

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL PIRES BERNARDES

**FILTRO PARA REUSO DE ÁGUA: PROPOSTA PARA ATENDER FAMÍLIAS EM
SITUAÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIAL EM UBERLÂNDIA – MG**

UBERLÂNDIA – MG

2026

GABRIEL PIRES BERNARDES

**FILTRO PARA REÚSO DE ÁGUA: PROPOSTA PARA ATENDER FAMÍLIAS EM
SITUAÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIAL EM UBERLÂNDIA – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de artigo científico como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Orientador: Prof^a. Dr^a Alice Rosa da Silva
Coorientador: Msc. Bruno de Oliveira Lázaro

UBERLÂNDIA – MG

2026

GABRIEL PIRES BERNARDES

**FILTRO PARA REÚSO DE ÁGUA: PROPOSTA PARA ATENDER FAMÍLIAS EM
SITUAÇÃO DE VULNERABILIDADE SOCIAL EM UBERLÂNDIA – MG**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na forma de artigo científico como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Uberlândia, março de 2026

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a Alice Rosa da Silva
Universidade Federal de Uberlândia

Msc. Bruno de Oliveira Lázaro
Universidade Federal de Uberlândia

Prof^a. Bruna F. Faria Oliveira
Universidade Federal de Uberlândia

RESUMO

A crise hídrica no Brasil tem se intensificado devido a variações nos períodos de chuva e ao mau gerenciamento dos recursos hídricos, impactando principalmente as populações mais vulneráveis. Nesse contexto, o reuso da água surge como alternativa viável para reduzir a pressão sobre as fontes e ampliar a disponibilidade hídrica. Este estudo teve como objetivo desenvolver um protótipo de filtro de areia para uso e reuso doméstico não potável de águas residuais e pluviais. O sistema experimental, inicialmente desenvolvido em filtros de garrafa PET e posteriormente ampliado para um reservatório de maior volume, usou areia de rejeito de minério de ferro e apresentou reduções positivas de turbidez em todos os ensaios realizados, com taxas variando aproximadamente entre 33% e 95%, a depender do tipo de água e das condições operacionais do filtro. Esses resultados evidenciam a viabilidade técnica e o potencial de aplicação social do modelo. A proposta contribui para a sustentabilidade ambiental, promovendo o uso racional da água e podendo oferecer uma solução acessível para comunidades em situação de vulnerabilidade.

Palavras-chaves: filtro, filtro de areia, reuso da água, areia de rejeito de minério de ferro, gestão hídrica.

ABSTRACT

Brazil's water crisis has intensified due to variations in rainfall patterns and poor management of water resources, primarily impacting the most vulnerable populations. In this context, water reuse emerges as a viable alternative to reduce pressure on water sources and increase water availability. This study aimed to develop a prototype sand filter for domestic use and reuse of wastewater and rainwater. The experimental system, initially developed using PET bottle filters and later expanded to a larger-volume reservoir, used iron ore tailings sand and showed positive turbidity reductions in all tests conducted, with rates ranging approximately from 33% to 95%, depending on the type of water and the filter's operating conditions. These results demonstrate the technical feasibility and the social application potential of the model. The proposal contributes to environmental sustainability by promoting the rational use of water and may provide an accessible solution for vulnerable communities.

Keywords: filter, sand filter, water reuse, iron ore tailings sand, water management.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Objetivos Geral e Específicos	8
1.2 Justificativa do Estudo.....	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Definições gerais.....	9
2.2 Filtros de areia.....	11
2.3 Utilização de areia de rejeitos de minério de ferro	13
2.4 Diferentes aplicações do filtro de areia	14
2.5 Estado da arte	14
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	16
3.1 Experimento preliminar.....	16
3.1.4 Resultados do experimento preliminar	19
3.2 Construção do Protótipo em Escala Ampliada	24
3.2.1 Identificação do sistema	24
3.2.2 Elaboração da Cartilha	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	28
4.1 Resultados do protótipo em escala ampliada.....	28
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
REFERÊNCIAS.....	34
Apêndice A – Memorial de Cálculo	40
Apêndice B – Cartilha Informativa sobre a Construção do Protótipo	45

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o Brasil tem enfrentado variações nos períodos de chuva, o que afeta diretamente a reposição das bacias hidrográficas e a distribuição de água para a população (Moreira e Seo, 2021).

Boechat *et al.* (2021), explicam que o Brasil vive uma crise hídrica que se revela complexa, multifacetada e diretamente ligada ao mau gerenciamento político e econômico, refletindo um contexto em que políticas públicas priorizam a produção e o crescimento econômico, frequentemente em detrimento das questões ambientais, sociais e da saúde humana.

Para mitigar esses impactos, se faz necessária a participação de uma ampla rede de atores, tanto governamentais quanto não governamentais, para assegurar a segurança da população, incluindo o acesso à água potável, à saúde e ao emprego. Entre as medidas viáveis para enfrentar a escassez hídrica, destaca-se o aproveitamento de água para usos não potáveis (Moreira e Seo, 2021).

A filtragem da água é uma alternativa interessante para enfrentar a crise hídrica porque permite reduzir a pressão sobre fontes de água potável, direcionando-a apenas para usos essenciais. Trata-se de uma solução sustentável especialmente relevante no Brasil, onde a regulação voltada para o enfrentamento de crises hídricas é limitada, resultando em desigualdades no acesso à água e situações de injustiça hídrica (Pavão e Do Nascimento, 2019).

De acordo com o Relatório dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) publicado em 2024,

Apesar de alguns avanços, o progresso em água e saneamento continua insuficiente. No ritmo atual, em 2030, 2 bilhões de pessoas ainda viverão sem acesso a água potável gerida com segurança, 3 bilhões sem saneamento gerido com segurança e 1,4 bilhão sem serviços básicos de higiene” (UNITED NATIONS, 2024, p. 20, tradução nossa).

A ONU, que lidera a Agenda 2030, percebe a gestão sustentável dos recursos hídricos como a “base para a prosperidade e a paz para todos”. E explica que para tanto, é necessário um aumento no financiamento, decisões baseadas em dados, desenvolvimento de uma força de trabalho qualificada e tecnologia inovadora (United Nations, 2024, p. 20).

No Brasil, a situação é igualmente alarmante quando o assunto é segurança hídrica. De acordo com a Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE, 2013), a segurança hídrica está vinculada à gestão dos riscos associados à água, englobando os riscos de disponibilidade, de eventos extremos (como secas e enchentes) e de poluição.

Conforme explicita-se no Atlas Águas Segurança Hídrica do Abastecimento Urbano (ANA, 2021, p. 07), “a segurança hídrica para o abastecimento da população urbana segue sendo um dos principais desafios para a gestão das águas no Brasil, tanto em termos de quantidade e qualidade da água, como de infraestrutura”.

A partir deste contexto, surge a seguinte pergunta-problema: é possível desenvolver um protótipo de filtro de areia acessível e eficiente para o aproveitamento de água em domicílios da cidade de Uberlândia/MG?

1.1 Objetivos Geral e Específicos

Buscando responder essa indagação, este estudo tem como objetivo geral projetar e construir um protótipo em grande escala de filtro de areia que poderá ser aplicado para aproveitamento da água cinza, como aquelas geradas em atividades domésticas diversas, por parte da população da cidade de Uberlândia/MG. E, que se desdobra em três objetivos específicos:

- Avaliar a viabilidade técnica do uso de areia de rejeito de minério de ferro na composição de filtros de areia.
- Projetar e construir um protótipo funcional de filtro de areia com base em materiais acessíveis.
- Avaliar o desempenho do protótipo em relação à filtragem de águas cinzas e pluviais, considerando como principal parâmetro a redução da turbidez.
- Elaborar uma cartilha em linguagem acessível sobre o uso e a aplicação do filtro, com base nos resultados obtidos.

1.2 Justificativa do Estudo

A presente pesquisa justifica-se pela urgência em ampliar o acesso a soluções sustentáveis frente à crescente insegurança hídrica enfrentada. Em um cenário no qual, segundo a ONU (2024), 2 bilhões de pessoas ainda viverão sem acesso seguro

à água potável até 2030, torna-se necessário propor alternativas viáveis que contribuam para a mitigação dos impactos da escassez.

Nesse contexto, o desenvolvimento de um protótipo de filtro de areia representa uma contribuição prática e social relevante, ao possibilitar o aproveitamento de água em domicílios urbanos, especialmente em comunidades com infraestrutura limitada.

Especialmente em Uberlândia/MG, que conta com diferentes projetos propostos sobre recursos hídricos em seu Plano Plurianual (PPA, 2021), a proposta pode dialogar com essas iniciativas, promovendo o uso racional da água e práticas ambientalmente responsáveis.

O presente estudo é organizado em seis seções: Introdução, Referencial Teórico, Procedimentos Metodológicos, Resultados e Discussões, Considerações Finais e por fim, as Referências.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico a seguir tem como objetivo apresentar os principais conceitos e fundamentos técnicos relacionados ao desenvolvimento desta pesquisa. São abordados tópicos que sustentam a proposta do filtro para uso e reúso de água, buscando oferecer uma compreensão sobre as tecnologias e materiais empregados.

2.1 Definições gerais

O presente tópico reúne definições consideradas fundamentais para a compreensão do desenvolvimento desta pesquisa. A apresentação de conceitos-chave, como águas residuais, águas cinzas e turbidez, busca fornecer uma base teórica clara e consistente, de modo a orientar o leitor quanto aos termos técnicos utilizados ao longo do trabalho.

2.1.1 Água residual

As águas residuais correspondem a todo volume de água descartado após sua utilização em diferentes processos, apresentando alterações em sua composição original devido à presença de substâncias orgânicas e químicas (AmbScience, 2025). Elas podem ser classificadas de acordo com sua origem, abrangendo águas industriais, provenientes de processos produtivos; águas de infiltração, que se acumulam em coletores subterrâneos; e águas urbanas, resultantes de chuvas, lavagem de pavimentos e irrigação (Governo de Goiás, 2016).

No meio urbano, predominam as águas residuais domésticas, derivadas de atividades cotidianas como banho, lavagem de roupas, preparo de alimentos e limpeza, frequentemente encaminhadas às redes de esgoto ou descartadas de forma inadequada no solo, causando diversos impactos ambientais (Furo *et al.*, 2014).

Em um cenário global de escassez crescente e degradação dos recursos hídricos, torna-se urgente o desenvolvimento de soluções tecnológicas capazes de transformar esse resíduo em recurso (AmbScience, 2025). O tratamento e a reutilização das águas residuais podem se consolidar não apenas como alternativas para suprir demandas agrícolas e urbanas, mas também como instrumentos de mitigação de desigualdades sociais relacionadas ao acesso à água (Furo *et al.*, 2014).

2.1.1.1 Água cinza

Águas cinzas são definidas como águas residuárias domésticas que não foram contaminadas por contato direto com excretas humanas. O termo “águas cinzas” é utilizado de forma geral para descrever o esgoto doméstico, excluindo as águas residuárias provenientes de vasos sanitários, que são classificadas como “águas negras”. As principais fontes de águas cinzas incluem pias de cozinha, chuveiros, banheiras, máquinas de lavar roupas e louças, além de águas residuais provenientes da lavagem de veículos (Ghaly *et al.*, 2021).

De acordo com Li (2009), a água cinza produzida em chuveiros, banheiros, lavatórios, lava-louças, pias de cozinha e máquinas de lavar roupas, é responsável por 70 a 75% da produção total dos efluentes domésticos.

