



II-768 - DESAFIOS DO REÚSO DE ÁGUA NA AGRICULTURA: UMA ANÁLISE A PARTIR DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS PARA PEQUENOS AGRICULTORES

Geraldo Braz Silva Santos⁽¹⁾

Gestor Ambiental pela Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. Mestrando em Engenharia Civil e Ambiental (PPCIVAM/UFRN).

Hérika Cavalcante Dantas da Silva⁽²⁾

Engenheira Ambiental pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Doutora em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba (EUPB). Professora do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental na Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Josequella Uchoa Lopes⁽³⁾

Graduanda em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

João Victor Alves do Nascimento⁽⁴⁾

Graduando em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Aline Paiva Carvalho Lins⁽⁵⁾

Graduanda em Ciência e Tecnologia pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Endereço⁽¹⁾: Rua Perpétua Silveira Cândido, 75 - Nova Parnamirim - Parnamirim - RN - CEP: 59152-645 - Brasil - Tel: (84) 98823-1569 - e-mail: g.braz.ga@gmail.com

RESUMO

Em regiões com escassez hídrica, os efluentes domésticos tratados apresentam grande potencial de reaproveitamento na agricultura. Para regiões com baixas capacidades de investimento, sistemas descentralizados têm sido difundidos como possibilidade para este fim. O presente estudo analisou a qualidade dos efluentes tratados por sistemas descentralizados em Lajes Pintadas/RN, especificamente o sistema Bioágua Familiar e a Fossa Séptica Biodigestora, visando reúso na agricultura. Esses sistemas vêm sendo difundidos e obtendo bons resultados agrícolas junto a pequenos agricultores, tornando-se uma estratégia eficiente de mitigação de secas prolongadas características da região semiárida. Foram realizadas coletas de amostras e análises laboratoriais para aferir a qualidade do efluente e seu atendimento aos padrões associados ao reúso na modalidade restrita de cinco estados brasileiros. Os resultados apresentam significativas variações na qualidade do efluente, com desafios no atendimento aos padrões com elevada restrição. O estabelecimento de regulamentações adaptadas às condições socioeconômicas e ambientais locais podem contribuir para promover o reúso seguro e eficiente.

PALAVRAS-CHAVE: Reúso de efluentes; Agricultura sustentável; Sistemas descentralizados; Regulamentação do reúso; Reúso no semiárido.

INTRODUÇÃO

Os desafios relacionados à gestão dos recursos hídricos e atendimento dos usos múltiplos da água tem promovido debates sobre alternativas que sejam capazes de garantir água em quantidade e qualidade. Diante dessas alternativas, o reúso de efluentes domésticos tratados se apresenta como uma medida vantajosa e promissora, principalmente em regiões com irregularidades pluviométricas e baixa disponibilidade hídrica.

O reúso de efluentes sanitários tratados na agricultura pode promover uma série de benefícios econômicos, sociais e ambientais. Essa estratégia tem se disseminado nas áreas rurais da região semiárida brasileira a partir de sistemas descentralizados de tratamento de efluentes sanitários em áreas rurais, garantindo uma gestão mais eficiente dos recursos hídricos, prevenindo condições ambientalmente inadequadas e gerando impactos socioeconômicos positivos aos produtores rurais.



A tendência do reúso se disseminar é evidente, principalmente quando são avaliados os cenários de mudanças climáticas e a intensificação de fenômenos climáticos extremos, entre eles as secas severas e chuvas intensas. A prática pode se tornar uma estratégia eficaz e prevenir danos. Em 2021, dados de 22 países apontam para perdas na ordem de 19.300 milhões de dólares em decorrência direta a desastres naturais (FAO, 2023), entre eles, fenômenos climáticos extremos.

