



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS E FLORESTAIS
CURSO DE AGRONOMIA

GTHIELLY MAIRA FERNANDES

**APTIDÃO DE ÁGUAS CINZAS PROVENIENTES DE SISTEMA DE REUSO
DOMÉSTICO PARA IRRIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM RIACHO GRANDE,
MOSSORÓ/RN.**

MOSSORÓ
2022

GTHIELLY MAIRA FERNANDES

**APTIDÃO DE ÁGUAS CINZAS PROVENIENTES DE SISTEMA DE REUSO
DOMÉSTICO PARA IRRIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM RIACHO GRANDE,
MOSSORÓ/RN.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Orientador: André Moreira de Oliveira,
Prof. Dr.

MOSSORÓ

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

F363a Fernandes, Gthielly Maira.
Aptidão de águas cinzas provenientes de
sistema de reuso doméstico para irrigação: estudo
de caso em riacho grande, Mossoró/RN. / Gthielly
Maira Fernandes. - 2022.
37 f. : il.

Orientador: André Moreira de Oliveira.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2022.

1. recursos hídricos. 2. conservação. 3.
agricultura familiar. I. Oliveira, André Moreira
de, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

GTHIELLY MAIRA FERNANDES

**APTIDÃO DE ÁGUAS CINZAS PROVENIENTES DE SISTEMA DE REUSO
DOMÉSTICO PARA IRRIGAÇÃO: ESTUDO DE CASO EM RIACHO GRANDE,
MOSSORÓ/RN.**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Agronomia.

Defendida em: 24 / 11 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

André Moreira de Oliveira, Prof. Dr. (UFERSA)
Presidente

Joaquim Pinheiro de Araújo, Prof. Dr. (UFERSA)
Membro Examinador

João Liberalino Filho, Prof. Me. (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda honra e glória de ter conseguido chegar aqui. Por ter sido sustento diante de cada dificuldade e adversidade vivida.

À toda minha família, em especial meu pai Marcos Alberto, minha mãe Maria Vilaneide e minha irmã Gecielly Naira. Vocês são minha força e meu exemplo de garra, coragem e humildade na vida. Obrigado!

A meu esposo Victor Mendes por ter sido sinônimo de coragem, apoio e companheirismo, estando comigo em todos os momentos.

À UFERSA por ter possibilitado a realização do presente trabalho.

Ao CNPQ por ter me permitido realizar diversos projetos de pesquisa durante minha caminhada acadêmica.

Ao meu professor orientador André Moreirapela forma incrível na qual se dispôs a me repassar seus conhecimentos e experiências para que o presente trabalho pudesse ser realizado e concluído.

À Banca Examinadora aqui presente.

Aqueles que por muitos anos me formaram como pessoa e profissional repassando seus conhecimentos diariamente: Barbara Albuquerque, Galdino, Hellany, Rayane Sley, Marcia Mayara e todos aqueles que fizeram parte do meu dia a dia em laboratório durante todos esses anos de graduação.

Aqueles que tornaram a minha caminhada mais leve e que quero levar como amizades para a vida toda: Sávio Santos, Karen Karydja, Glicya Melo, Jessika Kaliane, Wesley Marinho, Daniela Moraes, Gabriel Felipe, Fernanda, Michelle e Brena Silva.

À todos discentes, docentes e amigos que passaram pela minha vida e estiveram presentes de alguma forma em parte dessa jornada acadêmica, carrego em mim um pouco de cada um de vocês.

” A educação é comunicação, é diálogo, na medida em que não é a transferência de saber, mas um encontro de sujeitos interlocutores, que buscam a significação dos significados.”

Freire, 1979.

RESUMO

A agricultura familiar apresenta grande importância social e econômica para o abastecimento de alimentos no mercado local e nacional, e a água é um recurso essencial para que essa atividade continue em pleno funcionamento. Além da redução do consumo de recursos hídricos, o uso de medidas conservacionistas vem sendo apresentado como uma saída para proporcionar uma agricultura familiar mais cheia de possibilidades. Estudos apontam que boa parte da água utilizada em residências rurais é descartada, podendo ser classificadas como “águas cinzas” originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios e tanques de lavar roupas, bem como pias de cozinha. Dessa forma, sistemas de reutilização de águas cinzas vêm sendo utilizados no semiárido como uma maneira de auxiliar agricultores familiares a continuar produzindo mesmo vivendo em condições de escassez hídrica. Diante disso, é necessário verificar a aptidão da água proveniente desses sistemas de reuso para agricultura familiar, estimando parâmetros físico-químicos de água para fins agrícolas, levando em conta a possibilidade de problemas de infiltração no solo e toxicidade ao plantio que possam vir a serem causados pela água proveniente desse sistema. Para avaliação, fez-se a coleta de quatro amostras, com intervalos de sete dias entre elas, durante o mês de setembro de 2022. As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Solo Água e Planta – LASAP, vinculado ao Departamento de Ciências Agrônômicas e Florestais - DCAF da Universidade Federal Rural do Semiárido - UFERSA, Campus Mossoró, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA, em 2011. Após análise dos resultados verificou-se que a água mantém padrão para continuar sendo utilizada como irrigação em frutíferas, e seus riscos para causar problemas nesse local são pequenos, levando em conta que o produtor faz uso de sistema de plantio direto, preservando o uso de práticas conservacionistas em seu cultivo.

Palavras-chave: recursos hídricos; conservação; agricultura familiar.

ABSTRACT

Family farming has great social and economic importance for the supply of food in the local and national market, and water is an essential resource for this activity to continue in full operation. In addition to reducing the consumption of water resources, the use of conservationist measures has been presented as a way to provide family farming with more possibilities. Studies indicate that a good part of the water used in rural residences is discarded, which can be classified as “gray water” originating from bathtubs, showers, washbasins and washing tanks, as well as kitchen sinks. Thus, gray water reuse systems have been used in the semi-arid region to help family farmers to continue producing even when living in conditions of water scarcity. In view of this, it is necessary to verify the suitability of water from these reuse systems for family farming, estimating physical-chemical parameters of water for agricultural purposes, taking into account the possibility of soil infiltration problems and toxicity to planting that may be caused by the water coming from that system. For evaluation, four samples were collected, with intervals of seven days between them, during the month of September 2022. The physical-chemical analyzes of the water samples were carried out at the Soil Water and Plant Laboratory – LASAP, linked to the Department of Agronomic and Forestry Sciences - DCAF of the Semi-arid Rural Federal University - UFERSA, Campus Mossoró, following the methodology described by EMBRAPA, in 2011. After analyzing the results, it was verified that the water maintains a standard to continue being used as irrigation in fruit trees, and its risks of causing problems in that location are small, considering that the producer uses a direct planting system, preserving the use of conservationist practices in its cultivation.