O aproveitamento das águas cinzas e de outros tipos de águas residuais representa uma alternativa viável para o uso racional da água, especialmente quando associado a tecnologias simples e acessíveis. O estudo de Ghaly *et al.* (2021), ao discutir as características, o manejo e as possibilidades de reutilização das águas cinzas, reforça a importância estratégica desse recurso complementar para enfrentar a escassez hídrica, destacando seu potencial para usos domésticos e agrícolas sustentáveis.

Nesse contexto, o protótipo de filtro de areia desenvolvido nesta pesquisa busca possibilitar o tratamento básico desses efluentes para usos não potáveis, contribuindo para a sustentabilidade doméstica e a redução do desperdício de recursos hídricos. Dessa forma, a avaliação de parâmetros de qualidade da água, como a turbidez, é fundamental para a análise do desempenho do sistema.

2.1.2 Turbidez

De acordo com Lovibond (2023), a turbidez pode ser definida como a medida do grau em que a água perde sua clareza em razão da presença de partículas suspensas que dispersam ou absorvem a luz transmitida. Quanto maior a concentração de sólidos suspensos, mais turva a água se apresenta e maior é o valor da turbidez, sendo esse efeito também influenciado pelo tamanho das partículas responsáveis pela dispersão ou absorção da luz.

Kitchener *et al.* (2017) explica que turbidez pode ser compreendida como a medida da clareza óptica da água, sendo influenciada pela presença de partículas suspensas, substâncias químicas dissolvidas, matéria orgânica e temperatura. Trata-se de um parâmetro essencial na avaliação da qualidade da água, pois está diretamente relacionado à presença de partículas em suspensão que dificultam a passagem da luz e reduzem sua transparência (Effler, 1988).

Embora as normativas técnicas e diretrizes de qualidade exijam limites altamente rigorosos para garantir a segurança sanitária-ambiental da população, estudos (Moura et al., 2020; Santos, Lima e Soares, 2025) evidenciam uma dificuldade considerável em se alcançar e manter esses padrões na prática.

Avaliações focadas na qualidade de águas cinzas geradas em edificações residenciais multifamiliares, por exemplo, registraram amostras de escoamento de chuveiros com níveis de turbidez chegando a 383,3 NTU, o que ilustra o elevado grau de contaminação física do efluente bruto e expõe o desafio tecnológico e financeiro exigido dos sistemas de filtração para enquadrar a água aos padrões do reúso (Fernandes, 2005).

Apesar de sua importância, a turbidez deve ser compreendida como um parâmetro indicativo, e não conclusivo, da qualidade da água. Sua redução não garante a remoção de contaminantes dissolvidos ou de microrganismos, sendo necessária a análise conjunta com outros parâmetros para uma avaliação mais abrangente da qualidade da água.

2.2 Filtros de areia

Os filtros de areia são leitos filtrantes utilizados para a remoção de poluentes e microrganismos da água em todo o mundo (Abdul *et al.*, 2018). Entre os métodos convencionais, os filtros de areia lentos destacam-se como um dos tratamentos mais eficazes para a purificação da água. Seu uso ocorre em diferentes escalas, desde

grandes sistemas de abastecimento urbano até instalações voltadas para pequenas comunidades e, em menor escala, pode ser adaptado para utilização doméstica (MIKIS, 2015).

2.2.1 Filtros lentos de areia

Os primeiros usos relatados dos filtros lentos de areia ocorreram nos anos 1800, existindo registros na alvejaria de John Gibb, em Paisley, em 1804; em Greenock, em 1827; na *Chelsea Water Company*, em 1829; na *Gorbals Sanitation and Water Company*, em 1846; e em Londres, durante a epidemia de cólera em 1852 (Maiyo *et al.*, 2023).

A simplicidade dos filtros de areia e sua baixa demanda energética os tornaram ideais para pequenas estações de tratamento de água (Haig *et al.*, 2011). E dentre as suas principais vantagens, estão a facilidade de operação e a possibilidade de construção local, utilizando materiais da região e sem necessidade de equipamentos especializados (Guchi, 2015). Graças aos baixos custos envolvidos, esses filtros representam uma alternativa atrativa, sobretudo em países em desenvolvimento (Bendida *et al.*, 2013).

A busca por otimizar a eficiência dos filtros lentos de areia em contextos domésticos tem levado pesquisadores a explorar a modificação do leito filtrante com materiais que potencialize a remoção de contaminantes. É o caso do estudo de Tellen *et al.* (2010) que demonstraram que a introdução de ferro de valência zero na areia melhora significativamente a remoção de estreptococos fecais em filtros *biosand*, atingindo eficiências de 99% em comparação aos 95% dos filtros convencionais.

Por sua vez, Nair *et al.* (2014) ressaltaram que os parâmetros operacionais, como a granulometria e a taxa de filtração, são determinantes para a maturidade do biofilme e a consequente qualidade do efluente em sistemas de escala domiciliar.

No entanto, a implementação desses sistemas enfrenta desafios críticos relacionados à manutenção da clareza óptica da água e à longevidade do filtro. Fogel *et al.* (1991) estabeleceram uma correlação direta entre a turbidez do efluente e a segurança microbiológica, reportando que em amostras com turbidez inferior a 1 NTU, a presença de coliformes era praticamente nula.

Além disso, diversos estudos recentes têm explorado o aprimoramento físico-químico por meio da adição de diferentes materiais filtrantes para combater contaminantes inorgânicos de forma mais agressiva. Os Filtros de Arsênico Kanchan

(KAF), por exemplo, introduziram uma camada de lascas de tijolo e pregos de ferro que viabilizou a remoção de 85% a 90% do arsênico e de 90% a 95% do ferro, além de tratar entre 80% e 95% da turbidez da água.

2.3 Utilização de areia de rejeitos de minério de ferro

A comercialização do minério de ferro desempenha um papel estratégico no desenvolvimento econômico do Brasil (Silva *et al.*, 2023). No entanto, a extração e o beneficiamento desse recurso natural resultam na geração de grandes volumes de resíduos, os quais são, em sua maioria, dispostos em barragens de rejeitos. Tais estruturas, além de impactarem diretamente os ecossistemas locais, representam um risco constante à segurança das populações próximas (Dani *et al.*, 2022).

Minas Gerais, maior produtor nacional de minério de ferro, concentra 332 barragens catalogadas, segundo dados da Agência Nacional de Mineração (2025), o que reforça a magnitude do desafio socioambiental enfrentado. Nesse cenário, cresce o interesse por soluções que aliam viabilidade técnica e responsabilidade ambiental, especialmente por meio do reaproveitamento dos resíduos gerados (Costa *et al.*, 2014).

Nesse contexto, diferentes frentes de pesquisa têm explorado aplicações para a areia de rejeito de minério de ferro em diversas áreas da engenharia civil. Firmo *et al.* (2023) investigaram o aproveitamento do rejeito de minério de ferro como matéria-prima na produção de vidro.

Inácio *et al.* (2024) analisaram o uso do rejeito na construção de pavimentos rodoviários, por meio da adição do material em misturas de solo-cimento.

Diante do potencial do reaproveitamento da areia proveniente do rejeito de minério de ferro na engenharia, torna-se relevante discutir as condições de uso desse material em aplicações seguras e acessíveis para a população. Uma das possibilidades é sua utilização em sistemas de filtragem de água. Essa alternativa adquire ainda mais importância diante dos impactos gerados pelos resíduos de minério, que incluem alterações na sedimentação, perda de habitats e redução da qualidade da água (Hackney, *et al.*, 2020; Sonter, *et al.*, 2018).

No entanto, para que essa alternativa seja viável, é preciso compreender o funcionamento dos filtros de areia e avaliar a sua aplicabilidade prática. Nesse sentido, o próximo tópico reúne estudos que investigaram o desempenho e a estrutura de filtros domésticos de areia.

2.4 Diferentes aplicações do filtro de areia

A aplicação de filtros de areia tem se mostrado uma alternativa eficiente para a reutilização de diferentes tipos de água, variando desde efluentes domésticos até águas pluviais. Assim, a seguir, são apresentadas pesquisas que evidenciam diferentes formas de aplicação dos filtros de areia.

2.4.1 Águas residuais

Diop *et al.* (2014) realizaram um estudo experimental sobre a aplicação da filtração com areia no tratamento de águas residuais em ambiente tropical. Os filtros foram construídos com materiais locais e, após os testes, os autores concluíram que, a filtração lenta demonstrou ser uma tecnologia promissora, especialmente em regiões tropicais com escassez de recursos.

Por sua vez, Bezerra *et al.* (2020) investigaram a aplicação de filtros de areia como proposta de pós-tratamento para efluentes de lavanderias de jeans, que apresentam uma cor intensa e poluentes. Foram avaliados parâmetros como cor, turbidez e salinidade. Os resultados demonstraram alta eficiência do sistema, evidenciando a eficácia dos filtros na remoção de materiais particulados e dissolvidos dos efluentes têxteis.

2.4.2 Água da chuva

Zhao *et al.* (2019) investigaram a eficiência de filtros de areia utilizando materiais de baixo custo para a purificação de água de chuva coletada. Os resultados mostraram que o filtro com a mistura de calcário e argila vermelha apresentou o melhor desempenho, com redução significativa de turbidez.

Já o estudo de Teixeira e Ghisi (2019) teve como objetivo comparar a eficiência do tratamento de água da chuva utilizando dois tipos de filtros: um com materiais filtrantes (brita, areia e antracito) e outro com membranas. Os autores avaliaram parâmetros como temperatura, turbidez e alcalinidade, e encontraram que a água da chuva tratada por ambos os filtros poderia ser utilizada para fins como descarga de sanitários, irrigação de jardins, limpeza de calçadas e lavagem de roupas.

2.5 Estado da arte

O estudo de Lacerda *et al.* (2023) avaliou a eficiência de diferentes composições filtrantes feitas com materiais alternativos na redução da turbidez da

água da chuva para fins não potáveis. Foram testados 33 protótipos confeccionados com garrafas PET, algodão, brita, papel drenante e areias de diversas granulometrias, alcançando taxas de remoção de turbidez entre 66,29% e 78,51%. A configuração com mistura bem graduada de materiais apresentou o melhor desempenho, evidenciando que a diversidade granulométrica favorece a retenção de partículas suspensas.

Apesar das limitações quanto à durabilidade dos materiais e à ausência de análises complementares, o estudo reforça o potencial técnico e social dos filtros de baixo custo como alternativa sustentável para o reaproveitamento de água em comunidades com recursos limitados (LACERDA, *et al.*, 2023).

Por sua vez, o estudo de Paiva (2024) teve como objetivo avaliar a eficácia de filtros confeccionados com garrafas PET e camadas de areia de diferentes granulometrias na redução da turbidez da água. A pesquisa buscou oferecer uma alternativa acessível e sustentável para comunidades com infraestrutura limitada de saneamento, explorando o uso de materiais recicláveis como solução prática para o aproveitamento da água.

Os testes experimentais mostraram taxas médias de redução de turbidez superiores a 95%, mesmo em condições de alta turbidez inicial (500 NTU), confirmando a eficiência do sistema proposto. Os resultados evidenciam a viabilidade técnica e ambiental do uso de filtros domésticos de baixo custo, embora o estudo aponte limitações relacionadas à ausência de análises microbiológicas e à avaliação da durabilidade dos materiais, sugerindo novas pesquisas para aprimorar e expandir essa tecnologia (PAIVA, 2024).

