EVENTO ON-LINE
ConBRepro
XVI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
02 a 04 de dezembro de 2026
Inovação e Transformação Digital como Estratégia Competitiva nas Engenharias

Gestão Hídrica Sustentável: Proposta e Desempenho de Um Sistema de Captação e Filtragem de Água Pluvial em Unidade do Exército Brasileiro

Jhonatan Leal Vidal
Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e Agrárias (CCETA) – UniCesumar, Campus Ponta Grossa
Flávia Sayuri Arakawa
Centro de Ciências Exatas, Tecnológicas e Agrárias (CCETA) - UniCesumar, Campus Ponta Grossa

Resumo: O aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis constitui uma alternativa estratégica para a sustentabilidade hídrica em instituições públicas e organizações militares, reduzindo a demanda sobre o abastecimento convencional. Este trabalho teve como objetivo desenvolver e avaliar o desempenho operacional de um sistema de captação e filtração de água pluvial construído com materiais reutilizáveis e de baixo custo, bem como analisar a qualidade físico-química da água, instalado em uma organização militar em Ponta Grossa–PR. A pesquisa caracteriza-se como aplicada e experimental, estruturada a partir de revisão bibliográfica, análise documental e desenvolvimento de um protótipo híbrido em PVC rígido integrado a um dispositivo de descarte dos primeiros 20 litros (*first-flush*) e leito filtrante composto por brita, areia, manta sintética e carvão ativado. O monitoramento foi conduzido entre março e julho, abrangendo 4 eventos de precipitação e 16 amostras avaliadas em relação aos parâmetros físico-químicos de cor aparente, turbidez e pH. Os resultados demonstraram elevada eficiência do sistema em regime permanente, com redução da turbidez de 11,80 uT para 1,82 uT (eficiência de 84,6%) e da cor aparente de 31,2 uH para 8,5 uH (redução de 72,8%), além da neutralização do pH de 5,72 para 7,41. Todos os parâmetros pós-filtração atenderam aos limites normativos estabelecidos pela ABNT NBR 15527:2019 para reuso não potável. Conclui-se que o protótipo apresenta robustez estrutural, viabilidade técnica e baixo custo, consistindo em uma solução aplicável para rotinas de limpeza e lavagem de viaturas, em coerência com as diretrizes de gestão ambiental do Exército Brasileiro.

Palavras-chave: Reuso de água; Sustentabilidade hídrica; Materiais reutilizáveis; Exército Brasileiro; Gestão ambiental.

SUSTAINABLE WATER MANAGEMENT: PROPOSAL AND PERFORMANCE OF A RAINWATER HARVESTING AND FILTRATION SYSTEM IN A BRAZILIAN ARMY UNIT

Abstract: Rainwater harvesting for non-potable purposes represents a strategic alternative for water sustainability in public and military institutions, reducing the demand on conventional supply systems. This study aimed to develop and evaluate the operational performance of a low-cost rainwater harvesting and filtration system constructed with reusable materials, as well as to analyze the physicochemical quality of the water, implemented in a military organization in Ponta Grossa, Paraná, Brazil. The research is characterized as applied and experimental, based on literature and documentary reviews followed by the development of a hybrid prototype using rigid PVC pipes, an initial 20-liter *first-flush* diversion device, and a filter bed composed of gravel, sand, synthetic

geotextile blanket, and activated carbon. Monitoring was conducted from March to July across 4 rainfall events, evaluating 16 water samples regarding the physicochemical parameters of apparent color, turbidity, and pH. The results indicated high operational efficiency in steady-state conditions, with turbidity decreasing from 11.80 NTU to 1.82 NTU (84.6% removal efficiency) and apparent color decreasing from 31.2 Pt-Co units to 8.5 Pt-Co units (72.8% reduction), alongside pH neutralization from 5.72 to 7.41. All filtered water parameters complied with ABNT NBR 15527:2019 standards for non-potable reuse. It is concluded that the proposed system exhibits structural robustness, technical viability, and cost-effectiveness, proving suitable for washing operational vehicles and general cleaning activities in alignment with Brazilian Army environmental guidelines.