Keywords: water resources; conservation; family farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Croqui do reuso	21
Figura 2 - Três componentes principais do reuso de águas cinzas	21
Figura 3 - Vista superior do reservatório pós-filtragem	22
Figura 4 - Vista superior do filtro do reuso	23
Figura 5 - Ilustração do filtro do reuso, corte vertical.....	23
Figura 6 - Diagrama de classificação de água proposta por Richards (1954)	25

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Valores de RAS e Condutividade Elétrica nas amostras coletadas	27
Gráfico 2 - Valores de Sódio (Na ⁺) e Cloreto (Cl ⁻) nas amostras coletadas.....	28
Gráfico 3 - Valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) nas amostras coletadas.....	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água	24
Tabela 2 - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas	25
Tabela 3 - Análise química de água proveniente de sistema de reuso de águas cinzas no mês de setembro de 2022	30
Tabela 4 - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água, analisados de acordo com RAS (mmol L^{-1}) e CE_a (dS m^{-1}) das amostras	26
Tabela 5 - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas em cada amostra, analisado de acordo com a quantidade de Sódio ou Cloreto (mmol L^{-1}) das amostras	27

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Água no Semiárido.....	14
2.2 Águas cinzas.....	15
2.3 Água para irrigação	17
2.4 Sistema de reuso de águas cinzas	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	31
REFERÊNCIAS	32

1 INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da humanidade, a água é um recurso essencial para a sobrevivência dos seres vivos. Os recursos hídricos fornecem à humanidade, não apenas água para consumo e saneamento, mas também para a produção de alimentos, energia, recreação e bens de consumo industrializados (BIDLACK et al., 2004). Apesar de ainda ser difícil prever os impactos climáticos provocados pelo aquecimento global sobre os recursos hídricos naturais, estima-se um aumento de pelo menos 20% no estresse hídrico mundial (IPCC, 2001). Devido ao uso constante e indiscriminado da maior parte da população, hoje corremos o risco de ficar sem o nosso bem mais precioso. Além disso, a região nordeste e semiárida do Brasil também sofre com a característica mais marcante do seu clima: a escassez hídrica.

Nessa região, a falta de políticas públicas eficazes para a gestão da água, além das mudanças climáticas globais, acentua progressivamente o fenômeno da seca ao longo do tempo, e são fatores que colaboram para vulnerabilidade socioambiental de maior parte da população. Uma alternativa potencial de racionalização desse bem natural é o reuso de água para utilização em atividades que não requerem um nível de qualidade tão elevado quanto ao da água potável, como é o caso da irrigação agrícola (BARBOSA, 2019.). Segundo (ALIPIO, 2019) a produção diária de esgoto em todo o semiárido foi estimada em 161.857 m³, onde aproximadamente 15% desse volume é encaminhado para estações de tratamento de esgoto, o restante vem sendo disposto, depois de coletado por galerias de águas pluviais, no solo e em cursos de água próximos de suas respectivas fontes geradoras. Apesar do ciclo da água ser algo que já ocorre naturalmente, esse processo natural a entrega para onde a natureza determina, e não onde se é necessário.

Diversos estudos científicos apresentam o reuso de águas domésticas na agricultura como uma eficiente alternativa para a produção de alimentos em economias baseadas na agricultura, principalmente para as regiões áridas e semiáridas. O Sistema Bioágua Familiar (SBF) é um sistema de reuso de águas cinzas, utilizado para agricultura familiar, sendo uma alternativa para a produção de alimentos e redução da contaminação ambiental nos quintais das famílias agricultoras da região semiárida brasileira (SANTIAGO et al., 2012). O sistema de reuso de águas cinzas é uma alternativa viável para a agricultura familiar, onde alguns produtores já

utilizam água proveniente destes sistemas para complementar a irrigação de sua produção de frutas.

O principal problema de sobrevivência da agricultura familiar no semiárido é a escassez de água própria para irrigação, onde o reuso de águas cinzas seria ideal para possibilitar boas produções e geração de renda proveniente da agricultura familiar. Diante dessa necessidade, o Projeto Dom Hélder Câmara – PDHC, a ONG ATOS e a Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA) se aliaram com três famílias agricultoras. Juntos, desenvolveram o Sistema Bioágua Familiar (SBF) de reuso de água cinza domiciliar, com a intenção de ampliar a produção de alimentos e promover a despoluição dos quintais. Além da redução do consumo de recursos hídricos, o uso de medidas conservacionistas vem sendo apresentado como uma saída para proporcionar uma agricultura familiar mais cheia de possibilidades.

O aumento do volume de água disponível para utilização na irrigação da agricultura familiar seria uma chave para uma maior produção e assim, geração maior de renda para essas famílias. Diante disso se torna necessário o conhecimento da quantidade de nutrientes que compõem essa água, para que sejam determinados, também, adubações e demais tratamentos culturais que seriam necessários suplementar aos plantios. Além da redução do consumo de recursos hídricos, o uso de medidas conservacionistas vem sendo apresentado como uma saída para proporcionar uma agricultura familiar mais cheia de possibilidades.

O presente trabalho objetivou verificar a aptidão da água proveniente de um sistema de reuso para agricultura familiar, estimando parâmetros físico-químicos de água para fins agrícolas por meio de análises, podendo assim propor, de acordo com os resultados, recomendações de práticas sustentáveis a serem aplicadas ao longo do tempo. Analisar a eficiência desses sistemas quanto a qualidade da água final se faz necessário devido a necessidade de novas fontes de água presentes no semiárido brasileiro, onde elas podem possibilitar novas formas de geração de renda a agricultura familiar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Água no Semiárido

O semiárido do Brasil ocupa uma superfície equivalente a 69,2% da região Nordeste, e sempre apresentou problemas socioeconômicos influenciados muito mais pela má distribuição temporal e espacial das precipitações do que pela insuficiência global deste recurso (Ministério da Integração Nacional, 2005). Sabendo-se que a água é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento do semi-árido, também associado à escassez, ocorre o problema da falta de garantia de oferta hídrica, uma vez que no semiárido ocorrem os fenômenos das secas e, em sua grande maioria, os rios não são perenes (Palácio et al., 2009). De acordo com Malvezzi (2007) o subsolo do semiárido é formado em 70% por rochas cristalinas, rasas, o que dificulta a formação desses mananciais perenes e a potabilidade da água, normalmente salinizada.

Aliado a esses fatores, também se tem a alta quantidade de evaporação de água devido à baixa umidade do ar juntamente as altas temperaturas características do clima. De acordo com Suassuna (2002) algumas regiões do nordeste semi-árido chegam a evapotranspirar cerca de 7 mm/dia. As baixas latitudes acabam condicionando a região nordeste a altas temperaturas (média de 26 °c), bem como ao número elevado de horas de sol por ano (média de 3000). As variações climáticas, sobretudo nos períodos de estiagem, agravam um conjunto de questões econômicas e sociais, que desmantelam o sistema produtivo do semiárido e concorrem para sua não consolidação (Bezerra, 2002).

Levando em consideração que a agricultura irrigada depende diretamente da qualidade e da quantidade de água disponível, condições como o semiárido necessitam de ainda mais atenção, pois além de terem naturalmente pouca disponibilidade, a água de qualidade inadequada pode acabar provocando problemas no solo a longo prazo, como salinidade, que vai influenciar diretamente na velocidade de infiltração de água no solo, e até causar toxicidade a algumas culturas.

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), quase um bilhão de pessoas habitam regiões semiáridas no Brasil, sendo responsáveis por cerca de 20% da produção mundial de alimentos. Isso significa que essas são áreas de grande importância social e econômica. De acordo com Macêdo (2008) o fenômeno da seca

nessa região de semiárido nordestino tem exigido soluções emergenciais dos governos, existindo, inclusive, programas específicos para amenizar seus efeitos. Porém, nem todas essas políticas são efetivas, necessitando assim de uma interferência direta da população, de extensionistas, pesquisadores e das universidades, para aproveitar da melhor forma esse recurso escasso.

