



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIDADE ACADÊMICA DE SERRA TALHADA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO VEGETAL

ANTÔNIO DANIEL LIMA DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS ALTERNATIVAS E CONDICIONADORES DE SOLO NO
CULTIVO DA PINHA IRRIGADA NO CONTEXTO DA AGRICULTURA FAMILIAR
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Serra Talhada-PE

2025

ANTÔNIO DANIEL LIMA DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS ALTERNATIVAS E CONDICIONADORES DE SOLO NO
CULTIVO DA PINHA IRRIGADA NO CONTEXTO DA AGRICULTURA FAMILIAR
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Produção Vegetal.

Orientador (a): Genival Barros Júnior

Serra Talhada-PE

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação Sistema
Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Bibliotecário: Israel Lacerda do Nascimento – CRB - 42317

N244u Nascimento, Antônio Daniel Lima do
Uso de águas alternativas e condicionadores de solo no cultivo da pinha irrigada no contexto da agricultura familiar no Semiárido brasileiro / Antônio Daniel Lima do Nascimento. – Serra Talhada, 2025.
72 f. il.

Orientador (a): Genival Barros Júnior.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica Serra Talhada - UAST, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Serra Talhada, PE-BR, 2025.

Inclui referências.

1. Horticultura. 2. Cultivos agrícolas. 3. Água na agricultura. 4. Água - Reuso. 5. Solo adequado para agricultura. I. Barros Júnior, Genival, orient. II. Título.

CDD 635

ANTÔNIO DANIEL LIMA DO NASCIMENTO

**USO DE ÁGUAS ALTERNATIVAS E CONDICIONADORES DE SOLO NO
CULTIVO DA PINHA IRRIGADA NO CONTEXTO DA AGRICULTURA FAMILIAR
NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado (a) em: 25 / 07 / 2025.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Genival Barros Júnior (Orientador)
Universidade Federal Rural de Pernambuco-UAST

Prof. Dr. Ailton Alves de Carvalho (Examinador Interno)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof. Dr. José Amilton Santos Júnior (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco – DEAGRI/Sede

DEDICATÓRIA

A Deus, por ter me possibilitado chegar até aqui com saúde, podendo enxergar, me locomover e ir em busca dos meus objetivos de vida. Agradeço por cada ser humano que foi usado por Deus para me conduzir ao objetivo divino.

A minha maravilhosa Mãe, Damiana Maria de Lima. É por ela que eu sou tão resiliente na busca pelos nossos objetivos. Ela abdicou de tantas coisas para cuidar de mim e da minha irmã.

Ao meu Pai, Antônio Ancelmo do Nascimento que sempre me apoiou e deu todo suporte possível, me possibilitando permanecer na carreira e alcançar voos mais altos.

A minha Irmã, Daiana Maria de Lima, que tanto amo e pretendo fornecer melhores condições de vida no futuro.

Ao meu namorado, Pedro Henrique de Oliveira Monteiro, por ser tão presente na minha vida, por sempre ressaltar o quão capaz sou de conquistas o que almejo e me ajudar a administrar sentimentos oriundos de situações ou vivências que me faziam querer desistir do mestrado.

Aos meus animais, Leon e Maylow pelo amor incondicional a minha pessoa independente dos meus defeitos e das minhas falhas.

Ao Doutor Tiago Cavalcanti de Carvalho por ter sido tão humano durante o tratamento da retinopatia diabética a qual me fez ter perda parcial da visão. Graças ao Tiago, pude ter acesso ao tratamento em tempo hábil e de alto custo por meio do Sistema Único de Saúde (SUS).

Ao Professor Doutor Maurício Luiz de Mello Vieira Leite, por ter me aconselhado a não abandonar o Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, diante de abalos emocionais que tive durante a trajetória acadêmica.

A Juíza Dra. Ana Carolina Santana a qual participou de um momento decisivo na mudança da minha qualidade de vida enquanto pessoa com Diabetes Mellitus tipo I, sendo a juíza responsável pelo julgamento e deferimento do pedido da bomba de insulina que trouxe segurança a minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada.

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal assim como ao corpo docente, especialmente aos que auxiliaram em algum momento durante a construção do presente trabalho de dissertação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de nível superior (CAPES) pelo fomento da bolsa, que foi tão importante para a minha permanência e dedicação exclusiva as atividades relacionadas ao mestrado.

Ao meu querido Orientador, Professor Genival Barros Júnior, com quem pude adquirir conhecimento não só no âmbito da pesquisa, mas também no âmbito da extensão rural e da comunicação com agricultores familiares. Agradeço pelas ricas contribuições que foram cruciais para a melhoria da qualidade técnico-científica do presente trabalho de dissertação, pela participação ativa.

Ao grupo de pesquisa Núcleo de Estudos, Pesquisas e Práticas Agroecológicas do Semiárido (NEPPAS), em especial, aos integrantes Emílio Gabriel dos Santos Freire, Cíntia Fausto da Silva e Ailton Alves de Carvalho, com quem aprendi bastante durante a trajetória acadêmica. Agradeço por todo apoio durante a condução do meu experimento.

A família de agricultores composta por Cristina Valdilene Cavalcante Silva de Souza, Manoel Messias Barbosa de Souza e Bruno Felipe Silva de Souza por ter cedido o espaço de sua propriedade para implementação da pesquisa e pela recepção ao longo do tempo de execução do estudo.

Ao Centro de Desenvolvimento Agroecológico Sabiá.

Aos técnicos e trabalhadores terceirizados da UAST que sempre trabalharam para a manutenção das boas condições higiênico-sanitárias de espaços coletivos, aos que viabilizaram as idas até as comunidades rurais.

RESUMO

A escassez hídrica limita a produção de alimentos. Assim, o uso de águas cinzas e de poço semiartesiano, na produção de alimentos, é uma forma de diminuir a pressão sobre a demanda por água de qualidade e de mitigar parte do estresse hídrico que acomete as culturas agrícolas ao longo dos períodos de estiagem. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da irrigação com águas alternativas em paralelo ao uso de melhoradores de solo na fase inicial de crescimento da pinha (*Annona squamosa*). A pesquisa foi conduzida em campo na localidade denominada Sitio Carnaubinha, no município de Triunfo, Estado de Pernambuco. Utilizou-se um delineamento inteiramente casualizado com parcelas em esquema fatorial duplo 2x3 com dois tipos de águas (cinza filtrada e de poço semiartesiano) e três diferentes combinações (presença de hidrogel e de matéria orgânica, ausência de hidrogel e de matéria orgânica e presença apenas de matéria orgânica), totalizando 6 tratamentos. Foram avaliados o manejo do sistema de reúso da água cinza, as características das águas destinadas a irrigação, a condição salina do solo antes e depois das irrigações e parâmetros biométricos da pinha. O manejo da caixa de gordura do RAC reduziu a condutividade elétrica da água cinza filtrada utilizada na irrigação, reforçando a importância da adoção desta prática, por agricultores familiares, em intervalos curtos de tempo. As variáveis biométricas altura e diâmetro de caule da pinha apresentaram, respectivamente, ganhos de 25,5% e 22,97% para as plantas irrigadas com água cinza filtrada e submetidas a combinação hidrogel mais matéria orgânica, mesmo sob um quadro de lâmina deficitária de irrigação. Entretanto, a incorporação da matéria orgânica ao solo mostrou-se mais eficaz do que a incorporação do hidretentor, independentemente do tipo de água utilizada. Para o tempo de monitoramento de 14 meses, o teor de sais aportado pela irrigação não elevou o solo a condição de salino, porém, os indicadores obtidos reafirmam a necessidade da utilização cuidadosa de águas salinas em solos de regiões cuja precipitação pluviométrica não seja suficiente para promover a lixiviação periódica dos sais acumulados no perfil do solo.

