



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

LEONARDO ANGELO MENDONÇA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE REUSO: ESTUDO DE CASO EM
UNIDADE FAMILIAR NO ASSENTAMENTO MAURÍCIO DE OLIVEIRA, ASSÚ
(RN).**

MOSSORÓ

2024

LEONARDO ANGELO MENDONÇA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE REÚSO: ESTUDO DE CASO EM
UNIDADE FAMILIAR NO ASSENTAMENTO MAURÍCIO DE OLIVEIRA, ASSÚ
(RN).**

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

Orientador: Nildo da Silva Dias, Prof. Dr.

MOSSORÓ

2024

© 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.

A215q Angelo, Leonardo Angelo Mendonça.
QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE REUSO: ESTUDO
DE CASO EM UNIDADE FAMILIAR NO ASSENTAMENTO
MAURÍCIO DE OLIVEIRA, ASSÚ (RN). / Leonardo
Angelo Mendonça Angelo. - 2024.
35 f. : il.

Orientadora: Nildo da Silva Dias Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Agronomia, 2024.

1. Reuso. 2. Água. 3. Sustentabilidade. 4.
Agricultura. 5. Tecnologia. I. Silva, Nildo da
Silva Dias, 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.

LEONARDO ANGELO MENDONÇA

**QUALIDADE DA ÁGUA EM SISTEMAS DE REÚSO: ESTUDO DE CASO EM
UNIDADE FAMILIAR NO ASSENTAMENTO MAURÍCIO DE OLIVEIRA, ASSÚ
(RN).**

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

Defendida em: 25 / 10 / 2024

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Nildo da Silva Dias (UFERSA)
Presidente

Dr. Maria Valdigleza de Mesquita Arruda (UFERSA)
Membro Examinador

Dr. José Edson de Albuquerque Araújo (UFERSA)
Membro Examinador

Dedico este trabalho à minha mãe, Francisca Aurineide de Ângelo, que, mesmo sem ter tido oportunidade, sempre me inspirou a seguir em frente e me incentivou a trilhar um caminho diferente, superando as limitações que nos cercavam. Também dedico à Maria das Graças, que nunca desistiu de mim e lutou incansavelmente para que eu pudesse me dedicar aos estudos, tornando o impossível possível. É por vocês e para vocês que cada palavra e cada esforço deste trabalho ganham sentido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me atribuiu missões e batalhas nas quais eu já sabia que seria vencedor. Foi Ele quem me manteve forte e corajoso ao longo de todo esse caminho, e sem sua presença nada disso seria possível.

Sou profundamente grato às minhas duas mães, Aurineide Ângelo e Maria das Graças, pelo incentivo constante aos meus estudos. Através da criação e do exemplo de vida que me deram, me tornei uma pessoa mais forte, focada e confiante. Foi por elas, especialmente por Graça, que hoje estou encerrando mais um ciclo. Em todos os momentos importantes da minha vida, seja no término de etapas ou no início de novos caminhos, elas estiveram ao meu lado, e é graças a esse apoio que pude chegar até aqui.

Quero agradecer também aos meus irmãos, que, de certa forma, me motivaram a enfrentar desafios e a alcançar meus objetivos. Especialmente a Viviane e Júnior, fontes inesgotáveis de inspiração. Sempre me apoiaram, compreenderam e aconselharam, e por sempre me acolherem, este diploma é de vocês também.

Agradeço ao professor Nildo da Silva Dias pela orientação, pelo compartilhamento de conhecimento e pelo companheirismo ao longo desta jornada. Sua dedicação e comprometimento com a educação são uma verdadeira inspiração, abrindo portas e sendo essenciais para a realização dos sonhos de outras pessoas. É por meio desse comprometimento que ele contribui para transformar o mundo em um lugar melhor. Sou grato por acreditar no potencial deste trabalho e por manter a esperança de que ele seria concluído e defendido.

Agradeço também à banca pela disponibilidade, pela paciência e colaboração durante este processo.

Expresso minha gratidão a todas as pessoas que passaram pela minha vida e que, de alguma maneira, contribuíram para o meu crescimento e para que eu estivesse aqui hoje. Agradeço aos meus amigos. Também quero reconhecer a Francisca Cabral, proprietária da propriedade onde este projeto foi desenvolvido, e a Samara Rejane, pela colaboração com informações precisas.

Agradeço ainda aos colegas do Laboratório de Salinidade do Solo e Água, cuja colaboração foi essencial para a realização deste projeto. Minha gratidão se estende a todos que me acompanharam durante essa trajetória — aqueles que me escutaram, apoiaram e me ajudaram a seguir em frente. Sem essa rede de apoio, nada disso teria sido possível, pois acredito que ninguém trilha um caminho sozinho.

“O Senhor é o meu pastor, nada me faltará. Deitar-me faz em verdes pastos, guia-me mansamente a águas tranquilas. Refrigera a minha alma; guia-me pelas veredas da justiça por amor do seu nome. Ainda que eu andasse pelo vale da sombra da morte, não temeria mal algum, porque tu estás comigo; a tua vara e o teu cajado me consolam. Preparas uma mesa perante mim na presença dos meus inimigos; unges a minha cabeça com óleo, o meu cálice transborda. Certamente que a bondade e a misericórdia me seguirão todos os dias da minha vida; e habitarei na casa do Senhor por longos dias.”

(Salmo 23:1-6)

RESUMO

O uso agrícola das águas cinzas tem se multiplicado na zona rural do semiárido do nordeste do Brasil, configurando-se em uma tecnologia de convivência com o semiárido para o fortalecimento da produção na Agricultura Familiar. O estudo tem como objetivo avaliar a qualidade físico-químicas das fontes hídricas oriundas de estações de tratamento de águas cinzas em uma unidade familiar no Assentamento Professor Mauricio de Oliveira, situado no município de Assú, Rio Grande do Norte. Durante três campanhas de coleta, foram coletas nove amostras das fontes hídricas, incluindo água de abastecimento familiar que alimenta o sistema de reuso, efluente de esgoto bruto e efluente tratado. Essas amostras foram caracterizadas em relação as suas propriedades físico-químicas, avaliando sua utilização para fins de irrigação e classificando-as quanto aos riscos potenciais de salinização, problemas de infiltração e toxicidade de íons específicos. Os resultados mostraram que as fontes hídricas não apresentaram restrições de uso para a irrigação e podem ser utilizadas para os diversos tipos de cultura com nenhum e/ou moderado risco de salinização, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos.

Palavras-chave: Reuso de Água. Sustentabilidade. Tecnologia Social. Agricultura Familiar.

ABSTRACT

The agricultural use of gray water has multiplied in the semi-arid rural area of northeastern Brazil, becoming a technology for coexistence with the semi-arid region to strengthen production in Family Farming. The study aims to evaluate the physical-chemical quality of water sources from greywater treatment plants in a family unit in the Professor Mauricio de Oliveira Settlement, located in the municipality of Assú, Rio Grande do Norte. During three collection campaigns, nine samples were collected from water sources, including water from the family supply that feeds the reuse system, raw sewage effluent and treated effluent. These samples were characterized in relation to their physical-chemical properties, evaluating their use for irrigation purposes and classifying them according to the potential risks of salinization, infiltration problems and toxicity of specific ions. The results showed that the water sources did not present restrictions on their use for irrigation and can be used for different types of crops with no and/or moderate risk of salinization, infiltration problems, toxicity of specific ions.