Keywords: Water reuse; Water Sustainability; Reusable materials; Brazilian Army; Environmental management.

1. Introdução

A sustentabilidade tem se consolidado como um dos pilares fundamentais para as sociedades contemporâneas, impulsionada pelo crescimento demográfico, pela expansão das atividades produtivas e pela pressão constante sobre os recursos naturais. No centro desse cenário, a água assume caráter estratégico para o equilíbrio social, econômico e ambiental, exigindo o aprimoramento de práticas voltadas ao seu aproveitamento racional (Sachs, 2009). Embora o território brasileiro disponha de considerável volume hídrico, as disparidades regionais na distribuição, somadas aos índices de desperdício e poluição, tornam imperativa a adoção de medidas descentralizadas de conservação e gestão eficiente dos recursos (Savenije; Van Der Zaag, 2008).

Apesar de o território brasileiro dispor de expressiva disponibilidade hídrica, problemas crônicos relacionados ao desperdício, à poluição e à distribuição espacial desigual dos recursos reforçam a necessidade urgente de adoção de medidas descentralizadas de gestão (Von Sperling, 2014). No âmbito institucional, as organizações militares caracterizam-se por demandas expressivas de água potável em suas rotinas operacionais, manutenção de infraestruturas, higienização de instalações e lavagem de frotas de viaturas. Essa demanda intensiva exige soluções que reduzam o consumo de água tratada das concessionárias públicas (França et al., 2021).

O problema que motiva esta pesquisa reside na alta dependência de redes públicas de abastecimento convencional por parte de unidades operacionais para fins que não exigem qualidade potável, somada à escassez de tecnologias de baixo custo que integrem a reutilização de materiais e princípios de economia circular em instalações militares (Brasil, 2021).

Diante dessa problemática, o objetivo deste trabalho consistiu em desenvolver e avaliar o desempenho operacional e a qualidade físico-química de um sistema descentralizado de captação, filtragem e armazenamento de água pluvial composto por materiais de baixo custo e reutilizáveis, direcionado à aplicação prática em uma unidade do Exército Brasileiro situada em Ponta Grossa (PR).

Metodologicamente, a pesquisa classifica-se como aplicada e experimental, estruturada por meio de revisão bibliográfica, análise documental e modelagem de um protótipo híbrido em PVC integrado a dispositivo de descarte (*first-flush*) e leito filtrante granular, complementada por campanhas analíticas laboratoriais para os parâmetros de cor aparente, turbidez e potencial hidrogeniônico (pH).

Este artigo está dividido em cinco seções. A primeira seção contextualiza o tema geral, apresenta a problematização, define o objetivo, descreve brevemente a metodologia e a estrutura do trabalho. A segunda seção detalha os procedimentos metodológicos e construtivos do protótipo. A terceira seção aborda o referencial teórico. A quarta seção apresenta a análise e a discussão dos resultados experimentais obtidos frente à literatura.

Por fim, a quinta seção sintetiza as conclusões, as limitações da pesquisa e as recomendações para investigações futuras.

2. Metodologia

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quanti-qualitativa e caráter experimental. O desenvolvimento metodológico dividiu-se em cinco etapas: revisão bibliográfica e documental; análise comparativa de tecnologias; fabricação e instalação do protótipo; execução do plano experimental; e caracterização físico-química em laboratório.

A revisão bibliográfica contemplou marcos legais, como a Lei nº 9.433/1997 (Brasil, 1997), a norma ABNT NBR 15527:2019 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019) e diretrizes do Exército Brasileiro (Brasil, 2021). O protótipo construído consistiu em um sistema híbrido utilizando tubulações rígidas de PVC reaproveitadas, integrando um mecanismo de descarte automático dos primeiros 20 litros (*first-flush*) para retenção de impurezas iniciais da cobertura. Em seguida, a água perpassa um leito filtrante granular composto por brita, areia média, manta sintética geotêxtil e carvão ativado.

