



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO ENGENHARIA AGRÍCOLA E AMBIENTAL**

CARLOS LAÉCIO EVANGELISTA FRANCA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ACEROLA JUNCO
IRRIGADA COM ÁGUA CINZA TRATADA**

JUAZEIRO – BA

2021

CARLOS LAÉCIO EVANGELISTA FRANCA

**CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ACEROLA JUNCO
IRRIGADA COM ÁGUA CINZA TRATADA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado a Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Juazeiro/BA, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental.

Orientador: Prof^ª. DSc. Miriam Cleide Cavalcante Amorim

Coorientadora: Prof^ª. DSc. Nelci Olszewski

JUAZEIRO – BA

2021

F814c Franca, Carlos Laécio Evangelista.
Crescimento e desenvolvimento de acerola junco irrigada com água cinza tratada / Carlos Laécio Evangelista Franca. - Juazeiro, 2021.
xiv, 55 f. : il. ; 29 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro-BA, 2021.

Orientadora: Profa Dra. Miriam Cleide Cavalcante Amorim.

Coorientadora: Profa Dra. Nelci Olszewski.

Inclui referências.

1. Acerola. 2. Água de reúso. 3. Irrigação. 4. Solo - Conservação
I. Título. II. Amorim, Miriam Cleide Cavalcante Amorim. III. Olszewski, Nelci. IV. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 634.973214

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA E
AMBIENTAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

CARLOS LAÉCIO EVANGELISTA FRANCA

CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE ACEROLA JUNCO
IRRIGADA COM ÁGUA CINZA TRATADA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrícola e Ambiental, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovado em: 07 de junho de 2021.

Banca Examinadora


Prof^ª. Miriam Cleide Cavalcante Amorim, Dr^ª. (UNIVASF)
Orientadora


Prof^ª. Nelci Olszewski, Dr^ª. (UNIVASF)
Avaliadora Interna


Clérison dos Santos Belém, (IRPAA)
Avaliador Externo

À família.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e iluminação, sempre me mantendo firme no meu propósito.

A minha família, representada pelos meus pais, Roberto Carlos da Franca, Maria Lúcia Evangelista da Franca, minha irmã, Luara Railete, meu sobrinho, Luiz Gustavo, meu cunhado, Aabrão Ulisses, e minha namorada, Érica Sá, por estarem em todos os momentos comigo.

Ao Programa Educação Tutorial – PET em Saneamento Ambiental e os meus colegas bolsistas, por acolher e contribuir com projeto da forma que podiam.

Ao Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, por financiar o trabalho.

A Prof^a. Dr^a. Miriam Cleide Cavalcante Amorim, pela excelente orientação e paciência, respeitando meu ritmo de aprendizado.

Ao Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA e seus colaboradores, em nome de Clérison Belém e Henrique dos Santos, pelo espaço e apoio na execução do projeto.

Aos colegas da UNIVASF que sempre estiveram comigo durante essa caminhada, representados por Otoniel Cajuí, Rafael Damasceno, Rogério Rodrigues, Luana Rocha, Rafaela Cristina, entre outros.

A banca examinadora e seus constituintes.

A UNIVASF e os professores do colegiado de Engenharia Agrícola e Ambiental pelos ensinamentos passados durante esse tempo.

A ex-técnica do Laboratório de Engenharia Ambiental, Damiana Rodrigues, que apesar da saída da instituição, ajudou-me muito nos procedimentos iniciais das análises necessárias.

"Porque Dele, por Ele e para Ele, são todas as coisas; glória, pois, a Ele eternamente. Amém." – Romanos 11:36

RESUMO

O despejo indiscriminado de resíduos líquidos de residências rurais pode acarretar consequências negativas para o ambiente e a saúde humana. Entre resíduos domésticos, a água cinza, oriunda de chuveiros e lavatórios, embora sem contribuição dos efluentes do vaso sanitário, pode impactar negativamente quando não tratada e disposta adequadamente. O objetivo deste trabalho foi a avaliação do crescimento de plantas de acerola junco (*Malpighia emarginata D.C*), cultivadas a partir de mudas conduzidas em diferentes substratos orgânicos, submetidas à irrigação localizada com água cinza tratada em biofiltro, provinda de residência rural no semiárido brasileiro. O trabalho foi conduzido na zona rural de Juazeiro/BA, com o plantio de mudas produzidas em substratos obtidos a partir de resíduo de uva, serragem, cama de frango e solo em proporções distintas. A irrigação foi realizada de forma localizada com a água cinza tratada em estação de tratamento domiciliar composta por uma caixa de gordura e um biofiltro, construído com camadas de serragem, areia grossa, brita e camadas de seixo rolado. Foram realizadas análises mensais de parâmetros microbiológicos e físico-químicos da água cinza, bem como análises de solo e de morfologia das plantas. A partir dos resultados obtidos, foi observado que as mudas produzidas com os substratos compostos pelas misturas orgânicas obtiveram os melhores resultados, em especial, com as misturas de resíduo de uva, serragem e cama de frango e solo, nas proporções (1:1:1) e (1:1:2), quando comparadas com as mudas produzidas apenas com o solo. A explicação pelos dados obtidos pode ser dada pelo aumento de matéria orgânica nesses substratos, facilitando a penetração das raízes e a retenção de umidade no solo. Portanto, este trabalho mostrou que o desenvolvimento das mudas foi influenciado por sua origem, ou seja, pelo tipo de substrato em que foram produzidas. Evidenciando ainda que os substratos mencionados anteriormente desenvolveram-se mais que os outros na irrigação com água cinza tratada. Também, a água utilizada não ofereceu risco de contaminação do solo e moradores locais, estando dentro dos níveis aceitáveis.

Palavras-chave: Conservação. Biofiltro. Reuso. Saneamento Rural. Solo.

ABSTRACT

The indiscriminate dumping of liquid waste from rural residences can lead to negative consequences for the environment and human health. Among domestic waste, gray water from showers and sinks, although without the contribution of toilet effluents, can have a negative impact when not treated and disposed of properly. The objective of this work was to evaluate the growth of acerola junco (*Malpighia emarginata* D.C) plants, grown from seedlings grown on different organic substrates, subjected to localized irrigation with graywater treated in a biofilter, from a rural residence in the Brazilian semiarid region. The work was conducted in the rural area of Juazeiro/BA, with the planting of seedlings produced in substrates obtained from grape residue, sawdust, chicken litter and soil in different proportions. Irrigation was performed in a localized manner with gray water treated in a home treatment station composed of a fat box and a biofilter, built with layers of sawdust, coarse sand, gravel and layers of rolled pebbles. Monthly analyses of microbiological and physical-chemical parameters of the gray water were performed, as well as soil and plant morphology analyses. From the results obtained, it was observed that the seedlings produced with the substrates composed of the organic mixtures obtained the best results, especially with the mixtures of grape residue, sawdust and chicken litter and soil, in the proportions (1:1:1) and (1:1:2), when compared to the seedlings produced with soil only. The explanation for the data obtained can be given by the increase of organic matter in these substrates, facilitating root penetration and soil moisture retention. Therefore, this work showed that the development of the seedlings was influenced by their origin, that is, by the type of substrate in which they were produced. It also showed that the substrates mentioned above developed more than the others when irrigated with treated gray water. Also, the water used did not offer any risk of contamination of the soil and local residents, being within acceptable levels.

Key-words: Conservation. Biofilter. Reuse. Rural Sanitation. Soil.

LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Área utilizada no experimento.....	31
Figura 2 - Disposição das plantas e sistema de irrigação no experimento.....	31
Figura 3 - Mudanças produzidas nos diferentes substratos.....	32
Figura 4 - Biofiltro familiar para água cinza.....	33

LISTAS DE TABELAS

Tabela 1 - Diretrizes de restrição de uso da água na irrigação	36
Tabela 2 - Diretrizes da qualidade da água para irrigação	37
Tabela 3 - Caracterização da água cinza utilizada na irrigação	38
Tabela 4 - Parâmetros químicos do solo	44
Tabela 5 - Valores médios das análises morfológicas	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APHA	American Public Health Association
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FIA	Fundação Instituto de Administração
FIDA	Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GEF	Fundo Global para o Meio Ambiente
IRPAA	Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada
NBR	Norma Técnica Brasileira
OMS	Organização Mundial da Saúde
PLANSAB	Plano Nacional de Saneamento Básico
PNSR	Programa Nacional de Saneamento Rural
PROSAB	Pesquisa em Saneamento Básico
SBF	Sistema Bioágua Familiar
UNIVASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco
USEPA	Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos
WHO	World Health Organization

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
©	Copyright
Al	Alumínio
Ca	Cálcio
K	Potássio
Mg	Magnésio
N	Nitrogênio
Na	Sódio
P	Fósforo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 Saneamento rural	15
2.2 Saneamento e agricultura	17
2.3 Reúso de águas e legislação brasileira	17
2.4 O reúso da água no âmbito da economia circular e sustentabilidade	21
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21
4. ARTIGO 1 - IRRIGAÇÃO DE ACEROLA JUNCO (<i>MALPIGHIA EMARGINATA D.C.</i>) COM ÁGUA CINZA TRATADA	25
INTRODUÇÃO	27
MATERIAIS E MÉTODOS	30
LOCAL DO ESTUDO	30
Biofiltro de tratamento da água cinza utilizada no experimento	31
Irrigação	32
Origem das Mudas	33
Plantio das mudas em campo	34
Procedimentos analíticos	34
Delineamento experimental	35
Normas e Legislações comparativas para avaliação da qualidade da água cinza	36
Análises estatísticas	37
RESULTADOS E DISCUSSÕES	38
Água cinza	38
Características do solo	43
Análises morfológicas	47
CONCLUSÕES	49
REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

No mundo, há menos de 3% de água doce, sendo que apenas 0,5% está diretamente disponível para que possa ser utilizada pelos seres humanos e animais e, o Brasil possui cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta (ANA, 2010). Apesar de ser um dos países com maior disponibilidade de água doce do mundo, devido a sua dimensão geográfica e as condições climáticas diferenciadas, algumas regiões do Brasil sofrem com problemas de escassez hídrica (DE SOUZA et al., 2018).