Palavras-chave: *Annona squamosa*; Agricultura familiar; Águas cinza; Águas subterrâneas; Hidrogel.

ABSTRACT

Water scarcity limits food production. Therefore, the use of graywater and semi-artesian wells in food production is a way to reduce pressure on the demand for quality water and mitigate some of the water stress that affects agricultural crops during dry periods. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effects of irrigation with alternative waters in conjunction with the use of soil improvers on the initial growth phase of sugar apple (*Annona squamosa*). The research was conducted in the field at Sitio Carnaubinha, in the municipality of Triunfo, Pernambuco state. A completely randomized design was used with plots in a 2x3 double factorial arrangement, with two types of water (filtered graywater and semi-artesian well) and three different combinations (presence of hydrogel and organic matter, absence of hydrogel and organic matter, and presence of organic matter only), totaling six treatments. The management of the graywater reuse system, the characteristics of the irrigation water, the saline condition of the soil before and after irrigation, and the biometric parameters of the pine cones were evaluated. The management of the RAC grease trap reduced the electrical conductivity of the filtered graywater used for irrigation, reinforcing the importance of adopting this practice by family farmers in short periods of time. The biometric variables of pine cone height and stem diameter showed, respectively, gains of 25.5% and 22.97% for plants irrigated with filtered graywater and subjected to the hydrogel plus organic matter combination, even under conditions of low irrigation depth. However, incorporating organic matter into the soil proved more effective than incorporating water retention media, regardless of the type of water used. During the 14-month monitoring period, the salt content contributed by irrigation did not raise the soil to saline status. However, the indicators obtained reaffirm the need for careful use of saline water in soils in regions where rainfall is not sufficient to promote the periodic leaching of salts accumulated in the soil profile.

Keywords: *Annona squamosa*; Family Farming, Gray waters; Ground water; Hydrogel.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1	Caracterização da agricultura familiar no Semiárido brasileiro	13
2.2	Água salina em cultivos agrícolas e limitações	16
2.3	Água residuária cinza para fins agrícolas	17
2.4	Impactos do Hidroretentor no solo	18
2.5	Importância da matéria orgânica no solo	20
2.6	Características vegetativas da pinha e sua importância econômica	22
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Localização e caracterização da área experimental	25
3.2	Delineamento experimental e tratamentos	26
3.3	Caracterização dos melhoradores de solo	26
3.4	Caracterização e tipologia das águas	27
3.5	Caracterização do solo da área experimental	31
3.6	Detalhamento da área experimental	33
3.7	Manejo da área experimental	34
3.8	Caracterização do sistema de irrigação na área experimental	37
3.8.1	Uniformidade e eficiência de aplicação da água cinza filtrada e da água do poço semiartesiano	37
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4.1	Caracterização e qualificação da água cinza produzida na unidade familiar	39
4.2	Suporte hídrico para o cultivo	43
4.2.1	Manejo da água de irrigação e aporte pluviométrico	43
4.3	Resposta biométrica da cultura da pinha	48
4.3.1	Altura de plantas (AP)	48
4.3.2	Diâmetro do Caule (DC)	55
4.4	Impacto das águas salinas cinza e de poço sobre o solo irrigado	60
5	CONCLUSÕES	62
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64

1 INTRODUÇÃO

A escassez hídrica intensificada pela crise climática limita o desenvolvimento e a manutenção de atividades agricultáveis praticadas por agricultores familiares, em especial, de regiões áridas e semiáridas, afetando índices socioeconômicos significativos que remetem a padrões de insegurança alimentar e nutricional, baixa disponibilidade e qualidade de água de abastecimento em comunidades rurais e ausência de saneamento básico. Tendo em vista os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, especialmente os de número 2- Fome zero e agricultura sustentável, 6- Água potável e saneamento, e 10- redução das desigualdades (IBGE, 2025), é imprescindível a busca por soluções para contornar os altos índices de vulnerabilidade intensificados pelas características climáticas do Semiárido brasileiro (Caatinga, 2021).

Neste contexto, o uso de águas alternativas na agricultura, incluindo recursos hídricos subterrâneos ou o aproveitamento do efluente doméstico produzido em residências do meio rural constituem-se como meios de convivência com o Semiárido e de enfrentamento aos longos períodos de seca da região (Nunes et al., 2012; Caatinga, 2021; Souza e Oliveira, 2023). Contudo, águas subterrâneas ou residuárias domésticas apresentam limitação de uso para fins agrícolas devido a elevada concentração de sais (Ayers e Westcot, 1999; Medeiros et al., 2003) e a presença de agentes contaminantes (Caatinga, 2021; Mohamed et al., 2018), especificamente águas residuárias brutas, sendo fundamental a adoção de técnicas voltadas a otimização destes recursos levando-se em consideração a segurança sanitária, o impacto ambiental sobre plantas e solos e a sustentabilidade da área de cultivo (Nunes et al., 2012).

Assim, torna-se necessária à adoção de estratégias conjuntas como a instalação de sistemas de captação e distribuição da água, a coleta regular de sedimentos em caixas de gordura, desobstrução de emissores, manutenção da capacidade de filtragem do sistema e o monitoramento do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE) (Silva et al., 2022). Todavia, o manejo do sistema de reúso da água residuária cinza (RAC), na maioria das vezes não é realizado pelos agricultores familiares que o utilizam. Esta prática regular é indispensável para aumentar a eficiência do uso da água e diminuir problemas

relacionados a contaminação de usuários, espécies vegetais e solo e ao acúmulo de elementos químicos como sódio (Na^+), cloro (Cl^-) e alumínio (Al^{3+}) sobre espécies vegetais e solos, pois elevadas concentrações de íons em solução na água de irrigação, principalmente de sódio, podem comprometer as propriedades físicas e químicas do solo (Silva et al., 2018).

Nas comunidades rurais do Semiárido brasileiro, a maior parte da água de abastecimento é oriunda de poços subterrâneos que por vez apresenta elevada concentração de sais (Ayers e Westcot, 1999; Medeiros et al., 2003). Apesar disto, tem se tornado crescente o uso de águas salinas para o cultivo de espécies vegetais frutíferas tolerantes a salinidade, pois Nunes et al. (2012) utilizaram água de rejeito dessalinizado com condutividade elétrica de 8,47 dS/m-1 para a produção de mudas de pinha no Rio Grande do Norte. Segundo Souza e Oliveira (2023), 118 famílias agricultoras da zona rural de Ouricuri, Pernambuco, por meio de um sistema de reúso da água cinza (RAC), cultivam grande variedade de frutíferas, incluindo a pinha, a partir da irrigação com água residuária cinza.

A pinha (*Annona squamosa*) pertence a família das anonáceas. Seu cultivo é possível sob diversas condições ambientais devido a fácil adaptação edafoclimática, sendo produzida nos continentes Americano, Asiático e Africano. No Brasil, é cultivada na Bahia, em Alagoas, Pernambuco, São Paulo, no Semiárido de Minas Gerais e Ceará. É uma cultura importante para o interior do Nordeste brasileiro, respondendo bem a elevadas temperaturas e a baixa umidade relativa do ar. A comercialização da fruta é uma fonte de renda extra para pequenos agricultores na entressafra, além disto, é um importante complemento alimentar para famílias de baixa renda do meio rural. com tendência a crescimento da comercialização, especialmente quando adota-se estratégias de cultivo como a irrigação associada a adubação, poda e polinização artificial (São José et al., 2014; Lemos, 2014; Queiroga et al., 2023).

