

## **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR – NORTE / BRASIL**

MAURICIO DIAS DA CONCEIÇÃO NETO<sup>1</sup>, JULIA BEATRIZ SAUGO MILANI<sup>2</sup>, ENEDIR GHISI<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mestrando em Eng. Civil, Bolsista CNPq/Proex, UFSC, Florianópolis-SC, mauricioneto.21.21@gmail.com;

<sup>2</sup>Mestranda em Engenharia Civil, Bolsista CNPq/Proex, UFSC, Florianópolis-SC, juliabmilani1@gmail.com;

<sup>3</sup>PhD e Prof. no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis-SC, enedir.ghisi@ufsc.br.

**RESUMO:** Este estudo avalia o uso de água pluvial como alternativa para reduzir o consumo de água potável em uma residência unifamiliar localizada em Macapá-AP. O método envolveu a análise da área de captação, consumo estimado com base nas vazões dos aparelhos sanitários, demanda de água não potável e dados pluviométricos. As simulações, realizadas no programa computacional Netuno, indicaram que um reservatório de 2.100 litros de água pluvial, pode reduzir o consumo de água potável em até 31,98%, representando economia anual de aproximadamente 75.000 litros de água potável. Os resultados estão em consonância com a literatura, demonstrando que o uso de água pluvial em aparelhos específicos é uma estratégia tecnicamente viável, eficiente e ambientalmente sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Uso racional de água, economia de água potável, netuno.

### **EVALUATING THE POTENTIAL FOR USING RAINWATER IN A SINGLE-FAMILY HOME - NORTH / BRAZIL**

**ABSTRACT:** This study evaluates the use of rainwater as an alternative to reducing drinking water consumption in a single-family home located in Macapá-AP. The method involved analyzing the catchment area, estimated consumption based on the flow rates of plumbing fixtures, non-potable water demand and rainfall data. The simulations, carried out using the Netuno computer program, indicated that a 2,100-liter rainwater tank can reduce drinking water consumption by up to 31.98%, representing annual savings of approximately 75,000 liters of drinking water. The results are in line with the literature, demonstrating that the use of rainwater in specific appliances is a technically viable, efficient and environmentally sustainable strategy.

**KEYWORDS:** Rational use of water, saving drinking water, netuno.

### **INTRODUÇÃO**

A escassez hídrica, intensificada pelas mudanças climáticas, já afeta aproximadamente metade da população mundial, sendo que um quarto vive sob estresse hídrico extremo, consumindo mais de 80% da água doce renovável disponível anualmente (IPCC, 2023; UN, 2024). Embora o Brasil concentre entre 12% e 16% da água doce do planeta, ainda enfrenta desigualdades no acesso e na distribuição desse recurso. Esses desafios são agravados pelo crescimento urbano desordenado, pelo aumento do consumo per capita, pela degradação dos mananciais e limitações na infraestrutura de saneamento básico (IPCC, 2023; ANA, 2022).

A oferta hídrica nacional apresenta fortes disparidades regionais. A região Norte, embora detenha as maiores reservas do país, possui baixos índices de abastecimento de água tratada e esgotamento sanitário (Instituto Trata Brasil, 2023). Estudos apontam que, em municípios amazônicos, a precariedade na infraestrutura e o uso de poços rasos expõem a população a riscos sanitários, sendo comum o consumo de água fora dos padrões de potabilidade (Malcher et al., 2020).

Nesse cenário, o aproveitamento de água pluvial surge como alternativa sustentável e tecnicamente viável para mitigar o consumo de água potável, sobretudo em áreas urbanas vulneráveis. Essa prática consiste na coleta da água pluvial por meio de coberturas impermeáveis, permitindo seu uso em atividades não potáveis, como descargas sanitárias, irrigação de jardins e limpeza de áreas externas — usos que podem representar mais de 50% do consumo doméstico (Teston; Colasio; Ghisi, 2017; Ghisi, 2006; Weiler; Santos, 2020). Mesmo em regiões com estiagens prolongadas, como o

Centro-Oeste, sistemas de aproveitamento de água pluvial demonstraram desempenho satisfatório (Pacheco; Alves, 2023).