Na produção agrícola, a prática do reúso pode contribuir para transformações econômicas nas cadeias produtivas de pequenos agricultores. Isso ocorre principalmente devido a disponibilidade perene de uma fonte de água alternativa visando a produção agrícola. Pesquisas identificam que o acesso a sistemas de reúso promove efeito positivo na renda de produtores rurais (Khan et al, 2021). Estudos têm apontado vantagens econômicas, ambientais e agronômicas pelo uso de águas recuperadas na irrigação, que podem suprir a necessidade de água principalmente em regiões que sofrem com a escassez e a distribuição irregular das chuvas (Pedrero et al, 2012; Santos et al, 2012; Castro et al, 2016). Além disso, as águas residuárias podem contribuir para atender a demanda nutricional requerida das plantas, melhorando o rendimento e produção de grãos (Souza Filho, et al. 2023).

Sendo um tema em evidência atualmente, o reúso de água na modalidade agrícola está sendo regulamentado em alguns estados brasileiros, como o caso do Ceará, Minas Gerais, Bahia, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. A regulamentação tem papel fundamental no incentivo ao reúso, garantia de segurança jurídica e promoção da saúde sanitária da população e dos ecossistemas.

Contudo, um grande desafio da regulamentação é sobre quais padrões adotar. No Brasil, isso se torna ainda mais desafiador, pois o País apresenta diferentes realidades socioeconômicas, que reflete diretamente na difusão do saneamento e reúso. Nesse contexto, têm surgido discussões sobre os elevados padrões restritivos e a realidade socioeconômica do Brasil, que podem dificultar a implantação de ações efetivas do reúso (Santos et al, 2023; Viana et al, 2020).

Entre os sistemas adotados visando o reúso de efluentes sanitários na agricultura, destacam-se os sistemas Bioágua familiar, para tratamento de águas cinzas e Fossa Séptica Biodigestora, que trata especificamente águas da bacia sanitária. Esses sistemas apresentam como principais vantagens o acesso a saneamento por comunidades isoladas e a produção de uma água rica em nutrientes, contribuindo para o desenvolvimento vegetal (Santiago et al, 2015; Silva et al, 2021).

Diante desse contexto, a seguinte questão foi levantada: As duas tecnologias sociais empregadas são capazes de atender critérios de reúso não potável na modalidade agrícola considerando as tendências regulatórias estaduais? Com isso, foi definido como objetivo do trabalho verificar a qualidade de efluente tratado por sistemas descentralizados visando o reúso agrícola no semiárido brasileiro.

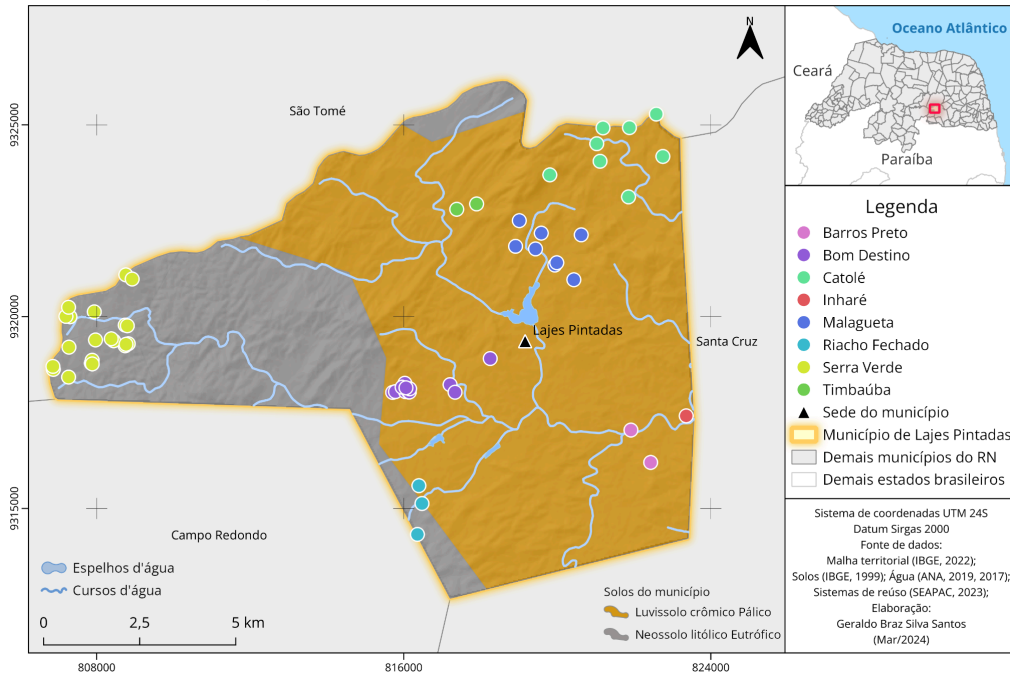
MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo está situada no território do município de Lajes Pintadas/RN, na microrregião da Borborema Potiguar. Na zona rural do município 58 famílias foram contempladas com um sistema de tratamento e reúso dos efluentes domésticos das residências voltadas à produção agrícola. A instalação dos sistemas de tratamento fez parte do projeto de ampliação do saneamento rural e fortalecimento da agricultura familiar, realizado pelas ONGs Engenheiros Sem Fronteira (ESF–Núcleo Natal) e Serviços de Apoio aos Projetos Alternativos Comunitários (SEAPAC).

