

Uso de água cinza tratada na irrigação de frutícola no semiárido: Aspectos legais e qualidade do solo

Use of treated graywater for fruit irrigation in the semiarid region: Legal aspects and soil quality

Carlos Laécio Evangelista Franca¹¹; Miriam Cleide Cavalcante de Amorim²; Nelci Olszewski³³; Clérison dos Santos Belém⁴⁴

¹Graduado em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Juazeiro; carlos.eagri@gmail.com. ²Doutor em Engenharia Química da Universidade Federal do Vale do São Francisco; Juazeiro; miriam.cleide@univasf.edu.br. ³Doutor em Agronomia da Universidade Federal do Vale do São Francisco; Juazeiro; nelci.olszewski@univasf.edu.br. ⁴Mestre em Ciência Animal do Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada; Juazeiro; clerison@irpaa.org

ARTIGO

Recebido: 22/03/2022
 Aprovado: 09/06/2022

Palavras-chave:

Biofiltro
 Conservação
 Reuso
 Saneamento Rural

RESUMO

A busca por processos ambientais sustentáveis é primordial para o mundo e, em regiões semiáridas onde os recursos de água doce são escassos, a busca por alternativas não convencionais de uso da água deve ser intensificada. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar, sob os aspectos legais de reuso agrícola e de alterações da qualidade do solo, o uso de água cinza tratada como fonte hídrica para plantas aceroleiras cultivadas no semiárido brasileiro. O estudo foi realizado na zona rural de Juazeiro, Bahia com água cinza tratada oriunda de biofiltro familiar adaptado, composto por camadas de serragem, areia grossa, brita e seixo rolado. Mensalmente, foram realizadas análises microbiológicas e físico-químicas da água cinza e análises químicas do solo. Verificou-se que há uma diversidade de parâmetros e de valores limites que dificultam a interpretação e o enquadramento legal da água cinza para irrigação, não havendo uma regulação única. A água cinza promoveu a melhoria das propriedades químicas da qualidade do solo, com diminuição na disponibilidade de Al e aumento nos teores de Ca, Mg e P. O reuso da água cinza na irrigação atende a critérios ambientais e de sustentabilidade por não ser lançada diretamente ao solo e por ser utilizada para um fim nobre como a irrigação de cultivo agrícola. No entanto, faz-se mister uma unificação regulatória legal a nível nacional, que estabeleça padrões e diretrizes para a prática do reuso de águas cinzas.

ABSTRACT

The search for sustainable environmental processes is primordial for the world and, in semi-arid regions where freshwater resources are scarce, the search for non-conventional alternatives for water use should be intensified. Thus, the objective of this work was to evaluate, under the legal aspects of agricultural reuse and soil quality, the use of treated graywater as a water source for acerola plants cultivated in the Brazilian semiarid region. The study was conducted in the rural area of Juazeiro/Bahia with treated graywater from a family adapted biofilter composed of layers of sawdust, coarse sand, gravel and pebbles. Monthly microbiological and physical-chemical analyses of the graywater and soil analyses were performed. It is concluded that there is a diversity of parameters and limit values that makes the interpretation and legal framework of graywater for irrigation difficult, with no single regulation. The greywater promoted an improvement in the chemical quality of the soil, with a decrease in the availability of Al and an increase in the Ca, Mg and P contents. The reuse of greywater for irrigation met the environmental and sustainability criteria by not being discharged directly into the soil and by being used for a noble purpose such as the irrigation of agricultural crops. However, it is necessary to have a legal regulatory unification at the national level, which establishes standards and guidelines for the practice of graywater reuse..

Key words:

Biofilter
 Conservation
 Reuse
 Rural Sanitation
 Soil.

INTRODUÇÃO

A agricultura é o setor responsável pelo uso de cerca de 70% do uso da água doce mundial, incluindo águas superficiais e subterrâneas em seu processo de produção de alimentos e de culturas não-alimentares (TUNDISI, 2008). Neste cenário, estudos recentes mostram que esgotos e águas cinzas apresentam, quando bem planejado, potencial de uso e de eficiência e seguridade como fonte de recursos hídricos para a produção agrícola (EDWIN et al., 2014; VEETTI et al., 2022). E, por reduzirem as exigências de tratamento de água, além de serem menos poluídas quando comparadas ao esgoto podem ser aplicadas para fins não-potáveis, tais como a irrigação e a descarga de sanitários, dentre outros, reduzindo substancialmente o consumo de água potável (SHAIKH; AHAMMED, 2022).

Assim, a reutilização da água cinza para irrigação e produção agrícola está se tornando uma prática comum em todo o mundo, particularmente em áreas que enfrentam escassez de água como Israel, Jordânia e Arábia Saudita (MAIMON et al., 2014; SHAIKH et al., 2019). Esta prática fornece diversos benefícios aos ecossistemas, podendo ser reutilizada próximo às residências para irrigação de jardins e de áreas agrícolas, evitando o transporte por longas distâncias (AL HAMAIEDEH; BINO, 2010). Além disso, contribuindo, também, para redução do uso de fertilizantes, aumento da reciclagem e reaproveitamento de nutrientes, bem como para a redução do uso de água potável, minimizando, assim, a poluição e aumentando a disponibilidade de água doce (NYAGATARE et al., 2021; PATIL et al. 2022).

A água cinza distingue-se do esgoto por não ter contribuição de águas de vasos sanitários, sendo qualquer água não-industrial que foi usada em processos domésticos, como o banho, lavagem de louça e de roupa (AL-ZOUBY et al., 2017). Embora o reuso de água cinza para irrigação agrícola venha ganhando cada vez mais importância no cenário internacional, seja por sua menor carga poluidora quando comparada com o esgoto doméstico (ZRAUNIG et al., 2019; SHAIKH; AHAMMED, 2022) ou por contribuir com a disponibilidade hídrica ao ser aplicada na irrigação ou para outros fins hídricos, ainda há desafios a serem enfrentados como o tratamento adequado e os padrões de qualidade para seus diferentes usos.

A adequação de tecnologias de reutilização da água cinza e a definição de critérios, diretrizes e padrões de qualidade que garantam que ela seja realizada de forma sustentável e segura sob os aspectos de saúde e ambiental, são fatores ainda a serem equacionados (ORON et al., 2014; NYAGATARE et al., 2021; AL ARNI et al., 2022) porém, países como Estados Unidos, Israel, Reino Unido, e Austrália já possuem leis e normas que regulamentam esta atividade (ORON et al., 2014). Nesta perspectiva, Oron et al. (2014) avaliaram o reuso da água cinza doméstica segundo padrões e características para irrigação em Israel e ao redor do mundo e concluíram que os critérios israelenses são dos mais rigorosos e direcionam-se para os aspectos de saúde, economia e qualidade ambiental. Ainda, estudos de Khajvand et al. (2022) demonstraram que a irrigação com água cinza não tratada pode alterar propriedades químicas e hidráulicas do solo. Por isso é importante monitorar a

qualidade das águas cinzas, bem como as características dos solos quando do seu uso.

