



I CONGRESSO PERNAMBUCANO DE RECURSOS HÍDRICOS

Água para o Desenvolvimento
Recife, 24, 25 e 26 de Março de 2026

ANÁLISE ECONÔMICA DO REÚSO DE EFLUENTES COMO FERRAMENTA DE GESTÃO HÍDRICA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Eduardo Matheus Costa da Fonte¹ ; Bruno Moreira de Albuquerque²; Thayná Alice Brito Almeida³; Lizandra de Barros de Sousa⁴; Fabio Chaffin Barbosa⁵ & Abelardo Antônio de Assunção Montenegro⁶

Palavras-chave: Reúso de água, Viabilidade econômica, Segurança hídrica, Palma forrageira.

INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital cuja disponibilidade tem se tornado cada vez mais escassa, especialmente em regiões menos favorecidas de recursos hídricos, como o Nordeste brasileiro (Conde; Ferreira, 2022). A presença de efluentes domésticos brutos a céu aberto ainda é uma realidade na região, e impacta diversos municípios, sendo o Estado de Pernambuco um dos mais críticos, onde 82% dos municípios registram esse tipo de impacto ambiental e sanitário (Morais et al., 2016).

Como resposta a esses desafios, o reúso de águas residuárias para irrigação de cultivos no semiárido apresenta-se como uma alternativa promissora capaz de aumentar a oferta hídrica e mitigar a poluição, transformando efluentes em insumos produtivos, gerando impacto positivo na economia local (Souza et al., 2023).

Além dos evidentes ganhos ambientais, a análise de custos é fundamental, visto que critérios econômicos tornam fontes hídricas não convencionais tratadas, como os efluentes domésticos e as águas salobras, alternativas viáveis para a oferta de recursos hídricos a usos não potáveis (Conde; Ferreira, 2022). Nesse sentido, o presente artigo teve por objetivo avaliar a viabilidade econômica do reúso de águas residuárias para irrigação de forragens em Pernambuco, investigando como essa prática pode se consolidar como uma solução rentável e eficiente para enfrentar a crise hídrica e os déficits de saneamento da região.

METODOLOGIA

O estudo baseou-se em dados experimentais da Unidade de Reúso de Parnamirim-PE, instalada na Bacia Hidrográfica do Rio Brígida, através de parceria entre a UFRPE, a COMPESA, INSA e a TPF Engenharia, bem como em projeções técnicas para um horizonte de análise de 15 anos, nos quais foram avaliados seis cenários produtivos de palma forrageira:

¹) Universidade Federal Rural de Pernambuco, eduardo.fonte@ufrpe.br

²) TPF Engenharia, bruno.albuquerque@tpfe.com.br

³) Universidade Federal Rural de Pernambuco, thaynaalice@gmail.com;

⁴) Universidade Federal Rural de Pernambuco, lizandra.barros@ufrpe.br

⁵) TPF Engenharia, fabio.chaffin@tpfe.com.br

⁶) Universidade Federal Rural de Pernambuco, montenegro.ufrpe@gmail.com

Cenário 1: Reúso com palma + gliricídia (com cobertura morta); Cenário 2: Reúso com palma + moringa (com cobertura morta); Cenário 3: Reúso com palma solteira (sem cobertura); Cenário 4: Sequeiro com palma + gliricídia (sem cobertura morta); Cenário 5: Sequeiro com palma + Moringa (sem cobertura morta); Cenário 6: Sequeiro com palma solteira (sem cobertura).

Houve a adoção de cobertura morta como prática conservacionista (Sousa et al., 2025). O efluente tratado foi captado a partir de estação de tratamento de esgoto operada pela COMPESA.

2.1 Produtividade e Receita

A produtividade dos cenários irrigados foi obtida a partir de dados de campo coletados na unidade experimental, conforme descritos por Sousa et al. (2025). Para os cenários de sequeiro, adotou-se como premissa técnica uma redução de 45% sobre a produtividade referencial irrigada. Foi considerado o sistema de plantio no espaçamento de 2,5 m x 0,5 m para a palma forrageira Orelha de Elefante (*Opuntia stricta*). A receita bruta anual (Rbt) foi estimada multiplicando-se a produtividade física (t/ha) pelo preço de venda da matéria verde, fixado em R\$ 300,00 por tonelada, com base na cotação média da região semiárida de Pernambuco.