Nesta perspectiva, a utilização de recursos hídricos de qualidade alternativa, como a água residuária cinza e a água salina associada ao uso de matéria orgânica e hidrogel em pequenos sistemas de produção, especialmente aqueles localizados em regiões áridas e semiáridas, busca por um caminho ecologicamente sustentável para contornar os gargalos oriundos dos longos períodos da escassez hídrica e da baixa qualidade da água de reuso ou salina para irrigação, viabilizando ainda a

produção de alimentos de origem vegetal em condições edafoclimáticas adversas, com baixo impacto sobre o solo, bacias hidrográficas e cultivos agrícolas (Caatinga, 2021).

Nestas condições, o uso de condicionadores do solo como a matéria orgânica e de polímero hidroretentor pode viabilizar o emprego de águas alternativas em pequenos sistemas de produção agrícola. Contudo, é necessário o aprofundamento de pesquisas para elucidar o potencial mitigador da matéria orgânica e do hidrogel sobre os impactos do uso de águas salinas em solos e espécies vegetais frutíferas a exemplo da pinha (Leite et al., 2007; Freitas et al., 2007; Medeiros et al., 2011; Ljubojevi et al., 2017).

Assim, objetivou-se avaliar os efeitos da irrigação com dois tipos de águas alternativas, a água residuária cinza filtrada e a água de poço semiartesiano em paralelo ao uso de condicionadores de solo na fase inicial de crescimento da pinha cultivada nas condições climáticas do Semiárido pernambucano no contexto da agricultura familiar.

2 REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

2.1 Caracterização da agricultura familiar no semiárido brasileiro

O termo agricultura familiar foi legalmente reconhecido a partir do surgimento da lei número 11.326, de 24 de julho de 2006, mais conhecida como lei da agricultura familiar, a qual define como agricultor(a) familiar todo indivíduo que pratica ou desenvolve atividade no meio rural e que atenda aos seguintes pré-requisitos: ter pelo menos metade da mão de obra utilizada no processo produtivo e na geração de renda de origem familiar; possuir área produtiva com tamanho de até 4 módulos fiscais; ter a gestão do estabelecimento rural realizada estritamente por familiares, auferir, das atividades praticadas no estabelecimento familiar rural, pelo menos 50% da renda total familiar (Fortini, 2020).

Tendo em vista o número de estabelecimentos rurais familiares, a agricultura familiar possui notória importância econômica, social, cultural e ambiental, promovendo a otimização da economia regional e nacional, a inclusão socioeconômica de agricultores no mercado e a manutenção de práticas ecologicamente sustentáveis (Fortini, 2020; Lima do Nascimento et al., 2024). Segundo dados do censo Agropecuário de 2017, cerca de 77% dos estabelecimentos agropecuários do Brasil são classificados como de agricultores familiares. Desses, 79% estão localizados no Semiárido Nordestino, os quais ocupam 51% do total da área explorada para fins agropecuários. (Censo Agropecuário, 2017; Fortini, 2020).

A região Semiárida brasileira é delimitada segundo os critérios aprovados pelas resoluções do Conselho Deliberativo da Sudene de nº 107, de 27 de Julho de 2017 e de nº 115, de 23 de Novembro de 2017 (Fortini, 2020). Abrange 1.267 municípios de dez estados, sendo eles Pernambuco, Paraíba, Bahia, Alagoas, Maranhão, Sergipe, Ceará, Rio Grande do Norte, Piauí e Minas Gerais. Principalmente os estados da região Semiárida Nordestina, possuem número significativo de estabelecimentos familiares rurais com percentuais de, respectivamente 82,70%, 76,98%, 78,24%, 85,54%, 82,72%, 81,44%, 75,98%, 80,23% e 80,57% e cerca de 4,5 milhões de pessoas ocupadas por meio do

desenvolvimento de atividades agropecuárias em seus estabelecimentos (Censo Agropecuário, 2017).

Salienta-se que a maior parte dos agricultores familiares do Brasil vivem em situação de extrema pobreza (Rezende et al., 2018), que reflete baixos índices de escolaridade (Fortini, 2020), dificuldade de acesso a recursos hídricos para fins potáveis e não potáveis (IBGE, 2019) e ausência de saneamento básico adequado (Rezende et al., 2018), dificuldade de acesso à políticas públicas (Fortini, 2020; IBGE, 2017) que apoiem a manutenção e o desenvolvimento de suas atividades produtivas. Segundo o IBGE (2019), 42,8% dos agricultores familiares do Semiárido Nordeste não sabem ler. Apenas 8% deles possuem ensino médio completo e 1,1% ensino superior.

Quanto a distribuição de água, 76,2% (1,1 milhão de estabelecimentos rurais familiares) possui acesso a algum tipo de recurso hídrico. Contudo, 23,8% dos empreendimentos rurais familiares (344.637) estão sem acesso a água, especialmente aqueles localizados em municípios próximos ao Rio São Francisco, os quais estão distribuídos pelos estados do Piauí, Bahia, Ceará e Sergipe (IBGE, 2019; Fortini, 2020), o que reforça a hipótese de que o abastecimento hídrico provém de fontes externas e variadas de água.

Segundo dados do Censo Agropecuário (2017), dentre os estabelecimentos de agricultores familiares com acesso a algum tipo de recurso hídrico, 3,29% provém de nascentes protegidas por matas; 2,75% de nascentes não protegidas; 18,68% de rios protegidos; 17,23% de rios não protegidos; 20,81% de poços convencionais; 0,58% de poços artesianos; 16,09% de poços semiartesianos e 73,71% de cisternas. Do total de estabelecimentos agropecuários de agricultores familiares do Semiárido brasileiro que possuem cisternas, há destaque para três estados, Alagoas (86,37%), Rio Grande do Norte (82,06%) e Pernambuco (80,45%), uma vez que o provimento de água por meio de cisternas abastecidas com água de chuvas, rios ou açudes é a principal via de disponibilização de água para as comunidades rurais. Porém, não atende aos padrões de qualidade para o consumo humano segundo normativas vigentes (Lopes et al., 2021).

Convém reforçar que a origem da água utilizada no abastecimento tem forte influência sobre a composição química e microbiológica, tornando-se necessária, muitas vezes, a adoção de técnicas para a melhoria da qualidade do recurso hídrico,

a utilização cuidadosa e estratégica. Neste sentido, o provimento do acesso a ideais condições de saneamento básico, que é um direito legítimo (Lei número 11.445/2007) das comunidades urbanas e rurais (Brasil, 2004; Instituto Trata Brasil, 2016) constitui-se como uma política necessária e que assegura condições dignas de vida para a população, por meio do fornecimento de infraestrutura, serviços e instalações de abastecimento de água, esgotamento sanitário e manejo de resíduos sólidos, com reflexo direto sobre a melhoria da qualidade de vida das pessoas que recebem tais serviços (Brasil, 2004; Instituto Trata Brasil, 2016), com redução significativa de doenças veiculadas por meio dos recursos hídricos como leishmaniose, malária, doença de Chagas, esquistossomose, lepra, febre tifoide, febre paratifoide, cólera, hepatite A, amebíase, giardíase, leptospirose, ancilostomíase, ascaridíase, teníase, cisticercose, filariose, dengue, zika e chikungunya (Martelli, 2013; Rezende et al., 2018).