No Brasil, na busca pelo estabelecimento de diretrizes nacionais para orientar estados e municípios no planejamento de ações de saneamento em áreas rurais, recentemente, foi instituído o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (BRASIL, 2019). Com ações voltadas para as áreas rurais dos municípios que adquirem outra conotação no planejamento em saneamento, estimulando o desenvolvimento de ações capazes de atender a distintas demandas, individuais e coletivas (FERREIRA et al., 2019). Entre tais ações o PNSR apresenta o reuso de água como uma das estratégias para o acesso democrático e equânime aos recursos hídricos e para o desenvolvimento sustentável.

Embora no Brasil, em âmbito federal, ainda não haja uma legislação que aborde diretamente os padrões de qualidade de água para reuso agrícola, aspectos legais da prática de reuso encontram-se em alguns instrumentos legais como na Lei do Saneamento nº14.026/2020 (BRASIL, 2020) e na Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). A Associação brasileira de Normas Técnicas por meio da NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997) dispõe sobre a disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico e prevê a classificação, os reuso e seus respectivos padrões de qualidade. Mais recentemente, na Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº530 de 14 de dezembro de 2021, foram definidos critérios e procedimentos para o reuso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.

No âmbito federal brasileiro, tem-se as recomendações da Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB, 2006), que apresenta recomendações de reuso conforme normas internacionais como *Guidelines for Water Reuse* da United States Environmental Protection Agency (USEPA) e a diretriz global da World Health Organization (WHO), para minimizar os riscos de reutilização da água cinza, incluindo restrições a seu uso para irrigação de culturas e manipulação higiênica de alimentos (WHO, 2006). No entanto, embora alguns estados e municípios brasileiros possuam resoluções e legislações próprias de reuso agrícola, como o Ceará e São Paulo, Morais e Santos (2020) verificaram a falta de um marco regulatório legal, em nível nacional, que estabeleça padrões e diretrizes que conduzam essa prática.

Embora a implementação de sistemas de tratamento e reuso de água cinza domiciliar seja uma alternativa para ampliar o acesso à água para a agricultura familiar de forma sustentável em áreas rurais ainda não há a nível nacional, normas e padrões de reuso para mitigar impactos e garantir a sustentabilidade ambiental. Desse modo, este estudo teve como objetivo avaliar a adequação da água cinza tratada como fonte hídrica para plantas aceroleiras cultivadas no semiárido brasileiro, sob os aspectos legais da qualidade da água de irrigação para reuso agrícola e da qualidade do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área cercada por vegetação de Caatinga de 525,63 m², inserida na área do Centro

de Formação Dom José Rodrigues, pertencente ao Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), localizado nas coordenadas geográficas: 9°26'49" Sul, 40°25'16" Oeste e uma altitude de 365 metros acima do nível do mar. Está situado à 12 km da cidade de Juazeiro/BA, na localidade Tourão, inserido no Submédio do Vale do São Francisco.

O clima da região de Juazeiro é do tipo BSw^h, segundo a classificação de Köppen, ou seja, clima semiárido. A precipitação pluvial, total anual média é da ordem de 542 mm. O período chuvoso concentra-se entre os meses de novembro e abril, com 90% do total anual. A quadra chuvosa, de janeiro a abril, contribui com 68% do total anual, destacando-se o mês de março e o de agosto como o mais e o menos chuvoso, com totais médios de 139,6 mm e 1,7 mm, em Juazeiro (TEIXEIRA; LIMA FILHO, 2022). Durante o período do experimento (agosto a novembro de 2020) a precipitação média foi de 23,27 mm, com a precipitação mínima de 0,0 mm em agosto e máxima de 83,4 mm em novembro (BAHIA, 2022).

A água cinza a ser tratada no biofiltro foi originada da república estudantil presente no local, a qual abriga de oito a dez estudantes, sendo composta por água da cozinha e dos chuveiros. O biofiltro é antecedido por uma caixa separadora de gordura em alvenaria com dimensões 0,50 x 0,50 x 0,50m e volume de 12,5 m³, dotada de tubulação de entrada e de saída em PVC de 100 mm de diâmetro, sendo precedido por tanque de armazenamento de água cinza tratada com 0,88 m³.

O biofiltro adaptado segue modelo de Santiago et al. (2015), em que possui fluxo descendente, sendo composto por uma camada inicial de seixo rolado, seguido por brita, areia lavada, raspa de madeira e húmus. Para o local, houve adaptações, com a substituição do húmus e das raspa de madeira por capim desidratado naturalmente por exposição a luz solar, com a finalidade de adaptação à realidade local. A água cinza tratada segue então para o tanque de armazenamento coberto para evitar a incidência de luz e consequente proliferação de algas, mosquitos e larvas ou, como forma de evitar possíveis acidentes.

A frutícola irrigada foi a acerola (*Malpignata Emarginata* D.C.) da variedade Junco, sendo 36 mudas recém-plantadas com 40 dias de vida. Na irrigação foi utilizado *Micro Spray Jet* da RSB®, com vazão de 25 L h⁻¹. Foram instaladas duas mangueiras de irrigação por planta, sendo cada uma distante 30 cm da planta. Para bombear a água cinza do tanque de armazenamento para o sistema de irrigação foi utilizada uma eletrobomba periférica de 1/2 cavalos-vapor, estando o tanque a 50 metros da área cultivada. O cálculo da irrigação foi realizado de acordo com a média da necessidade de volume de água da cultura. O volume de água adequado para a produção de acerola varia entre 1.000 a 2.000 mm por ciclo (CALGARO; BRAGA, 2012). Dessa forma, o sistema de irrigação foi acionado durante 5 minutos diários para suprir as necessidades fisiológicas da planta. Ao todo, foram consumidos 164,8 L de água cinza/dia. Ao 36º dia do experimento ocorreu um vazamento no sistema de irrigação, provocando o encharcamento do solo por quatro dias.

Para as caracterizações química, física e microbiológica da água cinza foram realizadas amostragens e análises a cada 30

dias, compreendendo quatro amostragens no período de experimento de 90 dias. Desse modo, sendo AA0 a água cinza coletada e analisada no dia do plantio; AA30 a água analisada após 30 dias; AA60 a água analisada após 60 dias; e AA90 a água analisada após 90 dias do plantio. Os processos de coleta, preservação e análises da água cinza foram realizados conforme procedimentos do Standard Methods for the Examination Water and Wasterwater (APHA, 2012). Os parâmetros físico-químicos avaliados foram: condutividade elétrica, demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, pH, sólidos dissolvidos totais, nitrogênio total, nitrogênio amoniacal, cloretos, cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo total (APHA, 2012). Os parâmetros microbiológicos foram: coliformes termotolerantes e *Escherichia Coli* pelo método de tubos múltiplos (APHA, 2012).

Concomitantemente às amostragens de água cinza foram realizadas as amostragens do solo. Sendo desse modo: AS0 a análise do solo no dia do plantio; AS30 a análise após 30 dias; AS60 a análise após 60 dias e AS90 a análise após 90 dias do plantio das mudas. A coleta foi feita em zigue-zague pela área de plantio, evitando locais próximos a trilha e a estrada, retirando sempre o solo na profundidade de 0-20 cm, no entorno de 12 plantas, totalizando 12 pontos de coleta.