Quanto ao gerenciamento de recursos hídricos, é importante ressaltar a grande relevância do planejamento do seu uso de forma sustentável, principalmente no semiárido, para que assim haja um melhor desenvolvimento social e econômico (VIEIRA, 2000). É necessário e importante que exista uma preocupação com as formas de gerenciar os recursos hídricos, especificamente em regiões semiáridas, onde há presença de dificuldades relacionadas à disponibilidade para a demanda desse recurso, que é essencial à sobrevivência humana. A sustentabilidade é um elemento básico neste processo para que o uso atual não afete as futuras gerações, onde deve ser feito o gerenciamento desses recursos hídricos de forma integrada e descentralizada, buscando realizá-lo de forma participativa.

De acordo com Otterpohl (2001), as águas residuárias residenciais são classificadas em:

- Águas negras (blackwater): efluentes provenientes dos vasos sanitários, como urina, fezes e papel higiênico;
- Águas cinzas (greywater): águas servidas, exceto as provenientes dos vasos sanitários;
- Águas amarelas: efluente representado somente pela urina;
- Águas marrons: efluente representado somente pelas fezes.

2.2 Águas cinzas

As águas cinzas são definidas como águas residuárias originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas, bem como pias de cozinha. De acordo com a CALIFÓRNIA GRAYWATER STANDARDS (1994), as águas cinzas são resíduos líquidos não tratados originados de edificações residenciais (rurais ou urbanas) sem contato com resíduos originados do vaso sanitário. Então, nas águas cinzas residuárias não estão inclusas as águas provenientes dos vasos sanitários. As águas cinzas são reutilizadas para fins como irrigação agrícola por não apresentarem qualidade suficiente para consumo humano e animal. Além da reutilização, a água cinza é caracterizada também por apresentar

baixa carga orgânica, o que garante sua utilização para fins não potáveis utilizando tratamentos simplificados (MANFRIN et al., 2019).

As águas cinzas representam cerca de 67% do volume total das águas residuária geradas nas atividades domésticas (Chanakya e Khuntia, 2014). De acordo com Gonçalves, Keller e Franci (2018), após estudarem o consumo de água potável de uma típica família alemã, sendo distribuídas da seguinte forma,: 32% para descarga sanitária, 30% para tomar banho, 14% para lavar roupas, 6% para higiene pessoal, 6% para lavagem de louça, 4% para jardinagem, 3% para limpeza em geral, 3% cozinhar e beber e 2% para a lavagem do carro o que gera muita água residuária

Segundo Li, Wichmann e Otterpohl (2009) a água cinza representa um quantitativo em torno de 50 a 80% do volume de água residuária doméstica gerada pelas famílias, podendo ser considerada uma boa fonte para reúso de água. A composição da água cinza depende basicamente da sua origem, podendo ser doméstica (chuveiro, pia de cozinha, lavatório, máquina de lavar louça e roupa) ou comercial (lavanderias comerciais e/ou industriais, lavatórios de edifícios públicos), portanto é preciso conhecer a sua origem para poder definir o tratamento adequado a ser realizado para sua reutilização (MELO, 2018). Elas geralmente apresentam baixa concentração de nutrientes, no entanto pode ser tratada de maneira relativamente fácil e assim reutilizada para vários fins (WILDERER et al., 2002).

Nesse caso, a água se classificaria como água cinza, pois é proveniente de águas servidas de chuveiros e pias da residência presente no local. Para que o uso dessa água possa ser estimulado, faz-se necessária a verificação de sua qualidade de acordo com seu fim previsto. A classificação da água em termos de qualidade, só tem sentido quando se leva em consideração o uso previsto para ela (BLUM, 2003). Na atualidade, a metade dos seis bilhões de habitantes do mundo carece de água com tratamento adequado, e mais de um bilhão de pessoas não tem acesso à água potável. (BIO, 2001). A reutilização de águas cinzas para irrigação pode proporcionar um melhor aproveitamento das águas disponíveis no semiárido, permitindo assim que produtores familiares possam produzir sem custos adicionais com água.

2.3 Água para irrigação

De acordo com Bezerra (2002), mais de 70% da produção dos principais alimentos é oriunda das pequenas propriedades agrícolas de menos de 100 há, onde reside a maior parte da população rural. E, apesar destes ocuparem pequenas áreas produtivas, apresentam cerca de 91% das unidades de produção do semi-árido.

Ayers e Westcot (1999) afirmam que a qualidade da água de irrigação pode variar significativamente, segundo o tipo e a quantidade de sais dissolvidos. Os sais encontram-se em quantidades relativamente pequenas, porém significativas. Dentre as características que determinam a qualidade da água para a irrigação, a concentração de sais solúveis ou salinidade é um fator limitante ao desenvolvimento de algumas culturas (BERNARDO, 1987).

Segundo Mantovani et al. (2006) a qualidade da água é um aspecto fundamental para o êxito da utilização de sistemas irrigados, no entanto, sabemos que a avaliação da qualidade dela é, na maioria das vezes, negligenciada no momento da elaboração de projetos. Essa negligência em avaliar as águas utilizadas para este fim podem vir a causar maiores problemas ligados a salinidade, podendo ocasionar toxicidade a algumas culturas e, futuramente, infertilidade desse solo. Os sais do solo e da água reduzem a disponibilidade da água para as plantas a tal ponto que afetam os rendimentos das culturas (Ayers & Westcot, 1999). De acordo com Barroso (2011) a qualidade da água para fins agrícolas obedece a uma classificação, determinada pela concentração de alguns íons, tais como o sódio, potássio, cloretos e os sulfatos, além de outros parâmetros, como sólidos dissolvidos e a condutividade elétrica.

Para classificar as águas de irrigação de acordo com a RAS analisa-se o efeito do sódio trocável nas condições físicas do solo onde possa estar causando problemas de infiltração pela reduzida permeabilidade. De acordo com Richards (1954) as águas dividem-se em quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da condutividade elétrica da água (CE_a):

- S_1 - Água com baixa concentração de sódio ($RAS \leq 18,87 - 4,44 \log CE_a$): Pode ser usada para irrigação em quase todos os solos com baixo risco de alcançar níveis perigosos de sódio trocável.
- S_2 - Água com médio teor de sódio ($18,87 - 4,44 \log CE_a < RAS \leq 31,31 - 6,66 \log CE_a$): Estas águas representam risco de excesso de sódio em solos de textura argilo siltosa, com alta capacidade de troca catiônica, especialmente se

mal drenados, a não ser que o solo contenha gesso. Esta água pode ser usada em solos arenosos ou solos orgânicos com boa drenagem.

- S₃ - Água com alto teor de sódio ($31,31 - 6,66 \log CE_a < RAS \leq 43,75 - 8,87 \log CE_a$): Pode produzir altos níveis de sódio trocável na maioria dos solos. Requer manejo adequado dos solos, boa drenagem, aplicação de lamina adequada de lixiviação e adição de matéria orgânica. Solos com gesso podem manter níveis aceitáveis de sódio quando irrigados com estas águas. Pode ser necessário o uso de corretivos químicos para deslocar o sódio trocável, exceto quando usadas águas com alto teor de sais. Neste caso o uso destes corretivos pode não ser viável.
- S₄ - Água com teor de sódio muito alto. ($RAS > 43,75 - 8,87 \log CE_a$): Geralmente não são apropriadas para irrigação, exceto com salinidade baixa ou talvez com salinidade média e quando a dissolução do cálcio na solução do solo ou a aplicação de gesso ou outros corretivos torne o uso desta água economicamente viável (RICHARDS, 1954).