Keywords: Water Reuse. Sustainability. Social Technology. Family Farming.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	–	Localização do assentamento e da unidade produtiva familiar.....	20
Figura 2	–	Sistema de reuso instalado na zona rural.....	21
Figura 3	–	Locais dos pontos de coleta: (A) fonte de alimentação, (B) esgoto bruto e (C) efluente tratado.....	22
Figura 4	–	Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação da fonte de alimentação da unidade estudada.....	29
Figura 5		Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação do efluente bruto da unidade estudada.....	30
Figura 6	–	Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação do efluente tratado da unidade estudada.....	31

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	–	Parâmetros analisados na caracterização físico-química das fontes hídricas analisadas na unidade de reuso de água familiar.....	23
----------	---	---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	–	Indicadores de qualidade da água para irrigação quanto a problemas de salinidade	24
Tabela 2	–	Riscos de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água	24
Tabela 3	–	Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas.	25
Tabela 4	–	Resultados das análises químicas da água de alimentação do sistema nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.....	25
Tabela 5	–	Resultados das análises químicas do efluente bruto no sistema nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.....	26
Tabela 6	–	Resultados das análises químicas do efluente tratado no sistema nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.....	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Aspectos gerais	15
2.2	O semiárido brasileiro	16
2.3	Sistemas de tratamento de águas cinzas: impactos e benefícios	17
3	MATERIAIS E MÉTODOS	20
3.1	Localização, Abrangência e Fisiografia da Área	20
3.2	Caracterização dos Sistemas de Reuso da unidade familiar.....	21
3.3	Coletas de amostra das fontes hídricas	22
3.4	Coleta, análise das e Interpretação dos resultados	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
4.1	Resultados.....	25
4.1.1	Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: água de alimentação do sistema.....	25
4.1.2	Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: efluente bruto	26
4.1.3	Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: efluente tratado	26
4.1.4	Avaliação qualitativa das fontes hídricas do sistema de reuso da unidade familiar estudada para fins de irrigação.....	27
4.2	Discussão.....	30
5	CONCLUSÃO.....	32
6	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

A gestão sustentável dos recursos hídricos é uma preocupação mundial devido aos problemas de escassez eminente e a necessidade de garantir a segurança hídrica, especialmente em zonas áridas e semiáridas. Em 2023, cerca de 3,5 bilhões de pessoas foram afetadas por eventos climáticos extremos, resultando em insegurança alimentar e problemas com acesso à água. A precariedade ou mesmo a ausência de condições de manutenção do acesso as condições de uso sustentável da água em qualidade e quantidade, tem afetado parcela considerável destas populações (IPCC, 2023).

No semiárido brasileiros, o tratamento e o reuso de água é uma alternativa para suprir as necessidades hídricas e uma maneira eficiente de gerenciar os recursos hídricos, especialmente nas comunidades rurais difusas, onde se dispõem de poucas fontes hídricas para os fins diversos (Montenegro, 2012). Esta prática, torna-se uma estratégia promissora para suplementar a demanda de água na agricultura familiar, reduzindo a dependência de fontes externas.

No entanto, a implementação efetiva da prática de reuso de águas cinzas em áreas de produção familiar requer não apenas apropriação da tecnologia por parte dos agricultores, mas também investimentos em sistemas de tratamentos eficientes para uso seguro na irrigação. É importante ressaltar que, além da fonte hídrica, o uso de efluente de água cinza na irrigação pode adicionar nutrientes e matéria orgânica ao solo, o que contribuir para a conservação do solo, melhorando a fertilidade (Roscoe & Machado, 2002).

Apesar da reconhecida eficiência do tratamento das águas cinzas, torna-se importante o monitoramento sazonal da qualidade físico-químicas das fontes hídrica de alimentação dos sistemas de reuso, uma vez que depende da eficácia do tratamento e, principalmente da qualidade da água que alimenta o sistema de tratamento em cada unidade familiar que, inicialmente, passa pela residência e, posteriormente ao uso doméstico e, finalmente, submetida ao tratamento (Hespanhol, 2008).

Nesse sentido, o objetivo geral deste estudo é avaliar o potencial de uso agrícola das águas cinzas produzidas em uma unidade familiar no Assentamento P.A. Maurício de Oliveira, situado no município de Assú, Rio Grande do Norte. Para isso, os objetivos específicos incluem

determinar os atributos físico-químicos das fontes hídricas oriundas das estações de tratamento de águas cinzas da unidade familiar estudada, avaliar a qualidade da água para fins de irrigação e classificar as fontes hídricas que alimentam o sistema quanto aos riscos potenciais de salinização, sodificação e toxicidade de íons específicos e analisar o monitoramento sazonal dos atributos físico-químicos das fontes hídricas tratada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Aspectos gerais

Devido à adversidade climática, o semiárido brasileiro necessita de uma cultura de convivência com a seca, sendo essencial o desenvolvimento de tecnologias que permitam o uso eficiente e a potencialização dos recursos solo e água como garantia da soberania alimentar com maior segurança ambiental (ANDRADE; QUEIROZ, 2009; DUQUE, 2008).

O tratamento e a utilização de efluente de esgoto doméstico é apontado como fonte alternativa de água e fertilizante para a agricultura, garantido a segurança hídrica e o uso sustentável dos recursos hídricos (Cuba et al 2015). Os autores relatam que, o reuso de água para fins agrícola após tratamento evita a contaminação dos corpos hídricos receptores das águas residuais e, tem o benefício extra de fornecer água e fertilizantes aos vegetais. Adicionalmente, esta prática reduz o uso de água doce na agricultura, aumentando a sua oferta para fins domésticos e viabiliza a sustentabilidade humana em áreas de difícil sobrevivência.

Em vários países desenvolvidos e em desenvolvimento os efluentes domésticos têm sido utilizados com frequência nos cultivos agrícolas. Entretanto, os efluentes não podem ser utilizados de forma bruta, pois possuem alta concentração de coliformes termotolerantes e carga elevada de poluentes ambientais, sendo necessário o tratamento para uso seguro na agricultura (Sant'ana et al, 2003).

No meio rural, vários sistemas de tratamento foram adaptados à agricultura familiar no semiárido como fonte hídrica alternativa para a produção agrícola em sistemas de produção integrado e sustentável. Em geral, o sistema é simples e de fácil utilização e manutenção, sendo basicamente composto por uma caixa de gordura que reúne as águas cinza do chuveiro e pias, um tanque séptico de câmara única com capacidade para 1000 L, um filtro anaeróbio de fluxo

ascendente com capacidade de 500 L e, um reservatório para armazenar a água tratada com capacidade de 500 L – disponível para a irrigação de diversas culturas.