As etapas de análises do solo foram realizadas no Laboratório de Engenharia Ambiental e no Laboratório de Física do Solo, na Universidade Federal do Vale do São Francisco. Os parâmetros químicos avaliados conforme metodologias de Teixeira et al. (2017) foram: condutividade elétrica, pH (solo:água 1:2,5), pH (KCl 1 mol L⁻¹), acidez potencial, capacidade de troca de cálcio (CTC total e efetiva), cálcio, magnésio, sódio, potássio, alumínio trocável, fósforo assimilável, carbono oxidável e nitrogênio total.

Para avaliação do uso da água cinza sob os aspectos legais, foi realizado o levantamento dos parâmetros legais da qualidade da água empregada na irrigação (Tabela 1) e documentos e legislações nacionais e internacionais (Tabela 2) para reuso agrícola de esgotos. Comparou-se então mensalmente, os valores obtidos da caracterização da água cinza com os valores das diretrizes de restrição de uso da água para irrigação (Tabela 1), e, com os valores das diretrizes da qualidade da água de reuso para irrigação (Tabela 2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da caracterização analítica da água cinza tratada e utilizada nesse trabalho aos 0, 30, 60 e 90 dias após o plantio estão descritos na Tabela 3.

Na referida Tabela estão descritos os valores encontrados para coliformes termotolerantes (CT), *Escherichia Coli* (*E. coli*), ovos de Helmintos, bactérias heterotróficas (BH), condutividade elétrica (CE), Demanda química de oxigênio (DQO), Demanda bioquímica de oxigênio (DBO), pH, sólidos dissolvidos totais (SDT), Nitrogênio total (NT), nitrogênio amoniacal (NA), cloretos, cálcio (Ca), magnésio (Mg), sódio (Na), potássio (K), fósforo (P) e a Relação de Adsorção de Sódios (RAS).

Tabela 1. Diretrizes de restrição de uso da água na irrigação pelas legislações nacionais e internacionais.

Referências	Parâmetros	Restrições ao uso na irrigação		
		Nenhuma	Ligeira - Moderada	Severa
Devido à salinidade				
Ayers e Westcot (1991)	CE (μScm^{-1})	<700	700 – 3.000	>3.000
USEPA (2012)	SDT (mg L^{-1})	<450	450 – 2.000	>2.000
Devido à redução infiltração (avaliado usando CE e RAS simultaneamente)				
	RAS		CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	
	0 – 3	>700	700 – 200	<200
Ayers e Westcot (1991)	3 – 6	>1.200	1.200 – 300	<300
USEPA (2012)	6 – 12	>1.900	1.900 – 500	<500
	12 – 20	>2.900	2.900 – 1.300	<1.300
	20 – 40	>5.000	5.000 – 2.900	<2.900
Devido à toxicidade a culturas sensíveis				
Ayers e Westcot (1991)	Na (RAS)	<3	3 a 9	>9
USEPA (2012)	Na (mg L^{-1})	<69	>69	
Ayers e Westcot (1991)	Cloretos (mg L^{-1})	<140	140 – 350	>350
USEPA (2012)		<70	70 – 355	>355
Ayers e Westcot (1991)	pH	Faixa normal: 6,5 a 8,4		
USEPA (2012)				
Devido a obstrução em sistemas de irrigação localizada				
	pH	<7	7 – 8	>8
Ayers e Westcot (1991)	SDT (mg L^{-1})	<500	500 – 2.000	>2.000
	BH (UFC mL^{-1})	<10	10 – 20	>50
Nutrientes				
Ayers e Westcot (1991)	NT (mg L^{-1})	<5	5 – 30	>30

CE – Condutividade elétrica; SDT – Sólidos dissolvidos totais; RAS – Relação de Adsorção de Sódio; BH – Bactérias heterotróficas; NT – Nitrogênio total.

Tabela 2. Diretrizes da qualidade da água de reuso para irrigação pelas legislações nacionais e internacionais

Parâmetros	Referências				
	NBR 13.969/97	USEPA (2012)	WHO (2006)	PROSAB (2006)	Almeida (2010)
CT (NMP/100mL)	-	-	-	≤ 10.000	-
EC (NMP/100mL)	<5.000	≤ 200	≤ 100.000	≤ 10.000	-
Helmintos (ovos L^{-1})	-	-	≤ 1	≤ 1	-
CE (μScm^{-1})	-	-	-	200 - 1.000	0 - 3.000
DBO ($\text{mg O}_2 \text{L}^{-1}$)	-	≤ 30	-	Não há restrição	-
DQO ($\text{mg O}_2 \text{L}^{-1}$)	-	-	-	Não há restrição	-
pH	-	6,5 - 8,4	-	6,5 - 9	6 - 8,5
SDT (mg L^{-1})	-	<2.000	-	-	0 - 2.000
NT (mg L^{-1})	-	<30	-	-	0 - 10
NA (mg L^{-1})	-	<70	-	-	0 - 5
Cloretos (mg L^{-1})	-	-	-	45 - 750	0 - 1.000
Ca (mg L^{-1})	-	-	-	5 - 100	0 - 401
Mg (mg L^{-1})	-	-	-	1 - 45	0 - 61
Na (mg L^{-1})	-	-	-	30 - 140	0 - 920
K (mg L^{-1})	-	-	-	10 - 30	0 - 2
P (mg L^{-1})	-	-	-	-	0 - 2
RAS	-	-	-	1,5 - 25	0 - 15

CT – Coliformes Termotolerantes; EC – Escherichia Coli; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; DQO – Demanda química de oxigênio; NA – Nitrogênio amoniacal.

Os resultados para a presença de CT estão de acordo com o PROSAB (2006), onde menciona que níveis menores ou iguais a 10.000 NMP 100 mL⁻¹ não oferecem risco potencial para a utilização na irrigação de frutíferas. Os coliformes termotolerantes, em excesso, oferecem risco potencial de contaminação ao agricultor. Com exceção do período de AA30, as demais amostras apresentam concentrações dos parâmetros inferiores às encontradas por Figueiredo et al. (2019) e Baracuhy et al. (2015) sendo que os resultados desses trabalhos são de água cinza não tratada, sendo assim, as concentrações inferiores da Tabela 3 podem ser explicadas pelo tratamento realizado com o uso do biofiltro, o qual reduz a concentração de CT. Quando comparados com os dados da água cinza tratada apresentada por Baracuhy et al. (2015), mesmo que com outra forma de tratamento, pode-se observar que os resultados são semelhantes aos expostos na Tabela 3 para coliformes termotolerantes, em que, valores para coliformes totais variaram de 1354 a 2022 (UFC 100 mL⁻¹). Dessa maneira, a água cinza do estudo atende ao parâmetro mencionado.

Os valores para *Escherichia coli* presentes na água cinza do estudo se enquadram nas recomendações da NBR 13.969/1997, (ABNT, 1997) WHO (2006) e PROSAB (2006) (Tabela 2). Porém, de acordo com a USEPA (2012), o limite recomendado foi ultrapassado, visto que para culturas alimentícias esta, estabelece ausência de coliformes fecais. Comparados, os resultados das concentrações obtidas são inferiores ao exposto por Figueiredo et al. (2019) e por Delhiraja e Philip (2020) (247.3 ± 112.2 MNP. 100 mL⁻¹) tendo em vista que as análises foram realizadas em água cinza não tratada, evidenciando a importância do tratamento para que a água se enquadre nos intervalos recomendados e possa ser utilizada para fins de irrigação agrícola sem riscos à saúde humana, às culturas e ao solo (SANTOS et al., 2006).