Como observado na figura 1, a região apresenta dois tipos de solo. São 24 sistemas localizados em neossolos litólicos eutróficos e 34 em luvisolos crômico pálico. Os neossolos litólicos eutróficos são solos rasos e que de forma geral os horizontes chegam a uma profundidade de 50cm. Além disso, são áreas com declives acentuados, elevando o risco de erosão. O terceiro nível categórico "eutrófico" indica alta fertilidade (SiBCS, 2018). Os Luvisolos crômico pálico possuem alta saturação por bases nos horizontes superficiais e são solos rasos, raramente ultrapassando 1m de profundidade. O terceiro nível categórico pálico apresenta maior espessura que os demais (SiBCS, 2018). Por essas características e do clima semiárido, é importante que iniciativas de irrigação, especialmente com águas residuárias, realizem o monitoramento da qualidade da água e controle de quantidade aplicada, evitando problemas por salinização.

Figura 1: Localização dos sistemas de reúso implantados em Lajes Pintadas/RN.

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DOS SISTEMAS DE REÚSO POR COMUNIDADE, LAJES PINTADAS/RN



Descrição dos sistemas estudados

O Sistema Bioágua Familiar possui como objetivo o tratamento de águas cinzas visando o reaproveitamento na produção agrícola. A principal etapa do tratamento consiste em um filtro biológico descendente preenchido com camadas orgânicas e inorgânicas, onde o tratamento ocorre por impedimento físico e biológico, principalmente pelo biofilme aderido às camadas filtrantes e minhocas californianas (Santiago et al, 2012).

A Fossa Séptica Biodigestora foi desenvolvida pela Embrapa e consiste em um sistema de tratamento anaeróbio, gerando como efluente um biofertilizante (Silva et al, 2021). O sistema foi desenvolvido como proposta de saneamento em áreas isoladas pela Embrapa e trata exclusivamente os efluentes da bacia sanitária.

Com o objetivo de fertirrigação, os efluentes tratados são direcionados para um único reservatório, onde seguem para aplicação em culturas forrageiras e frutíferas. O sistema de irrigação empregado é do tipo localizado, evitando o contato do efluente com a parte aérea da planta e frutos.

Coleta e análises de amostras

Foram realizadas um total de 9 coletas de amostras do efluente tratado diretamente no ponto de aplicação (irrigação por gotejamento). Os locais de coleta foram definidos de forma aleatória, considerando a grande quantidade de sistemas em operação. As coletas foram realizadas em dezembro de 2021 e novembro de 2022. Para ambas as análises foram utilizadas as metodologias da APHA et al (2012) e todas ocorreram no Núcleo de Análises de Águas, Alimentos e Efluentes - NAAE/FUNCERN, em Natal/RN.