A partir dos estudos de Paiva (2024) e de Lacerda *et al.* (2023), o presente trabalho foi desenvolvido com o propósito de ampliar o uso dos filtros de areia para uma escala maior, mantendo a proposta de acessibilidade e sustentabilidade. Enquanto os trabalhos anteriores demonstraram a eficiência de sistemas compactos confeccionados com materiais recicláveis, este busca adaptar e aprimorar o modelo para atender a um volume mais significativo de água, explorando sua aplicação prática em contextos domésticos.

Os estudos apresentados contextualizam a diversidade de usos e adaptações dos filtros de areia em diferentes situações. Essa revisão evidencia o potencial dessa tecnologia em cenários distintos de reaproveitamento da água, fornecendo bases conceituais e práticas para a construção do protótipo aqui proposto. Assim,

compreender essas experiências anteriores permite fundamentar o desenvolvimento de uma solução voltada especificamente ao uso doméstico.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente tópico descreve os procedimentos adotados para o desenvolvimento desta pesquisa, contemplando desde a seleção dos materiais até a elaboração de um protótipo e de uma cartilha explicativa. Inicialmente, apresentam-se os materiais escolhidos e as análises realizadas no Laboratório de Mecânica dos Fluidos, Hidráulica e Hidrologia (LABHIDRO) da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) - UFU, destacando critérios de desempenho e acessibilidade.

Em seguida, detalha-se o processo de construção do protótipo, incluindo etapas de montagem e ilustrações para melhor visualização. Por fim, aborda-se a elaboração de uma cartilha informativa, em linguagem acessível, que tem como objetivo orientar um possível uso pela população do filtro proposto.

Para melhor visualização dos procedimentos adotados nesta pesquisa, o processo é resumido no fluxograma a seguir:



3.1 Experimento preliminar

Para validar o funcionamento do sistema de filtragem e analisar seu desempenho, foi realizado um experimento preliminar em escala reduzida, atuando como uma prototipagem do filtro de areia em escala real. Esse estudo permitiu observar o comportamento do material filtrante e identificar possíveis ajustes antes da implementação do projeto em maior escala, garantindo maior confiabilidade no dimensionamento do sistema principal.

3.1.1 Descrição do experimento

O sistema experimental utilizado neste estudo corresponde ao mesmo modelo de filtro desenvolvido por Paiva (2024), sendo utilizado nesta pesquisa para a realização de novos testes de desempenho em condições experimentais distintas.

O conjunto experimental é composto por três filtros confeccionados a partir de garrafas PET transparentes (Figura 3), sendo duas de 2 L e uma de 2,5 L, todas previamente higienizadas e seccionadas a um terço de sua altura. O corte foi definido de modo a permitir a adequada acomodação das camadas filtrantes e o escoamento uniforme da água. A base de cada filtro contém uma camada de gaze e algodão, responsáveis por reter partículas finas e evitar o arraste do material filtrante.

O leito filtrante de todos os três filtros é composto por camadas sucessivas de materiais de diferentes granulometrias, dispostas no sentido da menor para a maior, sendo: 200 g de areia de rejeito de minério de ferro (ARMF) com diâmetro inferior a 0,08 mm (areia fina), 200 g de areia 1 (0,08 mm), 200 g de areia 2 (0,3 mm), 200 g de areia 3 (0,6 mm) e uma camada superior de argila expandida, separadas por discos de gaze, conforme descrito por Paiva (2024). Para melhor visualização dos materiais utilizados, foram incluídas imagens das areias em conjunto na Figura 1.



Figura 1 - Areias utilizadas como materiais filtrantes
Fonte: Autor (2025)

3.1.2 Preparação da água turva

Assim, foram executados novos ensaios experimentais com variação dos níveis de turbidez da água de alimentação. A água turva utilizada foi preparada por meio da mistura de areia de rejeito de minério de ferro em água de torneira, em diferentes proporções, de modo a obter valores distintos de turbidez inicial.

3.1.3 Procedimento experimental

Em cada ensaio, foi depositado um volume de 1 L de água turva sobre o topo do filtro, a cerca de 5 cm da camada superior, utilizando um béquer para controle do escoamento. As medições de turbidez foram realizadas com o turbidímetro PoliControl, modelo AP2000, mostrado na Figura 2.

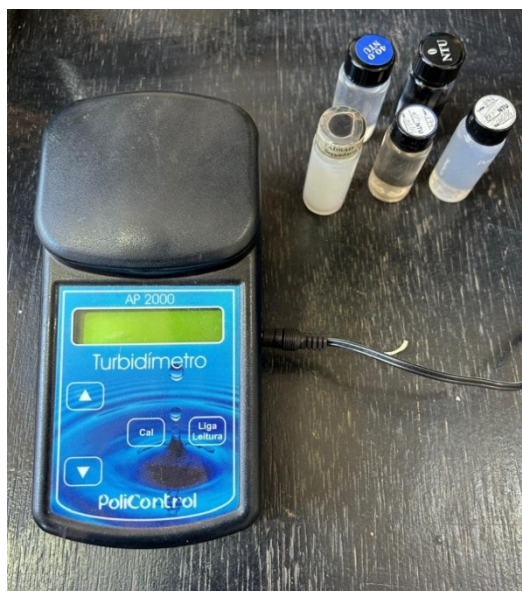


Figura 2 - Turbidímetro PoliControl, modelo AP2000
Fonte: Autor (2025)

O conjunto de filtros montados está ilustrado na Figura 3, juntamente com os béqueres utilizados para a aplicação da água sobre o filtro.



Figura 3 - Filtros montados em uso
Fonte: Autor (2024)

3.1.4 Resultados do experimento preliminar

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos no estudo preliminar conduzido com os filtros confeccionados em garrafas PET, etapa que funcionou como uma prototipagem para avaliar, em pequena escala, a eficiência inicial dos testes. Foram registrados o tempo de percolação (intervalo em que a água infiltra no solo), a velocidade do escoamento, a turbidez inicial da água turva e a turbidez final após a filtragem, permitindo calcular as taxas de redução de turbidez alcançadas por cada filtro.

Esses dados foram importantes para verificar a consistência dos resultados e orientar o desenvolvimento do protótipo em escala ampliada apresentado nas etapas seguintes. O detalhamento dos cálculos realizados encontra-se no Apêndice A.

Data - Horário - Temp.(°C)	Filtro	Volume inicial (L)	Tempo de percolação (s)	Distância vertical (m)	Velocidade de percolação (m/s)	Volume que passa (L)	Volume retido (L)	Turbidez inicial (ntu)	Turbidez final (ntu)	Taxa de redução de turbidez (%)
04/10/2024 - 14h24 - 35°	Filtro 1	1,00	4,74	0,16	0,03	0,93	0,07	765,00	60,90	92%
	Filtro 2	1,00	2,84	0,19	0,07	0,97	0,03		40,40	95%
	Filtro 3	1,00	1,90	0,18	0,09	1,00	0,00		50,20	93%
09/10/2024 - 13h57 - 34°	Filtro 1	1,00	2,89	0,16	0,06	0,95	0,05	677,00	56,80	92%
	Filtro 2	1,00	2,31	0,19	0,08	0,95	0,05		31,50	95%
	Filtro 3	1,00	2,43	0,18	0,07	0,97	0,03		24,30	96%
11/10/2024 - 14h00 - 32°	Filtro 1	1,00	2,10	0,16	0,08	0,99	0,01	429,00	27,30	94%
	Filtro 2	1,00	2,75	0,19	0,07	0,96	0,04		13,80	97%
	Filtro 3	1,00	1,96	0,18	0,09	0,91	0,09		16,20	96%
16/10/2024 - 14h25 - 28°	Filtro 1	1,00	2,01	0,16	0,08	0,97	0,03	426,00	22,50	95%
	Filtro 2	1,00	2,74	0,19	0,07	0,90	0,10		13,30	97%
	Filtro 3	1,00	2,29	0,18	0,08	0,98	0,02		13,50	97%
18/10/2024 - 14h14 - 30°	Filtro 1	1,00	2,55	0,16	0,06	0,95	0,06	407,00	26,20	94%
	Filtro 2	1,00	3,15	0,19	0,06	0,90	0,10		13,80	97%
	Filtro 3	1,00	2,40	0,18	0,08	0,96	0,04		12,30	97%
24/10/2024 - 14h49 - 28°	Filtro 1	1,00	2,13	0,16	0,08	0,97	0,03	464,00	21,40	95%
	Filtro 2	1,00	3,04	0,19	0,06	0,97	0,03		9,99	98%
	Filtro 3	1,00	2,35	0,18	0,08	0,93	0,07		9,99	98%
25/10/2024 - 12h18 - 29°	Filtro 1	1,00	1,77	0,16	0,09	0,98	0,02	357,00	14,60	96%
	Filtro 2	1,00	2,28	0,19	0,08	0,98	0,02		11,10	97%
	Filtro 3	1,00	1,96	0,18	0,09	0,99	0,01		5,97	98%
30/10/2024 - 14h10 - 28°	Filtro 1	1,00	3,18	0,16	0,05	0,96	0,04	318,00	11,00	97%
	Filtro 2	1,00	3,46	0,19	0,05	0,97	0,03		5,66	98%
	Filtro 3	1,00	2,63	0,18	0,07	0,97	0,03		6,48	98%
06/11/2024 - 14h00 - 28°	Filtro 1	1,00	2,30	0,16	0,07	0,94	0,06	630,00	23,80	96%
	Filtro 2	1,00	4,78	0,19	0,04	0,94	0,06		12,50	98%
	Filtro 3	1,00	2,83	0,18	0,06	0,95	0,05		13,70	98%
13/11/2024 - 14h02 - 26°	Filtro 1	1,00	4,62	0,16	0,03	0,93	0,07	984,00	26,60	97%
	Filtro 2	1,00	4,23	0,19	0,04	0,90	0,10		22,40	98%
	Filtro 3	1,00	3,53	0,18	0,05	0,90	0,10		18,00	98%

Tabela 1 – Dados coletados do experimento preliminar

Fonte: Autor (2024)

Observando a Tabela 1 é possível identificar que o volume inicial foi padronizado em 1 L para todos os ensaios.

O tempo de percolação foi medido com cronômetro e está relacionado à permeabilidade do meio filtrante. As variações observadas entre os filtros são atribuídas principalmente a diferenças na compactação, granulometria e distribuição das partículas, decorrentes da montagem manual, além da colmatação dos poros e da formação de biofilme na superfície, que reduzem a permeabilidade e aumentam o tempo de percolação gradativamente.

A velocidade de percolação foi calculada com base na relação entre a distância vertical do meio filtrante e o tempo de percolação. Esse parâmetro permite compreender o comportamento hidráulico do sistema e o tempo de contato entre a água e o meio filtrante. Verificou-se que as velocidades permaneceram dentro de uma faixa relativamente próxima entre os ensaios, variando de 0,03 m/s à 0,09 m/s.

O volume que passa, medido com auxílio de becker, indicou a capacidade de retenção física do sistema e está associado à retenção de partículas sólidas e à absorção no interior do meio filtrante. Os valores registrados, que variaram entre 0,90 e 0,99 L, indicaram que não houve perdas volumétricas significativas e que o sistema operou de maneira eficiente.

A turbidez inicial apresentou variação entre as datas de ensaio, refletindo diferentes condições de carga de sólidos suspensos. Essa variação é importante para avaliar o desempenho do sistema sob diferentes usos de água residual.

Após o processo de filtração, houve redução significativa da turbidez em todos os ensaios realizados. A turbidez final apresentou valores consideravelmente inferiores aos iniciais, demonstrando eficiência na remoção de partículas suspensas.