Uma das regiões que sofrem com a escassez hídrica é a Nordeste, em especial, o semiárido nordestino. De acordo com Cajazeiras (2020), a seca é um dos maiores problemas enfrentados pelas comunidades rurais do semiárido do Nordeste do Brasil. Sendo assim, devido às condições geográficas e climáticas da região, a busca por tecnologias e alternativas para o melhor aproveitamento dos recursos hídricos, como a captação da água de chuva, uso de cisternas para armazenamento e o reúso de águas, vem sendo constante e em muitos casos não há outra escolha senão utilizar as águas residuais (DE SOUZA et al., 2018; TABATABAEI et al., 2020).

Uma das possibilidades de melhor aproveitamento desses recursos hídricos é a utilização da água de reúso das residências rurais. Em sua publicação, Santos et al. (2020) dizem que o reúso de águas é uma das grandes ferramentas que estão sendo consideradas estratégicas para atenuar as pressões hídricas, visto que a utilização de águas residuárias tratadas oferecem uma alternativa para o gerenciamento regional dos recursos hídricos, além de evitar a poluição dos corpos d'água, através do lançamento direto.

Contudo, a reutilização de forma inadequada e sem acompanhamento técnico das águas residuárias pode causar graves danos ambientais e para a saúde humana e de animais. Baseado em Santos et al. (2020), deve haver entendimento técnico sobre a prática de reúso e normas que regulamentem, respeitando princípios importantes, como a segurança da eficiência do tratamento das águas residuárias de modo que satisfaça as normas vigentes, não oferecer riscos à saúde humana dos usuários, e que conquiste a aceitação da população local.

A água cinza é uma das fontes de água residuária, tratando-se de um efluente proveniente do chuveiro, máquinas de lavar roupas, lavatórios de mãos e louças. Sendo assim, a utilização dessa água tratada para a irrigação de cultivos é um cenário de destinação de resíduos com a finalidade de oportunizar o uso de um recurso e a redução de impactos ambientais a ele associados. Barros (2019) cita que na agricultura, as ações podem reduzir a geração de resíduos animais e agrícolas, redirecionar materiais de saída para uma origem mais sustentável, gerar eletricidade limpa, produzir biofertilizante e combustível de origem renovável, tornar a cadeia produtiva mais sustentável, reduzir e/ou evitar custos, e outros. Assim, considerando o conceito dado por Rahla et al. (2019) de que a economia circular é um modelo que visa atingir metas de desenvolvimento sustentável, preservando o capital natural e gerando valor econômico, o reúso agrícola da água cinza é uma possibilidade crescente. Isso, devido à possibilidade de fortalecimento da economia circular do meio rural, destinando de forma adequada o efluente e reduzindo os impactos da escassez hídrica.

Uma das possibilidades para que haja o bom aproveitamento dos recursos hídricos e o fortalecimento da economia circular, e abordada neste trabalho, é a utilização da água cinza tratada para a irrigação da cultura da acerola. Segundo Bezerra et al. (2017), a fruticultura possui grande potencial para a multiplicação de renda, sendo que a acerola vem ganhando espaço devido à necessidade de obtenção de plantas que iniciem a produção em menor tempo.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SANEAMENTO RURAL

A escassez hídrica e a falta de saneamento básico afetam as zonas rurais do semiárido do Nordeste brasileiro. Os impactos da seca prejudicam, principalmente, os habitantes da zona rural, devido à dependência da agricultura familiar para subsidiar a vida no campo. Além disso, a dispersão dessas comunidades, que geralmente estão organizadas em núcleos de até 50 famílias, dificulta economicamente a ligação de rede de distribuição de água (CAJAZEIRAS, 2020).

A oferta de serviços de saneamento básico no meio rural, por não ser classificada como um mercado de água e de coleta de esgoto, não recebe a atenção necessária das empresas públicas e privadas, pois não são lucrativos devido a distância entre as comunidades e a pouca densidade populacional em um grande perímetro de área (DOS SANTOS et al., 2020). Sendo assim, o *déficit* do saneamento básico na zona rural atinge tanto os agricultores, pescadores e extrativistas, em moradias isoladas, quanto indígenas, quilombolas, comunidades ribeirinhas, seringueiros, entre outras comunidades longínquas (DOS SANTOS et al., 2020).

Historicamente, no Brasil, as demandas por saneamento de áreas mais urbanizadas e economicamente viáveis sempre receberam maior atenção do poder público. Nas áreas rurais, as demandas têm sido preteridas no contexto local, ganhando visibilidade em programas de outros níveis de governo, havendo o predomínio de ações compartimentalizadas (BRASIL, 2019).

Na busca de estabelecimento de diretrizes nacionais, para orientar estados e municípios no planejamento de ações de saneamento em áreas rurais e de inclusão sanitária das populações rurais do Brasil, recentemente, foi lançado o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (BRASIL, 2019). Uma demanda apontada pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PLANSAB), o PNSR está em sintonia com o PLANSAB na busca por soluções sanitárias adequadas de saneamento básico à população rural brasileira e terá gerenciamento da Fundação Nacional de saúde (FUNASA).

O panorama do saneamento básico nas áreas rurais do Brasil, no que se refere ao esgotamento sanitário, aponta como práticas relacionadas ao afastamento dos esgotos sanitários nos domicílios rurais brasileiros, a persistência de fossas rudimentares com 64%, disposição à céu aberto em valas, rios, lagos e marés (16%) e fossas sépticas (16%). Considerando a situação do saneamento rural por Bioma, na Caatinga o tipo de esgotamento sanitário mais comum é o representado por fossa rudimentar (53,7%), sendo a parcela da população sem banheiro e com outras práticas, muito significativa (39,5%) (BRASIL, 2019).

2.2 SANEAMENTO E AGRICULTURA

O Saneamento, Agricultura e Segurança Alimentar e Nutricional para o Desenvolvimento Rural Sustentável são abordados como marcos referenciais no PNSR (2019), evidenciando os princípios e valores com os quais o programa está alinhado (BRASIL, 2019). Dessa forma o PNSR enfatiza a associação entre os passivos ambientais advindos da produção agrícola – agrotóxicos e fertilizantes químicos – que ao atingirem o solo e as águas se constituem em ameaça ao saneamento adequado.

Com enfoque nos efluentes domésticos e na escassez hídrica, enfatiza-se a prática do reúso para a promoção da preservação dos recursos hídricos e contribuição para soluções de saneamento em áreas rurais. Nesse cenário a agricultura familiar, de cunho agroecológico, por meio da aplicação do reúso de esgotos tratados, ricos em nutrientes, para cultivos agrícolas, contribuem para a recuperação dos solos e das águas e para ações adequadas do saneamento rural.

No Nordeste brasileiro há uma escassez de alternativas para produções que são economicamente viáveis, mas a produção de acerola orgânica pode ser uma opção para proporcionar aumento considerável de renda e fortalecimento da agricultura familiar, fixando as famílias no campo (MARTINS et al., 2016). Justificada pelas suas ricas características nutricionais, como a elevada quantidade de vitamina C em relação à laranja e outros cítricos, além de outros benefícios para a saúde humana (JUNQUEIRA et al., 2016; CALGARO et al., 2012), a acerola é uma cultura que pode ser uma alternativa viável para o incentivo da prática da economia circular. Isso, através da irrigação com o reúso da água cinza tratada, beneficiando socioeconomicamente às famílias das comunidades mais isoladas da zona rural, nas quais não há presença de poder público e privado para atender quanto ao saneamento básico

2.3 REÚSO DE ÁGUAS E LEGISLAÇÃO BRASILEIRA

Oliveira (2021) diz que considerando todo o cenário de escassez no semiárido do Nordeste brasileiro, a utilização de água de reúso, de forma planejada e acompanhada, pode ser um fator potencializador da eficiência dos recursos hídricos,

além de fornecer diversos benefícios aos ecossistemas, através da redução do uso de fertilizantes, reciclagem e reaproveitamento de nutrientes, e redução da captação de água potável para finalidades de irrigação, minimizando a poluição e a baixa disponibilidade das águas doces.

Com a ausência da assistência no campo dos órgãos públicos e privados no contexto do saneamento básico, é observada a destinação inadequada dos efluentes domésticos, mesmo com a escassez dos recursos hídricos. Geralmente, a água residuária é direcionada para sulcos no solo para facilitar a infiltração. Essa prática, além de configurar risco ambiental devido a contaminação do solo e das águas superficiais e subterrâneas, pode aumentar a quantidade de parasitas, prejudicando à saúde da população local. De acordo com Oliveira (2021), além do risco de transmissão de doenças aos seres humanos, o uso inadequado de água residuais para fins de irrigação também pode apresentar riscos ao meio ambiente, solo, águas subterrâneas e superficiais.

Há muito tempo é empregada a prática de reutilização de água em regiões com escassez hídrica como alternativa para melhor gerir os recursos hídricos. Em Israel, país com clima desértico, essa prática é empregada em sua produção agrícola como solução. Aproximadamente 50% de toda a produção agrícola do país é abastecida a partir da utilização de águas residuárias, sendo o país referência no assunto (CANAL RURAL, 2018; OLIVEIRA, 2021). Outros países como, Jordânia, Arábia Saudita, Estados Unidos e Irã, reutilizam até 70% do esgoto doméstico com a finalidade de suprir a demanda de irrigação, preservando a água doce para consumo humano (SHEIKH et al., 2019; apud OLIVEIRA 2021).

De acordo com Torres et al. (2019), aproximadamente 70% do uso da água mundial, incluindo o desvio de rios e o bombeio do subsolo, é destinada para o setor da agricultura. A utilização de águas residuárias para a irrigação pode contribuir para a redução desse número, podendo destinar a água extraída de fontes naturais para fins mais nobres, como o consumo humano, além de reduzir a descarga desses efluentes diretamente nos mananciais superficiais.