O monitoramento experimental foi conduzido sob condições reais de precipitação em Ponta Grossa (PR), entre março e julho, abrangendo quatro eventos distintos de chuva. Para cada evento, após o descarte do *first-flush*, foram realizadas coletas sequenciais a cada 10 litros produzidos (10 L, 20 L e 30 L), além de uma amostra de água bruta da calha, totalizando 16 amostras físicas. As análises laboratoriais seguiram os métodos padronizados do *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (APHA; AWWA, 2005) para determinação de cor aparente, turbidez e pH.

3 Referêncial Teórico

A disponibilidade de água em quantidade e qualidade adequadas constitui um dos pilares para a gestão ambiental contemporânea. A sustentabilidade hídrica relaciona-se diretamente com a capacidade de atender às demandas atuais sem comprometer a disponibilidade do recurso para as gerações futuras (Savenije; Van Der Zaag, 2008). Para Sachs (2009), o desenvolvimento sustentável exige o equilíbrio entre as dimensões econômica, social e ambiental. No Brasil, a gestão das águas é norteada pela Lei nº 9.433/1997, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e reconhece a água como bem público de valor econômico (Brasil, 1997).

Entre as estratégias de conservação, o aproveitamento de águas pluviais destaca-se como alternativa viável para reduzir a dependência de sistemas convencionais em usos secundários, como limpezas e irrigações (Von Sperling, 2014; França et al., 2021). Contudo, a eficácia do aproveitamento pluvial depende diretamente de mecanismos adequados de filtragem e retenção de particulados sólidos carregados pelas coberturas (Thomas, 2018; Sharma et al., 2021).

No âmbito das organizações militares, a busca por ecoeficiência encontra respaldo na Política de Desenvolvimento Sustentável do Exército Brasileiro (Portaria nº 505-EME) e no Sistema de Gestão Ambiental da Força (SIGAEB), que estimulam a adoção de tecnologias limpas e práticas ambientalmente responsáveis nas unidades (Brasil, 2021; Ribeiro; Oliveira, 2020).

Com o intuito de fundamentar a seleção e o dimensionamento da tecnologia empregada neste estudo, a Tabela 1 apresenta uma análise comparativa detalhada entre diferentes configurações de sistemas de filtragem pluvial descritas na literatura científica.

Tabela 1 – Comparação analítica das tecnologias de filtragem pluvial com base na literatura técnica

Filtro	Sistema em PET	Sistema Industrial	Sistema híbrido/PVC
Mecanismo Filtrante	Embalagens PET descartáveis; leito simplificado com areia e brita.	Cartuchos poliméricos autolimpantes ou elementos em aço inox.	Tubulações rígidas em PVC com brita, areia, manta sintética e carvão ativado.
Eficiência de Remoção	Retenção parcial de turbidez (>50%); baixa ou nula remoção de cor aparente.	Elevada remoção de turbidez (>90%) e cor; remoção de sólidos finos.	Remoção de turbidez (>80%) e cor (>70%); estabilização de pH na faixa neutra.
Vantagens Operacionais e Estruturais	Custo de implantação reduzido; elevada simplicidade de montagem.	Alta durabilidade estrutural; conformidade normativa automatizada; estanqueidade garantida.	Robustez mecânica; baixo custo de manutenção; fácil reposição de insumos; reaproveitamento de materiais.
Limitações Técnicas e Restrições	Deformação mecânica sob alta vazão; baixa durabilidade das conexões; vazamentos frequentes.	Custo de aquisição elevado; necessidade de peças de reposição exclusivas do fabricante.	Exige dimensionamento prévio do descarte inicial (*first-flush*); manutenção periódica do leito.
Referências Bibliográficas	Santos e Oliveira (2019); Lima et al. (2021)	Silva e Costa (2020); Thomas (2018)	Pacheco (2017); Sharma et al. (2021); Autor (2026)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

3.1 Desenvolvimento e Montagem do Protótipo

Após a conclusão da etapa de planejamento e seleção dos materiais, foi desenvolvido o protótipo do sistema de captação e filtração de águas pluviais utilizando componentes de baixo custo e materiais reutilizáveis. O sistema foi projetado considerando a simplicidade construtiva, facilidade de manutenção e potencial de aplicação em organizações militares.