A taxa de redução de turbidez foi calculada em termos percentuais e indicaram resultados superiores a 92% em todos os ensaios, com diversos registros próximos ou superiores a 97%. Esses valores demonstram elevado desempenho dos filtros na remoção de turbidez, independentemente das variações iniciais observadas ao longo dos testes. Na Figura 4 é possível observar as variações na taxa de redução de turbidez ao longo dos ensaios realizados.

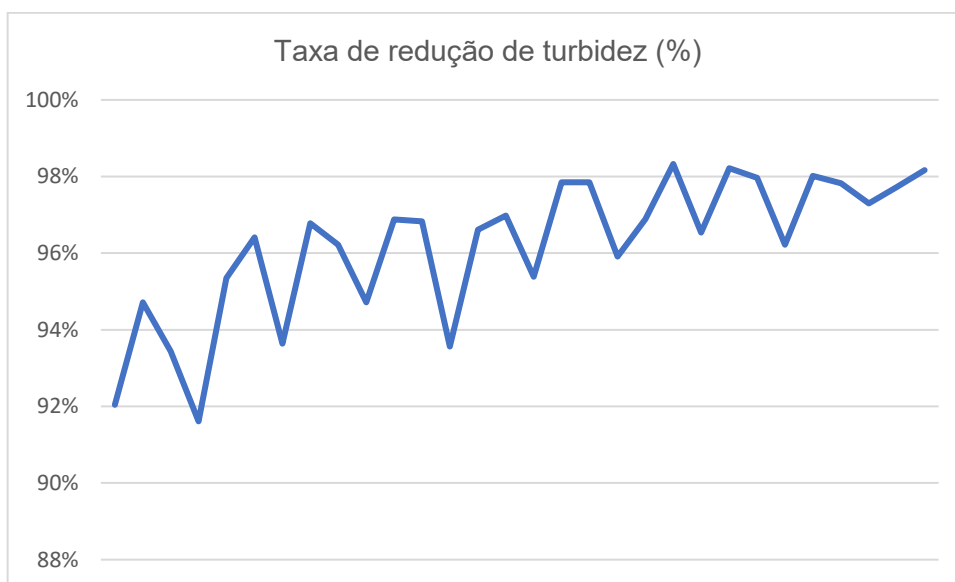


Figura 4 - Evolução das taxas de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)

Com o objetivo de avaliar a consistência dos resultados, foram calculados parâmetros estatísticos, incluindo média, variância, desvio padrão e coeficiente de variação, que estão presentes na Tabela 2.

Parâmetro estatístico de interesse	04/10/2024	09/10/2024	11/10/2024	16/10/2024	18/10/2024	24/10/2024	25/10/2024	30/10/2024	06/11/2024	13/11/2024
Média	50,50	37,53	19,10	16,43	17,43	13,79	10,56	7,71	16,67	22,33
	93,40%	94,46%	95,55%	96,14%	95,72%	97,03%	97,04%	97,57%	97,35%	97,73%
Variância	105,13	291,36	51,87	27,61	58,20	43,40	18,84	8,27	38,52	18,49
	0,02%	0,06%	0,03%	0,02%	0,04%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%
Desvio Padrão	10,25	17,07	7,20	5,25	7,63	6,59	4,34	2,88	6,21	4,30
	1,34%	2,52%	1,68%	1,23%	1,87%	1,42%	1,22%	0,90%	0,99%	0,44%
Coeficiente de Variação (%)	0,20	0,45	0,38	0,32	0,44	0,48	0,41	0,37	0,37	0,19
	1,44%	2,67%	1,76%	1,28%	1,96%	1,46%	1,25%	0,93%	1,01%	0,45%

Tabela 2 – Parâmetro estatístico de interesse

Fonte: Autor (2024)

A média observada em cada data de ensaio variou de 93,40% no primeiro dia até 97,73% no último, como apresentado na Figura 5, mostrando elevada eficiência média de remoção de turbidez ao longo do período analisado.

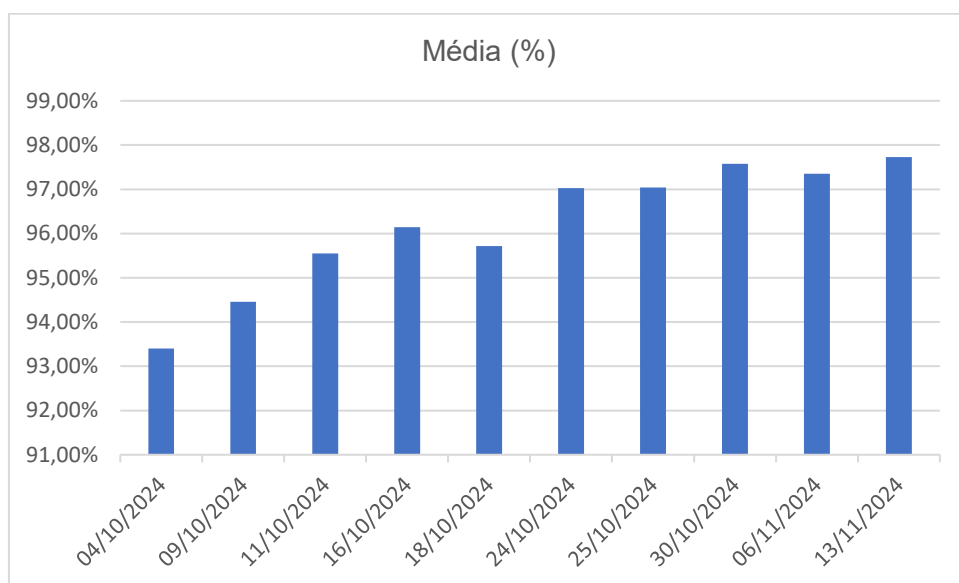


Figura 5 - Evolução da média das taxas de redução de turbidez no período analisado

Fonte: Autor (2025)

A variância foi utilizada para medir o grau de dispersão dos resultados em relação à média e pode ser observada na Figura 6. Os valores obtidos foram relativamente baixos, indicando pequena diferença entre o desempenho dos três filtros em uma mesma data.

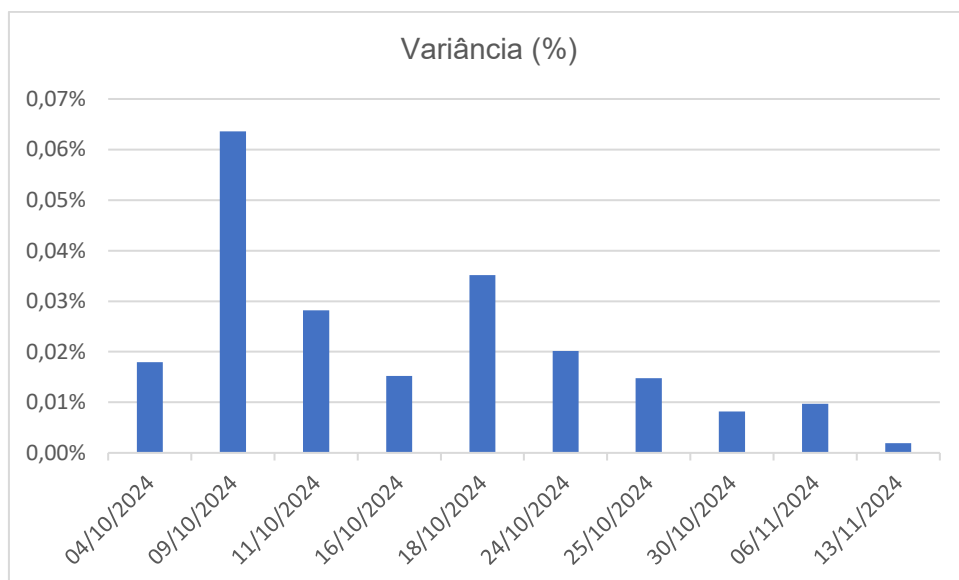


Figura 6 - Variância das taxas de redução de turbidez no período analisado

Fonte: Autor (2025)

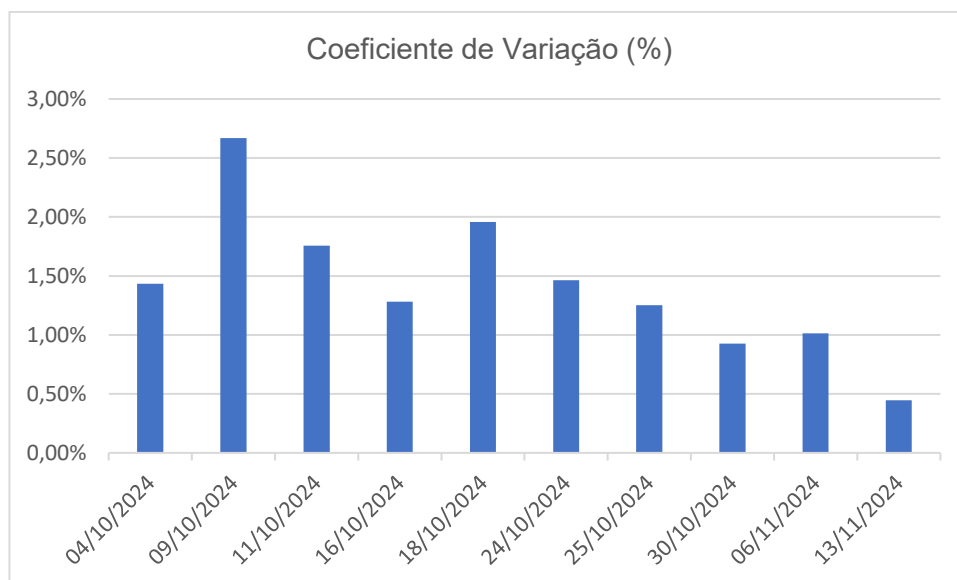
O desvio padrão reforça essa análise, demonstrando baixa dispersão dos resultados, com valores entre 0,44% e 2,52% (Figura 7).



Figura 7 – Desvio padrão das taxas de redução de turbidez no período analisado

Fonte: Autor (2025)

O coeficiente de variação apresentou valores baixos, entre 0,45% e 2,67%, indicando boa homogeneidade do experimento, conforme mostra a Figura 8.



*Figura 8 - Coeficiente de variação das taxas de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)*

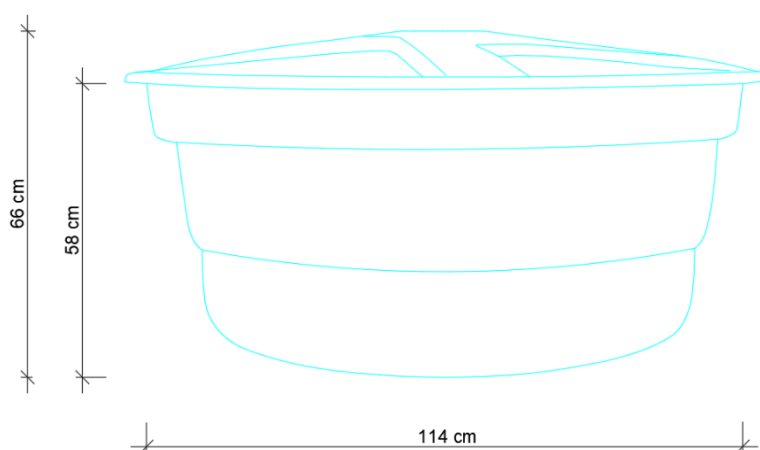
Em resumo, o experimento preliminar confirmou o bom funcionamento e desempenho do protótipo, o validando para aplicação nos estudos posteriores em maior escala.