Os parâmetros adotados tomaram como referência os padrões de reúso de efluentes sanitários para fins agrícolas dos Estados brasileiros que possuem regulamentação do reúso na modalidade agrícola, sendo: Ceará, Bahia, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul e Rio Grande do Sul. Os parâmetros avaliados buscaram verificar o atendimento aos padrões microbiológicos e de salinização: coliformes termotolerantes, condutividade elétrica,



pH, sódio, cálcio e magnésio. A partir dos três últimos parâmetros, foi feito o cálculo da Razão de Adsorção de Sódio (RAS) do efluente, seguindo a equação 1.

$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca + Mg}{2}}} \text{ Equação 1}$$

Análise dos dados

Os resultados das análises laboratoriais foram submetidos a estatística descritiva, verificando as médias, mínimas, máximas e desvio padrão em cada parâmetro analisado. Após isso, os resultados foram comparados com os valores de referência das resoluções para reúso de água na modalidade agrícola restrita, quando a água para reúso não possui contato direto com a cultura irrigada.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

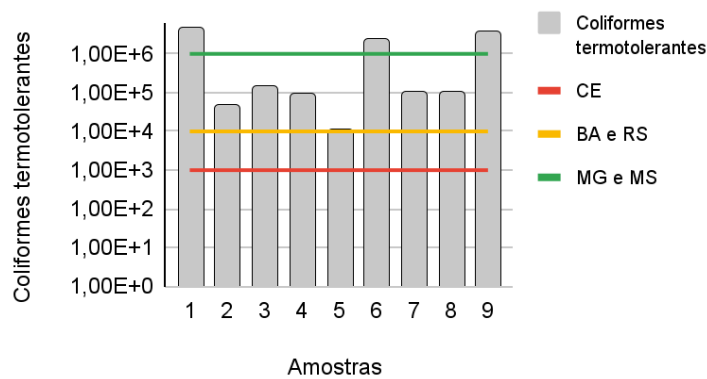
As amostras coletadas em diferentes propriedades apresentaram, com exceção do pH, valores bastante discrepantes entre as amostras. Por ser um sistema de tratamento biológico de pequena escala, uma possível causa apontada pelos proponentes dos sistemas está associada aos hábitos da família que possuem interferência direta no processo de tratamento, e portanto, na qualidade final do efluente. Entre os parâmetros analisados, os valores obtidos do efluente final apresentaram grandes restrições de uso. Os resultados compilados podem ser conferidos na tabela 1.

Tabela 1: Resultados da qualidade do efluente nas análises realizadas.

Parâmetro	Valores de referência					Resultados			
	Ceará	Bahia	Minas Gerais	Mato Grosso do Sul	Rio Grande do Sul	Mínima	Máxima	Média	Desvio padrão
Coliformes termotolerantes (Culturas sem contato direto com a água)	10 ³ CT/100 mL	≤ 10 ⁴ /100m L	≤ 1x10 ⁶ /100 mL	≤ 1x10 ⁶ NP M/100mL	10 ⁴ NMP/100 mL.	1,1x10 ⁴	4,5x10 ⁶	1,1x10 ⁵	1,7x10 ⁶
Condutividade elétrica	Até 3000 µS/cm	200 – 3000 µS/cm	5000µS/cm	5000µS/cm	200 – 2900 µS/cm	3620,00	11410,00	5906,67	2334,01
pH	6,0 - 8,5	-	6 - 9	6 - 9	6 - 9	7,79	9,8	8,02	0,69
Razão de Adsorção de Sódio - RAS	Até 15 mmolcL ⁻¹ 1/2	0 - 40	< 3	< 3	0 - 12	2,64	11,51	8,3	3,48

Dependendo da referência normativa utilizada, os resultados apontam grandes limitações de atendimento dos parâmetros do efluente analisado. Para os coliformes termotolerantes, utilizados neste estudo como indicador microbiológico, o atendimento variou dependendo da legislação estadual. No caso da legislação do Ceará, Bahia e Rio Grande do Sul, em nenhuma das amostras o padrão foi atendido. Para os critérios adotados nos Estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, que possuem permissão maior da quantidade de Coliformes Termotolerantes para irrigação localizada, seis das nove amostras coletadas nas residências atenderam os limites estabelecidos (Figura 2).

