IMPLANTAÇÃO DE SISTEMA DE REÚSO INTERNO EM ETE: REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL E IMPACTOS NO *OPEX* – ESTUDO DE CASO NA ETE ARRUDAS

Mayra Ramos de Sousa [(1)]
Engenheira Civil graduada pela Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG). Atualmente cursa pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (M. Eng.) pela PUC Minas. Analista de Saneamento e Engenheira de Planejamento e Controle na COPASA MG.
Saulo Nonato de Souza [(2)]
Engenheiro Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Especialista em Gestão de Pessoas (IBMEC). Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos (UFMG). Gerente de Tratamento de Esgoto Metropolitana na COPASA MG.
Karine Diniz Soares [(3)]
Engenheira Civil pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Especialista em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente (DESA/UFMG) e em Gestão de Processos (IBMEC). Analista de Saneamento e Engenheira de Produção e Operação na COPASA MG.
Cheila Barbosa de Souza [(4)]
Engenheira Civil pelo Centro Universitário UNA. Atualmente cursa pós-graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental (M. Eng.) pela PUC Minas. Analista de Saneamento e Engenheira de Planejamento e Controle na COPASA MG.

Endereço[(1)]**:** Rua dos Bandolins, 55, apartamento 705 – Conjunto Califórnia – Belo Horizonte – Minas Gerais - CEP: 30850-470 - Brasil - Tel: +55 (31) 99257-6557 - e-mail: mayrarsousa.eng@gmail.com.

RESUMO

A crescente escassez hídrica e a necessidade de redução de custos operacionais impulsionam a adoção de práticas de reúso de água em sistemas de saneamento. Nesse contexto, este estudo tem como objetivo avaliar os impactos da implantação de um sistema de reúso interno na Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) Arrudas, com foco na redução do consumo de água potável e do *OPEX*. A metodologia baseou-se na análise comparativa de dados operacionais de consumo de água e custos, abrangendo o período anterior e posterior à implantação do sistema, além da realização de ensaios laboratoriais para verificação da viabilidade do uso de água de reúso no preparo de soluções poliméricas. Os resultados evidenciaram redução de 73,4% no consumo de água potável e de 74,5% nos custos associados, com economia média mensal significativa e tempo de retorno do investimento inferior a 2 meses. Os testes laboratoriais indicaram desempenho equivalente entre água potável e água de reúso nos processos de desidratação de lodo. Conclui-se que a implantação do reúso interno é técnica e economicamente viável, contribuindo para a eficiência operacional, a sustentabilidade e a segurança hídrica, além de apresentar elevado potencial de replicabilidade em outras unidades de tratamento.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de água, Eficiência operacional, *OPEX*.

INTRODUÇÃO

A escassez de água tem se tornado uma questão preocupante. Diversos fatores contribuem para esta situação como a redução da disponibilidade hídrica, o aumento de consumo de água, o crescimento e desenvolvimento populacional e até a própria qualidade dos recursos hídricos, devido ao lançamento de efluentes não tratados nos corpos hídricos (CARVALHO et al., 2023).

No contexto brasileiro, este cenário torna-se ainda mais desafiador em função da irregularidade de distribuição dos recursos hídricos em seu território, as mudanças climáticas e aumento da demanda pelo crescimento industrial e urbano.

Buscando usar racionalmente a água, reduzir impactos ambientais e reduzir custos operacionais, o reúso do efluente tratado surge como uma importante ferramenta de gestão hídrica. Além dos benefícios econômicos,

projetos de reúso de água contribuem para a segurança hídrica dos centros urbanos ao reduzir a pressão sobre mananciais destinados ao abastecimento público, ampliando a disponibilidade hídrica para usos prioritários e aumentando a resiliência dos sistemas, frente aos eventos de seca (CARVALHO et al., 2023).

No Estado de Minas Gerais, o reúso direto não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos (ETEs) é regulamentado pela Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020, que estabelece diretrizes, modalidades de reúso, padrões de qualidade, monitoramento e procedimentos para utilização segura dos efluentes tratados.

Nas ETEs, o consumo de água potável representa uma parcela relevante dos custos operacionais, especialmente em unidades de grande porte, onde a água é utilizada em diversas atividades de apoio ao processo, como lavagens de canaletas de decantadores e preparo de solução de polímero utilizado na desidratação mecanizada de lodo. Nesse contexto, a adoção de estratégias de reúso interno de água surge como alternativa técnica e economicamente viável para a redução do *OPEX* (*Operational Expenditure* – Despesa Operacional) e para o atendimento às diretrizes de sustentabilidade e uso racional de recursos hídricos (BRASIL, 2023).