3.2 Construção do Protótipo em Escala Ampliada

Com base na avaliação dos materiais e suas aplicações como elementos filtrantes observadas no estudo preliminar, foi desenvolvido um protótipo no campus da UFU. Esse modelo foi testado para a avaliação de desempenho, possibilitando ajustes e otimizações com o objetivo de obter a solução mais eficiente.

3.2.1 Identificação do sistema

O sistema consiste em um conjunto de filtros de leito filtrante montados sobre uma caixa d'água cilíndrica, com o objetivo de viabilizar o uso e reúso de águas pluviais e de águas cinzas para usos não potáveis. As medidas da caixa utilizada são mostradas na Figura 9.



*Figura 9: Medidas da caixa d'água de 500L
Fonte: Autor (2025)*

A Figura 10 apresenta o esquema de um filtro composto por um tubo de PVC, no qual as camadas filtrantes são dispostas de cima para baixo na seguinte ordem: argila expandida, responsável por reter folhas, insetos e partículas maiores; areia grossa, que retém partículas mais grosseiras; areia média, que complementa a filtração ao reter partículas intermediárias; areia fina e areia de rejeito de minério de ferro, que atuam como os principais meios filtrantes, promovendo a remoção das partículas mais finas e dos sólidos em suspensão; e, por fim, algodão, responsável pela filtragem final das impurezas remanescentes.

Os tubos foram acoplados a reduções de 150 x 100 mm para facilitar a manutenção dos filtros e garantir melhor fixação na instalação, possibilitando o encaixe adequado nos orifícios executados na tampa do reservatório.

Na junção do tubo com a redução, foi colocado um disco de gaze para impedir o contato direto entre o material filtrante e a camada de algodão posicionada logo abaixo, a qual preenche todo o espaço interno da redução de PVC acoplada à base do filtro. Na saída do filtro, um segundo disco foi adicionado, garantindo a fixação do algodão e evitando seu arraste pelo fluxo.



Figura 10: Esquema de corte transversal do filtro de areia
Fonte: Autor (2025)

Para a instalação dos filtros de areia no reservatório, foram feitos quatro furos na tampa do mesmo com 100 mm de diâmetro cada (Figura 11).

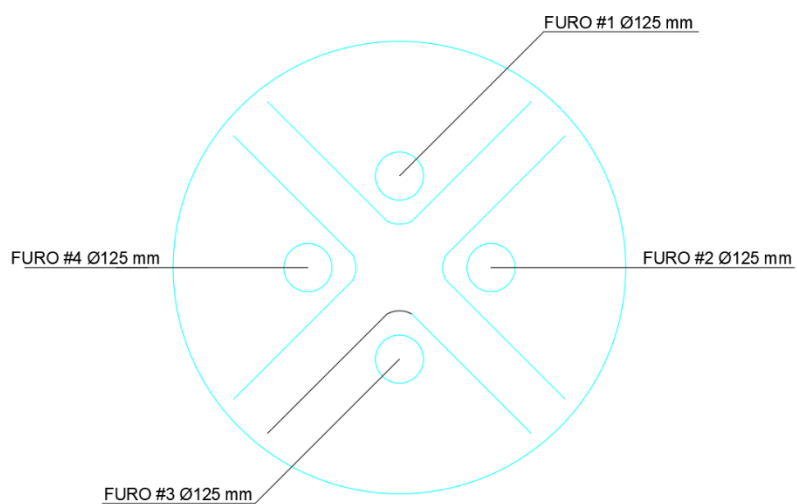


Figura 11: Vista em planta dos furos na tampa do reservatório
Fonte: Autor (2025)

Com os furos feitos os filtros são encaixados na tampa do reservatório (Figura 12).

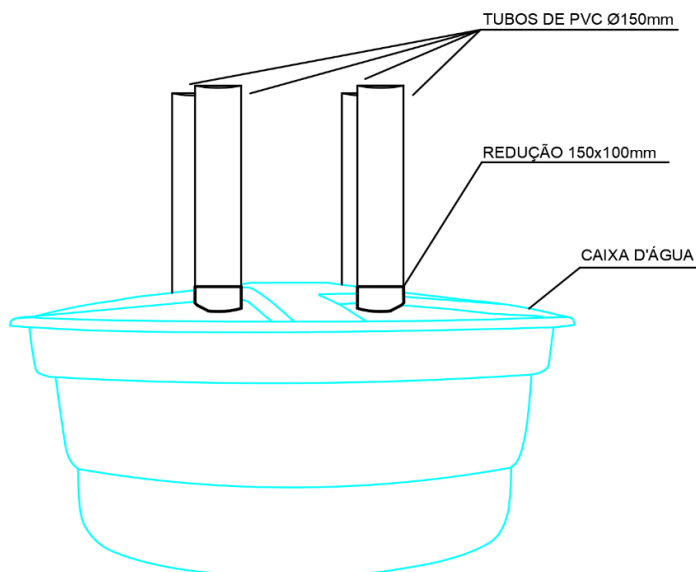


Figura 12 - Esquema dos filtros instalados no reservatório
Fonte: Autor (2025)

A Figura 13 apresenta uma imagem geral do sistema pronto, evidenciando a disposição dos filtros.



Figura 13 - Sistema devidamente montado
Fonte: Autor (2025)

3.2.2 Elaboração da Cartilha

Após a realização dos testes, foi elaborada uma cartilha com linguagem acessível acerca do uso e aplicação do filtro, contida no Apêndice B deste trabalho. A

cartilha foi desenvolvida levando em consideração as necessidades do público-alvo, com elementos ilustrativos para facilitar a compreensão por parte da população.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados do protótipo em escala ampliada

Os ensaios foram realizados com quatro filtros, mantendo volume inicial padronizado de 1 L e altura do leito filtrante de 0,25 m. Assim como no experimento preliminar, foram analisados o tempo e a velocidade de percolação, turbidez inicial, turbidez final e taxa de redução percentual.

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos nos testes realizados com o protótipo.

Data - Horário - Temp.(°C)	Filtro	Tipo de água	Volume inicial (L)	Tempo de percolação (s)	Distância vertical (m)	Velocidade de percolação (m/s)	Turbidez inicial (ntu)	Turbidez final (ntu)	Taxa de redução de turbidez (%)
30/10/2025 - 13h00 - 26°	Filtro 1	Água de lavagem de roupas	1,00	65,00	0,25	0,004	217,00	60,90	72%
	Filtro 2		1,00	121,00	0,25	0,002	216,00	66,00	69%
	Filtro 3		1,00	111,31	0,25	0,002	216,00	129,00	40%
	Filtro 4		1,00	79,00	0,25	0,003	217,00	46,00	79%
03/11/2025 - 12h30 - 23°	Filtro 1	Água de limpeza de piso	1,00	21,00	0,25	0,012	175,00	117,00	33%
	Filtro 2		1,00	22,10	0,25	0,011	180,00	79,30	56%
	Filtro 3		1,00	15,26	0,25	0,016	180,00	63,50	65%
	Filtro 4		1,00	27,00	0,25	0,009	180,00	56,40	69%
05/11/2025 - 15h00 - 26°	Filtro 1	Água de pia	1,00	15,21	0,25	0,016	227,00	37,90	83%
	Filtro 2		1,00	17,27	0,25	0,014	155,00	8,29	95%
	Filtro 3		1,00	18,32	0,25	0,014	247,00	39,90	84%
	Filtro 4		1,00	13,78	0,25	0,018	300,00	14,60	95%
10/11/2025 - 12h40 - 27°	Filtro 1	Água de limpeza de piso	1,00	17,78	0,25	0,014	249,00	58,30	77%
	Filtro 2		1,00	21,68	0,25	0,012	247,00	26,90	89%
	Filtro 3		1,00	23,50	0,25	0,011	228,00	46,50	80%
	Filtro 4		1,00	14,46	0,25	0,017	221,00	21,10	90%
14/11/2025 - 12h36 - 30°	Filtro 1	Água de lavagem de roupas	1,00	13,41	0,25	0,019	163,00	42,00	74%
	Filtro 2		1,00	14,75	0,25	0,017	163,00	38,70	76%
	Filtro 3		1,00	17,89	0,25	0,014	163,00	53,00	67%
	Filtro 4		1,00	12,78	0,25	0,020	161,00	14,80	91%
24/11/2025 - 17h00 - 24°	Filtro 1	Água da chuva	1,00	25,74	0,25	0,010	98,10	36,30	63%
	Filtro 2		1,00	24,04	0,25	0,010	97,50	19,80	80%
	Filtro 3		1,00	30,02	0,25	0,008	96,70	33,00	66%
	Filtro 4		1,00	21,55	0,25	0,012	86,30	27,20	68%

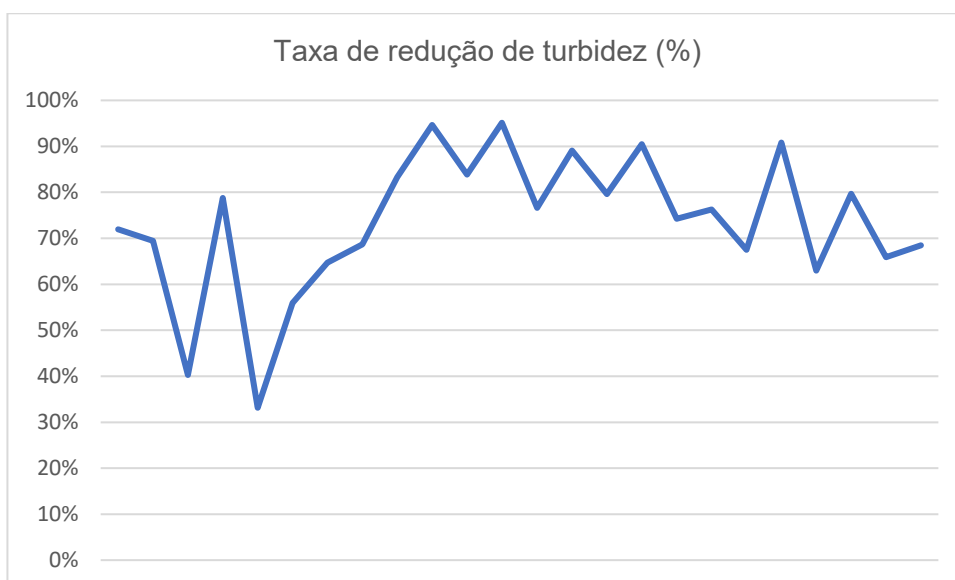
Tabela 3 – Resultados do experimento com o protótipo

Fonte: Autor (2025)

Na Tabela 3 é possível observar a variação nos tempos e velocidade de percolação de acordo com o tipo de água analisado. Mesmo variando o tipo de água o sistema manteve capacidade de operação, o que indica que a permeabilidade do sistema é adequada para aplicação como meio filtrante.

Esses resultados também demonstram que o meio filtrante composto com areia de rejeito de minério de ferro apresentou comportamento hidráulico compatível com sistemas de filtração lenta, não havendo interrupção do escoamento.

A turbidez final apresentou redução em todos os ensaios realizados. As taxas de redução variaram entre 33% e 95% (Figura 14). Em diversos ensaios, as eficiências foram superiores a 80%, indicando que o sistema possui capacidade relevante de retenção de partículas suspensas.



*Figura 14 - Evolução da taxa de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)*

Em relação à turbidez, os valores iniciais variaram conforme o tipo de água utilizada. Essa variação permitiu avaliar o desempenho do filtro sob diferentes condições de uso, aproximando os ensaios da realidade prática de aplicação do sistema. No uso cotidiano, a composição da água a ser utilizada no filtro não se manterá constante, variando em função da origem, da presença de partículas suspensas ou até mesmo substâncias químicas.