Quando comparados com Baracuhy et al. (2015), é possível observar que os valores apresentados na Tabela 3 são inferiores aos dados expostos pelos autores, tanto para a água sem tratamento como para a água com tratamento, exceto para os períodos de AA0 e AA30, nos quais os valores foram similares. Portanto, baseando-se na USEPA (2012), para árvores frutíferas e culturas que não tenham contato direto com o solo é permitida a irrigação com água de reuso, desde que seja realizado o acompanhamento das características microbiológicas da água cinza em relação a EC, para promover utilização segura. É importante ressaltar que os frutos e folhas das aceroleiras, com a utilização de sistema de irrigação via gotejadores, não têm contato direto com a água cinza, diminuindo os riscos de contaminação humana. O acompanhamento das características microbiológicas aplica-se ainda à proteção do solo, visto estudos de Santos et al. (2006) concluindo que o reuso de esgotos mesmo que tratado, sendo este não provido de um manejo adequado, pode causar a contaminação microbiológica do solo. Portanto, são necessários mais estudos periódicos relacionados a este fator para acompanhar sua variação e nocividade aos agricultores rurais.

Tabela 3. Caracterização da água cinza tratada utilizada na irrigação de acerola em área de plantio na localidade Tourão, Juazeiro, Bahia

Parâmetros	Período de amostragem da água			
	AA0	AA30	AA60	AA90
CT (NMP 100 mL ⁻¹)	≥1.600	6.400	1.020	1.100
EC (NMP 100 mL ⁻¹)	≥1.600	3.600	102	54
Helmintos (Ovos g ⁻¹)	0	0	0	0
BH (UFC mL ⁻¹)	227,5	321,0	244,5	55,0
CE (µS cm ⁻¹)	646,4	756,3	957,2	774,3
DQO (mg O ₂ L ⁻¹)	458,7	195,0	257,5	419,4
DBO ₅ (mg O ₂ L ⁻¹)	233,4	148,3	116,7	150,0
pH	7,1	7,1	7,0	6,8
SDT (mg L ⁻¹)	633,3	690,0	746,7	676,7
NT (mg L ⁻¹)	14,0	12,60	14,00	15,40
NA (mg L ⁻¹)	16,2	4,5	2,3	11,8
Cloretos (mg L ⁻¹)	85,7	14,2	42,1	30,3
Ca (mg L ⁻¹)	130,3	120,2	440,0	540,0
Mg (mg L ⁻¹)	97,3	79,0	120,0	120,0
Na (mg L ⁻¹)	17,9	18,9	19,1	178,5
K (mg L ⁻¹)	2,3	2,6	2,8	17,5
P (mg L ⁻¹)	7,3	11,6	4,7	5,9
RAS	0,09	0,10	0,07	0,75

AA0 – água no dia do plantio; AA30 – água aos 30 dias do plantio; AA60 – água aos 60 dias do plantio; AA90 – água aos 90 dias do plantio.

A água cinza não apresentou ovos de Helmitos, estando dentro das recomendações de WHO (2006) e PROSAB (2006). Em complementação, foi observado que os valores apresentados também estiveram de acordo com os padrões estabelecidos para reuso agrícola de águas cinzas na Jordânia (AL ARNI et al., 2022). Esse resultado é importante, pois os Helmitos são parasitas presentes em fezes que podem provocar diversas doenças em animais e seres humanos, sendo agravado pelo tempo de sobrevivência dos seus ovos no solo, em especial, solos úmidos e quentes que favorecem a sua proliferação (WHO, 2006). Portanto, a água utilizada no estudo, pela sua característica de não ser oriunda de vasos sanitários, atende esse quesito e está apta para a utilização de forma segura para irrigação.

Para a presença de bactérias heterotróficas, seguindo a classificação de Ayers e Westcot (1991), a água cinza apresentou restrição severa para uso na irrigação, com destaque para o resultado da análise AA30. Ainda, baseado no autor, as bactérias heterotróficas podem limitar o uso da água cinza na agricultura, devido ao risco de obstrução de sistemas de irrigação localizado, problema não observado no desenvolvimento deste trabalho. Mesmo com tais restrições, observa-se que os valores obtidos para a água cinza do presente trabalho foram menores que valores obtidos para água de irrigação oriunda de açudes e poços artesianos utilizadas na irrigação de hortaliças, em estudo da análise da qualidade das águas utilizadas na irrigação de cinco horticulturas no Agreste Pernambucano (SILVA et al., 2016). Os valores das bactérias heterotróficas das águas analisadas por Silva et al. (2016) variaram entre 1,0 x 10³ e 1,75 x 10⁶ UFC mL⁻¹, já neste estudo os valores estiveram entre 55 e 321 UFC mL⁻¹ (Tabela 3).

Os resultados das mensurações de condutividade elétrica da água cinza estão dentro do intervalo recomendado pelo

PROSAB (2006) e Almeida (2010). Em relação à restrição quanto ao risco potencial de salinização do solo pela água, proposta por Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012), os resultados se enquadram como de ligeira a moderadamente restrita, com destaque para a análise AA60. Dessa forma, é necessário o monitoramento periódico para evitar a salinização do solo (FIGUEIREDO et al., 2019; CHRISPIM; NOLASCO, 2017). Segundo Gomes et al. (2019), a DBO e a DQO da água de reuso como indicadores de matéria orgânica associado ao teor de fósforo são parâmetros de maior importância para a irrigação, em função da sua forte influência no crescimento das plantas. As diretrizes brasileiras, descritas no PROSAB (2006), não apresentam a DBO e a DQO como parâmetros que restringem o uso da água cinza na agricultura.

Para a DQO não há referências publicadas que limitem sua concentração na água utilizada em irrigação e, neste estudo são inferiores aos apresentados por Figueiredo et al. (2019) e similares aos valores de Dantas et al. (2019) os quais estiveram na faixa de 440 mg O₂ L⁻¹. Porém, como a água utilizada é proveniente tanto da cozinha quanto de chuveiro, é normal que a DQO seja menor do que se fosse apenas da cozinha, devido à presença de resíduos grosseiros de alimentos, óleos, gorduras e detergentes nesse ambiente (FIGUEIREDO et al., 2019). No entanto, para a USEPA (2012), os resultados da DBO excederam o recomendado (≤ 30 mg O₂ L⁻¹), assim como os valores encontrados por Dantas et al. (2019) para água cinza bruta e tratada que também excederam o recomendado.

Os resultados do pH da água cinza utilizada estão de acordo com os intervalos propostos pelo PROSAB (2006), Almeida (2010) e USEPA (2012). Em relação à classificação de Ayers e Westcot (1991) (Tabela 1), o pH encontra-se na faixa normal em relação à toxicidade e não apresenta restrição ao seu uso para irrigação. O pH da água de irrigação pode influenciar a disponibilidade de elementos químicos no solo e provocar obstrução dos sistemas de irrigação localizada. Portanto, para este parâmetro, a água cinza encontra-se apta ao uso para os fins citados.