Figura 2: Resultados obtidos para Coliformes Termotolerantes.

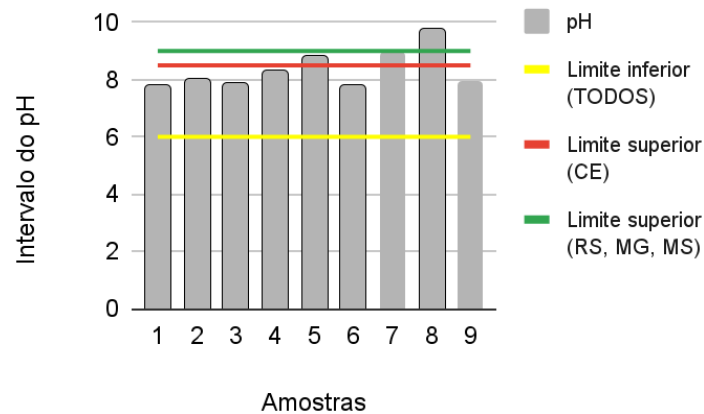


Apesar de ser importante avaliar a qualidade microbiológica dos efluentes nas práticas de reúso, o risco de contaminação microbiológica evidenciado pela quantidade de coliformes presentes nas amostras pode ser prevenido por medidas de proteção ao agricultor e a cultura, como adoção do sistema de irrigação localizada (Ait-Mouheb et al, 2022) e suspensão de irrigação 3 dias antes da colheita (Li e Wen, 2016). Essa abordagem compreende o conceito de avaliação de risco e adoção de multi-barreiras, que vêm sendo discutidas na literatura como estratégia de minimização de riscos de contaminação do agricultor, operador e consumidores (Lima et al, 2021). Essa abordagem pode ser importante para estimular o reúso de efluentes em áreas com baixas capacidades de investimento, desde que adotadas as medidas de prevenção. Nesses casos de padrões mais flexíveis estão incluídos os estados de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul.

Especialmente em regiões semiáridas, região onde o estudo foi realizado, algumas condições ambientais são favoráveis à mortalidade e inativação de microrganismos, como a alta insolação e temperatura, baixa umidade e solos pobres em matéria orgânica. Em estudo realizado no Rio Grande do Norte, Torres et al (2019) verificaram que após 3 dias de suspensão de irrigação em milho irrigado com efluente tratado apresentou decaimento bacteriano de 99,9993%, atingindo uma concentração de 300NMP/100mL de coliformes termotolerantes. O estudo realizou irrigação na parte aérea da planta e mesmo assim a cultura apresentou decaimento significativo em razão das condições ambientais. Entretanto, isso não foi considerado ao se determinar as regulamentações nos estados do Nordeste, que apresentam padrões mais restritivos que o Mato Grosso do Sul, por exemplo.

Entre os parâmetros analisados, o pH foi o que apresentou maior adequação independente da regulamentação estadual adotada. Considerando os limites inferiores, nenhuma das amostras apresentou valores abaixo dos valores de referência. Porém, em relação aos limites superiores, no estado do Ceará três amostras apresentaram valores superiores e para os demais estados a amostra oito ultrapassou os valores de referências.

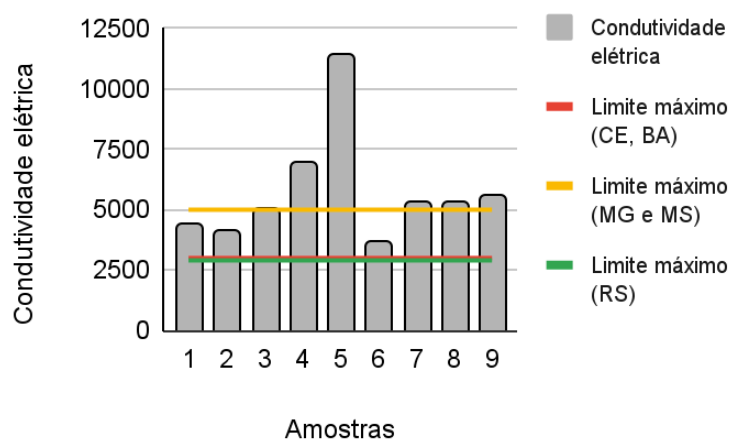
Figura 3: Valores de pH obtidos nas amostras dos sistemas analisados.