Dessa forma, a utilização de diferentes tipos de água possibilitou uma análise mais representativa do comportamento do filtro em situações reais, ao invés de limitar a avaliação a condições controladas como no experimento preliminar realizado.

É importante ressaltar que embora os ensaios não tenham sido realizados em duplicata para cada condição específica, o experimento contemplou diferentes situações

operacionais e diferentes cargas de turbidez, permitindo a avaliação do desempenho do sistema.

Os resultados demonstraram variabilidade entre os filtros, a qual pode ser associada principalmente às características da água utilizada e às pequenas variações relacionadas à construção manual de cada unidade filtrante, e não a inconsistências experimentais.

Considerando que o objetivo principal deste trabalho é avaliar a viabilidade técnica do uso de filtros de areia com foco na remoção de turbidez, a metodologia adotada mostrou-se adequada, uma vez que os resultados evidenciam a capacidade do sistema em promover redução significativa desse parâmetro sob diferentes condições de aplicação.

Do ponto de vista estatístico é possível observar no Tabela 4 uma maior variação dos resultados em comparação à etapa preliminar, algo que está relacionado principalmente à heterogeneidade das águas. Era esperado que em sistemas reais essas variações pudessem acontecer, o que reforça a importância de avaliar o desempenho do material sob diferentes condições.

Parâmetro estatístico de interesse	30/10/2025	03/11/2025	05/11/2025	10/11/2025	14/11/2025	24/11/2025
Média	75,48	79,05	25,17	38,20	37,13	29,08
	65,11%	55,62%	89,23%	83,94%	77,20%	69,26%
Variância	1345,30	731,70	258,56	297,67	258,89	52,38
	2,90%	2,53%	0,43%	0,47%	0,96%	0,53%
Desvio Padrão	36,68	27,05	16,08	17,25	16,09	7,24
	17,02%	15,90%	6,54%	6,88%	9,82%	7,31%
Coefficiente de Variação (%)	0,49	0,34	0,64	0,45	0,43	0,25
	26,15%	28,59%	7,33%	8,20%	12,72%	10,55%

Tabela 4 – Parâmetro estatístico de interesse

Fonte: Autor (2025)

A Figura 15 apresenta a evolução da taxa média de redução de turbidez ao longo do período analisado, mostrando o desempenho do material nas diferentes condições operacionais avaliadas.

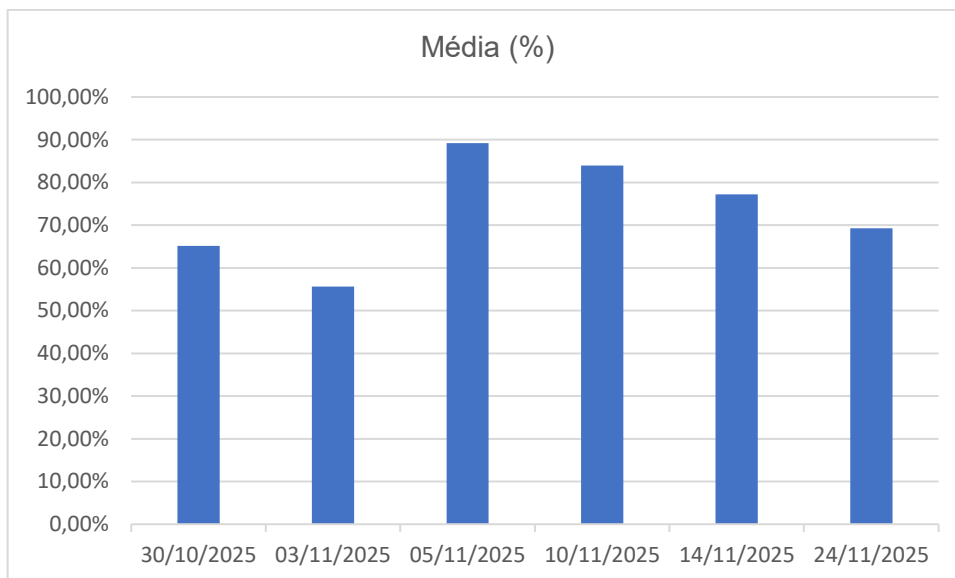


Figura 15 - Média da taxa de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)

Na Figura 16, é possível observar a variância dos resultados, indicando o grau de dispersão das medições em torno da média da taxa de redução de turbidez.

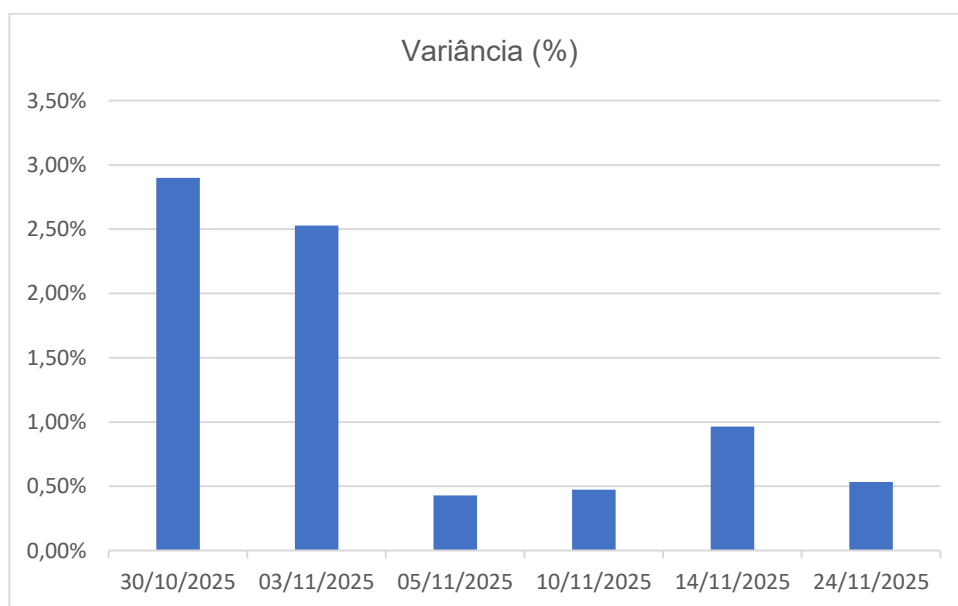
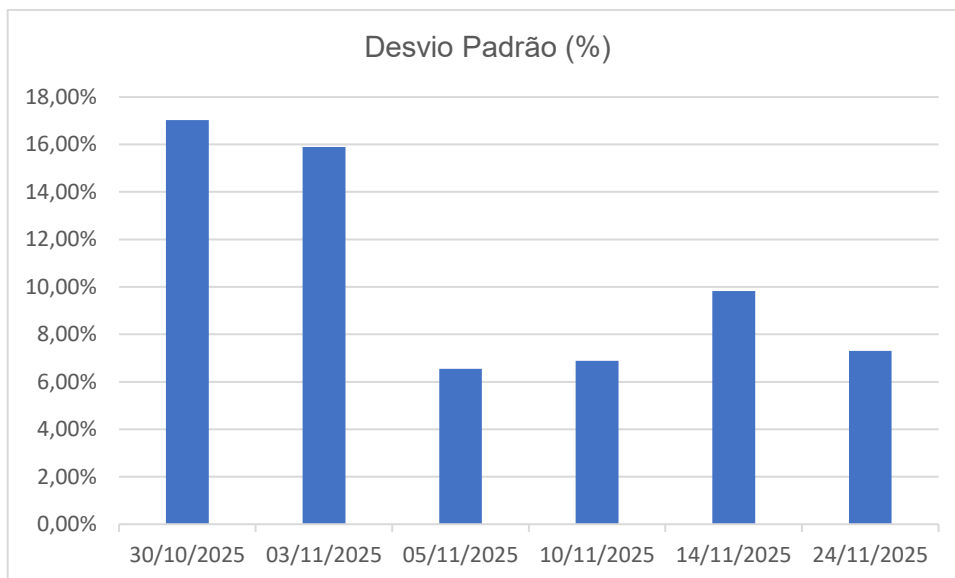


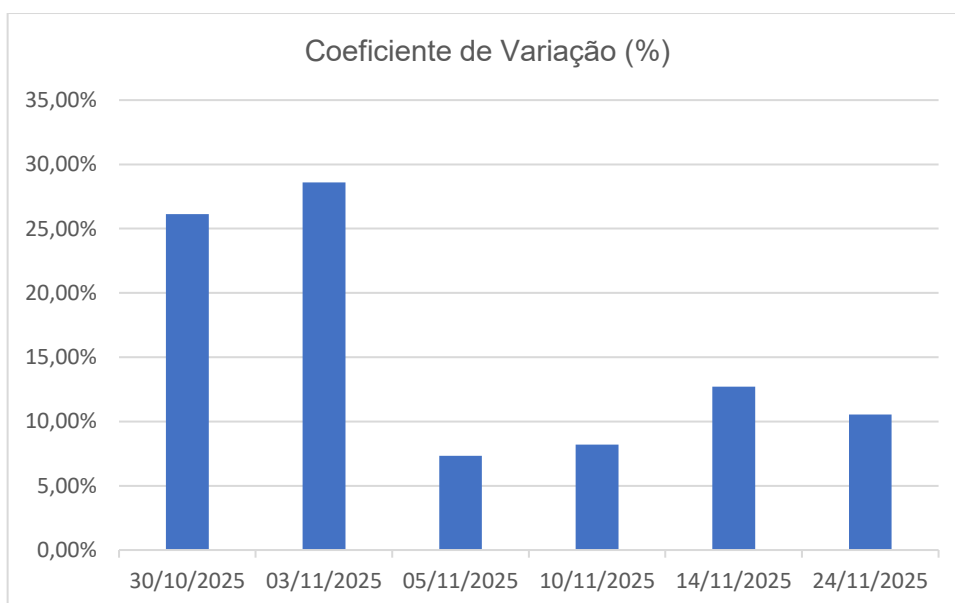
Figura 16 - Variância da taxa de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)

A Figura 17 demonstra o comportamento do desvio padrão.



*Figura 17 - Desvio padrão da taxa de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)*

Já a Figura 18 apresenta o coeficiente de variação (%), permitindo a avaliação da dispersão relativa dos resultados e contribuindo para a interpretação do sistema.



*Figura 18 - Coeficiente de variação da taxa de redução de turbidez no período analisado
Fonte: Autor (2025)*

Em resumo, os resultados obtidos demonstram que o protótipo apresentou desempenho satisfatório na redução da turbidez. A análise estatística indica variações dentro do esperado, demonstrando potencial de aplicação prática em contextos de uso doméstico.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como propósito desenvolver um protótipo de filtro de areia voltado ao uso e reuso de água em domicílios urbanos, especialmente em contextos de vulnerabilidade social. A pesquisa demonstrou que é possível desenvolver um sistema de filtragem utilizando materiais como areias de diferentes granulometrias, argila expandida e algodão, com capacidade efetiva de redução da turbidez em diferentes tipos de água de reuso.

Os resultados obtidos evidenciam a viabilidade técnica do sistema quanto à remoção de partículas suspensas, com reduções significativas de turbidez em diferentes condições experimentais. Dessa forma, o protótipo apresenta potencial de aplicação prática no aproveitamento de águas residuais domésticas e pluviais para usos não potáveis, contribuindo para a promoção do uso racional da água.