Baseado em Almeida (2010) e USEPA (2012), os resultados das análises dos sólidos dissolvidos totais se enquadram nas diretrizes. De acordo com Ayers e Westcot (1991), a restrição de uso da água desse estudo devido ao risco de obstrução dos sistemas de irrigação localizada é classificada como de ligeira a moderada. Dessa maneira, não há impedimento para seu uso em curto prazo. Para reduzir possíveis problemas causados pela presença de sólidos, devem ser realizadas manutenções periódicas nos gotejadores e filtros do sistema de irrigação.

Nitrogênio, fósforo e potássio são macronutrientes primários essenciais para o crescimento das culturas. P e K encontrados na água cinza estão acima dos intervalos usuais da água de irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991). No entanto, em se tratando de macronutrientes necessários em altas quantidades pelas plantas, não representam riscos para a cultura e para o solo. O teor de nitrogênio total e amoniacal na água cinza são condizentes com os dados da USEPA (2012), mas estão destoantes dos intervalos recomendados por Almeida (2010). Suas concentrações mantiveram-se com valores menores que os resultados da água cinza de Figueiredo et al. (2019) (22,5 mg N L⁻¹).

De acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1991), a restrição para o uso dessa água, devido à quantidade de nitrogênio, é considerada de ligeira a moderada. O excesso de N pode causar crescimento vegetativo excessivo, maturação tardia ou desigual e até frutos de baixa qualidade (ALVAREZ et al., 1999). Apesar disso, a presença do N na água de irrigação é positiva, sendo um elemento útil que deve ser aproveitado ao máximo, desde que seja considerado nos cálculos para determinar a aplicação de fertilizantes no solo (ALMEIDA, 2010).

A concentração de P é similar e, na análise do período de AA30, até ultrapassa os valores encontrados por Figueiredo et al. (2019), sendo próxima aos níveis do esgoto comum. A presença de *shampoo*, protetor solar e sabonete líquido, nos quais possuem fosfato em sua composição, pode ser a explicação para isso (FIGUEIREDO et al., 2019). Os detergentes e sabões são mais concentrados nas águas cinzas porque o fluxo do vaso sanitário é excluído (AL HAMAIEDEH; BINO, 2010).

O resultado do teor de cloretos indica que a análise do período de AA30 não se enquadra nas recomendações do PROSAB (2006). Porém, de acordo com o intervalo usual de cloretos em água de irrigação, proposto por Almeida (2010), a água cinza deste estudo é apropriada para o uso. O resultado mostra que não há restrição de uso da água cinza devido à toxicidade por cloreto, baseado nas recomendações de Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012). Com isso, a água cinza avaliada pode ser utilizada para a irrigação das plantas de aceroleiras, sendo importante ter critério na utilização de produtos químicos nas higienizações dos banheiros e cozinha, ou redução dos sais dispensados na cozinha. Além disso, a continuidade na realização de análises para verificar o enquadramento do teor de cloretos nas demais referências.

Os resultados das análises de Ca e Mg apontam para o excesso em relação às recomendações do PROSAB (2006) e Almeida (2010). Apenas a análise da AA30 atende ao intervalo proposto por Almeida (2010) para o Ca. Os demasiados teores de Ca e Mg na água podem promover aumento do valor de pH do solo com riscos de alcalinização. Também, segundo Garcia et al. (1998), a presença de Ca e Mg em excesso na água pode aumentar o risco potencial de entupimento das tubulações devido a precipitação dos elementos. Portanto, é importante a realização de manutenção do filtro biológico, a aplicação de critério dos usuários na liberação de resíduos na rede de esgoto dos domicílios e a continuidade da realização de análises para verificar a variação dos teores desses elementos. Tudo isso, em conjunto com o manejo adequado do solo para evitar a alcalinização.

Os resultados para o Na encontram-se fora do intervalo proposto pelo PROSAB (2006), mas estão de acordo com Almeida (2010). Em relação à restrição de uso devido à toxicidade para as plantas, de acordo com Ayers e Westcot (1991), em todas as análises, classifica-se como sem restrições. Também, seguindo a USEPA (2012), se enquadram como sem restrições, com exceção da análise da AA90, na qual é classificada como restrição ligeira a moderada. A discrepância do resultado de análise da AA90 pode estar relacionada com fatores externos ou erro incomum. A partir dos resultados, pode-se dizer que a água cinza utilizada se encontra entre

nenhuma a moderada restrição de uso de acordo com Almeida (2010), Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012). Dessa forma, seu uso para fins de irrigação é permitido, desde que seja realizado monitoramento periódico para acompanhar a variação do teor de Na, pois o mesmo em excesso pode inviabilizar a utilização do solo para a agricultura em médio a longo prazo (PAES et al., 2013).

A razão de adsorção de sódio (RAS) da água cinza atende às recomendações do PROSAB (2006) e Almeida (2010). Em relação a Tabela 1, conforme Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012), a água cinza é classificada como de nenhuma restrição ao uso na irrigação. Porém, segundo Richards (1954), a RAS e a condutividade elétrica são utilizadas para determinar o perigo de salinização e sodificação do solo pela água de irrigação. Com isso, ainda baseado no autor, foi criada uma classificação para definir esses riscos. Considerando os dados obtidos, a água cinza está inserida no grupo C3S1, isto é, médio a alto risco de salinização, podendo ser utilizada em culturas com moderada resistência à salinização tais como cevada e trigo forrageiro ou melão (GHEYI et al., 2016), solos com boa drenagem e com monitoramento da irrigação. O valor médio da RAS da água cinza tratada neste estudo foi de 0,25, sendo menor que o valor médio (3,62) de Al Hamaiedeh e Bino (2010) quando avaliaram os efeitos do uso de água cinza na qualidade do solo e na planta e observaram um aumento da RAS do solo em 12 meses de irrigação.

Na Tabela 4 estão descritos a caracterização do solo da área experimental, onde verificou-se que a CE ao longo do experimento não apresentou aumento em relação à análise inicial.

Tabela 4. Caracterização das amostras de solo da área de acerola na localidade Tourão, Juazeiro, Bahia

variáveis	Período de amostragem do solo			
	AS0	AS30	AS60	AS90
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	647,80	515,50	378,30	550,60
pH (água)	7,45	7,48	7,43	7,51
pH (KCl)	5,83	5,99	6,13	6,23
Acidez Potencial ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	3,27	2,62	2,70	2,86
CTC Total ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	37,69	26,82	20,88	26,65
CTC Efetiva ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	35,87	24,75	18,43	24,24
Soma de Bases ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	34,42	24,20	18,18	23,79
Saturação por Bases (%)	91,32	90,23	87,07	89,27
Saturação por Sódio (%)	0,18	0,19	0,36	0,35
Saturação por Alumínio (%)	4,04	2,22	1,36	1,86
Ca^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	24,65	17,00	10,85	10,75
Mg^{2+} ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	9,65	7,10	7,20	12,90
Na^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,067	0,051	0,075	0,094
K^+ ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	0,05	0,05	0,05	0,05
Alumínio Trocável ($\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$)	1,45	0,55	0,25	0,45
Fósforo Assimilável (mg kg^{-1})	7,47	13,47	11,46	15,32
RAS	0,016	0,015	0,025	0,027
Carbono Oxidável (%)	20,28	10,75	10,06	10,35
NT (%)	0,032	0,03	0,042	0,061
Relação C/N	633,75	358,33	239,52	169,67

AS0 – solo coletado no dia do plantio; AS30 – solo coletado aos 30 dias do plantio; AS60 – solo coletado aos 60 dias do plantio; AS90 – solo coletado aos 90 dias do plantio; CTC – Capacidade de troca de cátions; CE – Condutividade Elétrica; RAS – Relação de Adsorção de Sódio.