O conjunto é composto por uma estrutura de captação instalada na cobertura da edificação, responsável por conduzir a água da chuva por meio de calhas e tubulações em PVC até o sistema de filtração. Inicialmente, a água passa por um dispositivo destinado ao descarte da primeira água da chuva (first flush), cuja finalidade é reduzir a entrada de impurezas provenientes da cobertura, como poeira, folhas, matéria orgânica e pequenas partículas acumuladas durante os períodos de estiagem.

Na sequência, a água é direcionada ao sistema filtrante composto por camadas sucessivas de brita, areia, manta filtrante e carvão ativado. Cada material desempenha uma função específica no processo de tratamento, promovendo a retenção de partículas sólidas, redução da turbidez e melhoria da qualidade visual da água.

Durante o desenvolvimento do protótipo verificou-se que a utilização exclusiva de garrafas PET, prevista na proposta inicial da pesquisa, apresentava limitações relacionadas à resistência mecânica, vedação e estabilidade estrutural do conjunto. Dessa forma, optou-se pela utilização de tubos de PVC reutilizados como estrutura principal do sistema, mantendo o conceito de reaproveitamento de materiais, porém aumentando a confiabilidade operacional do equipamento. Essa alteração não comprometeu os objetivos da pesquisa; possibilitou maior robustez estrutural, melhor estanqueidade e facilidade de manutenção.

3.2 Procedimento Experimental e Coleta de Amostras

O plano de amostragem foi delineado para avaliar a eficiência do protótipo sob condições reais de precipitação no município de Ponta Grossa – PR, cobrindo o período entre os meses de março e julho de 2026. O monitoramento contemplou a amostragem sequencial em 4 (quatro) eventos distintos de chuva.

O procedimento de amostragem adotou o critério de fracionamento por volume filtrado. Para cada evento monitorado, após o descarte dos primeiros 20 litros pela tubulação de first-flush, realizaram-se coletas sequenciais a cada 10 litros de água produzida pelo sistema, resultando em 3 amostras da água filtrada por evento (10 L, 20 L e 30 L produzidos). Adicionalmente, foi coletada 1 amostra de água pluvial bruta diretamente da calha em cada evento, totalizando 16 amostras submetidas à caracterização físico-química em laboratório.

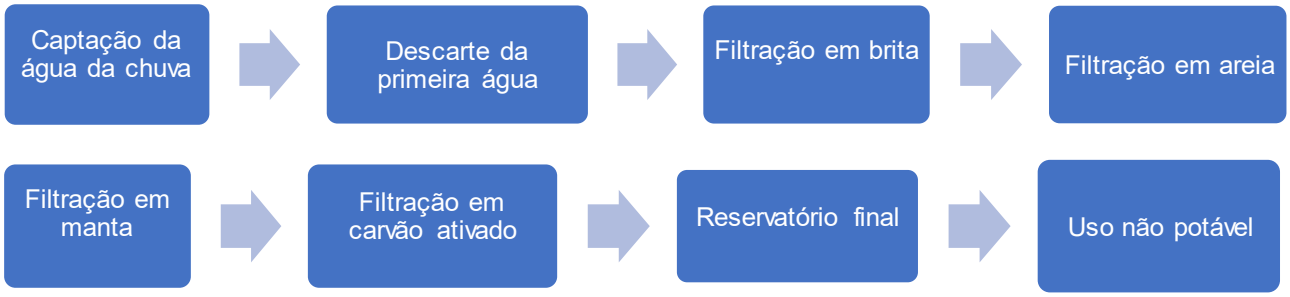
A avaliação da qualidade da água seguiu os métodos padronizados do Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA, 2005). Foram determinados os parâmetros de cor aparente, turbidez e potencial hidrogeniônico (pH), utilizando turbidímetro HACH DR 2100P, pHmetro digital TECNAL e espectrofotômetro HACH DR 2800.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Operação Prática e Desempenho do Protótipo Instalado