Contudo, o acesso, pelas comunidades rurais, ao saneamento básico é escasso (Rezende et al., 2018). Pois, de 31 milhões de pessoas que viviam no meio rural (IBGE, 2010), apenas 22% dispõem de acesso a ideais condições de saneamento básico, ou seja, 24,18 milhões não têm acesso as infraestruturas e serviços de saneamento de recursos hídricos e esgoto doméstico (Embrapa, 2016; Rezende et al., 2018). Em relação ao esgotamento sanitário no meio rural, 4% das residências possuem acesso a serviços de coleta de esgoto.

Porém, 26,6% possuem fossa séptica ligada ou não a rede coletora, 49,9% fossa rudimentar e 11,4% dos domicílios não apresentaram solução adequada para descarte de esgoto sanitário, devido a ausência de serviços de coleta regular, que é justificado pelo grande número de residências dispersas, forçando o descarte incorreto dos resíduos sanitários (Rezende et al., 2018; Lopes et al., 2021).

Em relação ao abastecimento de água para agricultores familiares do Semiárido brasileiro, alguns problemas são evidentes como a baixa qualidade e quantidade de água de abastecimento para as residências, seja para fins de potabilidade ou não, uma vez que a maioria provém de chuvas, barreiros, rios, açudes e poços, as quais são utilizadas, em sua totalidade, sem nenhum tratamento prévio ou a partir de tratamentos simplificados, resultando em alto índice de insegurança sanitária (Lopes et al., 2021; Nery et al., 2021). Águas oriundas de carro-pipa e de barreiros, com alto índice de contaminação por excrementos humanos e animais,

foram apontadas como fontes de alta veiculação de doenças, principalmente cólera (37,5%), esquistossomose (12,5%) e micoses (12,4%) (Nery et al., 2022). A maioria dos domicílios de agricultores familiares do Semiárido brasileiro utiliza águas de carros-pipa (17%), de chuvas (16%) ou de cisternas gastos (20%) para o abastecimento (Nery et al., 2022).

Quanto a produção vegetal e animal, os recursos hídricos mais utilizados são oriundos de barreiros, poços, cisternas com água de chuva e de sistemas de reúso de água cinza (Nery et al., 2022), este último estritamente para a irrigação de espécies vegetais. Segundo o Censo Agropecuário (2017), apenas 10,1% das comunidades familiares rurais do Semiárido Nordeste fazem uso de sistema de irrigação, com destaque para as comunidades rurais da Bahia (13,28%), Pernambuco (12,81%) e Rio Grande do Norte (12,80%), sendo o método mais utilizado a irrigação localizada (32,34% gotejamento).

O método de irrigação por gotejamento é uma forma de otimizar o uso dos recursos hídricos e de diminuir contaminações de alimentos, solo e usuários, especialmente quando se utiliza águas de baixo volume acumulado e gerado ao longo do tempo, a exemplo da água cinza. A utilização de água residuária cinza é uma alternativa, principalmente para agricultores familiares do Semiárido, de convivência com as condições da região e mudanças climáticas a nível global, pois a produção de efluente é contínua ao longo do tempo. Porém, é fundamental a adoção de medidas ou de manejos que aumentem a segurança sanitária deste recurso, conforme salienta a Organização Mundial de Saúde (OMS), pois os incrementos oriundos de produtos químicos e contaminantes por meio da lavagem de alimentos, objetos, roupas e de atividade de higiene pessoal (banhos) constituem potenciais riscos para a saúde coletiva.

2.2- Água salina em cultivos agrícolas e limitações

Na agricultura irrigada, o uso de águas alternativas, especialmente aquelas que em sua composição apresentam valores de sais em solução que não atendem a padrões de normalidade, deve ser considerado uma estratégia frente a escassez hídrica, possibilitando, de forma planejada e direcionada, a otimização da utilização dos recursos hídricos naturais ou artificiais, principalmente em regiões Semiáridas e

com alto índice de insegurança alimentar e nutricional. Entretanto, a qualidade da água para irrigação das regiões Semiáridas apresenta variabilidade em termos geográficos e ao longo do ano, em função das precipitações pluviométricas. Dentre as características que determinam a qualidade da água, a concentração de sais solúveis ou a salinidade é um dos principais fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento das culturas, especialmente a concentração de sódio (Na⁺) (Lacerda et al., 2011).

O uso dessas fontes de águas na irrigação de espécies vegetais desencadeia respostas fisiológicas distintas, a depender do genótipo, da fase vegetativa, natureza da água, do tempo de exposição ao estresse salino e do manejo do sistema de irrigação (Alvarenga et al., 2019). Contudo, alguns fatores podem intensificar ou potencializar o efeito da salinidade em culturas, como a concentração iônica ou a natureza dos íons, irrigações sem previsão de drenagem, lâminas de irrigação descompensadas e a combinação desses fatores, prejudicando também o solo.

O excesso de sais prejudica as funções fisiológicas e bioquímicas das plantas. O sódio, íon potencialmente tóxico, ao chegar no citosol vai gerar um gradiente eletroquímico de prótons, estimulando a saída de água do ambiente simplástico para o apoplástico, provocando um déficit hídrico no interior da célula vegetal. O fechamento estomático é um dos primeiros mecanismos de respostas ao estresse provocado pelo sal, uma vez que o objetivo é evitar a perda de água pela planta. Contudo, resulta na redução da fixação de CO₂ por meio da fotossíntese, afetando diretamente o crescimento, o desenvolvimento das plantas e a produção de frutos (Gomes et al., 2011; Zeiger, 2009, Taiz et al., 2017).

Nesse sentido, com o objetivo de viabilizar a produtividade agrícola em regiões áridas e semiáridas a partir de fontes hídricas não convencionais, estudos estão sendo desenvolvidos a partir da utilização de estratégias consorciadas visando atenuar os efeitos da salinidade sobre culturas (Silva, 2018).

2.3 Água residuária cinza para fins agrícolas

A água cinza é constituída por componentes químicos presentes na formulação de produtos de higiene básica e de limpeza doméstica como sabões, cremes, shampoos, alvejantes, detergentes, entre outros. Portanto, é oriunda da realização de atividades de higiene básica e de limpeza doméstica, estando

incluídas nesse grupo águas oriundas da lavagem de roupas, de banhos e do lavatório de mãos do banheiro. Contudo, a água gerada na privada não entra na composição da água cinza. (Feitosa et al., 2011, Boyjoo et al. 2013).

A água cinza tem grande potencial para ser utilizada na irrigação agrícola, devido a concentração de nutrientes e menor contaminação por micro organismos patogênicos, quando comparada a água negra. Nesse sentido, por meio da adoção de alguns procedimentos ou manejos é possível moldar parâmetros físicos e químicos e otimizar a qualidade da água, tornando-a apropriada para utilização na irrigação de algumas espécies vegetais (Manfrin et al., 2019).

O tratamento pelo qual a água cinza será submetida dependerá da sua origem e conseqüentemente, da sua composição química e concentração de íons. A água cinza pode ser doméstica, originária do chuveiro, da pia da cozinha, do lavatório ou ter origem comercial, lavanderias comerciais e/ou industriais, lavatórios de edifícios públicos. A água cinza comercial é produzida em maior volume, no entanto, pode ter maior concentração de compostos nocivos às espécies vegetais (Melo, 2018).