Entretanto, é importante destacar que a avaliação do desempenho do sistema foi baseada principalmente na análise de turbidez, que embora seja relevante como indicador de qualidade, não é suficiente para garantir a segurança sanitária da água. Assim, não é possível recomendar o uso da água filtrada para fins potáveis ou que envolvam contato direto com o ser humano, sendo seu uso mais indicado para aplicações como descarga de sanitários, limpeza de superfícies e irrigação de áreas verdes.

Em relação a limitações identificadas, destaca-se o fato de que os testes foram realizados apenas com água residual doméstica e água coletada da chuva, não contemplando outros tipos de águas residuais, como as industriais. O que abre espaço para pesquisas futuras, que para além do uso doméstico, podem ser realizadas testando águas industriais, ou ainda em estabelecimentos comerciais.

Além disso, é recomendada a realização de estudos complementares voltados à avaliação microbiológica da água filtrada, bem como análises do acúmulo de sedimentos na camada superior do filtro. Esse acúmulo, proveniente da água residual, pode formar com o tempo uma película ou camada filtrante adicional, impactando a eficiência do sistema, sendo relevante investigar seu efeito sobre o desempenho do filtro em longo prazo.

Também é importante ressaltar a importância de estudos relacionados à presença de ferro na areia de rejeito utilizada como meio filtrante. Embora o material tenha apresentado desempenho satisfatório na redução da turbidez, não foram realizadas análises específicas quanto à possível liberação de ferro residual na água

filtrada, já que esse não era o objetivo do trabalho. Assim, é recomendado estudos futuros que incluam ensaios voltados à quantificação desse parâmetro, a fim de avaliar eventuais impactos na água filtrada.

REFERÊNCIAS

Abdul N. L., Gordhan D. W., Abdul R. Jatoi, Faheem A. Shaikh, Zafar A. Siyal. Performance analysis of water filtration units for reduction of pH, turbidity, solids and electricity conductivity. **Engineering, Technology & Applied Science Research**, v. 8, n. 4, p. 3209-3212, 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Atlas águas: segurança hídrica do abastecimento urbano**. Brasília, DF: ANA, 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO (ANM). **Boletim mensal – barragens de mineração: maio 2025**. Brasília, DF: ANM, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/barragens/boletim-de-barragens-de-mineracao/boletim-mensal-maio-2025>. Acesso em: 14 de junho de 2024.

AMBSCIENCE. **O que são águas residuais e como reutilizá-las?** [S. l.], 2025. Disponível em: <https://ambscience.com/o-que-sao-aguas-residuais-e-como-reutiliza-las/>. Acesso em 22 ago. 2025.

BENDIDA, A.; TIDJANI, A. E. B.; BADRI, A.; KENDOUCI, M. A.; NABOU, M. Treatment of domestic wastewater from the town of Bechar by a sand filter (sand of Beni Abbes Bechar Algeria). **Energy Procedia**, v. 36, p. 825-833, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2013.07.095>

BEZERRA, A. M. N.; RIBEIRO, M. H. G.; COUTINHO, A. P.; RABELO, A. E. C. G. C.; GONÇALVES, E. A. P. Pós-tratamento de efluentes de lavanderia de jeans utilizando filtros lentos de areia. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2586>. Acesso em: 17 ago. 2025.

BOECHAT, I.; PINTO-COELHO, R. M.; GUCKER, B.; ROCHA, L. C. Crise da água no Brasil: várias crises em uma. **Caderno de Geografia**, v. 31, n. esp. 1, 2021. <https://doi.org/10.5752/p.2318-2962.2021v31nesp1p1>.

COSTA, A. V.; GUMIERI, A. G.; BRANDÃO, P. R. G. Piso intertravado produzido com rejeito de sinter feed. **Rev. IBRACON Estrut. Mater.**, v. 7, n. 2, p. 244–259, 2014.

DANI, A.; PEREIRA, C. A. Z.; PARENTE, M. L.; SANTOS, N. M. P. Impactos sociales y ambientales de la minería y espacialización de indicadores de desarrollo humano (IDHM) en la microregión de Parauapebas (PA). **Revista GeoAmazônia**, Belém, v. 10, n. 19, p. 141-158, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/geoamazonia/index>. Acesso em: 10 ago. 2025.

DIOP, C. et al. Experimental study of slow sand filtration for the treatment of various wastewaters in tropical environment. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 8, n. 6, p. 2828–2841, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.39>.

EFFLER, S. W. Secchi Disc Transparency and Turbidity. **Journal of Environmental Engineering**, v. 114, n. 6, 1988.

FERNANDES, V. M. C. **Padrões para reúso de águas residuárias em ambientes urbanos**. Passo Fundo: Universidade de Passo Fundo, [s.d.].

FIORI, S. **Potencial de reúso de água cinza em edifícios residenciais multifamiliares**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2005.

FIRMO, L. K. M.; ABREU, G. B.; SILVA, N. A. N.; SILVA, F. L. Estudo da viabilidade do aproveitamento do rejeito de minério de ferro na produção de vidro. **Ciência em Prosa**, v. 20, n. 35, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.36704/cipraxis.v20i35.7414>.

FURO, E. C.; ROSENDO, B. L.; CAMPOS, D.; FILGUEIRAS, L. L. Reaproveitamento de águas residuais através do processo de evaporação. In: **SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**, 12., 2014. Anais [...]. [S.l.]: ABRH, 2014. Disponível em: <https://eventos.abrh.org.br/xiisrh/anais/papers/PAP017512.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2025.

GHALY, A. E.; MAHMOUD, N. S.; IBRAHIM, M. M.; MOSTAFA, E. A.; ABDELRAHMAN, E. N.; EMAM, R. H.; KASSEM, M. A.; HATEM, M. H. Greywater sources, characteristics, utilization and management guidelines: a review. **Advance in Environmental Waste Management & Recycling**, Giza, 2021. DOI: 4 (2):128-145

GOIÁS. **PAC 06 – Águas Residuais**. Goiânia: Governo do Estado de Goiás, 2016. Disponível em: https://goias.gov.br/agrodefesa/wp-content/uploads/sites/49/2016/07/1_pac-06-Aguas-residuais-751.pdf. Acesso em: 20 ago. 2025.

GUCHI, E. Review on slow sand filtration in removing microbial contamination and particles from drinking water. **American Journal of Food and Nutrition**, v. 3, p. 47-55, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Ephrem-Guchi/publication/275342892_Review_on_Slow_Sand_Filtration_in_Removing_Microbial_Contamination_and_Particles_from_Drinking_Water/links/55390e250cf247b8587f7604/Review-on-Slow-Sand-Filtration-in-Removing-Microbial-Contamination-and-Particles-from-Drinking-Water.pdf

HACKNEY, C. R. et al. Riverbank instability from unsustainable sand mining in the lower Mekong River. **Nature Sustainability**, [S.l.], v. 3, p. 217–225, 2020. DOI: 10.1038/s41893-019-0455-3.

HAIG, S. J.; COLLINS, G.; DAVIES, R. L.; DOREA, C. C.; QUINCE, C. Biological aspects of slow sand filtration: past, present and future. *Water Science and Technology*: **Water Supply**, v. 11, p. 468-472, 2011. <https://doi.org/10.2166/ws.2011.076>

INÁCIO, M. D. S.; OLIVEIRA, L. B.; CAETANO, É. M.; NOGUEIRA, F. C.; SILVA, F. L. Estudo da viabilidade técnica de utilização de rejeito de minério de ferro na pavimentação. **Rev. Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 7, p. 01–22, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.55905/oelv22n7-010>.

KITCHENER, Ben et al. A review of the principles of turbidity measurement. Progress in Physical Geography: **Earth and Environment**, [s. l.], ano 2017, v. 41, n. 5, p. 620-642, 23 ago. 2017. DOI <https://doi.org/10.1177/0309133317726540>.

LACERDA, Hanna Tiago; LÁZARO, Bruno de Oliveira; SILVA, Alice Rosa da. **Avaliação da eficiência na redução de turbidez de diferentes misturas filtrantes compostas por materiais alternativos**. Universidade Federal de Uberlândia, II FluHidros e XVI ENES, [2023].

LI, F. **Treatment of household grey water for non-potable reuses**. PhD (Tese) – Hamburg University of Technology, Hamburgo, 2009.

LOVIBOND. **Turbidity analysis brochure: turbidity basics and measurement. Lovibond Water Testing**, 2023. Disponível em: https://www.lovibond.com/ix_pim_assets/Wasseranalytik/Downloads/Broschueren/Turbidity_Measurement/turbidity_analysis_brochure_en.pdf. Acesso em 10 dez. 2025.

MAIYO, J. K.; DASIKA, S.; JAFVERT, C. T. Slow sand filters for the 21st century: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 2, p. 1019, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijerph20021019>.

MIKIS. Na Introduction to Slow sand filtration. **Filtration**, Issue 1, dez. 2015. Disponível em: <https://mikis.co.nz/wp-content/uploads/2022/05/An-Introduction-To-Slow-Sand-Filtration.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2025.

MOREIRA, T. M.; SEO, E. S. M. Reúso da água de chuva: uma alternativa sustentável para os períodos de escassez hídrica. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 4, n. 1, p. 671-683, jan./mar. 2021.

MOURA, P. G. et al. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Revista da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental**, 2020.

OCDE – ORGANIZAÇÃO PARA A COOPERAÇÃO E O DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO. **Water security for better lives**. Paris: OECD, 2013. Disponível em: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2013/09/water-security-for-better-lives_g1g30ba2/9789264202405-en.pdf

PAIVA, J. V. **Análise da eficiência de filtros domésticos de areia, na remoção de turbidez de água para fins não potáveis**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/44362/3/AnáliseEficiênciaFiltros.pdf>

PAVÃO, B. B. M.; NASCIMENTO, E. P. Crise hídrica como unidade analítica sobre a regulação das águas brasileiras. **Desenvolvimento e Meio ambiente**, v. 52, p. 1-20, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/made/article/view/65212>. Acesso em: 25 set. 2025.

SANTOS, A. S. P. et al. **Diretrizes para o reúso de água no Brasil**. Braga; Rio de Janeiro: Instituto Reúso de Água (IRdA), 2025.

SILVA, R. M. R.; NUNES, R. M.; NOGUEIRA, F. C.; SILVA, F. L. Aproveitamento do rejeito de minério de ferro da Mina do Andrade para a confecção de blocos intertravados. **Tecnol. Met. Mater. Min.**, v. 20, e2660, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.4322/2176-1523.20222660>.

SONTER, L. J.; ALI, S. H.; WATSON, J. E. M. Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 285, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1926>.

TEIXEIRA, C. A.; GHISI, E. Comparison of rainwater treatment using filtration materials and membranes. **Water**, v. 11, n. 5, p. 1004, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w11051004>. Acesso em: 12 ago. 2025.

TONETTI, A. L. et al. Tratamento de esgoto e produção de água de reúso com o emprego de filtros de areia. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 17, n. 3, p. 287–294, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-41522012000300005>.

UBERLÂNDIA. **Plano Plurianual (PPA 2021)**. Uberlândia: Prefeitura Municipal, 2021. Disponível em: <https://docs.uberlandia.mg.gov.br/wp-content/uploads/2021/12/6270.pdf>. Acesso em: 14 jun. 2025.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2023**. Edição de: Lois Jensen. 2024. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2023/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2023.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2025.

UNITED NATIONS. **The Sustainable Development Goals Report 2024**. New York: United Nations, June 2024. 51 p. Disponível em: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2024/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2024.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2025.

ZHAO, Y. et al. Purification of harvested rainwater using slow sand filters with low-cost materials: bacterial community structure and purifying effect. **Science of the Total Environment**, v. 674, p. 344–354, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.474>.