Algumas culturas conseguem uma produção satisfatória a níveis elevados de salinidade, já outras são sensíveis a baixos níveis de salinidade. Por isso, na decisão da água para irrigação deve-se levar em conta também a cultura a ser implantada na área (quanto a tolerância à salinidade, seu ciclo de vida, regime de água tolerado etc.) e do solo (quanto a permeabilidade, porosidade, textura, composição mineral, entre outros aspectos físico-químicos).

2.4 Sistema de reuso de águas cinzas

Segundo METCALF & EDDY (2003), reusar água é aproveitar a água residuária recuperada, através da remoção ou não de parte dos resíduos por ela carreada em uso anterior, e usá-la novamente em aplicações menos exigentes que o primeiro uso. As águas cinzas são definidas como águas residuárias originadas de banheiras, chuveiros, lavatórios, máquinas e tanques de lavar roupas, bem como pias de cozinha. De acordo com Asano e Levine (1998), há indícios de que a água residuária era utilizada como fonte de água para agricultura, há aproximadamente 5000 anos. Nos Estados Unidos (EUA), o desenvolvimento de programas de reuso de água teve início no começo do século XX, com a cidade de Bakersfield, que usou água residuária recuperada para irrigar culturas como milho e algodão, em 1912. Porém, a primeira

regulamentação relacionada ao reuso só foi promulgada em 1918, no estado da Califórnia (ASANO; LEVINE, 1998). Esse período foi denominado por Asano e Levine (1998) como “O Grande Acordar Sanitário”.

O reuso para irrigação geralmente não causa impactos nas plantas, a não ser que possua altos níveis de sais ou constituintes danosos para elas (NRC, 2012), por isso se torna necessário analisar a viabilidade da água proveniente desses sistemas antes de iniciar o procedimento de irrigação, evitando assim problemas maiores no futuro.

No Rio Grande do Norte não há uma legislação específica voltada ao reuso, mas ainda assim é utilizado no Seridó “efluentes de sistemas de tratamento primário na irrigação de campineiras nas vizinhanças da área urbana” (GUIDOLIN, 2000 apud CAIXETA, 2010). Agricultores de municípios como Caiçara do Rio do Vento, Santana do Seridó, Pedro Velho e Parelhas utilizam o esgoto tratado para irrigação de culturas como capim elefante e palma, reutilizando também esse efluente de maneira indireta, através de recreação e dessedentação animal (SOUZA, 2018). É válido ressaltar também que essa água reutilizada pode ser destinada a fins como uso em vasos sanitários, além da irrigação, evitando dar descargas com água potável e permitindo assim um melhor uso para ela.

Resíduos sólidos restantes do sistema de reuso de águas cinzas ficam decantados nas caixas de gordura, em sua maior parte, podendo serem utilizados em atividades agroecológicas como na fabricação de adubos orgânicos, como a compostagem.

Devido não haver uma legislação específica, podemos usar como referência padrões de qualidade estabelecidos pelo Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), na resolução 357, de 17 de março de 2005, que dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento. Baseado na atividade do reuso, os padrões de qualidade adotados para a água de reuso seriam os de Água Doce de Classe 1, que podem ser utilizadas para recreação de contato primário e à irrigação de hortaliças e frutas que são consumidas cruas ou sem remoção de película, e Classe 2, que podem ser utilizadas para recreação de contato primário e irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esporte e lazer, com os quais o público possa vir a ter contato direto (CONAMA,

2005). Os parâmetros de qualidade da Classe 1 e da Classe 2 diferem apenas nos quesitos turbidez e cor, sendo adotado para o restante os mesmos valores.

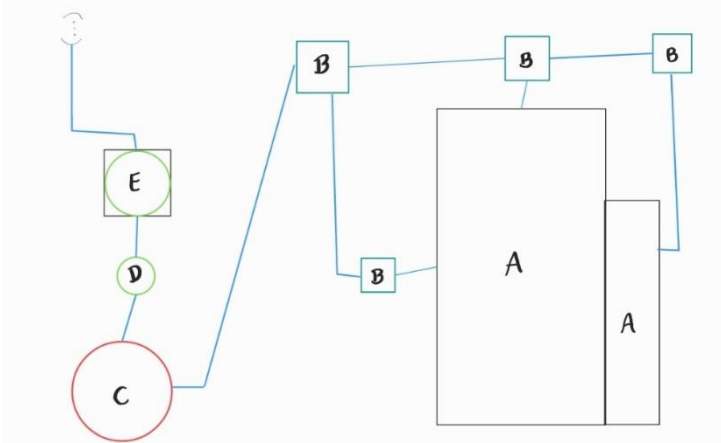
No Rio Grande do Norte, no município de Caicó, tem-se o parâmetro de qualidade para água de reuso mais próximo da localidade estudada. Por meio da lei municipal 4.603 de 26 de agosto de 2013 (CAICÓ, 2013), que estabeleceu também parâmetros de qualidade para reuso urbano não potável. Entre os parâmetros interessantes a irrigação de frutíferas, temos a CE (condutividade elétrica), que segundo a lei deve estar entre 0,5 e 3,0 dS/m, e o pH, que deve se encontrar entre 6,5 e 8,4.

Mota et al (2007) apud Caixeta (2010) traz o uso de reuso de águas cinzas como vantagem o fato de que o suprimento de água estaria disponível durante todo o ano, levando em consideração que o esgoto é constantemente produzido; e contribui para a conservação do solo e prevenção da erosão, a partir do momento em que há a adição de matéria orgânica contida no esgoto. No que se refere ao social, o reuso da água tem obtido uma melhor aceitação por parte das pessoas, pois os riscos são conhecidos, apresentados, compreendidos e, desta forma, tem sido tratado de maneira mais cuidadosa por parte de quem manuseia, sendo então utilizada a premissa de que o reuso da água cinza seja feito conforme as regulamentações e boas práticas (KUBLER; FORTIN; MOLLETA, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento das algumas informações necessárias foi feito via pesquisa e leitura aprofundadas em trabalhos já realizados acerca do assunto, bem como também em conversa com proprietário do local. O recolhimento de amostras foi realizado em propriedade localizada na comunidade Riacho Grande, situada no km 12 da RN-015, na zona rural de Mossoró/RN. A propriedade em questão possui sistema de reuso de águas cinzas instalado desde 2015.

Figura 1 - Croqui do reuso, descrevendo: Residência local (A); Caixas de gordura (B); Filtro de reuso (C); Reservatório pós-filtragem (D) e Reservatório final (E).



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Figura 2 - Três componentes principais do reuso de águas cinzas. Da direita para esquerda: filtro, reservatório pós-filtragem e reservatório final.



Fonte: Acervo pessoal (2020).

O reuso instalado no local (figura 1) é composto por 4 caixas de gordura (B), que se localizam no caminho que água faz até o filtro. O filtro é montado dentro de uma caixa d'água (C), onde a água cinza chega na parte superior desse filtro, e desce ao mesmo por meio de pequenos furos feitos na encanação. Após a filtragem, a água desce a um reservatório (D), onde é conduzida por meio de uma bomba d'água a caixa d'água superior que conduz a água, finalmente, para irrigação.