O protótipo híbrido desenvolvido apresentou excelente estabilidade estrutural e perfeita estanqueidade após sua montagem e instalação na organização militar em Ponta Grossa – PR. A utilização das tubulações rígidas de PVC reaproveitadas conferiu ao sistema a firmeza mecânica necessária para suportar o peso do leito filtrante saturado e a pressão da água durante os eventos de chuva. A dinâmica de funcionamento do sistema ocorre de maneira totalmente gravitacional. A água pluvial captada pela calha de cobertura é conduzida inicialmente para o dispositivo de descarte prévio (first-flush), onde a primeira fração de água lavada do telhado é retida de forma automática. Em seguida, o fluxo principal de água adentra a coluna vertical do filtro, percolando sequencialmente pela camada de brita superior, carvão ativado, areia média, manta sintética e brita de suporte inferior. A água tratada é então armazenada em um reservatório limpo, ficando disponível para as rotinas de limpeza da unidade. A Figura 1 ilustra o fluxo percorrido pela água desde a captação até a destinação final

Figura 1 – Fluxograma do funcionamento do sistema de filtragem pluvial.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Durante os testes de funcionamento, o protótipo operou sem registros de vazamentos, entupimentos ou deformações na estrutura. A Figura 2 apresenta o protótipo instalado e em operação.

Figura 2 – Protótipo instalado e em operação



Fonte: Autor (2026)

4.2 Avaliação da Qualidade da Água e Parâmetros Normativos

Os resultados obtidos foram comparados aos valores de referência estabelecidos pela ABNT NBR 15527:2019, que regulamenta a qualidade da água pluvial para aproveitamento em usos não potáveis. A Tabela 2 apresenta os limites preconizados pela norma.

Tabela 2 – Parâmetros de qualidade da água pluvial para fins não potáveis.

Parâmetro	Unidade	Valor de referência
Cor aparente	uH	Sem limite exigido
Turbidez	uT	< 5,0 uT
pH	Unidade de pH	6,0 a 9,0

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15527:2019

Os resultados analíticos médios obtidos antes e após a passagem pelo leito filtrante estão organizados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos parâmetros físico-químicos da água pluvial antes e após a filtração.

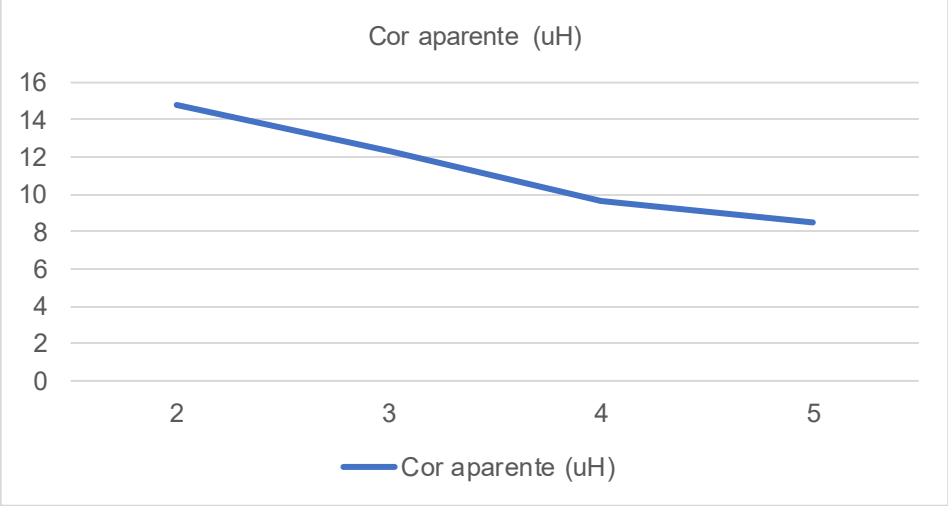
Amostra	Condição Operacional	Cor Aparente (uH)	Turbidez (uT)	pH
Amostra 1	Água bruta (calha)	31,2	11,80	5,72
Amostra 2	Filtrada (10 L iniciais)	14,8	4,10	6,68
Amostra 3	Filtrada (20 L acumulados)	12,3	3,20	6,91
Amostra 4	Filtrada (30 L acumulados)	9,7	2,35	7,18
Amostra 5	Regime permanente (estabilizado)	9,7	1,82	7,41