A ETE Arrudas, operada pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (COPASA), opera desde 2001, utilizando o processo de lodos ativados convencional, com desidratação mecanizada de lodo. A unidade possui capacidade instalada de aproximadamente 3.375 L/s e trata vazões médias da ordem de 2.600 L/s.

O sistema implantado na ETE Arrudas caracteriza-se como reúso direto não potável para fins industriais e operacionais, destinado ao atendimento das demandas internas da estação, em conformidade com os requisitos estabelecidos pela legislação vigente. Antes da implantação do reúso interno, a estação era integralmente dependente de água potável para atendimento de suas demandas operacionais, o que implicava custos recorrentes associados a este consumo.

Diante do exposto, este artigo teve como objetivo apresentar os resultados da implantação do reúso interno de efluente tratado na ETE Arrudas, uma das maiores ETEs da Região Metropolitana de Belo Horizonte, avaliando seus impactos sobre a redução do consumo de água potável e dos custos operacionais da unidade. Adicionalmente, foram discutidas ações complementares implementadas pela estação, como a substituição de medidores e a reavaliação de perdas internas, que contribuíram para a otimização dos resultados.

METODOLOGIA

A metodologia adotada compreendeu a análise de dados operacionais e a avaliação técnica e econômica da implantação do sistema de reúso. Inicialmente, foram levantados e analisados os dados históricos de consumo de água potável da ETE Arrudas referentes ao período entre o segundo semestre de 2023 e o ano de 2025. Posteriormente, foram coletados os dados de consumo de água de reúso a partir de junho de 2025, quando teve início a operação do sistema implantado. A avaliação identificou que aproximadamente 70% do consumo total de água potável utilizada na estação estava concentrado na unidade de desidratação mecanizada de lodo, principalmente para preparação de solução de polímero e atividades auxiliares desse processo. Diante desse cenário, foi avaliada a viabilidade técnica de substituição parcial da água potável por água de reúso proveniente do efluente tratado.

O sistema implantado contemplou infraestrutura de captação de efluente tratado, bombeamento, reservação e distribuição interna, permitindo a substituição parcial da água potável por água de reúso em usos operacionais. O recurso despendido para realização da implantação pôde ser reduzido, principalmente por conseguir usar de unidades e estruturas de bombeamento que estavam ociosas.

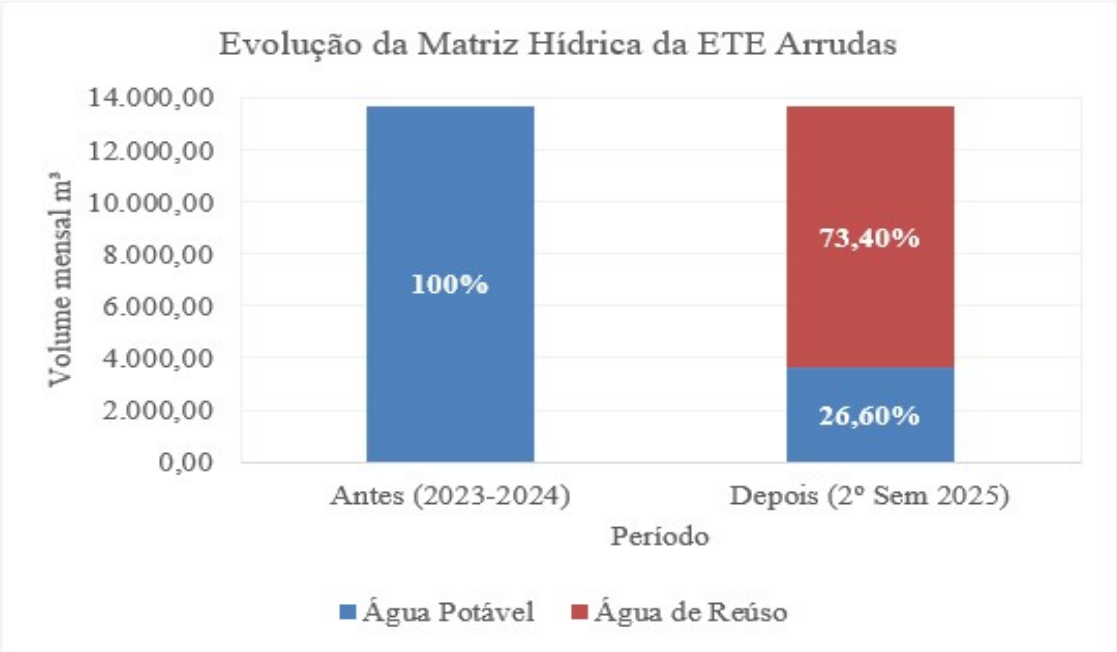
Foram realizadas análises dos impactos operacionais e econômicos associados à substituição da água potável, considerando o investimento específico realizado na ETE Arrudas, no valor de R$ 415.032,17. Nessa análise pôde-se realizar a avaliação viabilidade econômica através do cálculo de payback (retorno) e redução percentual do OPEX, considerando-se a economia mensal obtida com a redução do consumo de água potável após a implantação do sistema.