O filtro do reuso é feito de uma caixa d'água de 1000 L, sendo composto dos seguintes materiais, como mostra a figura 2: Canos com pequenos furos na parte superior (1), 10 cm de esterco (2), 10-15 cm de pó de serraria (3), 25-40 cm de areia lavada (4), 5 cm de brita 2 (5), 5 cm de brita 1 (6) e 8-10 cm de pedra seixo natural (7). O fundo da caixa apresenta um sifão (8) com cano que conduz a água reutilizada ao reservatório pós-filtragem.

Figura 3 - Vista superior do reservatório pós-filtragem.



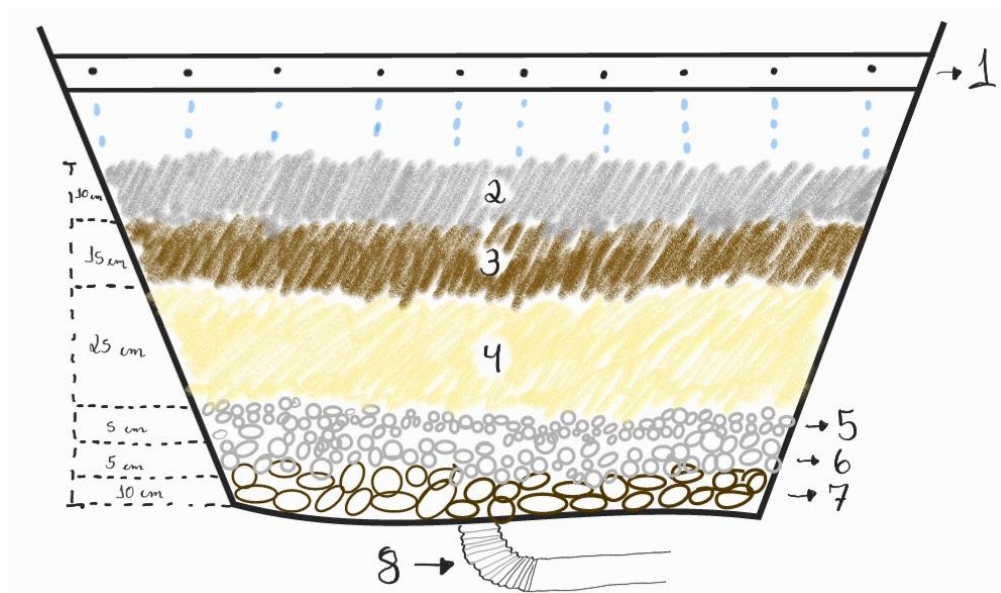
Fonte: Acervo pessoal (2020).

Figura 4 - Vista superior do filtro do reuso.



Fonte: Acervo pessoal (2020).

Figura 5 - Ilustração do filtro do reuso, corte vertical



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Foram realizadas 4 coletas, com diferença de uma semana entre elas, nos dias 04, 11, 18 e 25 do mês de setembro de 2022. As coletas foram realizadas sempre

pela manhã, por volta das 10h. As amostras de água foram coletadas em tubos plásticos com volume de 500 mL, os quais antes da coleta propriamente dita, fez-se a tríplex lavagem dos recipientes com a água da fonte de coleta. Logo após a coleta cada amostra recebeu um número de identificação e, posteriormente, foram mantidas refrigeradas até o dia de análise. As análises físico-químicas das amostras de água foram realizadas no Laboratório de Solo Água e Planta – LASAP, vinculado ao Departamento de Ciências Ambientais e Florestais - DCAF da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Campus Mossoró, seguindo a metodologia descrita pela EMBRAPA, em 2011.

Como as amostras de água coletadas serão para análise visando o fim de irrigação, foram determinados os seguintes parâmetros: Condutividade Elétrica (CE em dS m^{-1}), potencial hidrogeniônico (pH), as concentrações de Sódio (Na^+), Cálcio (Ca^{2+}), Magnésio (Mg^{2+}), Potássio (K^+), Cloreto (Cl^-), Carbonato (CO_3^{2-}) e Bicarbonato (HCO_3^-), de acordo com as metodologias propostas por Richards (1954). Foi realizado também, o cálculo da RAS, para que sejam classificadas as amostras quanto ao risco de sodificação, e sejam avaliados os possíveis problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água em questão.

Para classificar os riscos com problemas de infiltração, foi empregada a classificação proposta por Ayers & Westcot (1999), selecionando apenas três classes de sodicidade, obtidas relacionando-se a RAS com a salinidade da água de irrigação, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água.

RAS (mmol L^{-1})	Classes de Sodicidade		
	Problemas		
	S ₁	S ₂	S ₃
	Sem	Crescentes	Severos
CE _a (dS m^{-1})			
0-3	> 0,70	0,70 - 0,20	< 0,20
3-6	> 1,20	1,20 - 0,30	< 0,30
6-12	> 1,90	1,90 - 0,50	< 0,50
12-20	> 2,90	2,90 - 1,30	< 1,30
20-40	> 5,00	5,00 - 2,90	< 2,90

Fonte: Ayers & Westcot (1999) apud Oliveira (2016).

Para a classificação da água quanto ao risco de toxicidade, foram analisados os íons Sódio (Na^+) e Cloreto (Cl^-) de acordo com a proposta de Ayers & Westcot (1999), considerou-se dois modos de aplicação e três classes, conforme tabela 2.

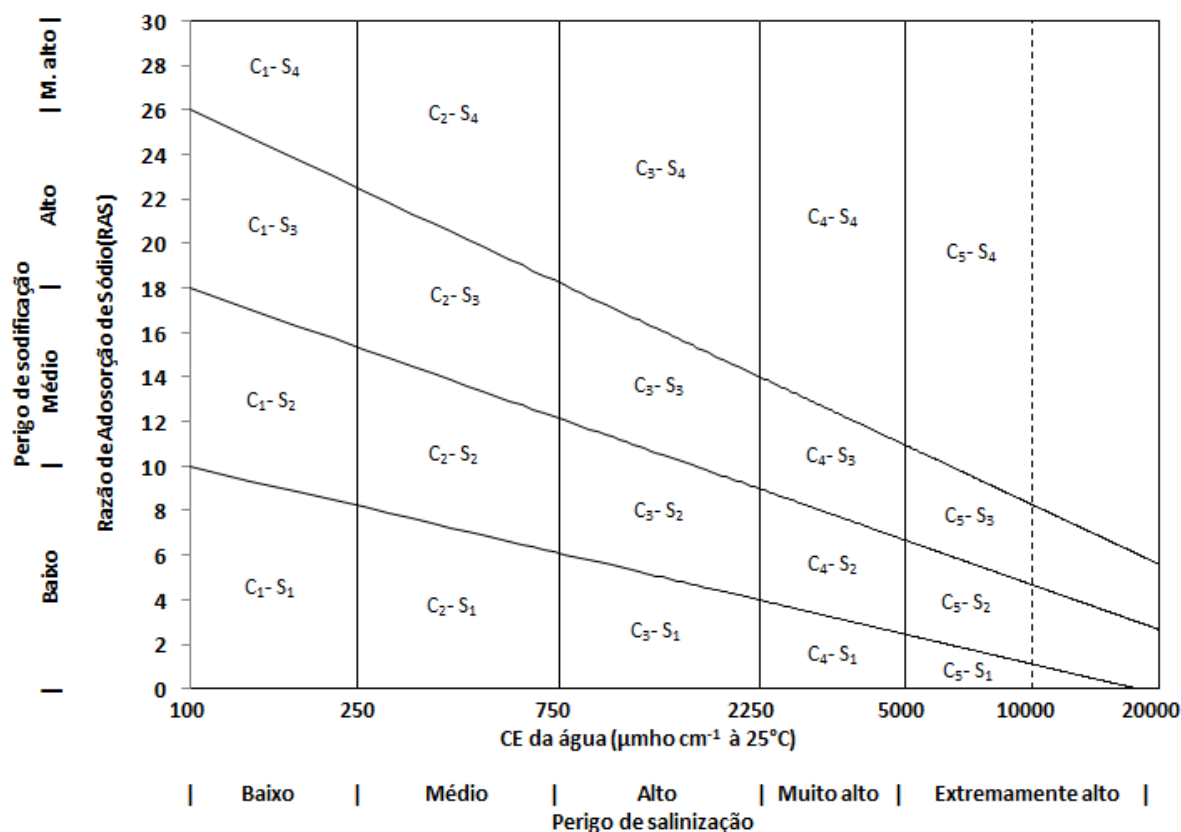
Tabela 2 - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas.