Na agricultura irrigada, principalmente praticada por pequenos produtores rurais de regiões semiáridas, o reuso da água residuária pode ser uma ótima alternativa de produção de baixo custo, contribuindo para atendimento da necessidade hídrica das culturas e disponibilização de nutrientes (Nobre et al., 2010). Todavia, são necessárias políticas públicas voltadas ao financiamento desses sistemas e também à transmissão de informações por profissionais qualificados. Dessa forma, o uso da água residuária pode ser inovadora e promotora do desenvolvimento agrícola sustentável.

2.4- Impactos do hidretentor no solo

O hidrogel é um polímero hidretentor condicionador do solo capaz de armazenar quantidades significativas de água em sua estrutura sem dissolver. É uma alternativa de baixo custo que pode ser utilizada em solos com baixa disponibilidade hídrica e em solos de regiões cujos períodos de estiagem são longos, sendo de grande importância para o suprimento de água de forma gradativa para as plantas, o que otimiza o aproveitamento da água, o desenvolvimento das

plantas e reduz a frequência de irrigação (Azevedo et al., 2002; Kaewpirom e Boonsang, 2006; Rui et al., 2007; Mendonça et al., 2013).

Além de otimizar o uso da água, o hidrogel aumenta a eficiência da utilização de nutrientes pela planta, pois estoca em sua estrutura cátions e ânions em solução, disponibilizando-os para o sistema radicular da planta. Segundo Ortega-Torres et al. (2020), o hidrogel diminui a erosão do solo, a perda de nutrientes e tem a capacidade de armazená-los e liberá-los gradativamente de acordo com os processos fisiológicos de absorção e liberação, tornando o solo uma reserva não só de água, como também de nutrientes.

De acordo com a pesquisa realizada por Ortega-Torres et al. (2020) que tinha como objetivo avaliar a absorção de água e nutrientes e a produtividade por plantas de tomate e pepino em condições de estufa recebendo diferentes percentuais de hidrogel e fibra de coco, detectou-se aumento no comprimento das plantas de pepino, no comprimento do fruto e no diâmetro em comparação com o rendimento relatado na pesquisa de Marcano et al. (2012). Além disso, Ortega Torres et al. (2020) constataram maior eficiência no uso da água, melhora na absorção de nutrientes refletida na diminuição do uso de fertilizantes, manutenção da qualidade da água utilizada na experimentação e redução de custos.

Os hidrogéis podem armazenar de 150 a 400 vezes a sua massa em água, expandindo sua estrutura em até 100 vezes. Por isso, principalmente em períodos de escassez hídrica, possibilita maior capacidade real de água e maiores turnos de irrigação, o que reduz a frequência de irrigação. Somado a isso, os hidrogéis melhoram os atributos físico-químicos do solo, pois reduzem a lixiviação de nutrientes e aumentam a capacidade de troca catiônica (CTC), o que é favorável para o desenvolvimento e a produtividade das espécies vegetais (Azevedo et al., 2006; Marques et al., 2013; Navroski et al., 2015; Matos-Filho et al., 2020).

Segundo Matos-Filho et al. (2020), houve efeito significativo da aplicação de hidrogel sobre a variável altura em plantas de pimentão, contudo, o uso de hidrogel no solo não proporcionou aumento significativo na produção e na qualidade dos frutos, o que não corrobora com a afirmação feita por Demartelaere et al. (2020), que ao realizar uma revisão sistemática sobre a avaliação do uso de hidrogel na família das aliáceas concluíram que o uso do hidrogel pode acelerar o

desenvolvimento do sistema radicular e da parte aérea das plantas de cebola, garantindo alta produção.

Acredita-se que a discordância que existe na literatura sobre os benefícios do hidrogel para as espécies vegetais pode ser explicada pela diferença de espécies vegetais utilizadas nas pesquisas, assim como pelas particularidades fisiológicas de cada uma, pelas condições experimentais, pelas doses de hidrogel utilizadas e pelo tipo de solo. De acordo com a pesquisa de Ferreira et al. (2014), a qual tinha como objetivo avaliar a eficiência do hidrogel como alternativa para minimizar os efeitos do déficit hídrico em mudas de cultivares de tangerineiras ('Ortanique', 'Okitsu' e 'Clemenules') e de laranjeiras ('Navelina', 'Navelate' e 'Lanelate'), observou-se que o efeito do hidrogel sobre a manutenção do status hídrico de mudas cítricas é variável e dependente de mecanismos fisiológicos de resposta ao déficit hídrico, de modo que as espécies vegetais respondem de formas diferentes a aplicação do produto, o que reforça a necessidade de mais pesquisas.

2.5 Importância da matéria orgânica no solo

A matéria orgânica é um composto oriundo da decomposição de resíduos orgânicos vegetais ou animais por meio da atividade microbiana, majoritariamente realizada por bactérias e fungos. É composta por carbono (58%), oxigênio (33%), nitrogênio, fósforo, enxofre (3%) e hidrogênio (6%), sendo responsável por transformar os solos na maior fonte de carbono orgânico do ecossistema terrestre (Novaes et al., 2013; Cunha et al., 2016). A fotossíntese é a principal via de entrada do carbono orgânico no solo, que compreende a primeira fase denominada de fixação do carbono.

Contudo, fatores como intemperismo, atividade de água, temperatura, umidade relativa e microbiota são fundamentais para garantia da dinâmica de equilíbrio da matéria orgânica. Esses fatores, além de influenciarem na entrada da matéria orgânica no solo, podem contribuir para a sua mineralização e liberação de nutrientes fundamentais aos micro organismos e as plantas (Novaes et al., 2013; Costa et al., 2013).

Os principais nutrientes oriundos da fixação de CO₂ são carboidratos como amidos, lignina, celulose e hemicelulose, proteínas e ácidos nucleicos, que são exsudados e retornam ao solo. Os micro organismos utilizam esses substratos como

fontes energéticas e proteicas. Posteriormente, ocorre a quebra das ligações químicas que formam essas macromoléculas, por meio da oxidação respiratória, tendo como principais produtos compostos orgânicos simples e elementos minerais, processo conhecido como decomposição ou mineralização (Novaes et al., 2013). Assim, percebe-se que existe uma relação diretamente proporcional entre a quantidade de substratos orgânicos oriundos da fotossíntese e a taxa de mineralização proporcionada pela atividade microbiana.

Após ser incorporada ao solo, a matéria orgânica é capaz de otimizar atributos químicos, físicos e biológicos do solo. Por meio da decomposição, ocorre a liberação de compostos nitrogenados e sulfurados que são de grande importância para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Além disso, a matéria orgânica é a principal responsável pela liberação de cargas negativas no solo, o que é fundamental para a formação de uma fase coloidal (reserva) com bom aporte de nutrientes que posteriormente podem ser desorvidos, refletindo no aumento da capacidade de troca catiônica (CTC efetiva) (Novaes et al., 2013).

Em solos ácidos, cujo pH varia de 3,0 a 4,5, a inclusão de matéria orgânica é capaz de neutralizar a toxicidade de íons de hidrogênio e alumínio trocáveis, pois é capaz de interagir com íons em solução, por meio da complexação, formando agregados insolúveis. Somado a isso, é capaz de aumentar a concentração de nutrientes no solo, reduzindo a atividade de íons tóxicos às plantas (Costa et al., 2013).