Quatro tipos de águas de reúso são estabelecidas: Águas Marrons; Águas Amarelas; Águas Negras (oriundas dos vasos sanitários e água residuária de cozinhas); e as Águas Cinzas (OTTERPOHL, 2001; apud BAZZARELLA, 2005). Mancuso & Santos (2003) classificam o reúso de água em potável e não potável e dividem as subcategorias do reúso não-potável de acordo com sua finalidade, como por exemplo: para usos agrícolas, industriais, domésticos, recreacionais, em manutenções de vazões, na aquicultura e na recarga de aquíferos subterrâneos.

A água cinza, tratando-se do efluente originário de lavatórios e chuveiros, com ausência da contribuição do vaso sanitário, é um dos tipos de efluentes domésticos que podem ser reutilizados com finalidade de irrigação de culturas para a agricultura familiar de regiões com ausência do saneamento rural, fomentando a recirculação do recurso natural, desde que tratado e monitorado. Segundo Torres et al. (2019), o efluente considerado mais adequado para a prática do reúso na agricultura é do esgoto doméstico, desde que tratado, devido à sua composição e aos valores elevados de nutrientes.

Porém, ainda há diversas barreiras para que a irrigação com águas residuárias possa ser disseminada nas comunidades. De acordo Santos et al. (2020), no Brasil, em âmbito federal, ainda não há uma legislação que aborde diretamente os padrões de qualidade de água para reúso. Torres et al. (2019) também dizem que, no Brasil, a prática de irrigação agrícola ainda não é regulamentada, o que dificulta a aplicação de efluentes tratados em grande escala.

Os aspectos legais da prática de reúso no Brasil estão presentes na Lei do Saneamento, em Resolução do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), na NBR 13.969/1997. Esta dispõe sobre a disposição final dos efluentes líquidos de tanque séptico e prevê a classificação, os reúsos e seus respectivos padrões de qualidade, e nas recomendações da Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB). Outras normas internacionais como as *Guidelines for Water Reuse* da Agência de proteção Ambiental dos Estados Unidos (USEPA), a *Environmental Health* de Israel ou diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS), também apresentam alguns aspectos legais quanto a utilização da água de reúso. Ressalta-se que alguns estados e municípios brasileiros possuem resoluções e legislações próprias. Morais & Santos

(2019) citam os estados do Ceará e de São Paulo como pioneiros no desenvolvimento de legislações sobre padrões para reúso de água a partir de esgotos sanitários e enfatizam que em sua pesquisa não foram identificadas legislações de outros estados. A Resolução Coema nº 02/2017, do Ceará, estabelece padrões para reúso de água a partir de efluentes sanitários, abrangendo quatro modalidades entre elas a “Agrícola e Florestal”.

Na Lei nº 14.026/2020 (BRASIL, 2020), conhecida como o marco legal do saneamento básico, há o indicativo de que o reúso de efluentes deva ser tema de regulamentação, através de normas apresentadas pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Ambiental – ANA.

A Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, definida em seu artigo 2º: I - Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não; II - Reúso de água: utilização de água residuária; III - Água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas (BRASIL, 2005).

Mesmo com essas abordagens legais acima apresentadas, a legislação federal brasileira ainda não estabelece limites de qualidade para a água a ser reutilizada, inexistindo legislação que aborde diretamente a regulamentação e aplicação prática do reúso de águas residuárias no Brasil. Morais & Santos (2019) ressaltam que, apesar de a qualidade microbiológica das águas de reúso dever assegurar a saúde da população, a adoção de padrões muito rigorosos pode dificultar a prática de reúso de água devido, principalmente, aos elevados custos de tratamento a serem empregados. Também, Santos et al. (2020) dizem que o padrão de qualidade de água de reúso deve ser condizente com a realidade socioeconômica do país, indicando principalmente o padrão microbiológico do efluente e os parâmetros que o representa.

2.4 O REÚSO DA ÁGUA NO ÂMBITO DA ECONOMIA CIRCULAR E SUSTENTABILIDADE

A economia circular, também conhecida como economia restaurativa por natureza, é um conceito surgido na década de 70 e aplicado, atualmente, em diversas empresas, que pressupõe uma ruptura no modelo econômico linear, que é baseado na extração, transformação e descarte. Ao contrário, a economia circular utiliza da premissa de recirculação dos materiais sem que ocorra descarte (AZEVEDO, 2015).

Na Economia Circular, a água ocupa um lugar como produto, ou seja, algo que é processado, enriquecido e entregue. O objetivo da economia circular é, portanto, dissociar o crescimento econômico do esgotamento dos recursos naturais, inspirado nos ecossistemas naturais que, como disse Lavoisier em sua lei da termodinâmica, que não é mais que uma lei da natureza, "nada se cria, nada se perde, tudo se transforma" (SOUZA & PASOLD, 2019).

A ideia do uso da água de reúso para irrigação de culturas, adequa-se ao conceito de economia circular na medida que traz a ideia de utilização e reutilização dos recursos naturais até seu esgotamento, de forma cíclica, até o ponto em que não poderá mais ser transformada (FIA, 2020). Dessa forma, esse conceito está atrelado ao consumo sustentável dos recursos naturais, de forma a gerar economia em matéria-prima e destinação adequada do resíduo, reduzindo a exposição do meio ambiente aos riscos de contaminação.

Dessa forma, esse conceito também pode ser aplicado para a agricultura familiar, em especial da região semiárida, reaproveitando ao máximo os recursos hídricos utilizados para serem reutilizados com finalidades de irrigação.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA. Brasil tem cerca de 12% das reservas mundiais de água doce do planeta. **Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico**, 2010. Disponível em: <<https://www.ana.gov.br/noticias-antigas/brasil-tem-cerca-de-12-das-reservas-mundiais-de-a.2019-03-15.1088913117>>. Acesso em: 19 maio 2021.

AZEVEDO, J. L. et al. A economia circular aplicada no Brasil: uma análise a partir dos instrumentos legais existentes para logística reversa. **XI Congresso Nacional de Excelência em Gestão**, Rio de Janeiro, v. 13, agosto 2015. ISSN 1984-9354.

BARROS, M. V. **Ferramenta para promover a economia circular em propriedades rurais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - UTFPR. Ponta Grossa, p. 105. 2019.

BAZZARELLA, B. B. Caracterização e aproveitamento de água cinza para uso não-potável em edificações. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, p. 165. 2005.

BEZERRA, A. dos S. et al. Produção de mudas de acerola (*Malpighia emarginata* D.C) pelo método de enxertia em topo por garfagem em fenda cheia. **Revista Agroecossistemas**, Belém, v. 9, n. 1, p. 251-260, 2017. ISSN 2318-0188.

BRASIL. **Lei nº 14.016**. Diário Oficial da União. Brasília, 119 ed., 24 de junho de 2020.

BRASIL. Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Estabelece critérios gerais para reuso de água potável**. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Diário Oficial da União de 09 de março de 2006. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br>>. Acesso em: 25 de maio de 2021.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE. **Programa Nacional de Saneamento Rural**/Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde. Brasília: Funasa, 2019.

CAJAZEIRAS, C. C. de A. **Análise da vulnerabilidade e risco à escassez hídrica no semiárido – caso de estudo Ibaretama/CE**. Tese (Doutorado em Geologia e Recursos Hídricos) - UFC. Fortaleza, p. 136. 2020.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A Cultura da Acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012.

CANAL RURAL. Israel: quase 50% da produção agrícola é abastecida com água de reúso. **Canal Rural**, 2018. Disponível em:

<<https://www.canalrural.com.br/programas/israel-quase-producao-agricola-abastecida-com-agua-reuso-74795/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

DE SOUZA, H. S. S. et al. Implantação das cisternas: uma opção de melhoria para a escassez hídrica do semiárido. **Revista Craibeiras de Agroecologia**, Rio Largo, v. 1, n. 1, p. 001-006, 2018. ISSN 2594-9152.

DOS SANTOS, G. R. Gestão comunitária da água: soluções e dificuldades do saneamento rural no Brasil. Brasília: **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA**, 2020. 54 p. ISBN 1415-4765. Texto para Discussão.

FIA. Economia circular: o que é, como funciona e exemplos. **Fundação Instituto de Administração**, 2020. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/economia-circular/>>. Acesso em: 19 maio 2021.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **Cultura da Aceroleira (*Malpighia glabra L.*)**. Editora UFLA, Lavras, 2016.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. **A escassez e o reúso de água em âmbito mundial**. São Paulo: Manole, 2003.

MARTINS, E. A. et al. Rentabilidade da produção de acerola orgânica sob condição determinística e de risco: estudo do distrito de irrigação Tabuleiro Litorâneo do Piauí. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 54, n. 1, p. 009-028, jan/mar 2016. ISSN 1806-9479.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. D. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, janeiro/março 2019. ISSN 0101-6040. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/43168>>.

OLIVEIRA, L. N. R. de. **Cultivo de palma fertirrigada com água residuária em sistema agroflorestal**. Dissertação (Mestrado em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) - UFCG. Campina Grande, p. 72. 2021.

RAHLA, K. M., BRAGANÇA, L., & MATEUS, R. **Obstacles and barriers for measuring building's circularity**. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, p. 225, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1088/1755-1315/225/1/012058>>. Acesso em: 19 de maio de 2021.

SANTOS, A. S. P. et al. Uma análise crítica sobre os padrões de qualidade de água de uso e de reúso no Brasil. **Revista SUSTINERE**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 437-462, jul/dez 2020. ISSN 2359-0424.

SOUZA, M. C. da S. A. de. PASOLD, C. L. La reutilización del agua em el ámbito de la economía circular y sostenibilidad. **Revista Chilena de Derecho y Ciencia Política**, Santiago, v. 10, n. 2, p. 155-172, nov/dez 2019. DOI: 10.7770/RCHDCP-V10N2-ART2024.