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

4.3.1 Cor aparente

A água pluvial coletada antes da filtração apresentou cor aparente de 31,2 uH, valor relacionado à presença de matéria orgânica, poeira atmosférica, folhas e partículas minerais depositadas sobre a cobertura. Após a passagem pelo sistema filtrante, observou-se redução gradual desse parâmetro, atingindo 8,5 uH na Amostra 5, o que representa uma redução de 72,8% em relação à amostra inicial (Figura 3).

Figura 3 – Valores de cor aparente (uH) das amostras de água pluvial coletadas nas etapas de entrada (bruta) e pós-filtragem no sistema reutilizável.



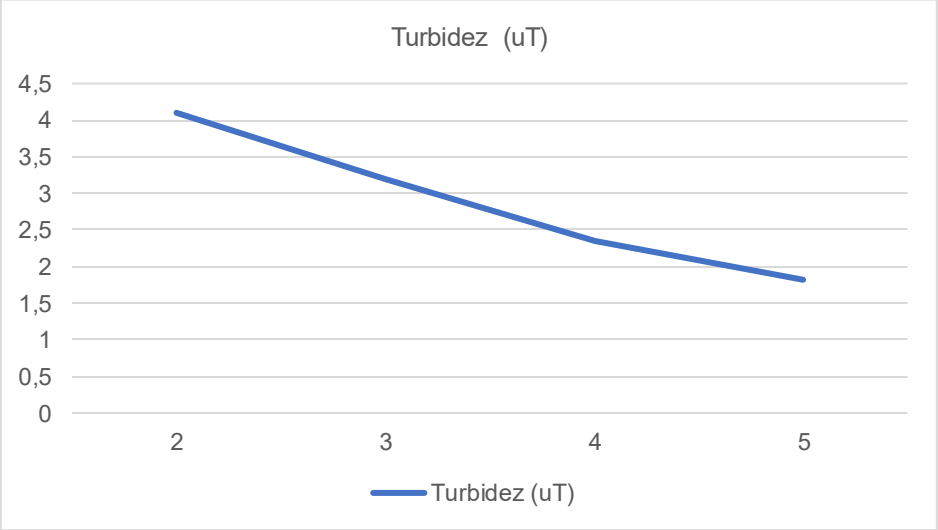
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A redução da cor aparente evidencia a eficiência do conjunto filtrante na retenção de substâncias responsáveis pela coloração da água, resultado atribuído principalmente à ação combinada da areia e do carvão ativado. A areia atua promovendo a retenção física de partículas em suspensão, enquanto o carvão ativado apresenta elevada capacidade de adsorção de compostos orgânicos dissolvidos, contribuindo para a melhoria da qualidade visual da água. No estudo reportado por Pacheco (2017), relatam-se valores médios de cor aparente entre 17 e 18,4 uH, além de aumentos temporários decorrentes da liberação de finos do próprio carvão ativado. No presente estudo, os valores observados após a estabilização permaneceram inferiores, confirmando o desempenho satisfatório na clarificação do efluente

4.3.2 Turbidez

A turbidez da água pluvial reduziu de 11,80 uT antes da filtração para 1,82 uT na Amostra 5, correspondendo a uma eficiência de remoção de 84,6%. Esse comportamento demonstra a eficiência do sistema na remoção de sólidos em suspensão presentes na água captada (Figura 4).