O pH em água e o pH em KCl sofreram elevações durante o experimento da ordem de 0,81% e de 6,9% respectivamente. De acordo com Sobral et al. (2015), os valores encontrados nas análises enquadram o pH do solo como médio a alto. De acordo com os resultados obtidos e comparando com a tabela de interpretação de Ribeiro et al. (1999), o solo do local do experimento é classificado como de qualidade média quanto à acidez potencial. Segundo Teixeira et al. (2017), a acidez do solo é fundamental para a estimativa da capacidade de troca de cátions, além de caracterizar o poder tampão de acidez do solo.

Os valores encontrados para CTC total e CTC efetiva estão altos, segundo Sobral et al. (2015). Durante o experimento, esse valor sofreu redução de 29,3% para a CTC total e de 32,4% para a CTC efetiva. Fatores como o pH da solução do solo e matéria orgânica afetam a CTC, que representa a capacidade do solo em reter os cátions na forma de complexos, portanto, importante para garantir a fertilidade do solo (TEIXEIRA et al., 2017).

Os resultados obtidos explicitam a alta saturação por bases do solo. Valor de saturação por bases acima de 50% indica o estado eutrófico do solo que, com a ausência dos caracteres sódico, sálico e/ou salino, pode ser considerado como indicativo de boa fertilidade (SANTOS et al., 2018).

A saturação por sódio indica a proporção de sódio solúvel em relação a CTC total do solo (TEIXEIRA et al., 2017). De acordo com Santos et al. (2018), esse valor é utilizado para definir os caracteres sódico (saturação por sódio variando de 6% a 15%) e solódico (saturação por sódio maior que 15%). Os resultados não enquadram o solo em nenhuma dessas condições, porém, com a utilização da irrigação, houve a elevação do percentual. O aumento discrepante entre os períodos de AS30 e AS60 de 0,19 para 0,36 (89,5%) pode ser explicado por um vazamento ocorrido durante o experimento, provocando o encharcamento do solo aproximadamente por quatro dias.

A saturação por alumínio indica a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo (TEIXEIRA et al., 2017). Uma das condições para definir o caráter aluminico do solo é o valor da saturação por alumínio sendo maior ou igual à 50% (SANTOS et al., 2018). Tendo em vista essa informação, podemos observar que a saturação por alumínio do solo possui percentual baixo, com o valor sendo reduzido durante o decorrer do experimento.

Os teores de Ca e Mg estão altos, de acordo com Sobral et al. (2015). Os teores de Ca reduziram durante o experimento e os de Mg aumentaram em 56,40% e de 33,68% respectivamente.

O teor de Na presente no solo aumentou com a irrigação. Porém, não o suficiente para provocar alta saturação por sódio. A excessiva concentração de sódio nos solos pode provocar a dispersão das partículas, ocasionando a diminuição da porosidade e permeabilidade do solo (PAES et al., 2013).

Baseado nos resultados e nos valores indicativos de Sobral et al. (2015), o solo do local

de estudo é classificado como de baixo teor de K. O potássio tem função importante para o desenvolvimento das plantas, contribuindo para a resistência aos efeitos de doenças e na ativação de sistemas enzimáticos que regulam reações metabólicas nas plantas (MANILO et al., 2006). A ausência desse elemento pode provocar murcha ou queima ao longo das folhas, crescimento lento do sistema radicular e sementes e frutos pequenos e enrugados (MANILO et al., 2006; KERBAUY, 2008). Desse modo, é indicada a suplementação de K através de adubação orgânica ou mineral.

Os teores de Al trocável diminuiram durante o experimento. Seguindo a classificação de Sobral et al. (2015), na análise AS0, em que se trata do solo antes do plantio, o teor de Al trocável estava alto, diminuindo para médio abaixo durante as demais análises (AS30, AS60 e AS90). Ainda, de acordo com o autor, o Al é um cátion tóxico para a maioria das culturas, inibindo o crescimento radicular e influenciando na disponibilidade de outros nutrientes como o fósforo. Quanto a acidez potencial do solo, que é a soma das atividades de hidrogênio e alumínio, em todas as análises foi considerada de valor médio, de acordo com Ribeiro et al. (1999).

Durante o período em que o solo recebeu a água cinza tratada via irrigação, houve aumento do teor de N total e P assimilável. Comparando a AS0 e AS90, a concentração de N praticamente dobrou de valor. Esse aumento pode ter ocorrido pela ação da comunidade bacteriana e pelos valores da relação C/N, visto que dependendo dessa proporção, os micróbios mineralizam ou imobilizam a curto prazo o N do solo (HOUBEN; BRINKS, 2020). Esse dado é importante, visto que esses nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento do caule, raízes e folhas da planta durante seu crescimento (SALVADOR et al., 2000). A ausência desses elementos pode implicar em diversos problemas para o cultivo, como o desenvolvimento tardio ou até má formação das plantas (KERBAUY, 2008). Isso evidencia o potencial da água cinza tratada para irrigação em cultivos como de aceroleiras.

A relação C/N é um dos principais fatores que determinam a taxa de decomposição da matéria orgânica, sendo que quanto menor, maior a quantidade de nitrogênio. Esse processo promove rápida liberação de N aproveitável pelas culturas, persistindo por pouco tempo no solo (OLIVEIRA et al., 2019), caso dos resultados obtidos nessa pesquisa.

Os resultados de sodicidade (RAS) do solo não aumentaram em relação à aplicação de água cinza, embora a RAS da água cinza tenha sofrido aumento ao longo dos 90 dias do experimento. De fato, em acordo com os teores de Na⁺, a RAS do solo manteve-se sempre menor em relação a RAS da água cinza, apresentando um comportamento diferente do obtido por Nyagatare et al. (2021), quando ao irrigar tomate com água cinza por 85 dias, resultou em um aumento de oito vezes na RAS do solo, mesmo com a RAS da água cinza (2,49) dentro dos limites do PROSAB (2006), Almeida (2010) e Ayers e Westcot (1991). Resultados de Chaganti et al. (2020) irrigando sorgo com água fresca e esgoto tratado apresentaram aumento significativo na sodicidade do solo após dois anos de irrigação em ambos os casos, e nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm.

Contudo, de forma geral observou-se que em análise comparativa entre os valores obtidos para a água cinza tratada e

as recomendações para água de irrigação e para reuso, nota-se que há uma diversidade de parâmetros bem como de valores limites, que dificultam a interpretação e o enquadramento legal da água de reuso.

CONCLUSÕES

A água cinza tratada utilizada como fonte hídrica para irrigação das mudas de acerola em Juazeiro se enquadra nas recomendações para água de irrigação e para reuso frente a diretrizes a nível federal e no âmbito internacional, e promove melhoria na qualidade química do solo recomendando-se atenção para o possível incremento de sais.