Mesmo sem levantamento de dados sobre os hábitos da família, o pH elevado na amostra oito possui como possível causa o uso demasiado de produtos de limpeza, como sabões, detergentes e desinfetantes. Essa avaliação se torna importante para comprovar os resultados, já que a quantidade de produtos de limpeza e higiene consumidas são diretamente proporcionais às alterações de parâmetros do esgoto doméstico (Martins, 2018).

Os parâmetros relativos à salinidade possuem grande importância no reúso de efluentes, sendo um critério constantemente listado nos estudos de qualidade da água para irrigação, principalmente quando realizado por usos prolongados (Marinho et al, 2013; Marinho et al, 2014). Isso se torna particularmente importante no semiárido, que apresenta solos com características favoráveis ao processo de salinização, como o caso da área de estudo, em que os solos possuem alta soma de bases. A condutividade elétrica faz parte desses parâmetros, estando diretamente relacionadas à concentração de sais dissolvidos. Conforme observado na figura 4, mesmo nos estados que apresentam valores de referências mais tolerantes, as amostras analisadas demandam atenção no uso da água, para prevenir processos de salinização do solo, toxicidade para as plantas e problemas de permeabilidade.

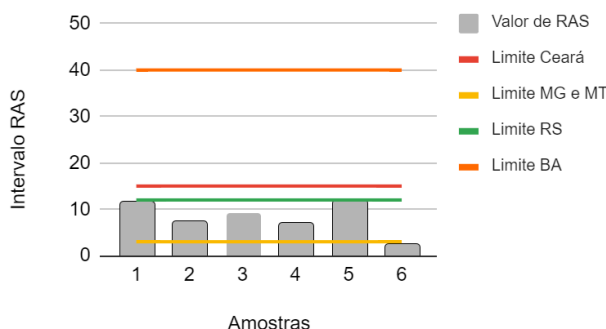
Figura 4: Valores de condutividade elétrica obtidos nas amostras dos sistemas analisados.



A sodicidade do solo também é outro problema das áreas irrigáveis, sendo necessário monitorar a Razão de Adsorção de Sódio da água de reúso como forma de avaliar o risco de sodicidade e a necessidade de intervenções de prevenção. As amostras analisadas apresentaram adequações distintas de acordo com a normativa utilizada. Como pode ser observado na figura 5, considerando os valores obtidos, a normativa de Minas Gerais e Mato Grosso do Sul apresentaram cinco de seis amostras fora do limite máximo permitido. A

normativa do Rio Grande do Sul apresentou apenas uma amostra fora do permitido. As análises apontam que para os Estados do Ceará e Bahia os padrões de RAS foram plenamente atendidos.

Figura 5: Valores de RAS obtidos nas amostras dos sistemas analisados.



A alta concentração de sódio em águas recicladas, combinadas com práticas inadequadas de irrigação, podem gerar efeitos prejudiciais às produções agrícolas pela redução do potencial osmótico e hídrico, limitando o desenvolvimento das plantas (Bañón et al, 2011; Alves et al., 2015). Barbosa et al (2018) investigaram o uso de efluentes tratados no solo em culturas como cana-de-açúcar, identificando aumento de condutividade elétrica, teor de Na⁺ e a porcentagem de sódio trocável. A razão de adsorção de sódio (RAS) tem sido um indicador utilizado em estudos sobre irrigação com água residuária. Os valores de RAS em solos após a irrigação tem apresentado valores mais elevados ao final dos ciclos (SouDakouré et al., 2013; Ganjegunte et al., 2017). A concentração de sódio nas camadas do solo pode contribuir para formação de crostas no solo e a dispersão de partículas de argilas (He et al, 2013).