Figura 4 – Valores de turbidez (uT) das amostras de água pluvial coletadas nas etapas de entrada (bruta) e pós-filtragem no sistema reutilizável.



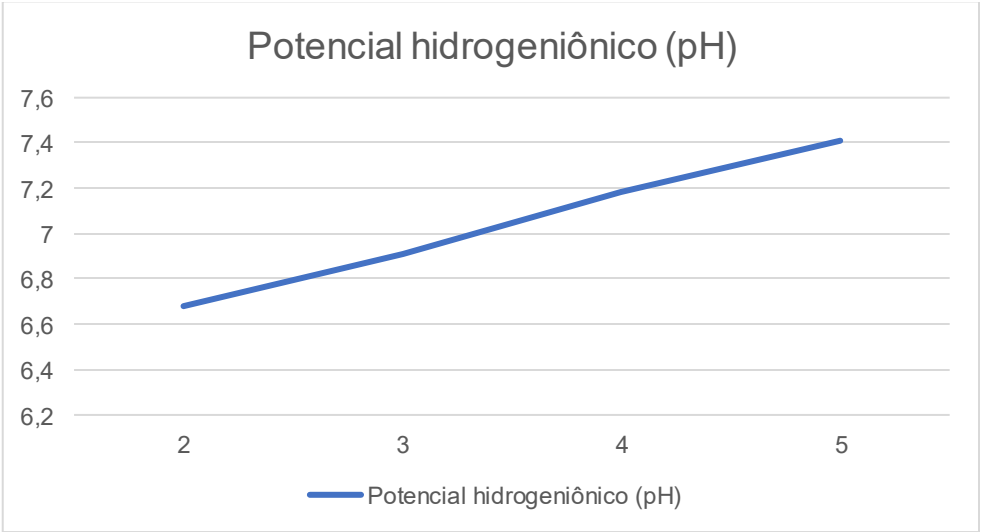
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A redução observada decorre do mecanismo de filtração granular promovido pelas camadas de brita e areia, associado à retenção complementar de partículas finas pela manta sintética e carvão ativado (PACHECO, 2017). A diminuição gradual ao longo das coletas indica a estabilização do leito filtrante durante a operação (SHARMA et al., 2021). De acordo com Thomas (2018), a areia constitui o principal meio responsável pela retenção de partículas finas, enquanto a brita proporciona suporte e distribuição de fluxo. O valor final de 1,82 uT atendeu com folga ao limite máximo de 5,0 uT estabelecido pela norma ABNT NBR 15527:2019.

4.3.3 Potencial hidrogeniônico (pH)

O pH da água pluvial apresentou aumento de 5,72 para 7,41 após o processo de filtração, evidenciando tendência de neutralização da água ao longo do tratamento. A água da chuva apresenta naturalmente caráter levemente ácido, em decorrência da dissolução de dióxido de carbono atmosférico e de outros compostos presentes no ar (Figura 5).

Figura 5 – Valores de pH das amostras de água pluvial coletadas nas etapas de entrada (bruta) e pós-filtragem no sistema reutilizável.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após a passagem pelos materiais filtrantes, especialmente areia e brita, ocorre a elevação do pH em razão da interação da água com os minerais alcalinos presentes nesses agregados (THOMAS, 2018). Os valores obtidos após a filtração permaneceram dentro da faixa recomendada pela ABNT NBR 15527:2019 (6,0 a 9,0). Esse comportamento de neutralização é consistente com o descrito na literatura para filtros granulares (PACHECO, 2017; LIMA et al., 2021; SHARMA et al., 2021) e mostra-se importante no ambiente operacional militar, pois evita riscos de corrosão em bombas, encanamentos e latarias de viaturas durante as atividades de lavagem.