O reuso da água cinza tratada em biofiltro apresenta-se como potencial alternativa para o saneamento rural sustentável, contribuindo para a sustentabilidade por não ser lançada diretamente ao solo e por servir para um fim nobre como a irrigação de cultivo agrícola. No entanto faz-se mister uma unificação regulatória legal a nível nacional, que estabeleça padrões e diretrizes para a prática do reuso de águas cinzas.

REFERÊNCIAS

- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 13.969. Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Associação Brasileira de Normas Técnicas. Rio de Janeiro, p. 60, 1997.
- ALVAREZ, V. V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. L. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. eds. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, CFSEMG, 1999.
- AL ARNI, S.; ELWAHEIDI, M.; SALIH, A. A. M.; GHERNAOUT, D.; MATOUQ, M. Greywater reuse: a review of the Jordanian experience in rural communities. *Water Science and Technology*, p.1-12, 2022. [10.2166/wst.2022.080](https://doi.org/10.2166/wst.2022.080)
- AL-HAMAIIEDEH, H.; BINO, M. Effect of treated grey water reuse in irrigation on soil and plants, *Desalination*, v. 256, n. 1–3, p. 115-119, 2010. [10.1016/j.desal.2010.02.004](https://doi.org/10.1016/j.desal.2010.02.004)
- ALMEIDA, O. Á. Qualidade da Água de Irrigação. 1ª. Ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 234p.
- AL-ZOUBY, J. A.; AL-ZBOON, K. K.; AL-TABBAL, J. A. Low-cost treatment of grey water and reuse for irrigation of gome arden plant. *Environmental Engineering And Management Journal*, v. 16, n. 2, p. 351-359, 2017.
- APHA, AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22. Ed. Washington DC: APHA, 2012.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. A. Qualidade da Água na Agricultura. Tradução de H. R. GHEYI; J. F. DE MEDEIROS e

- F. A. V. DAMASCENO. Campina Grande: UFPB, 1991. 218 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).
- BARACUHY, V. S.; PEREIRA, J. P. G.; FERREIRA, A. C., SILVA, V. F.; NICOLA, S. Eficiência na remoção de coliformes em águas cinza através da fitorremediação. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, Pombal, v. 10, n. 1, p. 57-61, 2015.
- BRASIL. Programa Nacional de Saneamento Rural. Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2019. 260 p.
- BRASIL. Lei nº 14.026/2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera as Leis nº 9.984/2020, nº 10.768/2003, nº 11.107/2005, nº 11.445/2007, nº 12.305/2010, nº 13.089/2015, nº 13.5029/2017. *Diário Oficial da União*, Brasília, 15 de julho de 2020.
- CALGARO, M.; BRAGA, M. B. A Cultura da Acerola. 3. Ed. Brasília: Embrapa, 2012. 144p.
- CHAGANTI, V. N.; GANJEGUNTE, G.; NIU, G.; ULERY, A.; FLYNN, R.; ENCISO, J. M.; MEKI, M. N.; KINIRY, J. R. Effects of treated urban wastewater irrigation on bioenergy sorghum and soil quality, *Agricultural Water Management*, v. 228, p. 105894-105906, 2020. [10.1016/j.agwat.2019.105894](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105894)
- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº530 de 14 de dezembro de 2021. *Diário Oficial da União*, Brasília, 16 dezembro 2021. Edição: 236. Seção: 1. 203.
- CHRISPIM, M. C.; NOLASCO, M. A. Greywater treatment using a moving bed biofilm reactor at a university campus in Brazil. *Journal of Cleaner Production*, v. 142, p. 290-296, 2017.
- DANTAS, P. R.; CHAVE, M. T. L.; CAVALCANTE, D. M.; DE ALBUQUERQUE, W. G.; et al. Reúso de água cinza tratada em sistema de alagado construído com resíduos da construção civil. *Rev. Verde*, v. 14, p. 62-68, 2019. [10.18378/rvads.v14i1.5819](https://doi.org/10.18378/rvads.v14i1.5819).
- DELHIRAJA, K., PHILIP, L. Characterization of segregated greywater from Indian households: part A physico-chemical and microbial parameters. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 192, p. 428-451, 2020. [10.1007/s10661-020-08369-0](https://doi.org/10.1007/s10661-020-08369-0)
- DOS SANTOS, H. G. D.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 5. ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p.
- EDWIN, G.A., GOPALSAMY, P.; MUTHU, N. Characterization of domestic gray water from point source to determine the potential for urban residential reuse: a short review. *Appl Water Sci*, v. 4, p. 39-49, 2014. [10.1007/s13201-013-0128-8](https://doi.org/10.1007/s13201-013-0128-8)
- FERREIRA, L. A. F.; RIBEIRO, P. S. da C.; ANDRADE, I. C. de M.; GUIDES, R. M.; SANTOS, L. de O. L.; CRUZ, L. M. de O.; SANTOS, M. R. R.; REZENDE, S. Saneamento rural no planejamento municipal - lições a partir do Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR). *Revista DAE*, São Paulo, v. 67, n. 220, p. 36-51, Edição Especial - 2019. [10.4322/dae.2019.054](https://doi.org/10.4322/dae.2019.054)
- FIGUEIREDO, I. C. S.; DUARTE, N. C.; COASACA, R. L.; MAGALHÃES, T. M.; BARBOSA, A. C.; PORTELA, D. G.; MADRID, F.J. P. y L.; CRUZ, L. M. de O.; TONETTI, A. L. Águas cinzas em domicílios rurais, separação na fonte, tratamento e caracterização. *Revista DAE*, São Paulo, v. 67, n. 220, p. 141-156, 2019. [10.4322/dae.2019.061](https://doi.org/10.4322/dae.2019.061)
- FUNASA. Programa Nacional de Saneamento Rural. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2019, 260 p.
- LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba, SP: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1998, 186p.
- GARCIA, J. A. del C.; ESQUIZA, J. S. de G.; ANACABE, A. U.; RODA, S. S. D. de. Fertirrigación en invernadero - Obstrucciones en los equipos de fertirrigación. *Horticultura Agrícola Vergel*, v. 18, n. 200, p. 454-458, 1998.
- GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; LACERDA, C. F.; GOMES FILHO, E. Manejo da salinidade na agricultura: Estudo básico e aplicados / 2.ed. INCTSal, 2016, 504p.
- GOMES, J. W. da S.; DIAS, N. da S.; MORENO-PIZANE, M. A.; PAIVA, K. F.; ROCHA, J. L. A.; ARAÚJO, E. B. G.; FERNANDES, C. dos SANTOS. Growth and mineral composition of the melon with different doses of phosphorus and organic matter. *Dyna*, v. 86, n. 211, p. 363-368, 2019. [10.15446/dyna.v86n211.69776](https://doi.org/10.15446/dyna.v86n211.69776)
- HOUBEN, S.; BRINKS, H. Informação Prática para a Saúde do Solo. Disponível em: <https://www.best4soil.eu/assets/factsheets/pt/16.pdf>. 2020. Acessado em: 15 de Jun 2022.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008, 470p.
- KHAJVAND, M.; MOSTAFAZADEH, A. K.; DROGUI, P.; TYAGI, R. D.; BRIEN, E. Greywater characteristics, impacts, treatment, and reclamation using adsorption processes towards the circular economy. *Environ Sci Pollut Res.*, v. 29, p. 10966-11003, 2022. [10.1007/s11356-021-16480-z](https://doi.org/10.1007/s11356-021-16480-z).
- MAIMON, A.; FRIEDLER, E.; GROSS, A. Parameters affecting greywater quality and its safety for reuse, *Science of The Total Environment*, v. 487, p. 20-25, 2014. [10.1016/j.scitotenv.2014.03.133](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.03.133).