Neste contexto, este estudo tem como objetivo avaliar o potencial do aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em uma edificação unifamiliar localizada em Macapá-AP, visando à redução do consumo de água potável.

## MÉTODOS

Esta pesquisa, de natureza quantitativa, teve como objetivo avaliar a viabilidade da substituição parcial do sistema convencional de abastecimento por Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial (SAAP) para usos não potáveis, por meio de levantamento de dados em campo e simulações computacionais. A proposta busca contribuir para a sustentabilidade e a eficiência hídrica da edificação analisada, situada em contexto de abastecimento irregular na região Norte do Brasil.

A residência estudada localiza-se na zona norte de Macapá, capital do Estado do Amapá, especificamente na Avenida Demiurgos – bairro Renascer (coordenadas 0,08097°S e 51,05042°W), ocupando integralmente um terreno de 250 m<sup>2</sup>. Trata-se de uma habitação unifamiliar de classe média, composta por múltiplos ambientes e ocupada por cinco moradores fixos. O abastecimento é realizado por poço do tipo Amazonas, não regulamentado pela concessionária local, dispensando o uso de hidrômetro — característica comum na região.

Para caracterização do uso da água, foi realizado o mapeamento dos aparelhos hidráulicos existentes na residência, totalizando: 1 pia de cozinha, 2 lavatórios, 2 vasos sanitários, 2 chuveiros, 1 máquina de lavar roupa, 1 tanque de lavar roupa, 1 torneira de serviço e 1 bebedouro.

A estimativa do consumo total de água da residência foi realizada a partir da medição direta da vazão dos aparelhos. Utilizou-se um recipiente graduado de 2 litros para coletar a água durante o uso de cada equipamento e um cronômetro para registrar o tempo de funcionamento. Cada medição foi repetida três vezes por aparelho, adotando-se a média aritmética como valor de referência para a vazão. Para o vaso sanitário e a máquina de lavar roupa, os dados de consumo foram obtidos a partir dos manuais dos fabricantes. O uso do bebedouro foi estimado com base na quantidade média de água ingerida por pessoa, conforme informado pelos moradores.

Além das medições, foi aplicado um questionário de monitoramento ao longo de 15 dias, respondido pelos cinco moradores, com o objetivo de quantificar a frequência de uso e o tempo médio de funcionamento de cada aparelho. O grau de abertura das torneiras foi considerado constante e, portanto, desprezado na análise.

Com base nas informações obtidas — número de usuários, tipos e quantidades de aparelhos, frequência de uso e vazões médias — foi possível estimar a demanda diária total da residência, bem como caracterizar os usos finais da água, distinguindo entre usos potáveis e não potáveis.

Para os cálculos de captação, adotou-se o coeficiente de escoamento de 0,8 para telhados cerâmicos (Ribeiro; Marinoski, 2020) e descarte inicial de 2 mm de precipitação, conforme as diretrizes da NBR 15527 (ABNT, 2019). Os dados pluviométricos utilizados foram obtidos da estação convencional da Fazendinha (INMET, código 82098), situada a cerca de 13 km da área de estudo, por apresentar série histórica consistente de 1989 a 2023. Para as simulações, utilizou-se o programa computacional Netuno, versão 4, que permite avaliar o desempenho do SAAP e determinar os volumes ideais dos reservatórios (Ghisi; Córdova, 2014). Para a definição da capacidade ideal do reservatório inferior do SAAP, inicialmente foi considerada estimativa de 5.000 litros, com base nas necessidades médias de uma residência unifamiliar. O reservatório superior teve sua capacidade previamente definida em 1.000 litros.