Adicionalmente, foram realizados ensaios laboratoriais para avaliar a viabilidade do uso da água de reúso no preparo de soluções poliméricas utilizadas na desidratação de lodo.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Antes da implantação do sistema de reúso, a ETE Arrudas apresentava consumo médio mensal de 13.649 m³ de água potável. Após a consolidação operacional do sistema, no segundo semestre de 2025, o consumo médio mensal foi reduzido para 3.625 m³, representando redução absoluta de 10.024 m³/mês e redução relativa de 73,4%. A Figura 1 evidencia a evolução da matriz hídrica operacional, demonstrando a substituição estrutural da fonte potável pela água de reúso em aplicações operacionais internas, reduzindo significativamente a demanda sobre o sistema público de abastecimento.

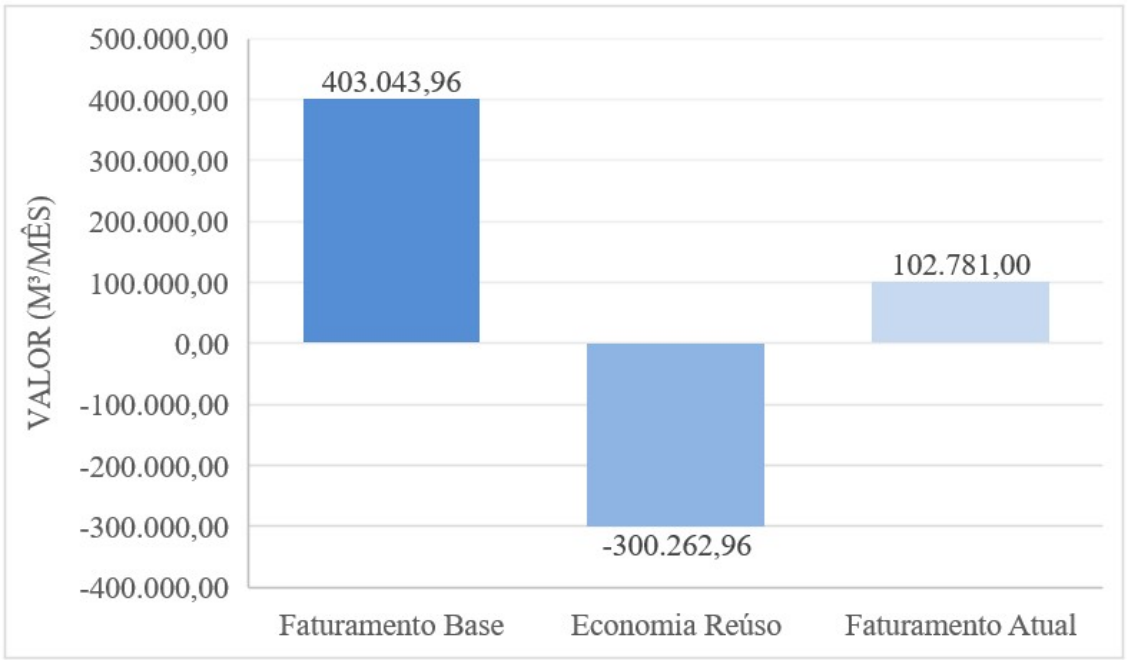
Figura 1 – Evolução da Matriz Hídrica Operacional da ETE Arrudas



Fonte: autoria própria (2026).