CONCLUSÕES

Padrões microbiológicos demasiadamente restritivos, sem considerar o tipo de uso e técnicas de aplicação voltadas à redução de risco, podem inviabilizar a difusão de sistemas de reúso simplificados, principalmente em regiões com baixas capacidades de investimento.

A salinidade é um problema evidente no uso de efluentes na agricultura, necessitando de monitoramento constante do solo e práticas de manejo que mitiguem a possibilidade de salinização. Os produtores rurais precisam ser conscientizados sobre as práticas de manejo e segurança no reúso de água residuária, tanto para prevenir problemas de saúde, como de qualidade ambiental e desenvolvimento agrícola.

Os sistemas de tratamento em pequena escala podem propiciar inúmeros benefícios aos pequenos agricultores, mas para maior sustentabilidade, torna-se necessário o monitoramento do efluente final, a instrução adequada de manejo e aplicação, bem como recomendações sobre a proteção do solo e das culturas agrícolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AIT-MOUHEB, N.; MANGE, A.; FROMENT, G.; LEQUETTE, K.; BRU-ADAN, V.; MAIHOL, J.; MOLLE, B.; WÉRY, N. Effect of untreated or reclaimed wastewater drip-irrigation for lettuces and leeks on yield, soil and fecal indicators. *Resources, Environment and Sustainability*, v. 8, 2022.
2. ALVES, F.; SILVA, S. L. F.; SILVEIRA, J. A. G. S.; PEREIRA V. L. A. Efeito do Ca²⁺ externo no conteúdo de Na⁺ e K⁺ em cajueiros expostos a salinidade. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*. v. 6, n. 4, 2015, p. 602–608.
3. APHA et al. (2012). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22th Washington D C: American Public Health Associations, 2012.
4. BAÑÓN, S.; MIRALLES, J.; OCHOA, J.; FRANCO, A.; SÁNCHEZ-BLANCO, M. J. Effects of diluted and undiluted treated wastewater on the growth, physiological aspects and visual quality of potted lantana and polygala plants. *Scientia Horticulturae*, v. 129, 2011, p. 869–876.