Com o objetivo de determinar o volume ideal do reservatório inferior, foram realizadas simulações variando seu volume em incrementos de 150 litros até 5.000 litros. A cada incremento, o programa calculava o potencial de economia de água potável (expressa em % por metro cúbico). Estabeleceu-se como critério para definição do volume ideal que qualquer aumento na capacidade do reservatório inferior deveria resultar em ganho superior a 5% no potencial de economia de água potável por metro cúbico adicional de volume (eficiência marginal). Caso o incremento não alcançasse

esse valor mínimo, o volume imediatamente anterior era considerado o mais adequado. Essa abordagem buscou equilibrar eficiência no uso de água pluvial e viabilidade econômica, evitando superdimensionamento.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos dados coletados, verificou-se que a quantidade média de água utilizada na edificação foi de 639,56 litros por dia, com consumo per capita de 128 L/dia. Durante o período analisado, o aparelho com maior consumo foi o chuveiro, responsável por 39,33% do total, seguido pelo vaso sanitário (25,33%), pia (12,39%), máquina de lavar roupa (9,38%), torneira de serviço (1,88%), tanque de lavar roupa (1,88%) e bebedouro (1,88%), conforme a Tabela 1. Considerando os usos não potáveis, o consumo conjunto do vaso sanitário, da máquina de lavar roupa e da torneira de serviço correspondeu a 36,29% da demanda total da residência. Para fins de simulação, adotou-se o valor de 40% como referência para a fração da demanda potencialmente suprida por água pluvial, o que representa aproximadamente 256 litros por dia.

Tabela 1. Distribuição das demandas hídricas da residência conforme a potabilidade.

Uso	Aparelhos	Vazão média (L/s)	Tempo de utilização total (s)	Quantidade de água total (L)	Percentual (%)	Total (%)
Potável	Pia	0,05	1680	79,26	12,39	63,71
	Lavatório	0,10	558	54,57	8,53	
	Chuveiro	0,08	3144	251,52	39,33	
	Tanque de lavar roupa	0,10	120	12,00	1,88	
	Bebedouro	0,10	120	12,00	1,88	
Não potável	Vaso sanitário	9,00	18	162,00	25,33	36,29
	Máquina de lavar	0,10	600	60,00	9,38	
	Torneira	0,10	120	12,00	1,88	
	total	9,51		639,56	100	

A simulação, realizada no programa Netuno, indicou que o volume ideal para o reservatório inferior seria de 2.100 litros, com um potencial de economia de água potável de 31,98%, conforme demonstrado na Figura 1. A análise do atendimento do sistema, ilustrada na Tabela 2, apontou que esse volume foi suficiente para atender integralmente a demanda não potável em 79,21% dos dias simulados, atender parcialmente em 1,67% e não atender em 19,12% dos casos. Embora os volumes mensais de precipitação não tenham sido suficientes para suprir, de forma contínua, toda a demanda estimada, os dados revelam uma média mensal de atendimento próximo a 80%, o que confirma a eficácia do sistema proposto.

Além disso, a Tabela 2 detalha os resultados mensais da simulação, demonstrando que, nos meses com maior volume pluviométrico (janeiro a agosto), o aproveitamento de água pluvial foi capaz de substituir até 100% do volume necessário para fins não potáveis, com percentuais de atendimento integral entre 85,29% e 100%. A média mensal de volume consumido de água pluvial nesse período foi de 205 litros, resultando em economia anual de aproximadamente 74.705 litros de água potável. Por outro lado, nos meses menos chuvosos (setembro a dezembro), os índices de atendimento completo em relação à água pluvial total diminuíram significativamente, chegando a apenas 27,61% em outubro, mês com o menor aproveitamento. Nesses meses, observou-se também aumento no volume de água potável necessário para complementar a demanda, bem como redução significativa no potencial de uso da água pluvial, evidenciando a influência direta da sazonalidade sobre o desempenho do SAAP.