Porém, devido às limitações físico-químicas e biológicas do esgoto bruto, o efluente tratado deve ser avaliado e manejado frequentemente com o desenvolvimento de técnicas que viabilizem seu uso sustentável. Entretanto, quando rigorosamente manejado, os sistemas de tratamento são eficientes na remoção de patógenos, óleos e graxas presentes nas águas cinzas, tornando-a apta para ser utilizada na fertirrigação sem perdas de rendimentos nas colheitas.

2.2 O semiárido brasileiro

O Semiárido Brasileiro ocupa 841.260,9 km² de área no Nordeste e outros 54.670,4 km² em Minas Gerais, caracterizada pelo déficit hídrico em grande parte do ano (SUDENE, 2003) com pluviométrica média entre 300 e 800 mm ano⁻¹ e regime de distribuição muito irregular. Além disso, os solos, geralmente, são rasos, armazenando pouca água e a evaporação é muito alta por força do sol e do vento e pela falta de plantas e outras coberturas naturais.

Por algum tempo, a agricultura brasileira tentou se estabelecer nos moldes da praticada em outros países que em nada se assemelham as nossas condições ambientais. Atualmente, a realidade já mostra o Brasil como um país destacado no cenário científico da agricultura, assegurando-se tecnologia própria, cujo reflexo no campo é a exteriorização de muitas de suas potencialidades agrícolas. O problema corrente mais se relaciona às continuadas tentativas de se equiparar as regiões ou zonas climáticas do país para um mesmo padrão de agricultura. Deste tipo de tentativa, testemunha-se o equívoco e o fracasso da agricultura convencional e extensiva almejada, por exemplo, para toda o ambiente semiárido brasileiro aonde a produção vegetal é principalmente limitada pela escassez de água.

Deste modo, pode-se inferir que, devido a diversidade climática, o semiárido necessita de técnicas de convivência, que considere o fenômeno da seca, os recursos naturais disponíveis e os povos que habitam nesse espaço geopolítico plural e diverso. Portanto, o desenvolvimento de tecnologias e pesquisas adaptadas às condições geoambientais do semiárido são necessárias para se atingir uma agricultura com base no uso racional da água e no aproveitamento de fontes alternativas dos recursos naturais, comprovando que as condições físicas e climáticas que

predominam nesta região podem dificultar a vida, exigir maior empenho e maior racionalidade na gestão dos recursos.

O semiárido brasileiro é um espaço vivo de experimentações que têm gerado diversas alternativas de convivência sustentável no âmbito da agricultura familiar. Nesse sentido, tem sido relevante a construção, apropriação e irradiação de diferentes tecnologias sociais no campo, as quais são resultado das vivências e experiências de agricultores/as e de suas organizações e movimentos, apoiados por ONG's e órgãos governamentais (CHRISTOPOULOS, 2011). Levando-se em consideração esses aspectos, torna-se essencial desenvolver, avaliar os impactos e validar cientificamente as experiências exitosas de convivências com o semiárido e, assim construir de forma participativa uma proposta de desenvolvimento sustentável capaz de potencializar e utilizar sustentavelmente os recursos água e solo como garantia da segurança alimentar e ambiental.

2.3 Sistemas de tratamento de águas cinzas: impactos e benefícios

As comunidades rurais, sobremaneira as mais isoladas, carecem de uma série de necessidades, dentre as quais o saneamento básico. Nesse sentido o desenvolvimento de tecnologias que proporcionem a atenuação das dificuldades pode gerar uma melhoria nas condições de vida dessas populações. Para além da melhoria nas condições sanitárias, o uso do esgoto tratado para fins agrícolas, sobremaneira para os ambientes semiáridos desponta como uma solução viável sob diversos aspectos no universo do produtivo, econômico, social e ambiental. (TONETTI et al, 2018).

Segundo Hespanhol (2008), sistemas de reuso de esgoto quando planejados administrados adequadamente promovem melhorias significativas no ambientais e na saúde pública, especialmente em áreas rurais de países em desenvolvimento. Entre os benefícios do reuso na agricultura, destaca-se a prevenção da descarga de esgotos em corpos de água, o que ajuda a reduzir a poluição ambiental e a contaminação de rios e lagos. Além disso, contribui para redução das doenças de veiculação hídrica, redução de odores e outros incômodos dessa natureza nas proximidades das residências. O reuso permite ainda a utilização de um volume de água que, de outra forma, teria um destino não programado, oferecendo uma solução sustentável e eficaz para regiões com escassez de recursos hídricos e possibilitando a produção agrícola em condições que antes não eram viáveis.

Quanto aos riscos sanitários do uso de esgotos tratados na irrigação, pode-se afirmar que são geralmente muito menores do que se imagina e são perfeitamente controláveis (ANDRADE NETO, 2014). Principalmente quando se realiza o reuso em irrigação restrita às árvores frutíferas e forragem, isso possibilita a adoção de técnicas de irrigação mais simples. Porém, é preciso que haja a cautela do trabalhador em manusear essa água cinza tratada.

De acordo com dados do IBGE, o número médio de pessoas por família no Brasil é de 3,4 pessoas por família – excluindo as populações rurais dos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Roraima, Pará e Amapá). Com relação ao Nordeste, este número sobe um pouco e passa a 3,7 pessoas por família. IBGE (1999). Levantou-se que a necessidade média de consumo por pessoa em escala mundial, a partir de critérios da Organização das Nações Unidas - ONU, seria de 110 litros de água por dia e, no Brasil, esse volume chega a mais de 200 litros por dia (SABESP, 2022). Dito isto, para efeito operacional, foi assumida uma razão de 4 pessoas por família, com uma demanda diária de 150 litros de água por pessoa e uma produção de esgoto de 70% desse volume. Assim, a vazão Q (em m^3/dia) seria de $0,420 m^3/dia$. Respeitado o Tempo de Detenção de 24h – que é a recomendação da NBR7229/97 para volumes de até $1,5 m^3/dia$ – a disponibilidade seria de $0,420 m^3/dia$ de efluente tratado. (ABNT 7229, 1997).

O tratamento biológico dos efluentes gerados será realizado por um decanto digestor de câmara única, também conhecido como tanque séptico. Este tipo de tratamento pode ser definido como um tanque fechado, de formato prismático ou cilíndrico. Nos decanto digestores, ocorrem, simultaneamente: decantação, sedimentação e flotação dos sólidos dos esgotos e desagregação e digestão do lodo sedimentado e do material flutuante. Este sistema não apresenta alta eficiência, mas produz um efluente razoável, que pode mais facilmente ser encaminhado a um pós-tratamento ou ao destino final. Comportam vantagens do processo anaeróbio, com operação muito simples e eventual, e custo extremamente baixo (ANDRADE NETO, 2001).

O dispositivo essencial para a realização do tratamento adequado é a captação do efluente tratado em uma profundidade média de 40 cm do decanto digestor. Esse dispositivo garante a saída do efluente clarificado porque na parte superior estará acumulado o material flutuante (óleos, graxas, espuma) e na parte inferior haverá a acumulação dos sólidos sedimentáveis.

Desta forma, o efluente irá ser tratado pelo processo físico de separação das fases da água cinza e pela ação dos microrganismos anaeróbios pela fermentação no lodo de fundo.