A redução no consumo refletiu diretamente nos custos operacionais. O valor médio mensal faturado antes da implantação era de R$ 403.043,96, sendo reduzido para R$ 102.781,00 após a implantação, resultando em economia média mensal de R$ 300.262,96, equivalente a uma redução de 74,5%. A Figura 2 apresenta a análise de cascata da redução de custos operacionais.

Figura 2 – Impacto Econômico no *OPEX*: Análise de Redução de Custos



Fonte: autoria própria (2026).

Considerando o investimento total da ETE Arrudas de R$ 415.032,17, observa-se na Tabela 1 uma economia acumulada de R$ 616.685,99 no segundo semestre de 2025 comparando-se ao mesmo período de 2024.

Tabela 1 - Impacto da Redução de Custos com Implantação de Reúso

ETE Arrudas	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro	Totais
2024	R$ 386.643,53	R$ 565.466,78	R$ 376.739,10	R$ 272.568,43	R$ 300.551,03	R$ 373.170,32	**R$ 2.275.139,19**
2025	R$ 214.555,91	R$ 167.257,21	R$ 76.715,82	R$ 7.791,36	R$ 73.745,68	R$ 76.620,01	**R$ 616.685,99**
Total de economia	R$ 172.087,62	R$ 398.209,57	R$ 300.023,28	R$ 264.777,07	R$ 226.805,35	R$ 296.550,31	**R$ 1.658.453,20**
Investimento							**R$ 415.032,17**
Payback	-R$ 242.944,55	R$ 155.265,02	R$ 455.288,30	R$ 720.065,37	R$ 946.870,72	R$ 1.243.421,03	**R$ 1.243.421,03**

Fonte: autoria própria (2026).

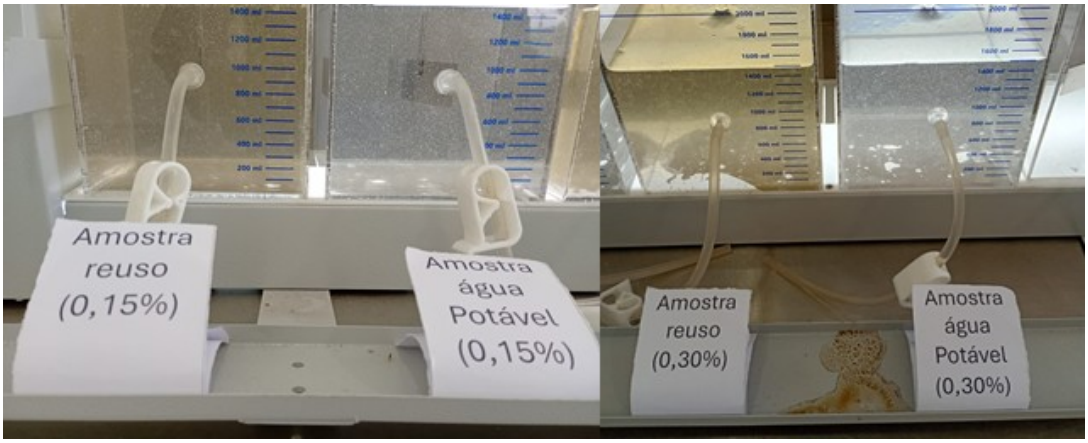
***Payback* = 1 + (242.944,55/398.209,57) = 1,61 mês** equação (1)

Dessa forma, o investimento apresenta tempo de retorno estimado de aproximadamente 1,6 mês, demonstrando elevada atratividade econômica do projeto.

Com o objetivo de avaliar a viabilidade da utilização da água de reúso no preparo de emulsões poliméricas utilizadas na desidratação mecanizada de lodo, foram realizados ensaios de bancada para avaliação do desempenho da solução polimérica, utilizando-se concentração única e constante na preparação das amostras com água potável e água de reúso.

Foram conduzidos ensaios de jar-test utilizando polímero catiônico nas concentrações de 0,15% e 0,30%, conforme podemos observar na figura 3 abaixo. O polímero foi adicionado aos recipientes sob agitação constante de aproximadamente 200 rpm durante 30 minutos.

Figura 3 – Jar-Test para verificar a mistura de polímero com as águas potável e de reúso



Fonte: autoria própria (2026).

Durante os ensaios foram avaliados a hidratação do polímero, a abertura da cadeia polimérica, a dispersão da emulsão e a eventual formação de grumos. A qualidade da água empregada no preparo de soluções químicas pode influenciar diretamente a eficiência de hidratação dos polímeros e o desempenho dos processos de condicionamento de lodo.