Apesar da limitação imposta pela baixa pluviosidade nos meses mais críticos, a ampliação da capacidade do reservatório não resultaria em aumento significativo da economia de água potável, o que não justificaria a alteração do seu dimensionamento. Esses achados estão em consonância com estudos anteriores. Teston, Colasio e Ghisi (2017), ao analisarem 158 casos em residências brasileiras, observaram que a demanda por água pluvial variou majoritariamente entre 27,5% e 60,5%, com apenas 1% dos sistemas suprindo demandas superiores a 93,5%. Em mais de 55% dos casos, a economia de água potável situou-se entre 26,1% e 48,1%. Hammes, Ghisi e Thives (2020) também identificaram economia de até 44,8% em uma residência unifamiliar no Sul do Brasil. Esses dados reforçam a importância de análises regionalizadas no planejamento desses sistemas.

Figura 1. Potencial de economia de água potável em função do volume do reservatório inferior.

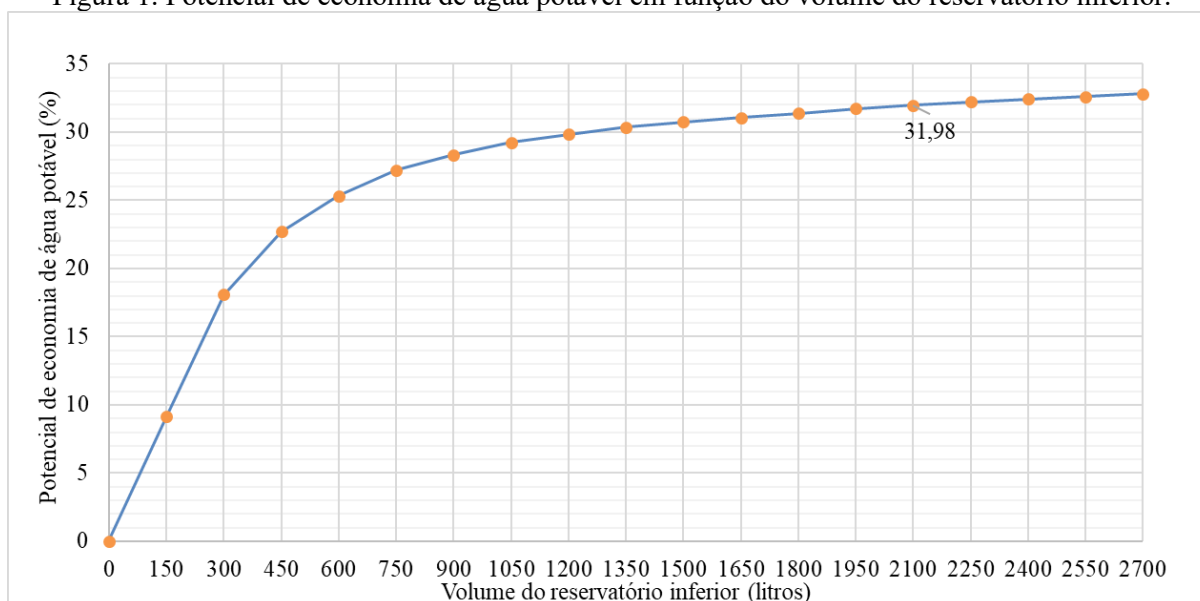


Tabela 2. Demonstrativo detalhado do potencial de economia mensal de água potável.

Mês	Potencial de utilização de água pluvial (%)	Volume consumido de água pluvial (litros)	Volume consumido de água potável (litros)	Volume extravasado (litros)	Atendimento completo (%)	Atendimento parcial (%)	Sem atendimento (%)
Jan	37,99	243,17	396,83	1431,51	94,50	0,85	4,64
Fev	39,24	251,10	388,90	2282,54	98,02	0,10	1,87
Mar	39,95	255,68	384,32	2295,52	99,81	0,10	0,09
Abril	40,00	256,00	384,00	2242,71	100,00	0,00	0,00
Mai	40,00	256,00	384,00	1734,88	100,00	0,00	0,00
Junho	39,01	254,43	396,57	1353,37	98,72	0,66	0,62
Julho	37,75	238,36	410,54	964,91	92,37	6,85	0,78
Ago	34,72	222,62	417,38	377,65	85,59	7,31	7,10
Set	17,61	112,70	527,30	56,46	11,91	34,71	53,33
Out	11,66	74,54	565,46	112,30	27,50	30,75	41,75
Nov	17,83	113,00	521,00	291,87	37,74	26,58	35,68
Dez	28,66	183,40	456,60	974,60	72,40	2,65	24,95
Média	31,98	204,67	435,88	1152,96	79,21	1,67	19,12
Total	—	7470,5	15889,5	4208,31	—	—	—

## CONCLUSÃO

Evidencia-se que a implementação de SAAPs para fins não potáveis apresenta elevado potencial sustentável, demonstrado por uma economia anual próxima de 75.000 litros de água potável.