TABATABAEI, S. H. et al. Urban wastewater reuse in agriculture for irrigation in arid and semiarid regions – A review. **International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture**, Shahrekord: Iran, p. 193-220, mar/jun 2020. DOI: 10.30486/IJROWA.2020.671672.

TORRES, D. M. et al. Tratamento de efluentes e produção de água de reúso para fins agrícolas. **Revista Holos**, Natal, v. 8, n. 35, p. 1-15, nov/dez 2019. ISSN 1807-1600.

4. ARTIGO 1 - IRRIGAÇÃO DE ACEROLA JUNCO (*MALPIGHIA EMARGINATA* D.C.) COM ÁGUA CINZA TRATADA

RESUMO

A disposição final de efluentes domésticos não tratados de residências rurais, como a água cinza, pode prejudicar a qualidade do solo e da água e a saúde humana. Assim, o objetivo deste trabalho foi a avaliação do crescimento de plantas aceroleiras submetidas à irrigação localizada com água cinza tratada em biofiltro, oriunda de uma residência rural no semiárido brasileiro. O estudo foi realizado na zona rural de Juazeiro/BA, no qual foram plantadas mudas produzidas com substratos a partir do resíduo de uva, serragem, cama de frango e solo em proporções específicas. A irrigação foi realizada de forma localizada com a água cinza tratada em estação de tratamento domiciliar composta por uma caixa de gordura e um biofiltro, construído com camadas de serragem, areia grossa, brita e camadas de seixo rolado. Mensalmente foram realizadas análises microbiológicas e físico-químicas da água cinza, análises do solo, bem como análises morfológicas das plantas. Através dos dados, as mudas produzidas com os substratos compostos pelas misturas orgânicas apresentaram os melhores resultados, em especial, com as misturas de resíduo de uva, serragem e cama de frango e solo, nas proporções (1:1:1) e (1:1:2), quando comparadas com as mudas produzidas apenas com o solo. Esses dados podem ser explicados pelo aumento de matéria orgânica nesses substratos, facilitando a penetração das raízes e a retenção de umidade no solo. Portanto, este trabalho mostrou que o desenvolvimento das mudas foi influenciado por sua origem, ou seja, pelo tipo de substrato em que foram produzidas. Evidenciando ainda que os substratos mencionados anteriormente desenvolveram-se mais que os outros na irrigação com água cinza tratada. Também, a água utilizada não ofereceu risco de contaminação do solo e moradores locais, estando dentro dos níveis aceitáveis.

Palavras-chave: Biofiltro; Conservação; Reuso; Saneamento Rural; Solo.

ABSTRACT

The final disposal of untreated domestic effluent from rural residences, such as graywater, can harm soil and water quality and human health. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth of acerola plants submitted to localized irrigation with graywater treated in a biofilter, originating from a rural residence in the Brazilian semiarid region. The study was conducted in the rural area of Juazeiro/BA, in which seedlings were planted with substrates produced from grape waste, sawdust, chicken litter and soil in specific proportions. Irrigation was performed in a localized manner with gray water treated in a home treatment station composed of a fat box and a biofilter, built with layers of sawdust, coarse sand, gravel and layers of rolled pebbles. Monthly microbiological and physical-chemical analyses of the gray water, soil analyses, as well as morphological analyses of the plants were performed. Through the data, the seedlings produced with substrates composed of organic mixtures showed the best results, especially with the mixtures of grape waste, sawdust and chicken litter and soil, in the proportions (1:1:1) and (1:1:2), when compared to the seedlings produced only with soil. These data can be explained by the increase of organic matter in these substrates, facilitating root penetration and soil moisture retention. Therefore, this work showed that the development of the seedlings was influenced by their origin, that is, by the type of substrate in which they were produced. It also showed that the substrates mentioned above developed more than the others when irrigated with treated gray water. Also, the water used did not offer any risk of contamination of the soil and local residents, being within acceptable levels.

Keywords: Biofilter; Conservation; Reuse; Rural Sanitation; Soil.

INTRODUÇÃO

O clima da região semiárida brasileira é caracterizado por altas temperaturas, baixa umidade do ar, longos períodos de estiagem e distribuição irregular das chuvas no tempo e no espaço. Os municípios que fazem parte dessa região se enquadram nos critérios de precipitação média anual inferior a 800 mm, índice de aridez de até 0,5 e risco de seca maior que 60% (MEDEIROS et al., 2012).

Apesar da grande dificuldade em função dessa escassez hídrica, as áreas rurais do Semiárido ainda possuem problemas de gerenciamento e manejo da água, como mau aproveitamento das águas da chuva e do esgoto domiciliar, este último pode ser uma fonte alternativa a partir do seu reúso (SANTOS JÚNIOR et al., 2014). Diversas comunidades rurais ainda realizam a destinação inadequada do esgoto doméstico, como a abertura de sulcos e valas para direcionar esses resíduos líquidos, podendo provocar contaminação do solo e da água subterrânea, aumento de casos de doenças e conseqüentemente escassez dos mananciais de água adequados para o consumo humano (CHERNICHARO, 2007). Isso se deve, em parte, pela pouca ou nenhuma orientação técnica nessas localidades, bem como pela ausência de saneamento rural. De acordo com a Funasa (2019), o saneamento rural nesses locais é dificultado pela dispersão geográfica, isolamento político e demográfico das sedes municipais, difícil acesso e inexistência ou insuficiência de políticas públicas de saneamento rural, nas esferas municipais, estaduais e federais.

Segundo Santiago et al. (2015), o esgoto doméstico é o termo usado para descrever o despejo proveniente do uso da água nas residências, inclusive a contribuição do vaso sanitário, enquanto a água cinza é qualquer água não-industrial que foi usada em processos domésticos, como o banho, lavagem de louça e de roupa (AL-ZOUBY et al., 2017). A água cinza tem se destacado como alternativa de reúso por apresentar menor carga poluidora quando comparada ao esgoto doméstico (ZRAUNIG et al., 2019) podendo ser uma alternativa de reúso para produção de alimentos e manejo ambiental adequado nos domicílios rurais do semiárido brasileiro.

Alguns outros motivos têm contribuído para o uso da água de reúso na agricultura, como a escassez e degradação crescente dos recursos hídricos; aumento

da população mundial e da necessidade alimentar; reconhecimento da importância do esgoto tratado e as Metas de Desenvolvimento do Milênio, como a sustentabilidade ambiental e a eliminação da pobreza e da fome (WHO, 2006). Segundo Santos et al. (2020), o reúso de água é uma prática que vem ganhando cada vez mais importância no cenário internacional, porém, há barreiras para serem ultrapassadas, como a falta de um marco regulatório legal, em nível nacional, que estabeleça padrões e diretrizes que conduzam essa prática (MORAES & SANTOS, 2019). Além disso, a aplicação de metodologias de identificação de perigos e avaliação de riscos associados, baseado na probabilidade de ocorrência e severidade das consequências, para que possa haver maior adesão pelas populações.

No entanto, a água cinza pode provocar alterações químicas no solo pois embora sua carga poluidora seja reduzida, ainda pode apresentar teores elevados de sais. Melo (2018) ressalta que muitas substâncias químicas encontradas nas águas cinzas podem ser benéficas quando se fala em desenvolvimento das culturas, mas também podem conter elementos tóxicos que podem ser acumulados nos tecidos vegetais e provocar alterações no solo. De acordo com Medeiros et al. (2016) a utilização de águas ricas em sais dissolvidos, pode causar danos ao solo, principalmente nas regiões áridas e semiáridas, a exemplo do Nordeste brasileiro. Também pode oferecer risco potencial para a saúde dos moradores e animais, devido à presença de microrganismos patogênicos, como ovos de helmintos, coliformes termotolerantes, bactérias heterotróficas e outros (BARACUHY et al., 2015). Por isso é importante monitorar a qualidade das águas cinzas, bem como as características dos solos irrigados com tal água de reúso.

Na busca de estabelecimento de diretrizes nacionais, para orientar estados e municípios no planejamento de ações de saneamento em áreas rurais e com o intuito de corrigir essa lacuna, recentemente, foi elaborado o Programa Nacional de Saneamento Rural (PNSR) (BRASIL, 2019). O PNSR apresenta ações voltadas para as áreas rurais dos municípios que adquirem outra conotação no planejamento em saneamento e estimula o desenvolvimento de ações capazes de atender a distintas demandas, individuais e coletivas (FERREIRA et al., 2019).

Soluções para os problemas de saneamento são fundamentais para a saúde humana e para a qualidade das águas e dos solos e, o acesso a elas é um direito social integrante de políticas públicas sociais a serem garantidas pelo Estado, como a saúde, saneamento, habitação e segurança alimentar e nutricional. As políticas públicas de saneamento são, de forma multidimensional, técnicas, socioeconômicas e culturais, fundamentais para a saúde pública, tendo como objetivo alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental (FUNASA, 2019). Segundo Souza et al. (2015) a saúde ambiental é o campo da saúde pública que objetiva principalmente a produção de saberes, conhecimentos, ações e práticas que envolvam as interações entre a saúde e seus determinantes e condicionantes sociais e ambientais, entre os quais o saneamento, tendo esse como finalidade entre outras, propiciar a segurança alimentar e nutricional, prevenção e proteção da saúde e proteção ambiental.

Nesse contexto a Instrução Operacional nº 3, de 12 de maio de 2016, da Secretaria Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional do Ministério do Desenvolvimento Social e Combate à Fome apresenta o Modelo da Tecnologia Social de Acesso à Água nº 11: Sistema de Tratamento e Reuso de Água Cinza Domiciliar (BRASIL, 2016) que está baseado no Sistema Bioágua Familiar (SBF). Desenvolvido pelo projeto Dom Helder Câmara, em colaboração com o Fundo Internacional para o Desenvolvimento da Agricultura (FIDA) e o Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF) (SANTIAGO et al., 2015), o SBF objetiva tratar água cinza e reutilizá-la para a produção de alimentos e minimização de impactos ambientais. De cunho prático organizações sociais já fazem uso do Bioágua, a exemplo da experiência do IRPAA – Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA, 2020).