A adoção do decanto digestor se justifica pela sua simplicidade de operação e construção. A eficiência de remoção de matéria orgânica (DBO) situa-se entre 40% e 70% e a remoção de sólidos é da ordem de 77%. Estes valores de eficiência são satisfatórios para o reuso na irrigação de fruteiras e forrageiras, dado que a disposição do efluente no solo constitui uma etapa de pós-tratamento.

Com relação à estruturação do sistema, o primeiro equipamento a receber a carga de efluente doméstico provindo das áreas molhadas da residência excetuando-se as que geram águas escuras – já que o sistema é projetado para o tratamento, tão somente, de águas cinzas – é uma caixa de gordura. Após este dispositivo, os efluentes seguem para o decanto digestor.

De acordo com a NBR 13969:1997 e a NBR 7229:1993, os decanto digestores podem ser cilíndricos ou prismáticos retangulares. Os cilíndricos são empregados em situações em que se pretende minimizar a área útil em favor da profundidade; os prismáticos retangulares, nos casos em que sejam desejáveis maior área horizontal e menor profundidade. De um modo geral, os tanques sépticos têm como parâmetros de medidas internas: uma profundidade útil que varia entre os valores mínimos e máximos recomendados para volumes de até 6 m³/dia, de 1,20 m de profundidade; um diâmetro interno mínimo: 1,10 m; uma largura interna mínima: 0,80 m e uma relação comprimento/largura (para tanques prismáticos retangulares) de, no mínimo 2:1 e máximo de 4:1. Para tanto, as dimensões mínimas para os tanques digestores é de 1,2m de altura, 0,80m de largura e 1,6m de comprimento o que proporciona um volume de, aproximadamente 1.500 m³. (ABNT 13969, 1997; ABNT 7229, 1997).

No seguimento do processo de tratamento encontra-se o filtro biológico, por sua vez pode ser composto por um reservatório de 200l, com tampa, estando enterrado a uma profundidade de 80% de sua altura, estando entre o decanto digestor e o tanque de irrigação. Nele são colocados materiais em camadas como segue: tijolos cerâmicos (em média 15 unidades), na sequência, brita fina, depois o carvão e por último, na parte superior do tambor a manta, que pode ser substituída por outros materiais como fibra de coco, sabugo de milho, algodão ou até mesmo raspa de madeira. O sistema realiza o destino final do efluente através de microgotejadores que proporcionam o uso mais racional do recurso hídrico produzido.

3 METÉRIAL E MÉTODO

3.1 Localização, Abrangência e Fisiografia da Área

O município de Assú-RN possui 856 estabelecimentos agropecuários, espalhados em 44.913 hectares, os quais produzem, predominantemente a fruticultura como o cultivo da acerola (*Malpighia puniceifolia* L), banana (*Musa* spp.), manga (*Mangifera indica* L) e outras culturas como milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* L.) e palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) de acordo com IBGE, Censo Agropecuário 2017.

Com chuvas entre janeiro e maio, com pico em março e abril. A temperatura média anual de 27° C, com pouca variação ao longo do ano, o município de Assú está no Domínio Hidrogeológico Fissural na bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu (CPRM, 2005a; CPRM, 2005b). Seu maior reservatório é Eng Armando R. Gonçalves com capacidade de 2,4 milhões de m³ (DNOCS, 2024; ANA, 2024).

A área de abrangência da pesquisa foi um estudo de caso de um sistema de reuso em uma unidade familiar do PA Maurício de Oliveira, localizado na zona rural do município de Assú, Rio Grande do Norte (5°35'55"S 37°00'35"W).

Figura 01- Localização do assentamento e da unidade produtiva familiar.



Fonte: Imagem extraída do Software Google Earth® em 15 out. 2024.

3.2 Caracterização dos Sistemas de Reuso da unidade familiar

Os sistemas foram implantados pelo SEAPAC – Serviço de Apoio aos Projetos Alternativos Comunitários, uma organização da sociedade civil vinculada à Igreja Católica, que promove ações voltadas para o fortalecimento da agricultura familiar e a redução da vulnerabilidade social (SEAPAC, 2021). Esses sistemas integram uma das primeiras iniciativas de reuso de água cinza no meio rural, empregando a tecnologia unifamiliar de decanto-digestor de câmara única, um método de tratamento anaeróbio de baixo custo.

A unidade de tratamento e reuso de água cinza é composto por tubulações para coleta da água cinza bruta, proveniente das áreas molhadas das residências, incluindo banheiros, água do banho e lavatório, pias de lavagem de louças, lavanderias e máquinas de lavar roupas. O conjunto do sistema inclui caixa de gordura, decanto-digestor, filtro, tanque para reservatório e sistema de irrigação. Na figura 02, é ilustrado um sistema de reuso instalado em uma área rural, na qual se observa a estrutura implantada, embora as tubulações de coleta e a caixa de gordura não sejam visíveis na figura.

Figura02- Sistema de reuso instalado na zona rural



Fonte: (Barbosa, 2024)

O cálculo para o dimensionamento dos sistemas se deu a partir das orientações da NBR7229, sendo que se atribuiu uma média de 4 pessoas por família e a produção de esgoto na ordem de 70% do montante total da demanda de água, conforme NBR7229 (ABNT, 1993 na Equação 1)

$$V = 1000 + N (CT + K Lf) \quad (1)$$

V = Volume, L;

N = Número de pessoas

T = Período de detenção

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias

Lf = Contribuição de lodo fresco

Fonte: NBR79 (ABNT,1993)

3.3 Coletas de amostra das fontes hídricas

Após a verificação das condições para o desenvolvimento dos trabalhos, foi elaborado um Plano de Coleta de Amostras (PCA). Os procedimentos de coleta foram realizados de acordo com Manual de procedimentos de coleta de amostras em áreas agrícolas, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2006) Meio Ambiente e o Manual Prático de Análise de Água da Fundação Nacional de Saúde (FUNASA, 2006). Durante aproximadamente oito meses, foram feitas três campanhas de coletas, totalizando nove amostras sendo, três das águas de alimentação do sistema, três de efluente bruto e três efluente tratado (Figura 03).

As campanhas ocorreram em dezembro de 2023, março e julho de 2024. Assim, em cada campanha, foi possível retratar ou abranger períodos de chuva e estiagem, verificando as alterações físico-químicas da água de alimentação do sistema, efluente doméstico bruto e efluente tratado.

Figura 03- Locais dos pontos de coleta: (A) fonte de alimentação, (B) esgoto bruto e (C) efluente tratado



Fonte: Autor (2024)

3.4 Coleta, análise e Interpretação dos resultados

As amostras de água coletada foram acondicionadas em garrafas plásticas, opacas, de 500 mL, hermeticamente fechadas, armazenadas em caixa térmica com gelo, a fim de evitar ao máximo a atividade microbiológica e em seguida conduzidas para análise laboratorial (APHA,2003).

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 Tecnológicas - DCAT da Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFRSA, Campus Mossoró, seguindo o manual de Análises do LASAP (Água para irrigação) utilizando o método descrito no quadro 01. Realizou-se, também, o cálculo da RAS, para classificação das amostras quanto ao risco de sodificação e de problemas de infiltração no solo causados pela sodicidade da água (Richards, 1954).