Na estrutura física, a matéria orgânica é capaz de formar agregados com argilas e outros componentes do solo, resultando em um solo bem estruturado, estabilizado e mais firme, o que é fundamental, inclusive, para proporcionar maior retenção de água. Segundo Balin et al. (2017), um solo com maior aporte de matéria orgânica oriunda da deposição de resíduos vegetais apresenta maior estabilidade dos agregados, menor densidade do solo e maior percentual de porosidade total. O aumento da microporosidade aumenta a retenção de água no perfil do solo, diminui a lixiviação de nutrientes e erosão do solo (Novaes et al., 2013).

Conseqüentemente, a preservação da umidade do solo e a maior disponibilidade de nutrientes são fatores extremamente favoráveis ao aumento da massa e da atividade microbiana, que é a principal responsável pela mineralização da matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes. Os micro organismos que possuem

funções específicas como redução do tamanho do material orgânico, separação dos componentes do material, mistura de componentes orgânicos e inorgânicos, formação e manutenção dos poros, podem ter sua atividade reduzida em função do tipo de matéria orgânica e da qualidade (Novaes et al., 2013).

2.6 Características vegetativas da pinha e sua importância econômica

A pinha (*Annona squamosa L.*) pertence à família das anonáceas, sendo deste grupo a espécie cujo fruto é mais apreciado em comparação as demais devido ao sabor agradável. É uma espécie de porte arboreo ou arbustivo, com altura na fase adulta que varia de 4 a 6 metros, tronco lenhoso, folhas lanceoladas verdes brilhante na porção superior e na inferior coloração verde azulada, com dimensões que variam de 5 a 15 centímetros de comprimento e de 2 a 5 centímetros de largura (Dias et al., 2003; Cordeiro et al., 2000; Mendes et al., 2017).

As flores são hermafroditas, sendo nas primeiras 23 horas, femininas e nas 23 horas restantes, masculinas. A antese floral ocorre às 5 da manhã, favorecendo a polinização cruzada, que é realizada, em sua maioria, por besouros que são atraídos pelo odor forte e desagradável liberado pelas flores. A alternância de sexo das flores, do feminino para o masculino, ocorre às 4 da manhã. Possuem três pétalas e três sépalas, com pétalas de coloração amarela esverdeada na região externa e amarela com manchas roxas na base (Cordeiro et al., 2000, Ribeiro et al., 2007; Mendes et al., 2017).

O fruto se desenvolve a partir do ovário após fecundação. Possui formato arredondado ou ovóide, coloração esverdeada, com diâmetro médio de 7,5 centímetros (Cordeiro et al., 2000), média de peso de aproximadamente 475 gramas, podendo atingir até 800 gramas, 64,66 sementes/fruto, com peso médio de 26,9 gramas. Quanto aos parâmetros químicos, possui pH médio de 5,55, Brix de 25,10, percentual médio de lignina e celulose de, respectivamente, 15,15% e 30,14%. Sua maturação é considerada rápida, com intervalo de 110 a 145 dias, estando os frutos prontos para a colheita e o consumo (Kavati, 1997; Dias et al., 2003; Silva et al., 2007).

No tocante as características biométricas e produtivas da pinha, estas podem ser otimizadas por meio da adoção da poda de crescimento, que é uma estratégia que possibilita a produção mais acelerada de frutos e em período de entressafra,

constituindo uma fonte de renda extra e de alta viabilidade econômica para produtores, uma vez que proporciona a produção de frutos maiores, resultando na obtenção de renda compensatória (Ferreira, 1997; Cordeiro et al., 2000; Dias et al., 2003; Dias et al., 2004). Segundo Kavati (1997), os ramos da pinheira cresceram em média 40 centímetros no período de 6 meses nas condições climáticas do estado de São Paulo.

Contudo, como constatado por Dias et al. (2003), após a poda, foi possível obter um crescimento médio de 59 centímetros dos ramos da pinha no período de 5 meses nas condições edafoclimáticas do Semiárido Nordestino. Em relação ao diâmetro dos ramos da pinha entre o período da poda e a colheita dos frutos (145 dias), houve um crescimento de 3 milímetros.

Quando a distribuição geoespacial, a Pinha é uma espécie vegetal amplamente cultivada em vários estados do Brasil, com destaque para Bahia (BA), São Paulo (SP), Minas Gerais (MG) e Alagoas (AL), devido ao clima tropical que favorece o crescimento e o desenvolvimento, assim como, a produção de frutas de qualidade, resultando no contínuo abastecimento do mercado e no aumento da procura pelos consumidores. Além disso, as frutas têm preço de mercado atrativo para os produtores, estimulando o aumento das áreas de cultivo (Costa et al., 2002; Ribeiro et al., 2008).

No Nordeste brasileiro, o cultivo da Pinha tem crescido de forma acentuada, principalmente quando utilizado o sistema de irrigação para atendimento da demanda hídrica da espécie. De toda forma, a região apresenta condições edafoclimáticas favoráveis ao desenvolvimento da Pinha, viabilizando sistemas de produção menos tecnificados, que geralmente são gerenciados por pequenos agricultores. Em sistemas altamente tecnificados, a produção de frutas ocorre durante todo o ano, movimentando recursos de forma contínua e impulsionando a economia de cidades e de municípios carentes (Lima, 2013).

Segundo Pelinson et al. (2005), o retorno financeiro oriundo da comercialização de frutas de Pinha, entre 2001-2002 na cidade de Jales, SP, produzidas em sistemas altamente tecnificados foi superior ao advindo de sistemas convencionais, com respectivas receitas brutas de R\$ 10.292,20 e R\$ 4.375,00, em função da manutenção da produtividade em períodos cujo preço da fruta encontrava-se elevado. Os pesquisadores afirmaram que no período de outubro a

dezembro a comercialização da fruta é mais rentável, pois atinge o mais alto valor de mercado.

O valor da fruta é atribuído em função da qualidade e do tamanho. Os maiores frutos são os mais atrativos para os consumidores, os quais adquirem diretamente do pequeno varejista e consomem a fruta preferencialmente in natura. Contudo, a depender da época do ano, não é possível encontrá-la facilmente. Fatores como umidade, temperatura e fotoperíodo podem favorecer o desenvolvimento de insetos-praga que comprometem o desenvolvimento da fruta, ocasionando o desabastecimento do mercado varejista e a redução da movimentação de recursos oriundos da execução dessa atividade (Cordeiro et al., 2000).