Os resultados demonstraram comportamento equivalente entre as emulsões preparadas com água potável e água de reúso. Não foram observadas diferenças significativas na abertura da cadeia polimérica, na dispersão da emulsão ou na formação de grumos.

Adicionalmente, foi realizado ensaio comparativo visual entre as soluções preparadas com água potável e água de reúso. Observou-se comportamento semelhante entre ambas as amostras, apresentando tempos de hidratação equivalentes e ausência de diferenças perceptíveis no desempenho da emulsão.

Os resultados indicam que o baixo teor de sólidos suspensos presente na água de reúso produzida pela ETE Arrudas não interfere negativamente no preparo da emulsão polimérica, demonstrando sua viabilidade técnica para essa aplicação.

Complementarmente, foi realizado outro teste de bancada para avaliar a solução com o lodo. O protocolo experimental consistiu na homogeneização da solução em béquer, seguida de inversão controlada do recipiente, de modo a promover o contato entre polímero e sólidos suspensos até a formação de flocos e subsequente coagulação do lodo.

Podemos observar na imagem 2, da esquerda para direita, béquer com a água potável, béquer com a mistura de água potável + polímero + sólidos suspensos, béquer com a mistura de água de reúso + polímero + sólidos suspensos e béquer com água de reúso.

Figura 4 – Teste de inversão controlada



Fonte: autoria própria (2026).

Nos testes de floculação com lodo, ambas as matrizes (água potável e água de reúso) apresentaram comportamento semelhante, com formação adequada de flocos e eficiência equivalente no condicionamento. Esses resultados demonstram que a qualidade do efluente tratado utilizado no sistema de reúso é compatível com as exigências do processo, não comprometendo o desempenho operacional da unidade.

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A implantação do sistema de reúso interno na ETE Arrudas resultou em melhoria significativa da eficiência hídrica da unidade, com redução de 73,4% no consumo de água potável e 74,5% nos custos faturados. Com um *payback* inferior a 2 meses, o projeto prova ser altamente viável economicamente.

Embora os ganhos econômicos sejam expressivos, os benefícios do projeto transcendem a redução de custos operacionais. A substituição da água potável por água de reúso reduz a pressão sobre os mananciais destinados ao abastecimento público, contribuindo para a segurança hídrica da Região Metropolitana de Belo Horizonte.

Adicionalmente, a iniciativa está alinhada aos princípios de economia circular, promovendo o aproveitamento de recursos já disponíveis no processo de tratamento de esgoto e reduzindo a necessidade de captação de água potável para usos não nobres.

Além dos ganhos econômicos e a contribuição para assegurar recursos hídricos, a redução do uso de água potável reforça o alinhamento da operação às diretrizes de sustentabilidade e boas práticas ESG no setor de saneamento, em conformidade com Deliberação Normativa CERH-MG nº 65/2020 para reúso direto não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários na modalidade de reúso industrial e também em consonância com a Norma Técnica COPASA T.269/0.

Por fim, a experiência da ETE Arrudas, disposta neste artigo, evidencia que projetos de reúso interno apresentam alto potencial de replicação em outras ETEs da COPASA, promovendo ganhos ambientais, econômicos e operacionais em escala corporativa. Como recomendação, destaca-se a importância do

monitoramento contínuo da qualidade da água de reúso, garantindo sua adequação às aplicações operacionais e prevenindo possíveis impactos nos processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRASIL. Lei nº 14.546, de 4 de abril de 2023. Estabelece medidas de prevenção ao desperdício e reúso de água. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2023.

2. CARVALHO, Clara Bandeira de; MOTA, Suetônio; SANTOS, Ana Sílvia Pereira; SANTOS, André Bezerra dos. Avaliação legal e prática da aplicação de águas residuárias tratadas no solo no contexto do reúso de água no Brasil. *Revista DAE*, São Paulo, v. 71, n. 237, p. 95-111, 2023.

3. CONSELHO ESTADUAL DE RECURSOS HÍDRICOS - CERH-MG. Deliberação Normativa nº 65, de 18 de junho de 2020. Estabelece diretrizes, modalidades e procedimentos para o reúso direto de água não potável proveniente de Estações de Tratamento de Esgotos Sanitários. Belo Horizonte, 2020.

4. COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS – COPASA. Norma Técnica T.269/0 – Diretrizes para reúso de água. Belo Horizonte: COPASA, 2025.