Quadro 01: Parâmetros analisados na caracterização físico-química das fontes hídricas analisadas na unidade de reuso de água familiar.

PARÂMETRO	MÉTODO	REFERÊNCIA
PH (Potencial Hidrogeniônico)	pHmetro	
CE (Condutividade Elétrica)	Condutivímetro	
Cálcio (Ca^{2+})	Titulação	
Cálcio (Ca^{2+}) + Magnésio (Mg^{2+})	Titulação	
Sódio (Na^+)	Fotômetro de chama	PRADO et al. (2004) e BRASIL (2013)
Potássio (K^+)	Fotômetro de chama	
Cloreto (Cl^-)	Titulação	
Carbonato (CO_3^{2-})	Titulação	
Bicarbonato (HCO_3^-)	Titulação	

Para classificar os riscos de acúmulo de sais no solo após a irrigação, foi empregada a classificação proposta por Ayers & Westcot (1999), utilizando a concentração total de sais solúveis na água de irrigação, dada em CE (dS m^{-1}) ou em Total de Sólidos Dissolvidos – SDT (ppm) (Tabela 1).

Tabela 1. Indicadores de qualidade da água para irrigação quanto a problemas de salinidade

Problema potencial	Unidade	Grau de restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira e moderada	Severa
Salinidade (afeta a disponibilidade de água para as culturas)				
CE _a	dS m ⁻¹	< 0,7	0,7 – 3,0	> 3.0
SDT	mg L ⁻¹	< 450	450 – 2000	> 2000

Fonte: Ayers & Westcot (1999).

Para classificar os riscos com problemas de infiltração, foi empregada a classificação proposta por Ayers & Westcot (1999), restringindo-se a três classes de sodicidade, obtidas relacionando-se a RAS com a salinidade da água de irrigação, de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2. 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).

Para a classificação da água quanto ao risco de toxicidade, foram analisados os íons Sódio (Na⁺) e Cloreto (Cl⁻) proposto por Ayers & Westcot (1999), considerando dois modos de aplicação e três classes (Tabela 3).

Tabela 3. Concentrações de íons em água e respectivos riscos de toxicidade as plantas.

Íon		Classes de Toxicidade da Água		
		Problema		
		T ₁	T ₂	T ₃
		Nenhum	Moderado	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)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Resultados

4.1.1 Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: água de alimentação do sistema

Em relação à qualidade da água de alimentação do sistema de reuso, verifica-se que o pH variou de ácido a alcalino (5,07 a 8,04) com média de 6,27, sendo o maior valor de pH registrado na primeira campanha de coleta, realizada em dezembro de 2023 (Tabela 4).

Tabela 4. Resultados das análises químicas da água de alimentação do sistema nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.

Época	pH	CE	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Classificação de Richards
		dS m ⁻¹	mmol _c L ⁻¹							
1	8,04	0,28	0,13	1,08	0,52	3,0	-	-	0,1	C2S1
2	5,07	0,22	0,32	0,50	0,87	2,6	-	-	0,4	C1S1
3	5,70	0,27	0,82	0,82	0,65	6,5	-	0,68	1,4	C2S2
Média	6,27	0,26	0,42	0,98	0,68	4,03	-	-	0,63	C2S1

pH H₂O: potencial de Hidrogênio; CE: Condutividade elétrica; Na: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Cl: Cloro; CO₃²⁻: Carbonato; HCO₃⁻: Bicarbonato; e RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

Fonte: Autor (2024)

Quanto aos riscos de salinidade (Tabela 4), a CE da água de alimentação do sistema tem baixo risco potencial de acúmulo de sais solúveis na zona radicular das plantas (média de 0,27 dS m⁻¹), sem restrições de uso na irrigação quando aos problemas de salinidade. Ainda em

relação à água de alimentação do sistema de reuso na unidade familiar, pode-se verificar que não há riscos com problemas de toxidade registrando ($\text{Na} = 0,42 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $\text{Cl} = 4,02 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$).

4.1.2 Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: esgoto bruto

Em relação ao esgoto bruto da residência a ser tratado no sistema de reuso da unidade familiar, verifica-se pH muito ácido a alcalino (4,8 a 7,31) com média de 5,64, sendo o maior valor de pH (7,31 unidade de pH) registrado na segunda campanha de coleta, realizada em março de 2024 (Tabela 5).

Na avaliação da qualidade de água quanto à salinidade (Tabela 5), a CE do esgoto bruto aumentou em relação à água de alimentação do sistema (média de $0,66 \text{ dS m}^{-1}$) a água de alimentação do sistema tem baixo risco potencial de acúmulo de sais solúveis na zona radicular das plantas (média de $0,27 \text{ dS m}^{-1}$), sem restrições de uso na irrigação quando aos problemas de salinidade. Ainda em relação à água do esgoto bruto do sistema de reuso na unidade familiar, pode-se verificar que não há riscos com problemas de toxidade ($\text{Na} = 0,68 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ e $\text{Cl} = 5,9 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$).

Tabela 5. Resultados das análises químicas do efluente bruto nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.

Época	pH	CE dS m^{-1}	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Cl	CO_3^{2-}	HCO_3^-	RAS	Classificação de Richards
			$\text{mmol}_c \text{ L}^{-1}$							
1	7,31	0,70	0,36	0,58	0,18	6,8	-	-	0,6	C2S1
2	4,80	0,66	0,92	1,05	1,06	6,4	-	-	0,9	C2S1
3	4,82	0,61	0,77	0,97	1,92	4,5	-	0,89	27,8	C2S4
Média	5,64	0,66	0,68	1,18	1,05	5,9	-	-	9,76	C2S2

pH H_2O : potencial de Hidrogênio; CE: Condutividade elétrica; Na: Sódio; Ca^{2+} : Cálcio; Mg^{2+} : Magnésio; Cl: Cloro; CO_3^{2-} : Carbonato; HCO_3^- : Bicarbonato; e RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

Fonte: Autor (2024)

4.1.3 Riscos de salinidade, problemas de infiltração e toxidez de íons específicos: efluente tratado

De igual forma às demais fontes hídricas, o pH variou de ácido a alcalino (5,2 a 7,55) com média de 6,35, sendo o maior valor de pH (7,55 unidades de pH) registrado na terceira campanha de coleta, realizada em julho de 2024 (Tabela 6).

Em relação ao grau de restrição de uso do efluente tratado (Tabela 6), o risco de salinidade do efluente tratado aumentou em relação ao esgoto bruto, saindo de nenhum para moderado risco de acúmulo de sais no solo, embora no limite inferior da classificação da água quanto à salinidade, sendo registrado aumento de 0,66 para 0,98 dS m⁻¹, respectivamente para a água de esgoto e efluente tratado. Além disso, o mesmo ocorreu para toxicidade de íons Na (0,68 e 2,61 mmol_c L⁻¹, respectivamente para o esgoto bruto e efluente tratado) e Cl (5,9 e 8,47 mmol_c L⁻¹, respectivamente para o esgoto bruto e efluente tratado).