Íon		Classes de Toxicidade da Água		
		Problema		
		T ₁ Nenhum	T ₂ Moderado	T ₃ Severo
Sódio ou Cloreto (mmol L^{-1})				
Modo de Aplicação	Irrigação por superfície	< 3	3 - 9	> 9
	Irrigação por aspersão	< 3	> 3	-

Fonte: Ayers & Westcot (1999) apud Oliveira (2016).

Para classificar as águas de irrigação de acordo com as classes divididas por Richards (1954), analisa-se o diagrama da figura 6, onde constam as quatro classes tomando por base valores limites da RAS, em função da condutividade elétrica da água (CE_a).

Figura 6 - Diagrama de classificação de água proposta por Richards (1954).



Fonte: Cosme (2011).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação da qualidade da água é importante como medida preventiva dos processos gradativos pelo acúmulo de sais no solo, provenientes de sucessivas irrigações. Observa-se, na tabela 3, os resultados da análise realizada. Entre as amostras coletadas, houve variação quantitativa no teor de sais das águas, devido a variação presente naturalmente no uso de águas residenciais, associada a diferente quantidade de pessoas diariamente na residência, bem como acontecimentos onde necessitava-se de mais ou menos uso de água.

Diante da importância de verificar o risco dessa água causar problemas de infiltração no solo, já que seria usada para irrigação, fez-se a análise desses riscos usando a classificação proposta na tabela 1. De acordo com a tabela 4, podemos ver que três das amostras classificaram-se em S², com risco de problemas crescentes na infiltração do solo, e uma delas em S¹ sem risco de problemas. Para valores maiores de salinidade (CE), apenas menores valores de RAS iriam aumentar o perigo de sodificação, bem como o inverso indicaria a predominância de Na⁺. Porém, no caso da RAS elevada e a CE também, os riscos se tornam menores, pois há outros sais contidos, como Ca, Mg, K, entre outros.

Tabela 4 - Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água, analisados de acordo com RAS (mmol L⁻¹) e CE_a (dS m⁻¹) das amostras.

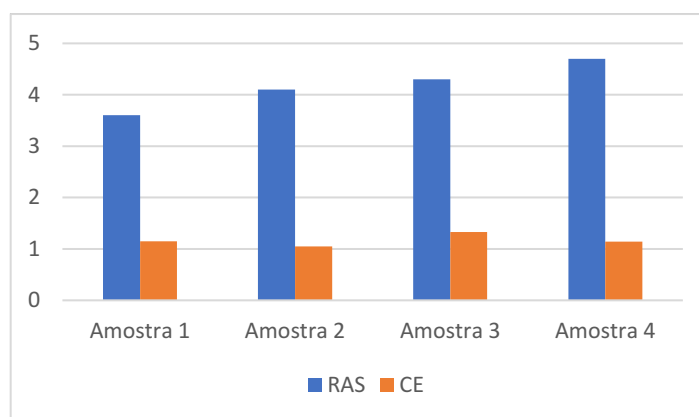
AMOSTRA	RAS	CE	CLASSES DE SODICIDADE	PROBLEMA
Amostra 1	3,6	1,15	S ₂	Crescentes
Amostra 2	4,1	1,05	S ₂	Crescentes
Amostra 3	4,3	1,33	S ₁	Sem
Amostra 4	4,7	1,14	S ₂	Crescentes

Fonte: Acervo pessoal (2022).

De acordo com Almeida (2010) o padrão de água para irrigação deve apresentar um intervalo de condutividade de 0-3 dS m⁻¹, mostrando assim que a presente água analisada se encontra dentro dos parâmetros ótimos para irrigação. Analisando de acordo com o diagrama de Richards (1954), presente na figura 6, todas as amostras se encaixam em C₃S₁, apresentando alto perigo de salinização, com RAS entre 3,6 e 4,7, e baixo perigo de sodificação, com valores de CE entre 1050 e 1040 µS/cm. Porém, como 75% das amostras realizadas apresentaram risco de problema

crecente, o manejo dessa água deve ser criterioso, evitando causar a longo prazo problemas de difícil reparo, como crostas superficiais.

Gráfico 1 - Valores de RAS e Condutividade Elétrica (dS m⁻¹) nas amostras coletadas.



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Faz-se necessário também verificar o risco dessa água causar toxidez na planta, que pode ser medido de acordo com a concentração de íons, Sódio (Na⁺) e Cloreto (Cl⁻), presentes na amostra, como mostra a tabela 2. O resultado, presente na tabela 5, mostra que independente do modo de aplicação (por superfície ou por aspersão) dessa água na cultura e no solo, o risco de causar toxidez é classificado em T₂, gerando um problema moderado. Porém, o mais indicado é realizar a irrigação por superfície, já que isso evitaria possíveis queimaduras nas folhas, bem como proliferação de microrganismos no caso de plantio de hortaliças e frutos rasteiros. Podemos observar também que, caso não ocorra manejo adequado, há riscos de salinização de áreas. Por isso, se torna indispensável que práticas conservacionistas sejam realizadas, a fim de diminuir impactos que possam ser gerados devido a utilização contínua da água proveniente desse sistema de reuso de águas cinzas.

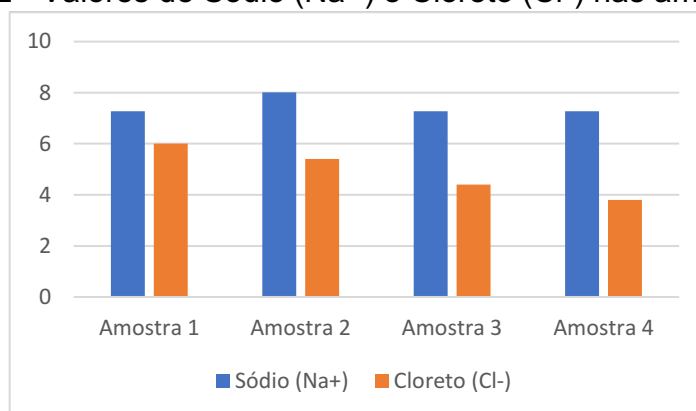
Tabela 5 - Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas em cada amostra, analisado de acordo com a quantidade de Sódio ou Cloreto (mmol L⁻¹) das amostras.