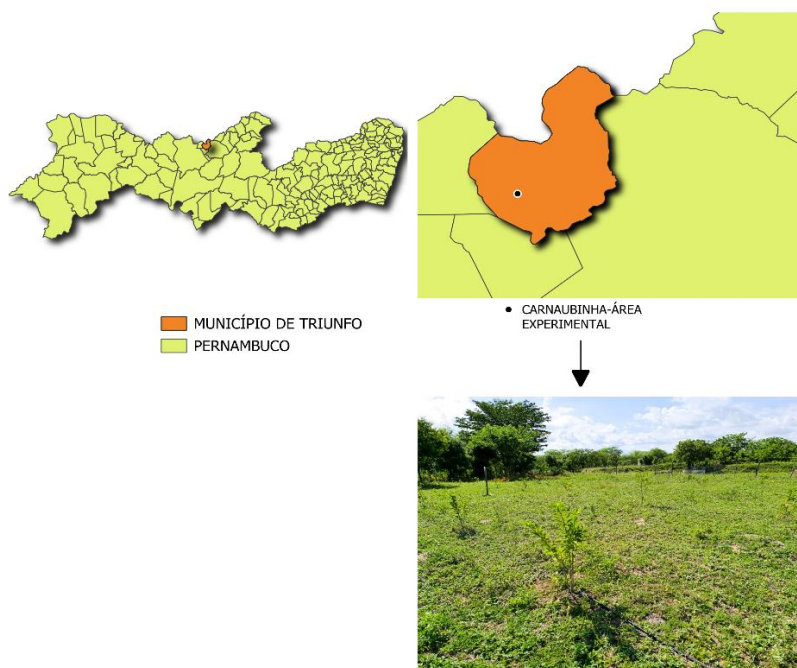
A viabilidade econômica da comercialização de Pinha é significativa desde os anos 2000. De acordo com Cordeiro et al. (2000), nas regiões de Jales, Mirandópolis e Lins, localizadas em São Paulo, um hectare de Pinha rendeu aproximadamente R\$ 100 mil reais para pequenos produtores rurais. Na época, o valor unitário da fruta era de cerca de R\$ 5,00 reais. Acredita-se que na safra de 2023-2024, o rendimento oriundo da comercialização da Pinha seja quase o triplo em comparação ao dos anos 2000, em função do emprego de tecnologias agrícolas capazes de otimizar o cultivo da cultura com um menor custo de produção e do significativo aumento do valor de comercialização da fruta. Além desses fatores, a utilização de águas não convencionais, como a cinza ou salina, possibilita a manutenção da produtividade da Pinha principalmente em regiões semiáridas, favorecendo o aumento do retorno financeiro para pequenos agricultores da região.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida em condições de campo, em uma propriedade de agricultores familiares localizada em Carnaubinha, pertencente ao município de Triunfo, no Estado de Pernambuco - PE, Brasil ($7^{\circ}53'31''\text{S}$ $38^{\circ}03'22''\text{W}$ e 481 metros de altitude), a uma distância de aproximadamente 37 quilômetros (km) de Serra Talhada-PE e também na área experimental da Unidade Acadêmica da UFRPE, em Serra Talhada, onde foram realizados procedimentos complementares em laboratório referentes às amostras coletadas em campo. O clima da região é classificado segundo Köppen como Bsh- clima Semiárido quente e seco, onde durante o tempo de execução da pesquisa as normais climatológicas Evapotranspiração anual de referência, temperatura média anual e precipitação pluviométrica anual foram respectivamente 1939,6 mm (INMET, 2025), 27 Graus Celsius (APAC, 2023) e 857, 8 mm (INMET, 2025). A ilustração da representação geográfica da área experimental encontra-se apresentada na Figura 1.

Figura 1. Mapa representativo da localização geográfica da área experimental em Carnaubinha, no município de Triunfo e da Unidade Acadêmica (UFRPE) de Serra Talhada, Estado de Pernambuco, Brasil.



3.2 Delineamento experimental e tratamentos

Adotou-se Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), analisado em esquema fatorial duplo, do tipo 2x3, com 3 repetições, totalizando 18 unidades experimentais. O primeiro fator foi o tipo de água para irrigação (Água cinza filtrada - AC; Água de poço semiartesiano - AP); o segundo fator foi combinações entre matéria orgânica (MO) e um polímero hidroretentor, denominado hidrogel (H), o que resultou na formação de diferentes combinações (presença de Hidrogel e Matéria Orgânica [HMO]; ausência de Hidrogel e de Matéria orgânica [AHMO]; presença de Matéria Orgânica [MO]). Neste sentido, originou-se uma combinação num total de 6 tratamentos (AC + HMO; AC - AHMO; AC + MO; AP + HMO; AP - AHMO; AP + MO).

3.3 Caracterização dos melhoradores de solo

Como fonte de matéria orgânica (Tabela 1) foi utilizado o esterco bovino na dose de 4,8 quilogramas por planta como também utilizado por Silva et al. (2020). Em relação ao hidrogel (Tabela 1), a dose utilizada por parcela foi de 5 g L⁻¹ com base na recomendação do fabricante (Hidroterragel, 2023).

Tabela 1. Características dos melhoradores aplicados ao solo da área experimental

Característica	Esterco bovino	Hidrogel
pH	7,42	6,34
CE (dS m ⁻¹)	3,26	0,36
Nitrogênio (g kg ⁻¹)	10,4	—
Fósforo (g kg ⁻¹)	5,28	—
Potássio (g kg ⁻¹)	10,5	—
Cálcio (g kg ⁻¹)	11,2	—
Magnésio (g kg ⁻¹)	6,8	—
Carbono (g kg ⁻¹)	113,3	—
Substância	—	Acrilamida e Acrilato de sódio
Aspecto	Material homogêneo de cor marrom esverdeado sem odor	Pó branco
Densidade relativa (g cm ⁻³)	0,25	0,8
Degradabilidade	Biodegradável	Biodegradável

3.4 Caracterização e tipologia das águas

A água residuária cinza utilizada na irrigação das plantas de pinha foi gerada numa residência de pequenos produtores e captada por meio da instalação de um sistema de reúso da água cinza (RAC) composto por duas caixas de gordura contendo um cesto com pequenos orifícios onde ficam retidos resíduos maiores presentes na água cinza bruta. A caixa de gordura localizada à esquerda da residência recebe água cinza produzida na lavanderia e nas instalações sanitárias do banheiro, com exceção do vaso sanitário. A estrutura situada à direita recebe água cinza gerada na pia da cozinha. Estas estruturas estão interligadas por tubos de policloreto de vinila (PVC) que viabilizam o percurso da água até uma caixa de passagem/inspeção. Na Figura 2 a seguir apresenta-se o detalhamento das estruturas integradas do sistema.

Figura 2. Detalhamento do sistema de captação da água cinza bruta.



Após a passagem pela caixa de inspeção a água cinza bruta é direcionada para um filtro físico composto por quatro camadas, formadas por cascalho, brita, areia e folhas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro*), tendo cada uma 20 centímetros de espessura (Figura 3), desaguando num tanque de armazenamento com capacidade para mil litros (1000 L). A partir do tanque de armazenamento a água cinza filtrada é bombeada passando por um filtro de disco, com o volume consumido sendo medido num hidrômetro posicionado na saída do recalque (Figura 4).

Figura 03. Detalhamento do filtro físico e suas respectivas camada



Figura 04. Hidrômetro instalado na saída do recalque.



A água subterrânea origina-se de um poço semiartesiano escavado, a qual é bombeada por uma bomba submersa para uma cisterna com capacidade de cinquenta e dois mil litros (52.000 L) [Figura 5], sendo em seguida rebombeada para o sistema de irrigação por gotejamento (Figura 06).

Figura 5. Sistema de recalque da água do poço semiartesiano.



Figura 6. Sistema de irrigação por gotejamento instalado na área experimental.



No início da condução do experimento, amostras da água cinza filtrada (coletada na tubulação no final da linha de distribuição no sistema em funcionamento) e da água salina advinda do poço semiartesiano (coletada na saída do poço), foram enviadas ao laboratório privado Plant Soil localizado na cidade de Petrolina (água cinza filtrada e água do poço – Tabela 2) para serem analisadas quanto aos atributos físico-químicos.