Dessa forma, a implementação de sistemas de tratamento e reúso de água cinza domiciliar se torna uma alternativa tecnológica e institucionalizada para proporcionar e/ou ampliar o acesso à água para a produção de alimentos a famílias de baixa renda e residentes em zonas rurais. Dentre as alternativas de reutilização da água cinza estão os cultivos agrícolas. Nesse sentido, diversos são os benefícios dessa prática, tais como a substituição parcial de fertilizantes químicos, sendo a água cinza utilizada como biofertilizante, a diminuição do impacto ambiental, em função da redução do risco de contaminação da água, diminuição dos riscos de eutrofização de

mananciais, um significativo aumento na produção de alimentos, além da economia no volume de água direcionada para irrigação, que pode ser utilizado para fins mais nobres (PINHO et al., 2008; MEDEIROS 2019).

Dentre os cultivos agrícolas que apresenta potencial para receber irrigação via água de reúso está a acerola, uma frutífera muito importante para a saúde humana devido ao elevado teor de vitamina C, cerca de 80 vezes superior às concentrações encontradas nos limões e laranjas (JUNQUEIRA et al., 2016). Em algumas variedades, pode ser superior cerca de 100 vezes ao da laranja e 10 vezes ao da goiaba, frutas reconhecidas popularmente pela quantidade de vitamina C (CALGARO et al., 2012). Com isso, a acerola exerce uma função nutricional essencial para uma alimentação saudável.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo a avaliação do crescimento e desenvolvimento de plantas aceroleiras irrigadas com água cinza tratada em biofiltro, oriunda de uma residência rural no semiárido brasileiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

LOCAL DO ESTUDO

O experimento foi realizado no Centro de Formação Dom José Rodrigues, pertencente ao Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: 9°26' 49" Sul, 40°25' 16" Oeste. Está situado à 12 km da cidade de Juazeiro/BA, na localidade Tourão, inserido no Submédio do Vale do São Francisco.

A área total disponível para o trabalho foi de 525,63 m², cercada por vegetação de caatinga pouco alterada. Para o plantio das mudas, foram abertas covas com dimensões de 40 x 40 x 40 cm (JUNQUEIRA et al., 2016) no espaçamento de 4,0 x 3,0 m (CALGARO et al., 2012), adaptando-se ao espaço disponível do terreno.

No local existiam coqueiros espalhados por toda sua extensão (Figura 1). Com isso, foi adotado um raio de distância de 2 m dos coqueiros para a abertura das covas,

com o objetivo de minimizar os efeitos da competição provocada pelas raízes das plantas.

Figura 1 – Área utilizada no experimento.

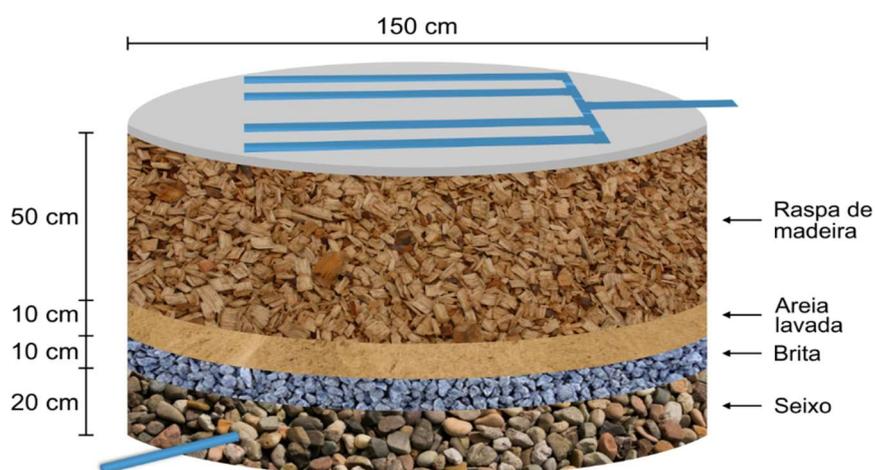


Fonte: Autor (2021).

BIOFILTRO DE TRATAMENTO DA ÁGUA CINZA UTILIZADA NO EXPERIMENTO

A água cinza utilizada na irrigação foi oriunda de um biofiltro antecedido por uma caixa separadora de gordura, e precedido por tanque de armazenamento de água cinza tratada (Figura 4). A água afluenta ao biofiltro foi originada da república estudantil presente no local, o qual abriga cerca de 08 estudantes.

Figura 2 – Biofiltro familiar para água cinza.



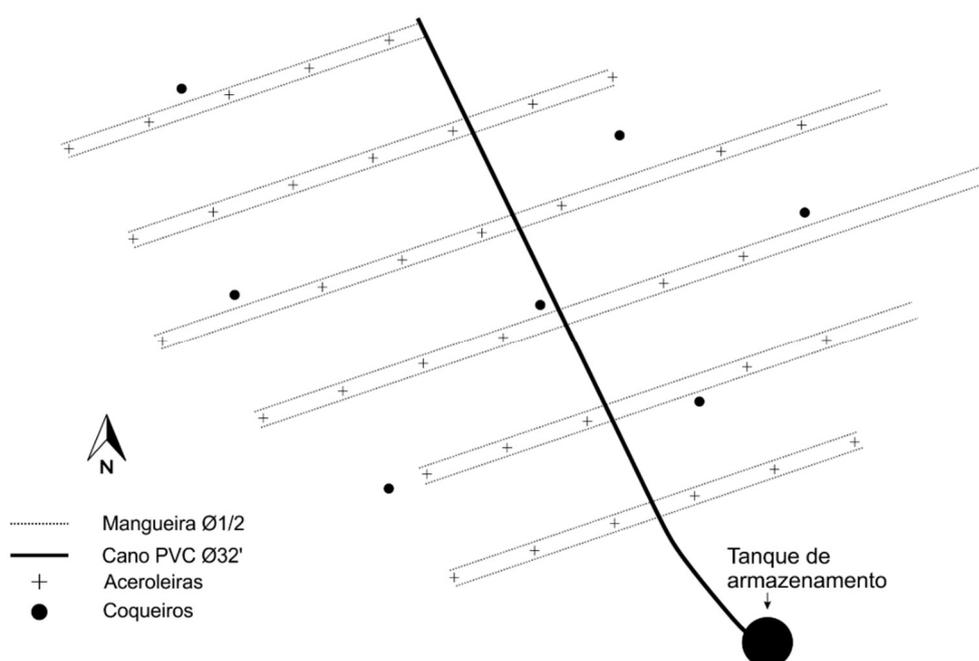
Fonte: Autor (2021).

O biofiltro adaptado segue a metodologia de Santiago et al. (2015), em que possui fluxo descendente, sendo composto por uma camada inicial de seixo rolado, seguido por brita, areia lavada, raspas de madeira e húmus de minhoca. Para o local, houve adaptações, sendo removido o húmus e as raspas de madeira e, substituídas por capim desidratado. A água cinza tratada pelo biofiltro segue para o tanque de armazenamento coberto para evitar a incidência de luz e consequente proliferação de algas, além da multiplicação de mosquitos, larvas ou como forma de evitar possíveis acidentes (SANTIAGO et al., 2015).

IRRIGAÇÃO

O volume de água adequado para a produção de acerola varia entre 1.000 a 2.000 mm por ciclo (CALGARO et al., 2012), sendo que o mais indicado é a irrigação localizada por gotejamento, segundo Junqueira et al. (2016). Para isso, foi utilizado *Micro Spray Jet* da RSB®, com vazão de 25 L/h. Para cobrir todo o raio da planta, foram instaladas duas mangueiras de irrigação por planta, sendo cada uma distante 30 cm da planta (Figura 2). Dessa forma, foi garantida a uniformidade na quantidade de água necessária para seu desenvolvimento.

Figura 3 - Disposição das plantas e sistema de irrigação no experimento.



Fonte: Autor (2021)

Para bombear a água cinza do tanque de armazenamento para o sistema de irrigação foi utilizada uma eletrobomba periférica de 1/2 cavalos-vapor. O cálculo da irrigação foi realizado de acordo com a média da necessidade de volume d'água da planta. 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/dia de água cinza, o que corresponde à média de 4,1 L/planta/dia.

ORIGEM DAS MUDAS

As mudas de acerola (Figura 3) - *Malpignata Emarginata D.C.* - da variedade Junco plantadas na área foram as mudas obtidas do trabalho de Souza et al. (2019) que as conduziram em quatro diferentes substratos: S1: 50% de resíduo de uva e serragem + 50% de solo; S2: 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:1) + 50% de solo; S3: 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:2) + 50% de solo; e S4: 100% de solo.

Figura 4 – Mudanças produzidas nos diferentes substratos.



Fonte: Autor (2021)

PLANTIO DAS MUDAS EM CAMPO

Para o plantio, seguindo Calgaro et al. (2012), foi instalado um tutor de 80 cm e afastamento de 10 cm de cada planta para orientar a postura de crescimento. Além disso, o tutor ofereceu resistência contra os efeitos do vento sobre o caule da muda recém-plantada.

A amarração foi feita com barbante, entrelaçando em forma de oito para evitar estrangulamento. Essa etapa de implantação de tutor é indispensável devido as aceroleiras crescerem de forma esparramada, prejudicando a formação da copa (CALGARO et al., 2012). Cada um dos tutores foi marcado com fita de cor diferente, de acordo com as variações de substrato das mudas, para facilitar o controle dos dados.

Segundo CALGARO et al. (2012), o plantio das aceroleiras em áreas irrigadas pode ser realizado em qualquer época do ano, mas de preferência em dias nublados ou horas frescas do dia, aplicando uma rega leve. Desse modo o plantio das mudas foi realizado no início do período matutino.

PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

As etapas de análises da água cinza e do solo foram realizadas nos Laboratórios de Engenharia Ambiental e de Física do Solo, na Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF). Foram realizadas análises físicas e químicas da água cinza e do solo concomitantemente com as análises morfológicas das plantas, em intervalos de 30 dias, compreendendo quatro análises 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 dados foram catalogados em planilha de campo e laboratório e, em seguida, transferidos para planilha virtual.

Os processos de coleta, preservação e análises da água cinza foram realizados no seguindo o *Standard Methods for the Examination Water and Wasterwater* (APHA 2012) respeitando-se a limitação de tempo entre coleta e cada análise em função do

parâmetro analisado. A frequência de monitoramento mensal da qualidade da água cinza aplicada na irrigação foi realizada com amostras em triplicata.

Para as análises de solo as metodologias empregadas foram baseadas em Teixeira et al. (2017). Foram realizadas quatro amostragens do solo, com intervalo de 30 dias. Desse modo, sendo: AS0 a análise 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. O material utilizado foi uma pá de jardinagem, trado calador e sacos nomeados. A coleta foi feita em zigue-zague pelo terreno, evitando locais próximos à trilha e estrada, retirando sempre o solo em profundidade de 0-20 cm.

Para acompanhar o desenvolvimento da planta, foram analisados parâmetros morfológicos nas plantas: Altura do Caule (AC), Diâmetro do Caule (DC) e Número de Ramos (NR). O número de folhas não foi utilizado como parâmetro devido à alta quantidade, no qual aumentaria os erros de medição. O Índice de Qualidade de *Dickson* não foi empregado porque as aceroleiras cultivadas no experimento serão usadas pelo Centro de Formação do IRPAA com cunho educativo. Para a AC foi considerada a região entre o colo ao ápice da planta e a medição foi realizada com trena de 1,0 m. Para DC, as mensurações foram realizadas sempre próximas do colo da planta utilizando paquímetro digital, com marcação em mm. Para a contagem do NR, foram considerados os ramos principais e secundários. A análise foi de forma manual, calculando ramo por ramo. As análises foram catalogadas da seguinte forma: AM0 a análise morfológica no dia do plantio; AM30 a análise após 30 dias; AM60 a análise após 60 dias e AM90 a análise após 90 dias do plantio das mudas.

DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado no experimento o delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 10 repetições gerando um total de 40 plantas. Houve o cuidado de não colocar duas repetições de tratamento próximos de coqueiros para excluir interferências pela competição das raízes.

NORMAS E LEGISLAÇÕES COMPARATIVAS PARA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA CINZA

Para efeito comparativo dos resultados obtidos nesse trabalho foi realizado o levantamento dos parâmetros legais da qualidade da água empregada na irrigação, de acordo com documentos e legislações nacionais e internacionais (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 - Diretrizes de restrição de uso da água na irrigação.

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

Legenda: CE – Condutividade elétrica; SDT – Sólidos dissolvidos totais; RAS – Relação de adsorção de sódio; BH – Bactérias heterotróficas; NT – Nitrogênio total; USEPA – Agência de Proteção ao Meio Ambiente dos Estados Unidos. Fonte: Autor (2021).

Tabela 2 – Diretrizes da qualidade da água para irrigação.

Parâmetros	Referências					
	NBR 13.969/97	USEPA (2004 e 2012)	WHO (2006)	PROSAB (2006)	CONAMA 396/08	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 (mg L ⁻¹)	-	≤30	-	Não há restrição	-	-
DQO (mg 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	100 - 700	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

Legenda: CT – Coliformes Termotolerantes; EC – *Escherichia Coli*; DBO – Demanda bioquímica de oxigênio; DQO – Demanda química de oxigênio; NA – Nitrogênio amoniacal; NBR – Norma Técnica Brasileira; WHO – Organização Mundial da Saúde; PROSAB – Programa de Pesquisas em Saneamento Básico; CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Fonte: Autor (2021).

ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados catalogados de Altura do Caule, Diâmetro do Caule e Número de Ramos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de *Tukey* a 5% de probabilidade pelo *software* Sisvar. As variáveis foram manuseadas pelo *software Excel*.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

ÁGUA CINZA

Os resultados da caracterização da água cinza, no dia do plantio, aos 30, 60 e 90 dias após o plantio estão descritos na Tabela 3.

Tabela 3 – Caracterização da água cinza utilizada na irrigação.

Parâmetros	Tempo de coleta			
	AA0	AA30	AA60	AA90
CT (NMP 100mL ⁻¹)	≥1.600	6.400	1.020	1.100
EC (NMP 100mL ⁻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 L ⁻¹)	458,7	195,0	257,5	419,4
DBO (mg 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 (mgL ⁻¹)	7,3	11,6	4,7	5,9
RAS	0,09	0,10	0,07	0,75

Legenda: 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. Fonte: Autor (2021).

Os resultados para a presença de Coliformes Termotolerantes estão de acordo com o PROSAB (2006). Ou seja, 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 de AA30, as outras amostras apresentam concentrações inferiores às encontradas por Figueiredo et al. (2019) e Baracuhy et al. (2015). É importante destacar que os resultados comparados de Figueiredo et al.

(2019) e Baracuhy et al. (2015) 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. Quando comparamos 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 bem semelhantes aos expostos na Tabela 3 para coliformes termotolerantes. O resultado de AA30 pode ter sido elevado por alguns fatores, como a lavagem de equipamentos de campo cobertos por esterco de animais. 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, em WHO (2006) e no PROSAB (2006) (Tabela 2). Porém, de acordo com a USEPA (2012), o limite recomendado foi ultrapassado. Comparados, os resultados das concentrações obtidas são inferiores ao exposto por Figueiredo et al. (2019), fato importante, pois as análises deste foram feitas 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. 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, com a exceção de AA0 e AA30, nas quais possuem valores similares. Portanto, baseando na USEPA (2012), para árvores frutíferas e culturas que não tenham contato direto com o solo, é permitida a irrigação com água de reúso, desde que seja realizado o acompanhamento das características microbiológicas da água cinza em relação a EC para a 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. Portanto, são necessários mais estudos periódicos relacionados a este fator para acompanhar sua variação e nocividade aos agricultores rurais.

A água cinza utilizada no estudo não apresentou ovos de Helmintos, estando dentro das recomendações WHO (2006) e o programa de pesquisas em saneamento básico (PROSAB 2006). Esse resultado é importante, pois os Helmintos 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 no qual favorecem a proliferação (WHO, 2006). Portanto, como a água utilizada no estudo atende as diretrizes citadas anteriormente, nesse quesito, está apta para a utilização de forma segura.

Para a presença de bactérias heterotróficas, seguindo a classificação de Ayers e Westcot (1991) a água cinza utilizada no trabalho possui restrição severa ao 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. Mesmo com tais restrições observa-se que os valores obtidos para as águas cinzas 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). O uso de sanitizantes como a Água Sanitária ou o vinagre pode reduzir ou mesmo eliminar a carga bacteriana referente as bactérias heterotróficas, desde que misturadas ao efluente em concentrações adequadas.

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 salinidade a partir da água, proposta por Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012), a água cinza se encontra como ligeira a moderadamente restrita, com destaque para a análise AA60. Dessa forma, é necessário o monitoramento periódico para evitar a salinização do solo.

As diretrizes brasileiras, descritas no PROSAB (2006), não apresentam a DBO e a DQO como parâmetros indicadores e não restringem o uso da água cinza na agricultura. Para a demanda química de oxigênio, não há referências publicadas que limitem sua concentração na água utilizada em irrigação. Os teores de DQO deste estudo são inferiores aos apresentados por Figueiredo et al. (2019), mas como a água utilizada é mista, ou seja, proveniente tanto da cozinha quanto chuveiro, é normal que a concentração de 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 demanda bioquímica de oxigênio excederam o recomendado.

O resultado do pH da água cinza utilizada no experimento está 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 da água cinza do estudo encontra-se na faixa normal em relação à toxicidade e não apresenta restrição ao seu uso para irrigação. O pH da água pode influenciar na toxicidade para as plantas e 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 da água cinza utilizada no experimento se enquadram nas diretrizes. De acordo com Ayers e Westcot (1991), a restrição de uso da água utilizada no 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, sendo recomendada para a irrigação das aceroleiras. Para reduzir os possíveis problemas causados pela presença de sólidos podem ser realizadas manutenções periódicas nos gotejadores e filtros do sistema de irrigação.

O nitrogênio, fósforo e potássio são macronutrientes primários, essenciais para o crescimento das culturas. Fósforo e potássio estão acima dos intervalos usuais da água de irrigação, segundo Ayers e Westcot (1991). No entanto, em se tratando de nutrientes, no qual a planta será beneficiada, não representam riscos para a cultura e o solo. O teor de nitrogênio total presente na água cinza é condizente com os dados da USEPA (2012), mas está destoante do intervalo recomendado por Almeida (2010). De acordo com a classificação de Ayers e Westcot (1991), a restrição para o uso dessa água devido a quantidade de nitrogênio é considerada de ligeira a moderada. O excesso de nitrogênio pode causar crescimento vegetativo excessivo, maturação tardia ou desigual e até frutos de baixa qualidade. Apesar disso, a presença do nitrogênio na água de irrigação é positiva, sendo um elemento útil e deve ser aproveitado ao máximo, desde que seja considerado nos cálculos para determinar a aplicação de fertilizantes no solo (ALMEIDA, 2010). A concentração de fósforo é similar e, na análise 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). Quanto a concentração de nitrogênio, os teores são condizentes com os resultados da água mista de Figueiredo et al. (2019), provinda da cozinha, chuveiro e lavanderia.

O resultado do teor de cloretos indica que a análise AA30 da água estudada não se enquadra nas recomendações do PROSAB (2006) e, em relação às diretrizes da resolução nº 396 (CONAMA, 2008), nenhuma das análises atendem as recomendações. Porém, de acordo com o intervalo usual de cloretos em água de irrigação, proposto por Almeida (2010), a água cinza é apropriada para o uso. O excesso de cloretos pode ser tóxico para diversas culturas. O resultado mostra que não há restrição de uso da água cinza devido à toxicidade do 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, sendo importante ter critério na utilização de produtos químicos nas higienizações dos banheiros e cozinha, ou redução dos sais dispensados na cozinha, para evitar teores elevados, e a continuidade de novas análises para verificar o enquadramento do teor de cloretos nas demais referências.