2.2 Análise da Relação Custo-Benefício

A viabilidade econômica foi mensurada pelo método do fluxo de caixa descontado. A Relação Benefício/Custo RBC (B/C) foi calculada pela razão entre o valor presente total das receitas e o valor presente total dos custos (investimento inicial CAPEX e custos operacionais OPEX), conforme a equação 1:

$$RBC\left(\frac{B}{C}\right) = \frac{\sum_{t=1}^{15} DE(Entradas\ descontadas)}{\sum_{t=1}^{15} DS(Saídas\ descontadas)} \quad (1)$$

Para o desconto dos fluxos, definiu-se a Taxa Mínima de Atratividade (TMA) com base no custo das fontes de financiamento disponíveis: 4,59% a.a. para os sistemas irrigados (ponderação entre Pronaf Mais Alimentos e FNE) e 7,0% a.a. para os sistemas de sequeiro (recursos integrais do FNE).

RESULTADOS

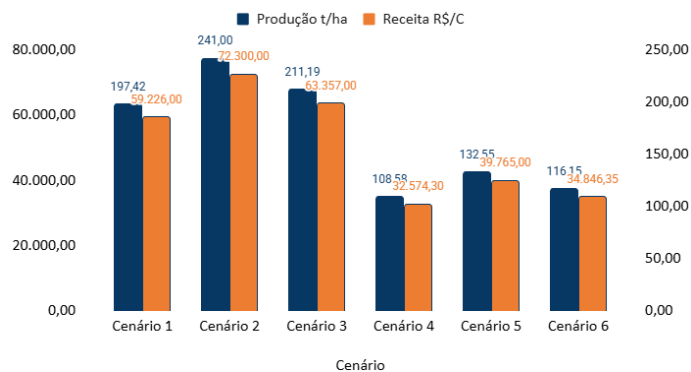
Produtividade e receita bruta dos cenários

A análise dos dados produtivos demonstrou uma superioridade evidente dos sistemas irrigados com água de reúso em comparação aos cultivos de sequeiro (Figura 1). A maior produtividade foi registrada no consórcio Palma + Moringa com cobertura morta, alcançando 241,00 t/ha, seguida pela Palma Solteira irrigada (211,19 t/ha) e pelo consórcio Palma + Gliricídia (197,42 t/ha). Em contrapartida, os cenários de sequeiro apresentaram rendimentos significativamente inferiores, com 132,55 t/ha para o consórcio com Moringa, 116,15 t/ha para a Palma Solteira e 108,58 t/ha para o consórcio com Gliricídia.

Tais resultados corroboram a importância da disponibilidade hídrica e nutricional provida pelo efluente tratado. Os cenários irrigados apresentaram um incremento médio de 70% a 95% na produtividade e na receita em relação ao sequeiro. Esse desempenho

alinha-se ao observado por Souza et al. (2023), que destacam que o cultivo de palma forrageira irrigada com água de reúso, especialmente quando consorciada com leguminosas, favorece trocas gasosas e eficiência no uso da água, resultando em maior acúmulo de biomassa.

Figura 1 – Produtividade da palma forrageira e receita em t/ha.

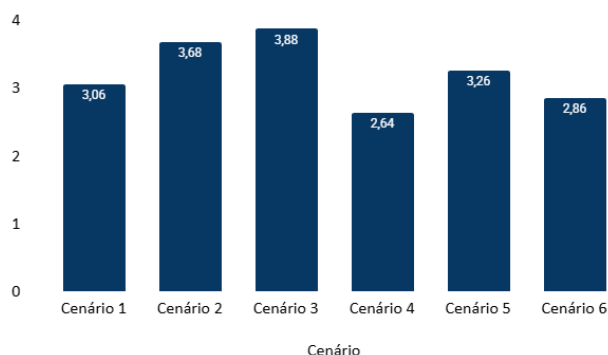


A receita bruta seguiu a tendência da produtividade física. O consórcio Palma + Moringa irrigado gerou a maior receita por ciclo (R\$ 72.300,00/ha), enquanto o mesmo consórcio em regime de sequeiro propiciou R\$ 39.765,00/ha, evidenciando o impacto econômico direto da tecnologia de reúso. A superioridade da Moringa sobre a Gliricídia nos consórcios, observada tanto na produtividade (241 t/ha vs 132,55 t/ha no irrigado) quanto na receita, pode estar associada às características da arquitetura da planta e ao sombreamento moderado, que melhoram o microclima e a eficiência do uso da água, além da qualidade do solo.