- MANLIO, S. F.; SOUZA, S. R. de; SANTOS, L. A. Nutrição Mineral de Plantas. 2 ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006, 670p.
- MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. D. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reuso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. *Revista DAE*, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, 2019. [10.4322/dae.2019.004](https://doi.org/10.4322/dae.2019.004)
- NYAGATARE, G.; SHINGIRO, C.; NYIRANZIRINGIRIMANA, C. Effect of domestic greywater reuse for irrigation on soil physical and chemical characteristics and tomatoes growth. *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, v. 115, n. 2, p. 51-63, 2021. [10.36253/jaeid-12069](https://doi.org/10.36253/jaeid-12069)
- OLIVEIRA, A. B. D.; SEIXAS, C. D. S.; OLIVEIRA, A. B. de; LEITE, R. M. V. B. de C.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; KERN, H. S. Soja: o produtor pergunta e a Embrapa responde. Brasília: Embrapa, 2019, 274 p.
- ORON, G.; ADEL, M.; AGMON, V.; FRIEDLER E.; HALPERIN, R.; LESHEM, E.; WEINBERG, D. Greywater use in Israel and worldwide: standards and prospects. *Water Res.*, v. 1, n. 58, p. 92-101, 2014. [10.1016/j.watres.2014.03.032](https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.03.032)
- PAES, J. L. A.; RUIZ, H. A.; FERNANDES, R. B. A.; FREIRE, M. B. G. S.; BARROS, M. F. C.; ROCHA, G. C. Dispersão de argilas em solos afetados por sais. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 10, p. 1135-1142, 2013. [10.1590/S1415-43662013001100002](https://doi.org/10.1590/S1415-43662013001100002)
- PATIL, P. D.; BHANGE, P. V.; SHENDE, S. S.; GHORPADE, P. S. Greywater characterization of an Indian household and potential treatment for reuse. *Water-Energy Nexus*, v. 5, p. 1-7, 2022. [10.1016/j.wen.2021.12.001](https://doi.org/10.1016/j.wen.2021.12.001)
- PERULLI, G. D.; G. F.; SORRENTI, G.; DONATI, I.; BOINI, A.; BRESILLA, K.; MANFRINI, L.; BAFFONI, L.; GIOIA, D. D.; GRAPPADELLI, L. C.; SPINELLI, F.; MORANDI, B. Treated wastewater as irrigation source: a microbiological and chemical evaluation in apple and nectarine trees, *Agricultural Water Management*, v. 244, 2021. [10.1016/j.agwat.2020.106403](https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106403)
- PROSAB - PROGRAMA DE PESQUISAS EM SANEAMENTO BÁSICO. Tratamento e utilização de esgotos sanitários. 1. ed. Rio de Janeiro: ABES - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2006, 427 p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999, 359 p.
- RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington DC: US Department of Agriculture, 1954, 160p.
- SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E.; CABRAL, C. P. Influência do alumínio no crescimento e na acumulação de nutrientes em mudas de goiabeira. *Rev. Bras. de Ciências do Solo*, v. 24, n. 4, p. 787-796, 2000. [10.1590/S0100-06832000000400011](https://doi.org/10.1590/S0100-06832000000400011)
- SANTIAGO, F.; FELIPE, J.; 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. 2015. Manual de implantação e manejo do sistema bioágua familiar: reuso de água cinza doméstica para a produção de alimentos na agricultura familiar do semiárido brasileiro. Carnaúbas: ATOS, 2015, 194 p.
- SANTOS, S. S.; SOARES, A. A.; MATOS, A. T.; MANTOVANI, E. C.; BATISTA, R. O.; MELO, J. C. Contaminação microbiológica de do solo e dos frutos de cafeeiros fertirrigados com esgoto sanitário. *Engenharia na Agricultura*, v. 14, n.1, p. 16-22, 2006.
- SANTOS, H. G. D.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRETERAS, J. F.; Coelho, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAÚJO FILHO, J. C. de.; OLIVEIRA, J. B. de.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 5ª. ed. Brasília: Embrapa, 2018, 356 p.
- BAHIA. Sistema Estadual de Informações Ambientais e de Recursos Hídricos - SEIA. 2022. Disponível em: <http://monitoramento.seia.ba.gov.br/paginas/hidrometeorologico/pluviometrico/export.xhtml>. Acessado em: 08 Jun 2022.
- SHAIKH, I. N.; AHAMMED, M. M.; KRISHNAN, M. P. S. Graywater treatment and reuse. *Sustainable Water and Wastewater Processing*, p. 19-54, 2019. [10.1016/B978-0-12-816170-8.00002-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816170-8.00002-8).
- SHAIKH, I.N.; AHAMMED, M. M. Quantity and quality characteristics of greywater from an Indian household. *Environ Monit Assess*, v. 194, n. 191, 2022. [10.1007/s10661-022-09820-0](https://doi.org/10.1007/s10661-022-09820-0)
- SILVA, A. F. S. S.; LIMA, A. A.; QUEIROZ, J. J. F.; JÁCOME, P. R. L. de A.; JÁCOME JÚNIOR, A. T. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. *Revista Ambiente & Água, Taubaté*, v. 11, n. 2, p. 428-438, 2016. [10.4136/ambi-agua.1798](https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1798)
- SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. de V.; SILVA, A. J.; ANJOS, J. L. Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solos. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.
- TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3 ed. Brasília: Embrapa, 2017, 574 p.
- TEIXEIRA, A. H. de C.; LIMA FILHO, J. M. P. Condições climáticas do Vale do São Francisco. Agência de Informação

- Embrapa. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia22/AG01/arvore/AG01_83_24112005115224.html. Acessado em: 08 Jun 2022.
- TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 22, n. 63, p.7-16, 2008. [10.1590/S0103-40142008000200002](https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002)
- USEPA - UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. Guidelines for Water Reuse, Washington D.C., September 2012. 643. (EPA/600/R-12/618).
- VEETTIL, A. V.; MISHRA, A. K.; GREEN, T. R. Green, Explaining water security indicators using hydrologic and agricultural systems models, *Journal of Hydrology*, v. 607, p. 127463-127478, 2022. [10.1016/j.jhydrol.2022.127463](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.127463).
- ZRAUNIG, A., ESTELRICH, M.; GATTRINGER, H.; KISSER, J.; LANGERGRABER, G.; RADTKE, M.; RODRIGUES-RODA, I.; BUTTIGLIERI, G. Long term decentralized greywater treatment for water reuse purposes in a tourist facility by vertical ecosystem. *Ecological Engineering*, v. 138, p. 138-147, 2019. [10.1016/j.ecoleng.2019.07.003](https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.07.003)
- WHO. Guidelines for the Safe Use of Wastewater, Excreta and Greywater - Wastewater use in agriculture. Geneva: World Health Organization, v. 2, 2006. 222 p.