Os resultados das análises de cálcio na água cinza apontam excesso em relação às recomendações do PROSAB (2006) e Almeida (2010). Apenas a análise AA30 atende o intervalo proposto por Almeida (2010). O demasiado teor de cálcio pode promover aumento do valor de pH do solo com riscos de alcalinização. Além disso, as concentrações de magnésio não atendem as recomendações propostas pelo PROSAB (2006) e Almeida (2010) e, assim como o cálcio, em excesso pode colaborar para o processo de alcalinização do solo. Segundo Garcia et al. (1998), a presença cálcio e magnésio em excesso na água podem aumentar o risco potencial de entupimento das tubulações devido a precipitação dos elementos em meios, elevação do pH e salinização do solo. Portanto, é importante a devida manutenção do filtro biológico, critério dos usuários na liberação de resíduos na rede de esgoto dos domicílios e outras séries de análises para verificar a variação dos teores de cálcio e

magnésio em conjunto com o manejo adequado do solo para evitar a elevação da concentração.

As análises de sódio se encontram 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 Ayers e Westcot (1991) classificam-se como sem restrições. Também, seguindo a USEPA (2010), se enquadram como sem restrições, com exceção da análise AA90, na qual é classificada como restrição ligeira a moderada. A discrepância do resultado de AA90 para as demais análises 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. Dessa forma, seu uso para fins de irrigação é permitido, desde que seja realizado monitoramento periódico para acompanhar a variação do teor de sódio, pois o mesmo em excesso pode inviabilizar a utilização do solo para a agricultura em médio a longo prazo.

A razão de adsorção de sódio encontra-se de acordo com o PROSAB (2006) e Almeida (2010). Em relação a Tabela 1, de Ayers e Westcot (1991) e USEPA (2012), a água cinza estudada é classificada como nenhuma restrição ao uso na irrigação devido ao risco de prejuízo à infiltração. Porém, Segundo Richards (1954), a relação de adsorção de sódio e condutividade elétrica são utilizados 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 utilizada na irrigação desse experimento está inserida no grupo C3S1, isto é, médio a alto risco de salinização, podendo ser utilizada em culturas com moderada resistência à salinização, solos com boa drenagem e monitoramento da irrigação.

CARACTERÍSTICAS DO SOLO

Durante a condução do experimento, amostras de solo foram analisadas para monitoramento e avaliação de qualidade, além de acompanhamento de possíveis alterações promovidas pela água cinza utilizada na irrigação (Tabela 4).

Tabela 4 – Parâmetros químicos do solo.

Parâmetros	Tempo de coleta			
	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

Legenda: 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. Fonte: Autor (2021).

A condutividade elétrica é influenciada pela quantidade de sais presentes no solo. Muitos desses sais são utilizados pelas plantas para o processo de crescimento e desenvolvimento, porém o excesso pode aumentar o risco de salinidade. Em especial, na região semiárida, devido a evapotranspiração elevada e às baixas precipitações. Como pode ser observado na Tabela 4, a condutividade elétrica do solo ao longo do experimento não mostrou aumento em relação à análise inicial.

O potencial hidrogeniônico do solo, em água e com extração em KCl, sofreram elevações durante o experimento. 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 a partir das análises e comparando com a tabela de interpretação de Ribeiro et al. (1999), o solo do local do experimento é classificado como 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.

A capacidade de troca de cátions total é determinada com pH 7, utilizando a acidez potencial e soma de bases, enquanto a CTC efetiva representa o valor determinado com pH natural presente no solo (TEIXEIRA et al., 2017). De forma simplificada, a CTC representa a quantidade em que o solo pode reter os cátions na forma de complexos esféricos, portando, importante para garantir a fertilidade do solo. Segundo a tabela de referência de Sobral et al. (2015), os resultados encontrados para CTC total e efetiva indicam que os valores são altos. Durante o experimento, esse valor sofreu redução. Fatores como o pH da solução do solo e matéria orgânica afetam a capacidade de troca de cátions.

De acordo com Teixeira et al. (2017), a saturação por bases (V) indica a proporção da capacidade de trocas de cátions do solo que é preenchida pelas bases trocáveis. Os resultados obtidos explicitam a alta saturação por bases do solo utilizado no experimento. Para percentuais acima de 50% de valor V 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 do solo (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 e solódico, com 15% igual ou/e entre 6% a 15% de saturação por sódio, respectivamente. Seguindo essas definições, os resultados não enquadram o solo experimental em nenhuma dessas condições, porém, com a utilização da irrigação, houve a elevação do percentual. O aumento discrepante entre AS30 e AS60 pode ser explicado por um vazamento ocorrido

durante o experimento, provocando o encharcamento do solo aproximadamente por quatro dias.

Segundo Teixeira et al. (2017), a saturação por alumínio indica a proporção de alumínio solúvel em relação aos teores de bases trocáveis e alumínio na CTC do solo. Uma das condições para definir o caráter aluminico do solo é o valor da saturação por alumínio, com valor maior ou igual à 50% (SANTOS et al., 2018). Tendo em vista essa informação, podemos observar através dos resultados que a saturação por alumínio do solo utilizado no experimento possui percentual baixo, com o valor sendo reduzido durante o decorrer do experimento.

Os cátions, cálcio e magnésio, apresentaram valores altos, de acordo com Sobral et al. (2015). A partir da Tabela 4, podemos observar que os teores de cálcio reduziram durante o experimento, enquanto os valores de magnésio aumentaram.

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

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 potássio. O potássio tem função importante para o desenvolvimento das plantas, contribuindo para que a planta resista aos efeitos de doenças e na ativação de sistemas enzimáticos que regulam reações metabólicas nas plantas. 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. Desse modo, é indicada a suplementação de K através de adubação orgânica ou mineral.

Os valores obtidos para alumínio diminuíram 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 alumínio trocável estava alto, diminuindo para médio a baixo durante as outras análises. Ainda, de acordo com o autor, o alumínio é um cátion que é tóxico para a maioria das culturas, inibindo o crescimento radicular e influenciando na disponibilidade de outros nutrientes. Quanto a acidez potencial do solo, que é a

soma das concentrações de hidrogênio e alumínio, o teor de todas as análises é considerado médio, de acordo com Ribeiro et al. (1999).

Durante o período em que o solo recebeu a irrigação da água cinza tratada, houve aumento do teor de nitrogênio total e fósforo assimilável. Comparando a AS0 e AS90, a concentração de nitrogênio se aproximou do dobro. Esse aumento pode ter ocorrido pela ação da comunidade bacteriana e/ou pelos valores da relação C/N. Esse dado é importante, visto que esses nutrientes são fundamentais para o desenvolvimento do caule, raízes e folhas da planta durante seu crescimento. A ausência desses elementos pode implicar em diversos problemas para o cultivo, como o desenvolvimento tardio ou até má formação das plantas. Isso evidencia o potencial da água cinza tratada para irrigação em cultivos como de aceroleiras.

A relação C/N é a razão entre a quantidade de carbono e nitrogênio presente do solo. Baseado em Oliveira et al. (2019), 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 faz com que apresente rápida liberação de nitrogênio aproveitável pelas culturas, persistindo por pouco tempo no solo (OLIVEIRA et al., 2019), que é o caso dos resultados obtidos nessa pesquisa.

ANÁLISES MORFOLÓGICAS

Na Tabela 5 estão descritas as análises morfológicas obtidas no dia do plantio das mudas no campo e aos 30, 60 e 90 dias após o plantio.

Tabela 5 - Valores médios das análises morfológicas.

Substrato de condução das mudas	Tempo da análise			
	AM0	AM30	AM60	AM90
Altura do caule (AC) (cm)				
S1	16,66 aB	18,5 aAB	18,84 aAB	19,64 aA
S2	13,38 bA	14,44 bA	15,11 bA	15,88 bA
S3	14,22 abA	14,63 bA	15,46 bA	16,43 bA
S4	14,17 abA	14,82 bA	15,15 bA	15,73 bA
CV%	16,14			
Diâmetro do caule (DC) (mm)				
S1	6,89 aB	7,48 aAB	8,42 aAB	9,15 bcA

S2	6,95 aC	7,76 aBC	9,28 aAB	10,94 abA
S3	7,07 aC	8,14 aBC	9,69 aAB	11,25 aA
S4	6,40 aB	7,49 aAB	8,07 aAB	8,89 cA
CV%	20,12			
Número de ramos (NR)				
S1	5,00 aB	7,60 aB	21,30 bAB	47,50 bcA
S2	6,40 aC	14,60 aBC	42,30 abB	75,40 abA
S3	9,40 aC	16,10 aC	52,80 aB	83,10 aA
S4	5,20 aB	9,20 aB	19,00 bAB	39,00 cA
CV%	84,65			

Legenda: AM0 – análises morfológicas no dia do plantio das mudas; AM30 – análises morfológicas aos 30 dias do plantio das mudas; AM60 – análises morfológicas aos 60 dias do plantio das mudas; AM90 – análises morfológicas aos 90 dias do plantio das mudas. S1: 50% de resíduo de uva e serragem + 50% de solo; S2: 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:1) + 50% de solo; S3: 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:2) + 50% de solo; S4: 100% de solo. Letras minúsculas iguais na mesma coluna não diferem entre os tratamentos, bem como letras maiúsculas iguais na linha não diferem entre si. Fonte: Autor (2021).

A partir dos dados é possível observar que para a altura do caule, na última medição morfológica (90 dias após o plantio), as plantas oriundas de mudas que foram conduzidas no substrato S1 apresentaram melhor desempenho em relação às outras. O substrato S1 foi composto por 50% de resíduo de uva e serragem + 50% de solo (SOUZA et al., 2019).