Apêndice A – Memorial de Cálculo

1. Objetivo

Este memorial apresenta os procedimentos e fórmulas utilizados para avaliar o desempenho dos filtros de areia, aplicáveis tanto aos testes preliminares quanto ao protótipo feito. Os dados coletados durante os ensaios foram lançados em planilhas, onde os cálculos foram realizados para obtenção dos resultados apresentados nas devidas tabelas. Neste apêndice, encontram-se os cálculos do experimento.

2. Dados Medidos

Para cada ensaio, são coletados os seguintes dados:

- Volume inicial (V_i): volume de água colocado no filtro (L).
- Tempo de percolação (t): medido com cronômetro (s).
- Distância vertical (d): altura da coluna de areia no filtro (m).
- Volume que passa (V_p): volume de água filtrado, medido com Becker (L).
- Turbidez inicial (T_i): medida com turbidímetro (NTU).
- Turbidez final (T_f): medida com turbidímetro após filtração (NTU).

3. Cálculos

3.1 Velocidade de percolação (v)

$$v = d / t$$

- v = velocidade de percolação (m/s)
- d = distância vertical da coluna de água (m)
- t = tempo de percolação (s)

3.2 Taxa de redução de turbidez (%)

$$\text{Redução de turbidez (\%)} = ((T_i - T_f) / T_i) \times 100$$

- T_i = turbidez inicial (NTU)
- T_f = turbidez final (NTU)

4. Cálculos aplicados ao experimento

**4.1 Ensaio realizado em 30/10/2025
às 13h00 (26 °C) - Tipo de água: água
de lavagem de roupas**

Filtro 1

$$t = 65,00 \text{ s}$$

$$d = 0,25 \text{ m}$$

$$v = 0,25 / 65,00$$

$$v = 0,0038 \text{ m/s} \approx 0,004 \text{ m/s}$$

$$T_i = 217,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 60,90 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 72 \%$$

Filtro 2

$$t = 121,00 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 121,00$$

$$v = 0,0021 \text{ m/s} \approx 0,002 \text{ m/s}$$

$$T_i = 216,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 66,00 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 69 \%$$

Filtro 3

$$t = 111,31 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 111,31$$

$$v = 0,0022 \text{ m/s} \approx 0,002 \text{ m/s}$$

$$T_i = 216,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 129,00 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 40 \%$$

Filtro 4

$$t = 79,00 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 79,00$$

$$v = 0,0032 \text{ m/s} \approx 0,003 \text{ m/s}$$

$$T_i = 217,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 46,00 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 79 \%$$

**4.2 Ensaio realizado em 03/11/2025
às 12h30 (23 °C) - Tipo de água: água
de limpeza de piso**

Filtro 1

$$t = 21,00 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 21,00$$

$$v = 0,0119 \text{ m/s} \approx 0,012 \text{ m/s}$$

$$T_i = 175,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 117,00 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 33 \%$$

Filtro 2

$$t = 22,10 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 22,10$$

$$v = 0,0113 \text{ m/s} \approx 0,011 \text{ m/s}$$

$$T_i = 180,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 79,30 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 56 \%$$

Filtro 3

$$t = 15,26 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 15,26$$

$$v = 0,0164 \text{ m/s} \approx 0,016 \text{ m/s}$$

$$T_i = 180,00 \text{ NTU}$$

$$T_f = 63,50 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 65 \%$$

Filtro 4

$$t = 27,00 \text{ s}$$

$v = 0,25 / 27,00$
 $v = 0,0093 \text{ m/s} \approx 0,009 \text{ m/s}$

$T_i = 180,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 56,40 \text{ NTU}$

Redução = 69 %

**4.3 Ensaio realizado em 05/11/2025
 às 15h00 (26 °C) - Tipo de água:
 água de pia**

Filtro 1

$t = 15,21 \text{ s}$

$v = 0,25 / 15,21$
 $v = 0,0164 \text{ m/s} \approx 0,016 \text{ m/s}$

$T_i = 227,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 37,90 \text{ NTU}$

Redução = 83 %

Filtro 2

$t = 17,27 \text{ s}$

$v = 0,25 / 17,27$
 $v = 0,0145 \text{ m/s} \approx 0,014 \text{ m/s}$

$T_i = 155,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 8,29 \text{ NTU}$

Redução = 95 %

Filtro 3

$t = 18,32 \text{ s}$

$v = 0,25 / 18,32$
 $v = 0,0136 \text{ m/s} \approx 0,014 \text{ m/s}$

$T_i = 247,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 39,90 \text{ NTU}$

Redução = 84 %

Filtro 4

$t = 13,78 \text{ s}$

$v = 0,25 / 13,78$
 $v = 0,0181 \text{ m/s} \approx 0,018 \text{ m/s}$

$T_i = 300,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 14,60 \text{ NTU}$

Redução = 95 %

**4.4 Ensaio realizado em 10/11/2025
 às 12h40 (27 °C) – Tipo de água: água
 de limpeza de piso**

Filtro 1

$t = 17,78 \text{ s}$

$v = 0,25 / 17,78$
 $v = 0,0141 \text{ m/s} \approx 0,014 \text{ m/s}$

$T_i = 249,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 58,30 \text{ NTU}$

Redução = 77 %

Filtro 2

$t = 21,68 \text{ s}$

$v = 0,25 / 21,68$
 $v = 0,0115 \text{ m/s} \approx 0,012 \text{ m/s}$

$T_i = 247,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 26,90 \text{ NTU}$

Redução = 89 %

Filtro 3

$t = 23,50 \text{ s}$

$v = 0,25 / 23,50$
 $v = 0,0106 \text{ m/s} \approx 0,011 \text{ m/s}$

$T_i = 228,00 \text{ NTU}$
 $T_f = 46,50 \text{ NTU}$

Redução = 80 %

Filtro 4

$t = 14,46 \text{ s}$

$v = 0,25 / 14,46$

$v = 0,0173 \text{ m/s} \approx 0,017 \text{ m/s}$

$T_i = 221,00 \text{ NTU}$

$T_f = 21,10 \text{ NTU}$

Redução = 90 %

**4.5 Ensaio realizado em 14/11/2025
às 12h36 (30 °C) – Tipo de água:
água de lavagem de roupas**

Filtro 1

$t = 13,41 \text{ s}$

$v = 0,25 / 13,41$

$v = 0,0186 \text{ m/s} \approx 0,019 \text{ m/s}$

$T_i = 163,00 \text{ NTU}$

$T_f = 42,00 \text{ NTU}$

Redução = 74 %

Filtro 2

$t = 14,75 \text{ s}$

$v = 0,25 / 14,75$

$v = 0,0170 \text{ m/s} \approx 0,017 \text{ m/s}$

$T_i = 163,00 \text{ NTU}$

$T_f = 38,70 \text{ NTU}$

Redução = 76 %

Filtro 3

$t = 17,89 \text{ s}$

$v = 0,25 / 17,89$

$v = 0,0140 \text{ m/s} \approx 0,014 \text{ m/s}$

$T_i = 163,00 \text{ NTU}$

$T_f = 53,00 \text{ NTU}$

Redução = 67 %

Filtro 4

$t = 12,78 \text{ s}$

$v = 0,25 / 12,78$

$v = 0,0196 \text{ m/s} \approx 0,020 \text{ m/s}$

$T_i = 161,00 \text{ NTU}$

$T_f = 14,80 \text{ NTU}$

Redução = 91 %

**4.6 Ensaio realizado em 24/11/2025
às 17h00 (24 °C) – Tipo de água:**

Filtro 1

$t = 25,74 \text{ s}$

$v = 0,25 / 25,74$

$v = 0,0097 \text{ m/s} \approx 0,010 \text{ m/s}$

$T_i = 98,10 \text{ NTU}$

$T_f = 36,30 \text{ NTU}$

Redução = 63 %

Filtro 2

$t = 24,04 \text{ s}$

$v = 0,25 / 24,04$

$v = 0,0104 \text{ m/s} \approx 0,010 \text{ m/s}$

$T_i = 97,50 \text{ NTU}$

$T_f = 19,80 \text{ NTU}$

Redução = 80 %

Filtro 3

$t = 30,02 \text{ s}$

$$v = 0,25 / 30,02$$

$$v = 0,0083 \text{ m/s} \approx 0,008 \text{ m/s}$$

$$T_i = 96,70 \text{ NTU}$$

$$T_f = 33,00 \text{ NTU}$$

$$\text{Redução} = 66 \%$$

Filtro 4

$$t = 21,55 \text{ s}$$

$$v = 0,25 / 21,55$$

$$v = 0,0116 \text{ m/s} \approx 0,012 \text{ m/s}$$

$$T_i = 86,30 \text{ NTU}$$

$$T_f = 27,20 \text{ NTU}$$

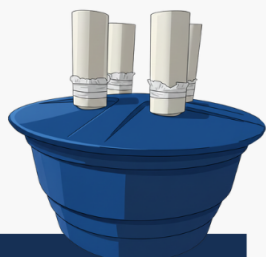
$$\text{Redução} = 68 \%$$

Apêndice B – Cartilha Informativa sobre a Construção do Protótipo

Como
fazer um

FILTRO DE ÁGUA DE REUSO

Um jeito simples de
reaproveitar a água



Para que serve este filtro?

Este filtro foi criado para ajudar você a aproveitar a água que sai da máquina de lavar roupas, da pia da cozinha ou da chuva e transforma-la em uma água limpa para ser usada de novo.

Importante: Esta água **NÃO** serve para beber, fazer comida ou tomar banho. Use apenas para lavar o quintal, a calçada, o carro ou para dar descarga no banheiro.

O que você vai precisar?

- 1 Caixa d'água de 500 litros com tampa;
- 4 Tubos de PVC de 150mm (com cerca de 50cm de comprimento);
- 4 Peças de redução de PVC (de 150mm para 100mm);
- Algodão e Gaze;
- Areia (fina, média e grossa);
- Argila Expandida;
- Areia de Minério;
- 1 Torneira simples e uma flange (peça para prender a torneira).

Etapa 1: Preparando a Caixa

- Faça 4 furos redondos de 12 cm na tampa da caixa d'água.
- Lá embaixo, perto do fundo da caixa, instale a torneira. É por ali que a água vai sair.



Etapa 2: Montando o Tubo do Filtro

- Encaixe o tubo de PVC na peça de redução, com ajuda de cola e fita adesiva.
- Na redução, preencha o espaço com bastante algodão e feche as saídas com gaze.



Etapa 3: Enchendo o filtro

Agora, coloque os materiais dentro do tubo, fazendo camadas de aproximadamente 5 cm, nesta ordem:

1. Primeiro, uma camada de areia de rejeito de minério de ferro.
2. Depois, uma camada de areia fina
3. Em seguida, a Areia média.
4. Depois, uma camada de areia grossa
5. Por último, lá no topo, coloque a argila expandida.



Faça isso para os 4 tubos.

Etapa 4: Encaixe final

- Coloque os 4 tubos prontos nos buracos da tampa da caixa.
- Agora é só jogar a água a ser reutilizada dentro dos tubos. Pode usar água da pia, da máquina de lavar, do tanquinho, do balde ou até mesmo da chuva.



DICAS PRÁTICAS

Como cuidar do seu filtro?

- Sempre que notar que a água está demorando muito para descer, é hora de limpar. Retire a camada de cima (as argilas e a areia grossa) e lave em água corrente ou substitua.
- Troque o algodão do fundo sempre que ele estiver bem escuro ou com forte odor.

