante o uso de tecnologias sociais em área insular da Amazônia oriental. *Novos Cadernos NAEA*, 28(1). <http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v28i1.17638>.
- Rocha, Y. A. S. (2022). *Qualidade da água de chuva para consumo humano na Amazônia Oriental* (Trabalho de Conclusão de Curso, Bacharelado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis). Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém.
- Rocha, Y. A. S., Cardoso, H. C., Nagashima, R. K., Nunes, B. S., Batista, L. M., Barros, M. L. C., & Neu, V. (2023). *Tecnologia social de aproveitamento de água de chuva em comunidade ribeirinha na Amazônia Oriental*. In Anais do 1º Encontro de Tecnologia Social da Amazônia (Vol. 1, pp. 1–418). Associação Brasileira de Ensino, Pesquisa e Extensão em Tecnologia Social (ABEPETS). <https://www.even3.com.br/1-encontro-de-tecnologia-social-da-amazonia-etsamazonia-377888/>.
- Rosa, R. G. (2011). *Aproveitamento de águas pluviais para consumo potável — Estudo de caso: Município de Belém-PA* (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal do Pará.
- Santos, D. M. N., Rocha, Y. A. S., Freitas, D. L., Beltrão Júnior, P. R. E., Santos Junior, P. C., Marques, G. T., Chase, O. A., & Campos, P. S. da S. (2021). *Time-series forecasting models: An application for climatological parameters in the city of Belém, Pará, Brazil*. International Journal for Innovation and Education Research, 9(8). <http://dx.doi.org/10.31686/ijer.vol9.iss8.3239>.
- Santos, S. N., Lafon, J. M., Corrêa, J. A. M., Babinski, M., Dias, F. F., & Taddei, M. H. T. (2012). Distribuição e assinatura isotópica de Pb em sedimentos de fundo da Foz do Rio Guamá e da Baía do Guajará (Belém–Pará). *Química Nova*, 35, 249–256. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422012000200004>.
- Veloso, N. da S. L., & Mendes, R. L. R. (2014). Aproveitamento da água da chuva na Amazônia: Experiências nas ilhas de Belém/PA. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(1), 229–242. <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v19n1.p229-242>.