MODO DE APLICAÇÃO	AMOSTRA	Na ⁺	Cl ⁻	TOXICIDADE DA ÁGUA	PROBLEMA
Irrigação por superfície e aspersão	Amostra 1	7,27	6,00	T ₂	Moderado
	Amostra 2	8,01	5,40	T ₂	Moderado
	Amostra 3	7,27	4,40	T ₂	Moderado

Amostra 4	7,27	3,80	T ₂	Moderado
-----------	------	------	----------------	----------

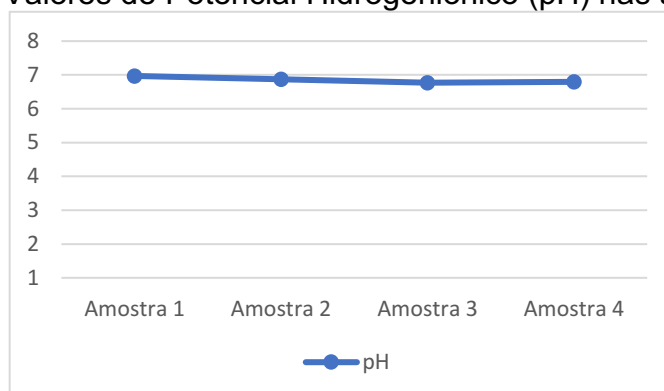
Fonte: Acervo pessoal (2022).

Gráfico 2 - Valores de Sódio (Na⁺) e Cloreto (Cl⁻) nas amostras coletadas.



Fonte: Acervo pessoal (2022).

Analisando o potencial hidrogeniônico (pH) das quatro amostras em questão, percebeu-se a pequena variação entre 6,77 e 6,97, podendo classificar-se como neutro. Esses valores encontram-se dentro da normalidade para fins de irrigação, onde são aceitos valores de pH entre 6,5 e 8,4, devido proporcionarem maior disponibilidade geral dos macro e micronutrientes. Considera-se adequado para água de irrigação um pH entre 6,5 e 8,4; fora dessa faixa, favorece o desequilíbrio nutricional das culturas irrigadas (AYERS; WESTCOT, 1991). Mendonça (2019) obteve um pH igual a 7,5 para água cinza proveniente de máquinas de lavar roupas, já Silva (2019) em seu trabalho com água cinza de lavagem de roupas encontrou 10,04 de pH da água cinza bruta (antes da filtragem no reuso). Então percebe-se que o pH da água cinza depende basicamente do pH da água de abastecimento, dos produtos químicos utilizados durante a lavagem de roupas, tais como sabão em barra, em pó, amaciante e alvejante.

Gráfico 3 - Valores de Potencial Hidrogeniônico (pH) nas amostras coletadas.

Fonte: Acervo pessoal (2022).

Salomão (2012) afirmou que a adubação química, pode ser substituída pela irrigação com água cinza, devido à sua carga orgânica, ratificando Melo et al. (2020) asseguram que a irrigação com águas cinzas é adequada para irrigação não causando impacto negativo no solo.

Segundo uma pesquisa realizada por Costa (2021), a água tratada por processos físicos e biológicos se enquadra nos parâmetros para irrigação na agricultura familiar, sendo a mais recomendada a tratada com 1g/L de *Moringa oleífera*. Esse material poderia vir a ser adicionado em uma camada no sistema de reuso estudado aqui, podendo incrementar ainda mais a qualidade da água final para irrigação.

Diante dos bons resultados nutritivos da água, o agricultor local relatou ter que realizar apenas a manutenção do esterco de forma mais constante, porém que seria fácil a realização devido essa ser a camada mais externa dentro do filtro, e muito viável economicamente, já que uma parte dos componentes internos do filtro principal podem ser conseguidos dentro da própria propriedade do agricultor familiar. De acordo com Silva, Da Silva e Alcantara (2017) é necessária a inserção de ações sustentáveis para o melhor gerenciamento do uso da água, que favoreça a redução do desperdício, e para que tudo isso seja posto em prática, é de fundamental importância o auxílio técnico aos produtores rurais para a utilização racional dos recursos hídricos disponíveis bem como de práticas de reuso.

Tabela 3- Análise química de água proveniente de sistema de reuso de águas cinzas no mês de setembro de 2022.

IDENTIFICAÇÃO	pH	CE dS/m	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl ⁻	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Dureza mg/L	Cátions	Ânions
			mmol/L									mmol/L	
Amostra 1	6,97	1,15	0,84	7,27	5,30	2,80	6,00	0,00	7,10	3,6	405	16,2	13,1
Amostra 2	6,87	1,05	0,61	8,01	4,50	3,10	5,40	0,00	6,60	4,1	380	16,2	12,0
Amostra 3	6,77	1,33	0,64	7,27	3,20	2,60	4,40	0,00	6,40	4,3	290	13,7	10,8
Amostra 4	6,80	1,14	0,56	7,27	2,30	2,50	3,80	0,00	5,50	4,7	240	12,6	9,3

Fonte: Acervo pessoal (2022).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido a variação presente naturalmente no uso de águas residenciais, as amostras apresentaram pequenas diferenças nos resultados da análise.

Quanto aos riscos de infiltração no solo, três das amostras classificaram-se em S², com risco de problemas crescentes na infiltração do solo, e uma delas em S¹. Apresentaram também alto perigo de salinização, com RAS entre 3,6 e 4,7, e baixo perigo de sodificação, com valores de CE entre 1050 e 1040 $\mu\text{S}/\text{cm}$, classificando-se em C₃S₁, apresentando assim necessidade de um manejo mais criterioso, tornando indispensável o uso de práticas conservacionistas como plantio direto e incorporação de matéria orgânica no solo, a fim de evitar causar a longo prazo problemas de difícil reparo, como crostas superficiais.

Quanto ao risco de toxidez na planta, os resultados mostram que independente do modo de aplicação (por superfície ou por aspersão) o risco de causar toxidez é classificado em T2, gerando um problema moderado, tornando indispensável também que práticas conservacionistas sejam realizadas.

O potencial hidrogeniônico (pH) das quatro amostras ficou entre 6,77 e 6,97, classificando-se como neutro. Esses valores encontram-se dentro da normalidade para fins de irrigação, onde são aceitos valores de pH entre 6,5 e 8,4.

O reuso em questão apresenta facilidade de manutenção, pois a troca mais constante a ser feita seria do esterco (camada mais externa do filtro), sendo esse um material de fácil acesso, se tornando uma alternativa viável para irrigação de frutíferas na agricultura familiar.

Possíveis desgastes dos componentes do reuso podem ocorrer, se tornando assim necessária também a realização de acompanhamento semestral da qualidade dessa água, a fim de se manter um padrão de qualidade da água final.

REFERÊNCIAS

ALÍPIO, Jovana Aparecida de Góis Nunes. **Análise da viabilidade de implantação de sistema de reuso de água de lagoas de captação para irrigação de canteiros em Natal-RN.** 2019. 96 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) - Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

ALMEIDA, O. A. de. **Qualidade da água de irrigação.** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010.