5. Conclusões

O presente estudo alcançou o objetivo proposto ao desenvolver e avaliar um sistema de captação e filtração de águas pluviais utilizando materiais reutilizáveis para aplicação em usos não potáveis em uma organização militar localizada no município de Ponta Grossa – PR. Os resultados obtidos mostraram que o sistema foi capaz de reduzir a cor aparente e a turbidez da água, além de manter o pH dentro da faixa recomendada pela ABNT NBR 15527:2019, demonstrando que a solução desenvolvida apresenta potencial para aplicações que não exigem água potável.

Este trabalho apresenta algumas limitações. A avaliação foi baseada nos parâmetros físico-químicos de cor aparente, turbidez e pH, não contemplando análises microbiológicas, que poderiam ampliar o conhecimento sobre a qualidade da água obtida. Além disso, o monitoramento foi realizado durante um período específico de precipitação, sendo importante acompanhar o desempenho do sistema em diferentes condições climáticas.

Por fim, recomenda-se que pesquisas futuras ampliem o período de monitoramento, incluam análises microbiológicas e avaliem o comportamento do sistema em diferentes cenários de utilização. Essas informações poderão contribuir para o aperfeiçoamento da tecnologia proposta e ampliar seu potencial de aplicação em organizações militares e em outras instituições públicas.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2024: informe anual**. Brasília, DF: ANA, 2024.

APHA - American Public Health Association; AWWA - American Water Works Association. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 21. ed. Washington: APHA, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15527:2019: aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BRASIL. Exército Brasileiro. Estado-Maior do Exército. **Portaria nº 505-EME, de 9 de setembro de 2021. Aprova a Política de Desenvolvimento Sustentável do Exército Brasileiro**. Brasília, DF, 2021.

BRASIL. Exército Brasileiro. **Plano Estratégico do Exército 2024–2027 (PEEx 2024–2027)**. Brasília, DF: Exército Brasileiro, 2024.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 7 maio 2021.

FRANÇA, M. S.; COSTA, R. P.; ALVES, T. L. Gestão e aproveitamento de águas pluviais em edificações públicas. **Revista de Engenharia e Recursos Hídricos**, v. 15, n. 2, p. 88-99, 2021.

LIMA, R. C.; SOUZA, M. F.; SILVA, T. J. Avaliação de sistemas artesanais em PET para filtração pluvial de baixo custo. **Revista Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 145-152, 2021.

PACHECO, M. L. **Análise da eficiência de filtros descentralizados no tratamento de águas pluviais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

RIBEIRO, C. A.; OLIVEIRA, D. F. Gestão ambiental e sustentabilidade no Exército Brasileiro. **Revista Militar de Ciência e Tecnologia**, v. 37, n. 1, p. 45-56, 2020.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

SANTOS, A. B.; OLIVEIRA, C. D. Limitações mecânicas de reatores e filtros fabricados em polímeros recicláveis. **Journal of Environmental Management and Sustainability**, v. 8, n. 2, p. 89-101, 2019.

SAVENIJE, H. H. G.; VAN DER ZAAG, P. Integrated water resources management: concepts and issues. **Physics and Chemistry of the Earth**, Oxford, v. 33, n. 5, p. 290-297, 2008.

SHARMA, V.; KUMAR, R.; SINGH, P. Performance evaluation of multi-layer sand-charcoal filtration units for rainwater harvesting. **Water Science and Technology**, v. 83, n. 6, p. 1340-1352, 2021.

SILVA, E. M.; COSTA, J. R. Tecnologias comerciais de filtração e reuso de água em instalações prediais. **Engenharia Urbana e Hídrica**, v. 12, n. 1, p. 55-67, 2020.

SILVA, Paulo Fernando Santos da; DIAS, Mariana Andreotti; SILVA, Renata Adriana Garbossa. A gestão ambiental no Exército Brasileiro. **Caderno Intersaberes**, Curitiba, v. 10, n. 26, p. 32-48, 2021.

THOMAS, A. R. **Design and performance analysis of rainwater filter units for institutional buildings**. New York: Academic Press, 2018.

VON SPERLING, Marcos. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 4. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, 2014.