Relação benefício/custo (B/C)

Os resultados obtidos evidenciaram alta rentabilidade em todos os cenários, com destaque para os sistemas irrigados com reúso, que apresentaram B/C variando entre 3,06 e 3,88 (Figura 2). O maior valor foi registrado na palma solteira irrigada (3,88), seguida por Palma + Moringa (3,68) e Palma + Gliricídia (3,06). Esses coeficientes indicam que, para cada R\$ 1,00 investido, o produtor obtém de R\$ 3,06 a R\$ 3,88 em retorno líquido atualizado, confirmando a elevada eficiência econômica da irrigação com água de reúso.

Figura 2 – Relação Benefício/Custo do cultivo de palma forrageira irrigada e em sequeiro.



Nos cenários de sequeiro, os valores também se mantiveram acima do limite mínimo de viabilidade, variando entre 2,64 (Palma + Gliricídia), 2,86 (Palma solteira) e 3,26 (Palma + Moringa). Observa-se, portanto, que mesmo sob restrição hídrica, o cultivo da palma e seus consórcios mantêm desempenho econômico adequado, sobretudo quando

associado a espécies que favorecem o sombreamento e a ciclagem de nutrientes, como a moringa.

Comparativamente, os sistemas irrigados apresentaram B/C médio 20% superior aos de sequeiro, demonstrando que o uso do reúso agrícola potencializa o retorno do capital investido. A associação entre irrigação controlada, cobertura morta e aproveitamento de nutrientes do efluente tratado contribuiu para aumentar a eficiência do uso da água e reduzir custos operacionais, refletindo-se em maiores margens de lucro.

CONCLUSÕES

A análise econômica realizada demonstrou de forma consistente que a irrigação com água de reúso doméstico tratada é uma alternativa técnica e financeiramente viável para o cultivo da palma forrageira e seus consórcios no semiárido pernambucano. A adoção dessa tecnologia proporcionou significativa elevação da produtividade, além das vantagens nas relações Benefício/Custo, que excederam 2,6 em todos os casos. Assim, a atividade não apenas cobre os custos de produção, como também gera margem econômica atrativa no período analisado.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq (Projeto MAI DAI, processo 403.622/2020-4), à COMPESA, CAPES e FACEPE, ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional- MIDR, ao Instituto Nacional do Semiárido- INSA, ao Laboratório de Água e Solo (LAS) e à TPF Engenharia. Os autores também agradecem à Fazenda Primavera e à Coordenação do Campus Avançados da UFRPE, em Parnamirim-PE, na pessoa do Sr. Eurico Lustosa.

REFERÊNCIAS

CONDE, G. C.; FERREIRA, L. M.. Viabilidade técnico econômica para obtenção de recursos hídricos via dessalinização. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, São Paulo, v. 8, n. 05, p. 957-988, 2022.

MORAIS, M. A.; SILVA, G. F.; SIZENANDO FILHO, S. A. SANTOS, A. A.; ISMAEL, L. L. Aspectos socioeconômicos e ambientais do reuso de águas residuárias em uma comunidade rural localizada no município de Apodi-RN. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 11, n. 4, p. 142-147, 2016.

SOUSA, L. B. de; MONTENEGRO, A. A. A.; IDISORO, J. M. G. P.; SILVA, T. G. F. da; ALMEIDA, T. A. B.; LIMA, J. L. M. P de; GIONGO, P. R.; JARDIM, A. M. R. F.; SILVA, M. V. da; SILVA, E. F. F.; LIMA, B. L. C. Monitoring soil conservation techniques via UAV for sustainable production of intercropped forage cactus with reuse water in the Brazilian semiarid region. **Field crops research**, v. 334, n. 110120, p. 110120, 2025.

SOUZA, J. T. A.; ARAÚJO, J. S.; FÉLIX, E. S.; ALVES, R. C.; OLIVEIRA FILHO, T. J.; LIRA, A. C.; MEDEIROS, G. R.; BATISTA, F. R. C. Crescimento e fisiologia de três genótipos de palma forrageira consorciados com leguminosas e irrigados com água de reúso. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente - FAEMA**, Ariquemes, v. 14, n. 2, p. 352-365, 2023.