A simulação indicou que essa estratégia é tecnicamente viável e ambientalmente adequada para a residência analisada, proporcionando redução de aproximadamente 31,98% no uso de recursos hídricos convencionais em aparelhos hidráulicos destinados a usos não potáveis. Embora ainda seja um tema pouco debatido na região, devido à aparente abundância hídrica, o aproveitamento de água pluvial se mostra aplicável e eficaz, configurando-se como uma solução inteligente para a gestão do consumo de água e aumento do saneamento básico na região.

## REFERÊNCIAS

- ABNT. NBR 15527: **Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos**. Rio de Janeiro, 2019a.
- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2022: informe anual**. Brasília: ANA, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/conjuntura-dos-recursos-hidricos>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- GHISI, E. CORDOVA, M. M. **Netuno 4. Programa computacional**. Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Engenharia Civil. Disponível em: <http://www.labee.ufsc.br/>. 2014.
- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544–1550, 2006.
- HAMMES, G.; GHISI, E.; THIVES, L. P. Water end-uses and rainwater harvesting: a case study in Brazil. **Urban Water Journal**, v. 17, n. 2, p. 177-183, 7 fev. 2020.
- INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento 2023**. São Paulo: Instituto Trata Brasil, 2023. Disponível em: <https://www.tratabrasil.org.br/ranking>. Acesso em: 20 jun. 2025.
- IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [S.l.], 2023. p. 1–34. DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.
- MALCHER, J. A. S.; et al. Monitoramento da qualidade da água de abastecimento em municípios com menos de 50 mil habitantes no Estado do Amapá. **Revista GeoAmazônia**, v. 8, n. 1, p. 83–97, 2020. <https://doi.org/10.18542/rga.v8i1.8243>.
- PACHECO, M. C. R.; ALVES, R. S. Avaliação da viabilidade do aproveitamento de águas pluviais em edificações urbanas no Centro-Oeste do Brasil. **Sustentare (UNEMAT)**, v. 6, n. 1, p. 01–14, 2023. <https://doi.org/10.30681/sustentare.v6i1.18658>
- RIBEIRO, K. M.; MARINOSKI, L. Estudo sobre materiais para coberturas utilizadas em sistemas de aproveitamento de água pluvial residenciais. **MIX Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 53–66, 2020. DOI: 10.29183/2447-3073.MIX2020.v6.n2.53-66. Acesso em: 25 jun. 2025.
- TESTON, A.; COLASIO, B. M.; GHISI, E. Economia de água em edificações no Brasil: revisão de literatura. In: GHISI, E. (org.). **Fronteiras em Engenharia Civil**. Sharjah: **Bentham Science Publishers**, 2017. v. 2, p. 3–64. ISBN 978-1-68108-484-4.
- UN – UNESCO. **Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos 2024: Água para a prosperidade e a paz; resumo executivo**. 2024. Disponível em: [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388950\\_por?posInSet=3&queryId=f2bab861-ec1a-4269-8a97-982cf3d861c1](https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000388950_por?posInSet=3&queryId=f2bab861-ec1a-4269-8a97-982cf3d861c1). Acesso em: 25 fev. 2025.
- WEILER, M. A.; SANTOS, G. T. Avaliação do potencial de uso de águas pluviais para fins não potáveis em edifícios residenciais multifamiliares. **Revista Ambiente Construído**, v. 20, n. 2, p. 203–219, 2020. <https://doi.org/10.1590/s1678-86212020000200354>.