Tabela 6. Resultados das análises químicas do efluente tratado no sistema nas 3 campanhas de coletas na unidade de produção familiar PA Mauricio de Oliveira.

Época	pH	CE dS m ⁻¹	Na ⁺ -----mmol _c L ⁻¹ -----	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Cl	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	RAS	Classificação de Richards
1	7,55	1,26	0,77	1,66	0,38	8,6	-	-	0,8	C3S1
2	5,20	0,73	0,86	0,85	0,95	10	-	-	0,9	C2S1
3	6,30	0,96	6,22	1,28	3,5	6,8	-	0,93	6,8	C3S2
Média	6,35	0,98	2,61	1,26	1,61	8,47	-	-	2,83	C3S1

pH H₂O: potencial de Hidrogênio; CE: Condutividade elétrica; Na: Sódio; Ca²⁺: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Cl: Cloro; CO₃²⁻: Carbonato; HCO₃⁻: Bicarbonato; e RAS: Reação de Adsorção de Sódio.

Fonte: Autor (2024)

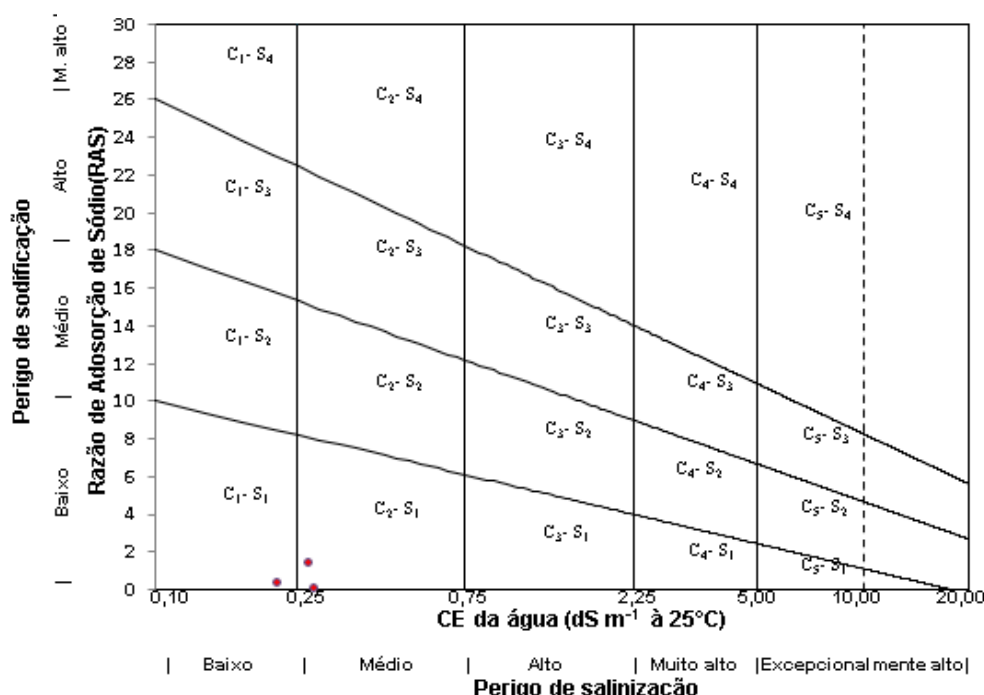
4.1.4 Avaliação qualitativa das fontes hídricas do sistema de reuso da unidade familiar estudada para fins de irrigação

A classificação empregada por Richards (1954) abrange três classes de sodicidade, considerando a relação entre a RAS (Razão de Adsorção de Sódio) e a salinidade da água de irrigação, conforme apresentado na Tabela 2. Essa avaliação baseia-se na CE (Condutividade Elétrica) como indicadora do risco de salinização e na RAS como indicadora do risco de sodificação do solo. O método utiliza um diagrama Cn-Sn, com n variando de 1 a 4, para representar essas relações. Para verificar a adequação do efluente para irrigação em termos de salinidade e sodicidade, as concentrações dos constituintes químicos foram interpretadas segundo as diretrizes da University of California Committee of Consultants (1974), permitindo a estimativa dos graus de restrição ao uso na atividade agrícola.

A classificação C2 indica uma água de média salinidade e pode ser utilizada na irrigação, desde que haja uma lixiviação moderada para evitar acúmulo de sais. É adequada para cultivos de espécies moderadamente tolerantes à salinidade, dispensando práticas especiais de controle de salinidade no solo. Dessa forma, a água classificada como C1-S1 E C2-S1 não

reduz a infiltração do solo, pois apresenta baixo risco de causar problemas de sodificação (Figura 04). Segundo Cordeiro (2001), águas com baixo teor de sódio são adequadas para irrigação na maioria dos tipos de solo, apresentando um risco mínimo para o desenvolvimento de problemas relacionados à sodificação.

Figura 04- Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação da fonte de alimentação da unidade estudada

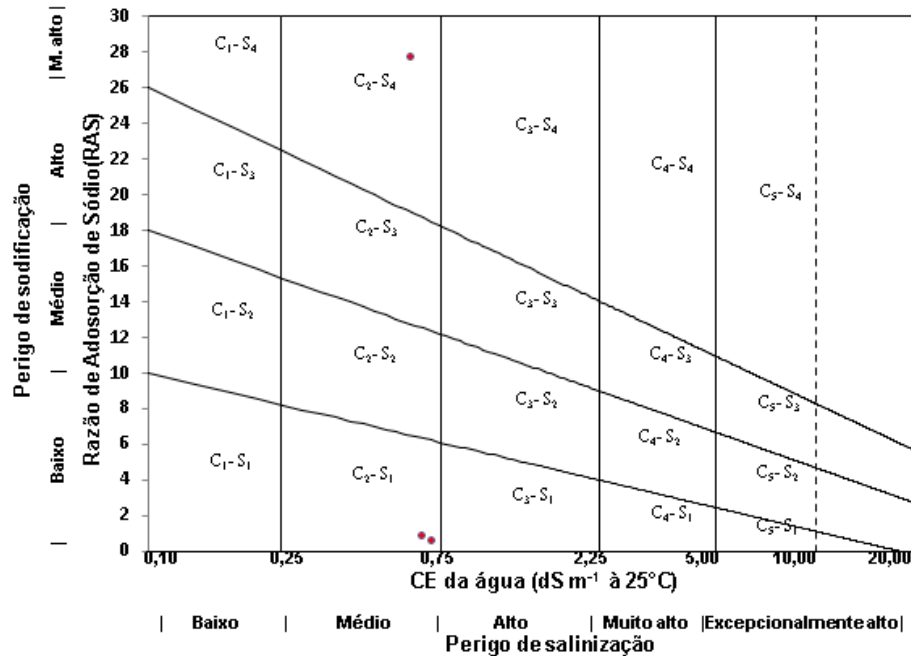


Fonte: Autor (2024)

A classificação C2-S4 (Figura 05) indica que a água possui salinidade média (C2) e alta sodicidade (S4). A salinidade média permite o uso da água para irrigação, sendo adequada para cultivos moderadamente tolerantes a sais, desde que haja uma lixiviação adequada para evitar o acúmulo excessivo de sais no solo. Entretanto, a alta sodicidade sugere que a água contém uma quantidade elevada de sódio, isso pode causar problemas no solo, pois o sódio em excesso pode levar à dispersão das partículas do solo, destruindo a estrutura do solo, reduzindo o espaço poroso e a capacidade de retenção de água, tornando-se um ambiente desfavorável para o desenvolvimento das raízes das plantas, o que limita sua utilização para fins de irrigação.