Para diâmetro do caule, foi observado que nas últimas análises morfológicas, as plantas oriundas de mudas que foram conduzidas no substrato S3 apresentaram maior desenvolvimento geral em relação às outras. O substrato S3 foi composto por 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:2) + 50% de solo, de acordo com Souza et al. (2019). As plantas oriundas do substrato S2 obtiveram o segundo maior desenvolvimento quanto ao diâmetro do caule, sendo o substrato S2 composto por 50% de resíduo de uva, serragem e cama de frango (1:1:1) + 50% de solo, baseado em Souza et al. (2019).

Para o número de ramos, como é possível observar, os tratamentos S3 e S2 apresentaram resultados superiores a S1 e S4. Este parâmetro é o mais propenso para o erro experimental, devido à quantidade de folhas que a planta vai

desenvolvendo de acordo com o tempo, dificultando a contagem manual. O substrato S4 foi composto apenas por solo, segundo Souza et al. (2019).

Também, vale ressaltar que em duas plantas das 10 repetições do S3 foi registrada a presença de flores e frutos verdes na última análise, ou seja, com 90 dias decorridos do plantio. Como na maioria das repetições não houve brotamento, é possível que isso possa ter ocorrido por alguma variável imprevista no solo, apesar do solo do local de estudo ser mais uniforme devido o pequeno espaço.

Os melhores resultados são referentes às plantas cujas mudas foram conduzidas em substratos a partir de mistura de compostos orgânicos, ao contrário do S4 que teve o preparo apenas com o solo. Esse fator colaborou para o desenvolvimento de mudas mais vigorosas que, ao serem plantadas no campo, apresentaram melhor resposta de desenvolvimento geral.

CONCLUSÕES

O desenvolvimento das plantas cultivadas em campo foi influenciado pelos substratos de condução das mudas promovendo plantas mais vigorosas em campo após receberem irrigação com água cinza.

A água cinza promoveu melhoria na qualidade química do solo, com diminuição na disponibilidade de Al, aumento nos teores de Ca, Mg e P. Devendo-se atentar para o possível incremento de sais.

Verificou-se que a água cinza utilizada na irrigação, apresentou potencial como alternativa para o saneamento rural, para a conservação do solo local, visto que sua composição físico-química, após o tratamento, não ofereceu risco elevado de contaminação do solo no período analisado. Além disso, a água cinza não apresentou riscos de contaminação dos animais e moradores locais, considerando a dificuldade de interpretação dos valores devido à diversidade de normas e a ausência de um marco regulatório legal, estabelecendo padrões e diretrizes para a prática do reúso de águas no Brasil ou mesmo estadual.

Espera-se que as informações desse trabalho possam contribuir para o estabelecimento de normativas e práticas seguras do reúso agrícola de águas cinzas visto que, tal prática pode exercer um importante papel socioeconômico e ambiental para as comunidades rurais através da irrigação.

REFERÊNCIAS

ABNT. **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.

ALMEIDA, O. Á. **Qualidade da Água de Irrigação.** 1^a. ed. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. ISBN 978-85-7158-024-4.

AL-ZOUBY, J. A.; AL-ZBOON, K. K.; AL-TABBAL, J. A. Low-cost treatment of grey water and reuse for irrigation of gome garden plant. **Environmental Engineering And Management Journal**, v. 16, n. 2, p. 351-359, 2017.

ASA BRASIL. É no semiárido que a vida pulsa. **Articulação no Semiárido Brasileiro**, 2017. Disponível em: <<http://www.asabrasil.org.br/semiario>>. Acesso em: 02 fevereiro 2021.

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. et al. 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, março 2015. ISSN 1981-8203.

BRASIL. Modelo da tecnologia social de acesso à água nº 11. **Ministério do Desenvolvimento Social**, Brasília, p. 174, 13 maio 2016. Disponível em: <http://www.mds.gov.br/webarquivos/legislacao/seguranca_alimentar/instrcoes_operacionais/Modelo_Tecnologia_Social_n_11_Sistema_Tratamento_Reuso_agua_Cinza_Domiciliar.pdf>. Acesso em: 17 fevereiro 2021.

BRASIL. Programa Nacional de Saneamento Rural. **Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde**. Brasília: Funasa, 2019. 260 p. ISBN 978-85-7346-065-0.

CALGARO, M.; BRAGA, M. B. **A Cultura da Acerola**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2012.

CHERNICHARO, C. A. L. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias: reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais, v. 5, 2007. 379p.

CONAMA. **Resolução 396**. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, p. 64-68. 2008.

FERREIRA, L. A. F. et al. 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 - Novembro 2019. ISSN 0101-6040.

FIGUEIREDO, I. C. S. et al. Águas cinzas em domicílios rurais, separação na fonte, tratamento e caracterização. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 220, p. 141-156, novembro 2019. ISSN 0101-6040.

FUNASA. **Programa Nacional de Saneamento Rural**. Brasília: Ministério da Saúde, Fundação Nacional de Saúde, 2019. 260 p.

GARCIA, J. A. C. et al. Fertirrigación en invernadero - Obstrucciones en los equipos de fertirrigación. **Horticultura Agrícola Vergel**, v. 18, n. 200, p. 454-458, 1998.

IRPAA. Bioágua familiar ajuda famílias no reaproveitamento das águas e no cuidado com a natureza. **Instituto Regional da Pequena Agricultura Apropriada**, 2020. Disponível em: <<https://irpaa.org/noticias/2251/bioagua-familiar-ajuda-familias-no-reaproveitamento-das-aguas-e-no-cuidado-com-a-natureza>>. Acesso em: 23 fevereiro 2021.

JUNQUEIRA, K. P. et al. **Cultura da Aceroleira (Malpighia glabra L.)**. Editora UFLA, Lavras, 2016.

MEDEIROS, J. F. D. et al. **Manejo do solo-água-plantas em áreas afetadas por sais**. In: GUEYI, H. R., et al. Manejo da salinidade na agricultura, estudos básicos e aplicados. 2ª. ed. Fortaleza: INCTSal, 2016. Cap. 20, p. 504. ISBN 978-85-420-0948-4.

MEDEIROS, L. A. D. **Sistema unifamiliar de tratamento e reúso de águas cinzas na irrigação de fruteiras em quintais ecológicos**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia) - UFERSA. Angicos, p. 58. 2019.

MEDEIROS, S. D. S. **Sinopse do Censo Demográfico para o Semiárido Brasileiro**. Campina Grande: INSA, 2012. 103 p.

MELO, M. R. D. S. **Estratégias de aplicação de efluente de água cinza no cultivo do girassol ornamental**. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - UFERSA. Mossoró, p. 57. 2018.

MORAIS, N. W. S.; SANTOS, A. B. D. Análise dos padrões de lançamento de efluentes em corpos hídricos e de reúso de águas residuárias de diversos estados do Brasil. **Revista DAE**, São Paulo, v. 67, n. 215, p. 40-55, janeiro/março 2019. ISSN 0101-6040. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/43168>>.

OLIVEIRA, A. B. D. et al. **Soja: o produtor pergunta e a Embrapa responde**. Brasília: Embrapa, 2019. 274 p.

PINHO, F.; VASCONCELOS, A. K. P.; MARINHO, G. **Diagnóstico do reúso no nordeste brasileiro**. III Congresso de Pesquisa e Inovação da Rede Norte Nordeste de Educação Tecnológica. Fortaleza/CE: III CONNEPI. 2008. p. 8.

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. ISBN 85 7022 152 5. (Projeto PROSAB).

RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5^a. ed. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.

RICE, E. W.; BAIRD, R. B.; EATON, A. D. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 23^a. ed. Washington DC: American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 2017. ISBN 9780875532875.

RICHARDS, L. A. **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington DC: US Department of Agriculture, 1954. 160 p.

SANTIAGO, F. et al. **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**. 1^a. ed. Carnaúbas: ATOS, 2015.

SANTOS, A. S. P.; VIEIRA, J. M. P. Reúso de água para o desenvolvimento sustentável, aspectos de regulamentação no Brasil e em Portugal. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA)**, Salvador, v. 8, n. 1, p. 50-68, julho 2020. ISSN 2317-563x.

SANTOS, H. G. D. et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5^a. ed. Brasília: Embrapa, 2018. 356 p.

SANTOS JÚNIOR, J. A. S. et al. Substrates and time intervals of renewal of wastewater in production and post-harvest of the ornamental sunflower. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 469-478, jul/set 2014. ISSN 1806-6690.

SILVA, A. F. S. et al. Análise bacteriológica das águas de irrigação de horticulturas. **Revista Ambiente & Água**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 428-438, abr/jun 2016. ISSN 1980-993X.

SOBRAL, L. F. et al. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solos**. Aracajú: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015. 13 p.

SOUZA, C. M. N. et al. **Saneamento: promoção da saúde, qualidade de vida e sustentabilidade ambiental**. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2015. 140 p. ISBN 978-85-7541-470-5. Mapas (Coleção Temas em Saúde).

SOUZA, S. P. D.; AMORIM, M. C. C. D.; SILVA, A. B. D. Aspectos Morfológicos de mudas de acerola crescidas em substratos residuais de agroindústria. Anais do Congresso Brasileiro de Fruticultura. Juazeiro: **XXVI Congresso Brasileiro de Fruticultura**. 2019. p. 511-514.

TEIXEIRA, P. C. et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3^a. ed. Brasília: Embrapa, 2017.

USEPA. **Guidelines for water reuse**. Washington DC: UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2004.

USEPA. **Guidelines for Water Reuse**. Washington D.C.: UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY, 2012. 643 p. (EPA/600/R-12/618).

WHO. **WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater - wastewater use in agriculture**. Geneva: World Health Organization, v. 2, 2006. 222 p. ISBN 92 4 154683 2.

ZRAUNIG, A. et al. Long term decentralized greywater treatment for water reuse purposes in a tourist facility by vertical ecosystem. **Ecological Engineering**, p. 138-147, 2019.