5. BARBOSA, E. A. A.; MATSURA, E. E.; SANTOS, L. N. S.; NAZÁRIO, A. A.; GONÇALVES, I. Z.; FEITOSA, D. R. C. Soil attributes and quality under treated domestic sewage irrigation in sugarcane. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 22, n. 2, 2018, p. 137-142.
6. CASTRO, A. A. S.; DAMASIO, A. O. C.; MENEZES, F. S.; SOUZA, J. A.; SANTANA, F. S.; MENDONÇA, D.; FACCIOLI, G. G. ANÁLISE DO IMPACTO DO USO DE EFLUENTES NAS CARACTERÍSTICAS DO SOLO DA CULTURA DO FEIJÃO-CAUPI BRS NOVAERA (VIGNA UNGUICULATA L.WALP.). *Agroforestalis News*, v. 1, 2016, p. 41-47.
7. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Tracking progress on food and agriculture-related SDG indicators 2023. Rome, 2023.
8. GANJEGUNTE, G.; ULERY, A.; NIU, G.; WU, Y. Effects of treated municipal wastewater irrigation on soil properties, switchgrass biomass production and quality under arid climate. *Industrial Crops and Products*, v. 99, p. 60–69, 2017.
9. HE, Y.; DESUTTER, T.M.; CLAY, D.E. Dispersion of pure clay minerals as influenced by calcium/magnesium ratios, sodium adsorption ratio, and electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, v. 77, p. 2014–2019, 2013.
10. KHAN, A. S.; SILVA, M. J. N.; SOUSA, E. P.; LIMA, P. V. P. S. TECNOLOGIAS DE REAPROVEITAMENTO DE ÁGUA: Impactos na Renda e na Sustentabilidade Agrícolas de Agricultores Familiares no Município de Iguatu, Ceará, Brasil. *REVISTA DE LA RED IBEROAMERICANA DE ECONOMÍA ECOLÓGICA*, v. 34, p. 25, 2021.
11. LI, J.; WEN, J. Effects of water managements on transport of E. coli in soil-plant system for drip irrigation applying secondary sewage effluent. *Agricultural Water Management*. v. 178, p. 12–20, 2016.
12. LIMA, M. A. DE M.; SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. IRRIGAÇÃO COM ÁGUA DE REÚSO NO BRASIL: APLICAÇÃO DO MODELO SEMIQUANTITATIVO DE AVALIAÇÃO DE RISCO MICROBIOLÓGICO PARA SAÚDE HUMANA. *REVISTA ELETRÔNICA DE GESTÃO E TECNOLOGIAS AMBIENTAIS*, v. 9, p. 71-86, 2021.
13. MARINHO, L. E. DE O.; CORAUCCI FILHO, B.; ROSTON, D. M.; STEFANUTTI, R.; TONETTI, A. L. Evaluation of the Productivity of Irrigated Eucalyptus grandis with Reclaimed Wastewater and Effects on Soil. *Water, Air and Soil Pollution (Print)*, v. 225, 2014, p. 1-7.
14. MARINHO, L. E. DE O.; TONETTI, A. L.; STEFANUTTI, R.; CORAUCCI FILHO, B. Application of Reclaimed Wastewater in the Irrigation of Rosebushes. *Water, Air and Soil Pollution (Print)*, v. 224, p. 1669, 2013.
15. Martins, Augusto Severo. Influência de produtos de higiene pessoal e limpeza na concentração de sólidos totais, DBO, DQO, nitrogênio total e fósforo total do esgoto doméstico. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil: 2018.
- 16.
17. PEDRERO, F.; ALLENDE, A.; GIL, M. I.; ALARCÓN, J. J. Soil Chemical properties, leaf mineral status and crop production in a lemon tree orchard irrigated with two types of wastewater. *Agricultural Water Management*, v. 109, p. 54–60, 2012.
18. SANTIAGO, F.; JALFIM, F.; BLACKBURN, R.; DOMBROSKI, S.; MONTEIRO, L.; NANES, M.; DIAS, I.; GURGEL, R.; OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, G.; SANTOS, W.; PINHEIRO, M. R.; SALES, F.; SILVA, J. Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar: reúso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro. *Caraúbas: ATOS*, 2015.
19. SANTOS, O. S. N.; PAZ, V. da S.; GLOAGUEN, T. V.; TEIXEIRA, M. B.; FADIGAS, F. S.; COSTA, J.A. Crescimento e estado nutricional de helicônia irrigada com água residuária tratada em casa de vegetação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online)*, v. 16, p. 820-827, 2012.
20. SILVA, W. T. L. da; MARMO, C. R.; SILVA, J. C. da. 20 anos do saneamento rural na Embrapa Instrumentação: do básico ao ambiental. *Embrapa Instrumentação: São Carlos, SP*, 2021. 34 p.
21. SisBCS - Sistema Brasileiro de Classificação de Solos / Humberto Gonçalves dos Santos ... [et al.]. – 5. ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018.
22. SouDakouré, M.Y.; Mermoud, A.; Yacouba, H.; Boivin, P.; Impacts of irrigation with industrial treated wastewater on soil properties. *Geoderma*, v. 200–201, p. 31–39, 2013.
23. SOUZA FILHO, E. J.; Barros, K. K.; NETO, E. B.; GAVAZZA, S.; Florencio, L.; KATO, M T. Effect of reclaimed water and dehydrated sludge on the morpho-physiology and yield of sorghum. *ENVIRONMENTAL TECHNOLOGY*, v. 1, p. 1-26, 2023.



24. TORRES, D. M.; NASCIMENTO, S. S.; SOUZA, J. F.; FREIRE, J. O. TRATAMENTO DE EFLUENTES E PRODUÇÃO DE ÁGUA DE REÚSO PARA FINS AGRÍCOLAS. HOLOS (NATAL. ONLINE), v. 8, p. 1-15, 2019.