Para classificação C2-S1 (Figura 05), indica salinidade média e baixa sodicidade. Como discutido anteriormente, a classificação S1 reflete uma baixa concentração de sódio, o que, combinado com a salinidade moderada C2, permite o uso na irrigação com menor risco de dispersão de partículas e desestruturação do solo.

Figura 05- Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação do efluente bruto da unidade estudada



Fonte: Autor (2024)

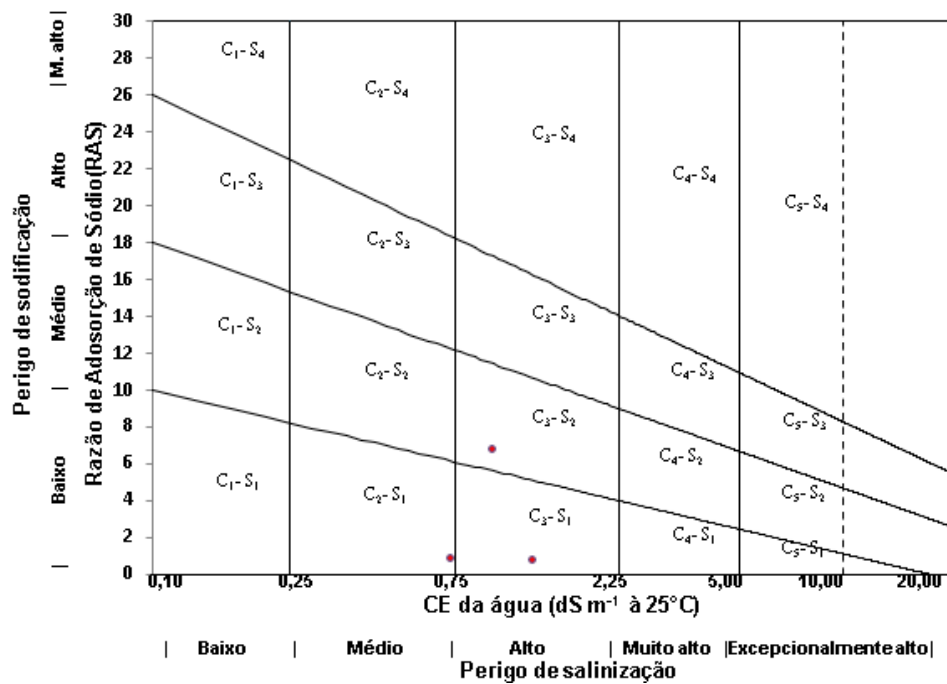
A água foi classificada como C3-S1 (Figura 06), indicando uma salinidade alta que requer práticas especiais de controle de salinidade para evitar o acúmulo excessivo de sais no solo. Apesar da alta salinidade (C3), o baixo risco de sodicidade (S1) implica uma baixa concentração de sódio, o que reduz o risco de destruição da estrutura do solo e minimiza a chance de redução na taxa de infiltração. Assim, a água C3-S1 pode ser usada para irrigação, especialmente em solos com boa drenagem e com plantas tolerantes a níveis moderados de salinidade. Contudo, essa água não deve ser utilizada em solos com drenagem deficiente, pois a alta salinidade pode acumular-se rapidamente em condições de má drenagem.

Para a classificação C3-S2 (Figura 06), há um risco um pouco maior de sodificação, mas sem níveis de sódio altos o suficiente para causar dispersão significativa das partículas do solo. Ainda assim, a alta condutividade elétrica (CE) exige um manejo cuidadoso para evitar acúmulo de sais no solo e na zona radicular.

Apesar da mudança da classificação S1 para S2, a água não apresenta um risco significativo de sodificação. Isso ocorre porque a alta condutividade elétrica (CE) indica uma elevada concentração de cátions. Esses cátions promovem a floculação parcial das partículas

de argila, o que evita a dispersão do solo. Dessa forma, mesmo com um nível de sódio ligeiramente mais elevado, a estrutura do solo é preservada, permitindo que ele mantenha sua capacidade de infiltração.

Figura 06- Diagrama de classificação de águas para irrigação da USSL: classificação do efluente tratado da unidade estudada



Fonte: Autor (2024)

4.2 Discussão

Neste estudo, todas as fontes hídricas apresentaram valores de pHs < 8,5, indicando que estas fontes têm ausência ou baixa concentração de carbonato e bicarbonato (soma < 3-4 mmol_e L⁻¹), conforme indicado nos resultados das análises das Tabelas, 4, 5 e 6.

Verificou-se que a água da fonte de alimentação apresentou valores de pH levemente alcalinos nas três campanhas, com registros de 8,04, 7,31 e 7,55, respectivamente. Essa leve alcalinidade pode estar associada às características físico-químicas da água utilizada para abastecimento, influenciada pela geologia e composição mineral da região (Medeiros et al. 2003).

Em relação ao efluente bruto, os valores de pH mantiveram uma tendência constante de acidez, sendo registrados 5,07 na primeira campanha, 4,80 na segunda e 5,20 na terceira. Essa

acidez pode ser explicada pela decomposição de matéria orgânica e pela presença de resíduos domésticos, que afetam o equilíbrio químico da água.

Já o efluente tratado apresentou variações entre as campanhas, com pH de 5,70, 4,82 e 6,30, respectivamente. Embora o tratamento tenha reduzido parcialmente a acidez do efluente bruto, os valores obtidos ainda indicam uma leve acidez. No entanto, observa-se que, na maior parte das amostras tratadas, o pH se manteve dentro da faixa considerada ideal para diversas finalidades, que é entre 5,5 e 6,5, sugerindo uma melhora na qualidade da água ao longo do processo de tratamento.

As fontes hídricas analisadas mostraram valores de pH inferiores a 8,5, o que pode ser atribuído à presença de sais neutralizante como, por exemplo, o NaCl e, também, a baixa concentração de sódio. Esse comportamento é explicado por meio da reação de neutralização ácido-base, na qual ocorre a interação entre um ácido e uma base. $\text{HCl} + \text{NaOH} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O}$ (Ayers e Westcot, 1999).

Nessa reação, o ácido clorídrico (HCl) libera íons de hidrogênio (H^+), enquanto o hidróxido de sódio (NaOH) libera íons de hidroxilas (OH^-). Resultando na formação de cloreto de sódio (NaCl) e água (H_2O) como produtos finais. Essa reação é essencial para neutralização do meio, pois os íons de H^+ e OH^- se acumulam promovendo um equilíbrio do pH da solução. Por outro lado, valores de pH muito alcalino ($\text{pH} > 8,5$) é devido a hidrólise do carbonato de sódio, isto é, há uma quebra da molécula na presença de água formando em um ácido fraco reduz o pH pela liberação de 1 molécula de OH^- (Ayers e Westcot, 1999).