ASANO, Takashi; LEVINE, Audrey D. **Wastewater Reclamation, Recycling and Reuse: And introduction.** In: ASANO, Takashi (Ed.). Wastewater Reclamation and Reuse. New York: Crc Press Llc, 1998. Cap. 1. p. 1-56.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura.** Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29).

BARBOSA, Mônica Teles. **Sistemas de reúso de águas cinzas domésticas para agricultura familiar: o caso de comunidades rurais do estado do Ceará.** 2019. 184 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019.

BARROSO, Andréia de AF et al. Avaliação da qualidade da água para irrigação na região Centro Sul no Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 588-593, 2011.

BERNARDO, S. **Manual de irrigação.** 4. ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1987. 488 p.

BEZERRA, Nizomar Falcão. Água no Semiárido Nordeste Experiências e Desafios. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**, p. 35-52, 2002.

BIO – **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente**. Economia de água. Rio de Janeiro, RJ. Ano XI n, 18, p. 17 – 36, abr/jun 2001.

BLUM, J. R. C. **Critérios e padrões de qualidade da água**. In MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. Reúso de água. São Paulo: Manole, 2003, pg. 125 a 172.

BORGES, L. Z. **Caracterização da água cinza para promoção da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2003, 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Curso de pós- graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CAICÓ (Município). Constituição (2013). Lei nº 4.603, de 26 de agosto de 2013. **Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reuso a ser utilizada nas seguintes modalidades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências**. Caicó, RN. Disponível em:<https://caico.rn.gov.br/arquivos/2480/Leis%20Municipais_4.603_2013_0000001.pdf>. Acesso em: 06 out. 2022.

CAIXETA, Claudia Elisângela Tolentino. **Avaliação do Atual Potencial de Reúso de Água no Estado do Ceará e Proposta para um Sistema de Gestão**. 2010. 323 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. Constituição (2000). Resolução nº 274, de 29 de novembro de 2000. **Define critérios de balneabilidade em águas brasileiras**. Diário Oficial da União, Brasília, 25 jan. 2001. n. 18, Seção 1, p. 70-71.

COSTA, R. de O. **Tratamento de água cinza visando o desenvolvimento sustentável da agricultura familiar**. 2021. 85 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande - Paraíba - Brasil, 2021.

CHANAKYA, H.N. KHUNTIA, H. K. **Treatment of gray water using anaerobic biofilms created on synthetic and natural fibers. Process Safety and Environmental Protection**, Oxford, v 92, n. 2, p. 186-192, 2014.

GONÇALVES, R. F., KELLER, R., & FRANCI, T. K. **Análise comparativa das práticas de reúso de água cinza em edificações urbanas na Alemanha e no Brasil**. Revista DAE, 120-131. 2018.

IPCC. **Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report**, Cambridge University Press. 2001.

KUBLER, Helene; FORTIN, Alex; MOLLETA, Lucas. **Reúso de Água nas Crises Hídricas e Oportunidades no Brasil**. Pernambuco: Abes - Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2015.

LI, F.; WICHMANN, K.; OTTERPOHL, R. **Review of the technological approaches for grey water treatment and reuses**. Science of the Total Environment, v. 407, p. 3439–3449, 2009.

MACEDO M. A. A. **Desenvolvimento agrícola e reuso de águas residuais no semi-árido brasileiro: proposta de um modelo de ações baseado na experiência israelense**. 2008.

MALVEZZI, Roberto. **Semi-árido. Uma Visão Holística–Brasília: Confea**, 2007.

MANFRIN, J., FERREIRA, I. J. M., QUARESMA, L. S., MCCREANOR, P. T., & GONÇALVES Jr, A. C. **Remediação de água cinza por meio de fitorremediação e tecnologias intermitentes de filtro de areia visando o reúso na irrigação de jardins**. Acta Iguazu, vol 8, n. 2, p. 59-68. 2019.

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MELO, M. R.de S. **Estratégias de Aplicação de Efluente de Água Cinza no Cultivo do Girassol Ornamental**. Dissertação (Mestrado) - Universidade

Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2018.

MENDONÇA, K. P. L. **Tratamento de águas cinza provenientes de lavanderias visando reúso**. 2019. 101f. Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Palmas, 2019.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment and Reuse**. 4 ed. New York: McGraw Hill, 2003.

Ministério da Integração Nacional. **Nova delimitação do semiárido brasileiro**. Brasília. 2005. 34p. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/desenvolvimentoregional/publicacoes/delimitacao.asp>.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL OF THE NATIONAL ACADEMIES (NRC), **Water Reuse: potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater**; Washington D.C.; The National Academy Press; 2012.

OLIVEIRA, André Moreira de. **Impactos físico-químicos da disposição de rejeito de dessalinizadores das águas de poços em solos do Oeste Potiguar**. 2016. 113 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2016.

OTTERPOHL, R. **Black, brown, yellow, grey – the new colors of sanitation**. Water 21, p. 31-41, out. 2001.

Palácio, H. A. de Q.; Neto, J. A. C.; Teixeira, A. dos S.; Andrade, E. M. de. **Caracterização da potencialidade de uso das águas subterrâneas no vale do Trussu-CE**. Revista Ciência Agronômica, v.35, p.316–324, 2009.

PARRON, L. M.; MUNIZ, H. de F.; PEREIRA, C. M. **Manual de procedimentos de amostragem e análise físico-química de água**. Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 67 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 232).

RICHARDS, L.A. (ed.). **Diagnosis and improvement of saline and alkali soils**. Washington D.C.: U.S. Salinity Laboratory., 1954. 160p. (USDA. Agriculture Handbook, 60).

SALOMÃO, L. C. **Calibração de tanques evaporímetros de baixo custo sob diferentes diâmetros em ambiente protegido**. Tese (Doutorado em Agronomia) -Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.2012.

SANTIAGO, F. S. et al. **Bioágua Familiar: Reúso de água cinza para produção de alimentos no Semiárido / Fábio dos Santos Santiago...** [et al.]. – Recife: Projeto Dom Helder Camara, 2012.

Santiago, Fábio e Felipe Jalfim. 2018. **O Sistema Bioágua Familiar: Reúso de água cinza doméstica para produção de alimentos no semiárido brasileiro**. IN: CTA, 2018. Capitalização de experiências: Lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasil, volume 2. Experience Capitalization Series 5. Wageningen: CTA:22-27.

SILVA, Fábila Shirley Ribeiro; DA SILVA, Wesley Cristyan Batista; DE ALCÂNTARA, Hugo Moraes. **DIAGNÓSTICO DA GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS NA COMUNIDADE RURAL SANTANA II, MONTEIRO-PB**, 2017.

SILVA, C. H. S. T. **Avaliação comparativa de agentes coagulantes químico e natural no processo de coagulação de águas servidas**. Monografia (Graduação em Engenharia de Biosistemas) - Universidade Federal de Campina Grande. 2019.

SOUZA, Marcel Chacon de. **Avaliação da prática do reúso com esgoto tratado em lagoas de estabilização no semiárido do Rio Grande do Norte**. 2018. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

SUASSUNA, João. Água – um fator limitante para o desenvolvimento do Nordeste. **Água e Desenvolvimento Sustentável no Semiárido**, p. 110-132, 2002.

VIEIRA, V. **A água e o desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Brasília: IPEA, 2000.