Na avaliação da qualidade de água para fins de irrigação houve um aumento na Condutividade Elétrica (CE) ao longo do sistema. Comparando-se os valores apresentados nas Tabelas 4 e 5, a CE da água de alimentação ($0,27 \text{ dS m}^{-1}$), é menor que a do esgoto bruto ($0,66 \text{ dS m}^{-1}$). Esse aumento é esperado, considerando à presença de sais e produtos químicos provenientes da atividade humana. Entretanto, apesar da elevação do total de sólidos dissolvidos no esgoto bruto, ambas as fontes hídricas continuam são classificadas com baixo risco de salinidade e sem restrições de uso quanto aos problemas de infiltração ($0,42$ e $0,68 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$)

Com base nos dados das Tabelas 5 e 6, verifica-se que a CE do esgoto bruto ($0,66 \text{ dS m}^{-1}$) é menor que a do efluente tratado. Isso ocorre porque a operação da caixa de gordura é diária,

sem retenção de água, o que faz com que sua CE varie conforme os resíduos gerados a cada dia. Em contraste, o efluente tratado, sendo uma combinação de águas acumuladas de dias anteriores apresenta maior concentração de sais.

Do ponto de vista físico-químico, pode-se inferir que a fonte hídrica de alimentação do sistema, o esgoto bruto e, especialmente o efluente tratado no sistema de tratamento e reuso de água na unidade familiar estudada é uma água de boa qualidade para fins de irrigação. Os parâmetros indicam um grau de restrição que varia de nenhuma a moderado quanto aos riscos potenciais de salinização (Ayers e Westcot, 1999), tornando água recomendada para irrigação de diversas culturas, desde as mais sensíveis até as mais tolerantes á salinidade, embora não seja dispensada o uso de práticas especiais de manejo para o controle da salinização.

Quanto ao esgoto bruto, embora não mensurado no presente estudo, apresenta restrições de uso devido a problemas microbiológicas, especialmente devido a presença de coliformes totais e fecais que compromete à saúde humana se não estiver abaixo do limite permissível. Além disso, no esgoto bruto, há quantidade apreciáveis de óleos e graxas que pode comprometer a saúde dos solos cultivos.

5 CONCLUSÃO

As fontes hídricas não apresentam restrições de uso para a irrigação e podem ser utilizadas para os diversos tipos de cultura com nenhum e/ou moderado risco de salinização, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos.

Há aumento do total de sólidos dissolvidos da fonte hídrica de alimentação do sistema da unidade familiar após utilização para fins domésticos para todas as épocas de coletas no ciclo hidrológico.

O sistema de tratamento e reuso de água da unidade familiar não reduz o total de sólidos dissolvido na água utilizada para a irrigação e a qualidade dependerá da fonte de alimentação do sistema e da atividade doméstica.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229 – Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. Disponível em: https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/servletrepositoriolegislacao?arquivo=NBR_7229_1993.pdf&pasta=legislacaoGeral. Acesso em: 04 out. 2024.

ANDRADE, F. L.; QUEIROZ, P. V. M. Articulação no semiárido brasileiro – ASA e o seu programa de formação e mobilização e para convivência com o semiárido: a influência da ASA na construção de políticas públicas. In: **KUSTER, A.; MARTI, J. F. (Org.).** *Políticas públicas para o Semiárido: experiências e conquistas no nordeste do Brasil*. Fortaleza: Fundação Konrad Adenauer, 2009. p. 26-53.

ANDRADE NETO, C.O. Proteção Sanitária das Cisternas Rurais. In: **XI SIMPÓSIO LUSO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL**. 2004, Natal, Brasil. Anais... Natal: ABES/APESB/APRH. 2004.

APHA. Métodos Padrão para Exame de Águas Residuais. 20. Ed. Washington, D.C.; America Public Health Association. 2003.

AYERS, R. S., WESTCOT, D. W. A qualidade de água na agricultura. 2. ed. Campina Grande: UFPB, 1999. 153p. (FAO Irrigação e Drenagem, 29).

CHRISTOPOULOS, T. P. Tecnologias sociais: indicações bibliográficas São Paulo, v. 51, n. 1, jan./fev. p. 109-110, 2011. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rae/v51n1/11.pdf>. Acesso em: 20 out. 2024.

DUQUE, G. Conviver com a seca: contribuição da Articulação do Semi-Árido/ASA para o desenvolvimento sustentável. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, n. 17, p. 133-140, jan./jun. 2024.

HESPAHOL, I. Um novo paradigma para a gestão de recursos hídricos. *Estudos avançados*, n. 22, v. 63, p. 131-158, 2008.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. Volume 21. 1999. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/59/pnad_1999_v21_br.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

IPCC. *Sumário para os tomadores de decisão do Quinto relatório de avaliação (2024)*. Traduzido por Iniciativa Verde, São Paulo, 2024. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4904415/mod_resource/content/1/aula3 pha_3001_Potencial_de_Reuso_de_Agua_no_Brasil_Agricultura_I.pdf. Acesso em: 20 out. 2024.

MEDEIROS, J. F.; GHEYI, H. R. A qualidade da água de irrigação. Mossoró, ENA/ESAM. 1994. 60p. (ESAM, *Boletim Técnico-científico*).

MONTENEGRO, A.A.A.; MONTENEGRO, S.M.G.L. Olhares sobre as políticas públicas de recursos hídricos para o semiárido. In: ***Recursos hídricos em regiões semiáridas***. GHEYI, H.R.; PAZ, V.P.S. da.; MEDEIROS, S.S.; GALVÃO, C. O. Campina Grande, PB: Instituto Nacional do Semiárido, Cruz das Almas, BA: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2012. 258p.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS. 1 ed. João Pessoa – PB: Moura Ramos Gráfica editora. 2014. Cap. 5, p. 91-127.

ROSCOE, R. & MACHADO, P.L.O.A. *Fracionamento físico do solo e estudos da matéria orgânica*. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 86p.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. *Meio Ambiente/Uso Racional da Água/Dicas de economia/Em casa*. SABESP. 2022. Disponível em: <https://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaoId=595#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20Organiza%C3%A7%C3%A3o,mais%20de%20200%20litros%2Fdia>. Acesso em: 18 out. 2024.

SANT'ANNA, A. S.; SILVA, S. C. F.; FARANI, I. O.; AMARAL, C. H. R.; MACEDO, V. F. Qualidade microbiológica de águas minerais. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 190-194, 2003.

SEAPAC. *Tecnologia sociais fortalecem a agricultura familiar no semiárido potiguar.* 2021. Disponível em: <<https://www.seapac.org.br/institucional>>. Acesso em: 17 fev. 2021.

SEAPAC, Institucional. 2021. Disponível em: <https://www.seapac.org.br/institucional>. Acesso em: 29 fev. 2024.

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste: *O Nordeste semi-árido e o polígono das secas.* <http://www.sudene.gov.br>. 10 jul. 2024.

TONETTI, A. L. et al. *Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas: referencial para a escolha de soluções.* Campinas, SP.: Biblioteca/Unicamp, 2018.