Tabela 2. Atributos físico-químicos das águas utilizadas na área experimental.

Parâmetro analisado	Água cinza filtrada (ACF)	Água do poço semiartesiano (AP)
Condutividade elétrica (dS m ⁻¹)	0,99	1,87
pH	7,81	7,54
Cálcio (mmol _c L ⁻¹)	2,45	4,96
Magnésio (mmol _c L ⁻¹)	1,54	4,72
Dureza - CaCO ₃ (mg L ⁻¹)	199,60	484,8
Potássio (mmol _c L ⁻¹)	0,45	0,29
Sódio (mmol _c L ⁻¹)	3,99	7,91
Carbonato (mmol _c L ⁻¹)	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol _c L ⁻¹)	7,70	10,40
Cloreto (mmol _c L ⁻¹)	1,62	9,05
Sulfato (mmol _c L ⁻¹)	0,08	0,18
Boro (mg L ⁻¹)	0,08	0,08
Cobre (mg L ⁻¹)	0,06	0,04
Ferro (mg L ⁻¹)	0,03	0,03
Manganês (mg L ⁻¹)	< LQ	0,03
Zinco (mg L ⁻¹)	0,006	0,02
Sodicidade e Classe para Irrigação		
RAS ¹ /(mmol _c L ⁻¹) ^{-0,5}	2,83	3,60
RAS ² /(mmol _c L ⁻¹) ^{-0,5}	3,57	4,52
Classe	C ₂ S ₁	C ₃ S ₁

3.5 Caracterização do solo da área experimental

Anterior à imposição dos tratamentos, amostras do solo da área experimental (irrigada com água cinza filtrada e água de poço semiartesiano) foram coletadas em zigue-zague, de pelo menos cinco pontos, a uma profundidade de 20 centímetros. Posteriormente, foram homogeneizadas para a retirada de uma amostra representativa do solo. A amostra foi enviada ao laboratório Plant Soil a fim de analisar os atributos físicos, granulométricos e a composição química, cujos dados podem ser observados, respectivamente, nas tabelas 3 e 4 a seguir.

Tabela 3. Atributos físicos e frações granulométricas do solo da área experimental.

Atributos físicos						
Camada (cm)	Ds ^{1/} (g cm ⁻³) ³⁾	Dp ^{2/} (g cm ⁻³)	ADA ^{3/} (%)	Pt ^{4/} (%)	Gdis ^{5/} (%)	Gflo ^{6/} (%)
0 - 20	1,71	3,13	3,20	45,39	56,8	43,2
Frações granulométricas						
Camada (cm)	Areia grossa %	Areia fina %	Silte %	Argila %	Classificação textural	
0 - 20	46,83	33,03	14,50	5,64	Areia franca	

Ds1/ Densidade aparente do solo; Dp2/ Densidade real de partículas; ADA3/ Argila dispersa em água; Pt4/ Porosidade total; Gdis5/ Grau de dispersão; Gflo6/ Grau de floculação.

Tabela 4. Composição química e CE do solo da área experimental.

Atributo	Camada (cm) 0-20	Camada (cm) 20-40
Matéria orgânica (g dm ⁻³)	14,7	11,6
P- mehlich (mg dm ⁻³)	58,3	7,00
P- resina (mg dm ⁻³)	50,3	8,00
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	6,06	2,26
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,85	0,85
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,29	0,20
Na ⁺ (cmol _c /dm ³)	0,12	0,10
S/bases (cmol _c dm ⁻³)	7,32	3,42
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,00	0,00
H+Al (cmol _c dm ⁻³)	0,02	0,12
T (cmol _c dm ⁻³)	7,35	3,54
m (%)	0,00	0,00
V (%)	99,7	96,6
pH (água)	7,30	6,20
Ca/Mg	7,10	2,70
Ca/K	20,6	11,1
Mg/K	2,90	4,10
Cálcio (%)	82,5	64,0
Magnésico (%)	11,5	24,0
Potássio (%)	5,00	5,80
Sódio (%)	1,70	2,80
CE (dS m ⁻¹)	1,00	0,40

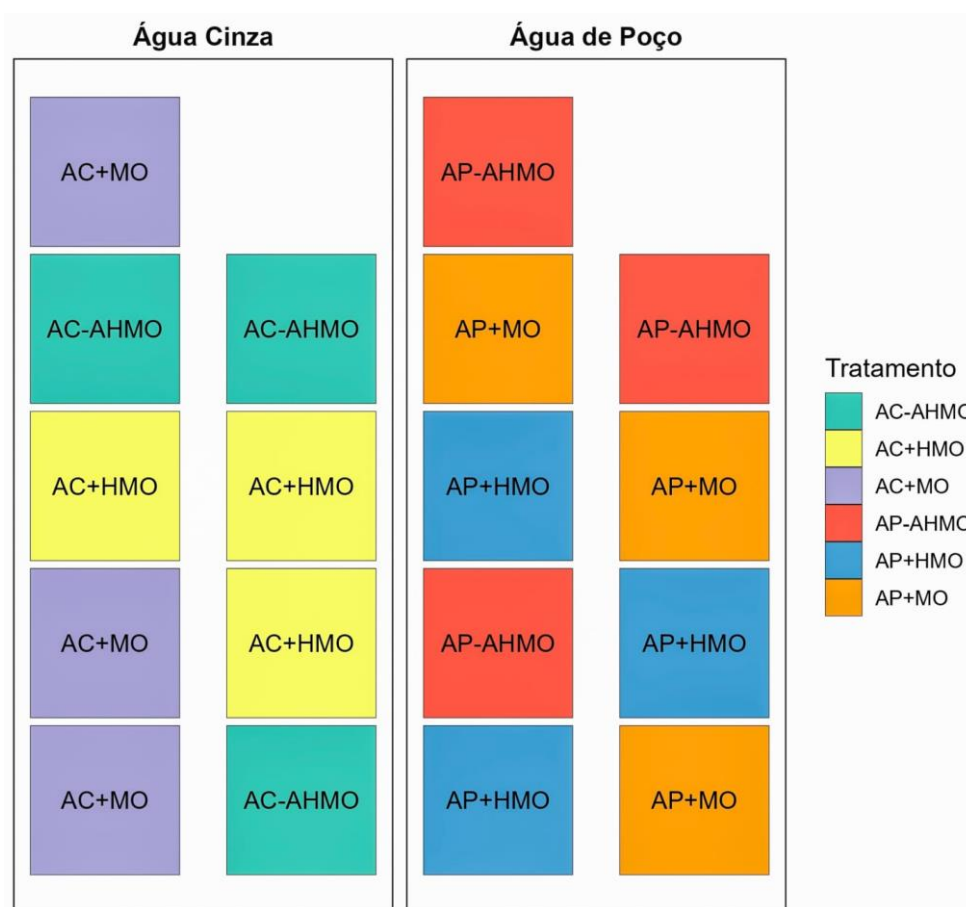
P - mehlich: Fósforo ligado ao Cálcio; P – resina: Fósforo trocável; S/bases: Saturação por bases; Al³⁺: Alumínio trocável; H+Al: Acidez potencial; T: Capacidade de troca de cátions total; m(%): Saturação por alumínio; V(%): Saturação por bases; pH: potencial hidrogeniônico; CE: condutividade elétrica.

De acordo com as análises, o solo foi classificado como não salino, franco arenoso, com predomínio da fração areia.

3.6 Detalhamento da área experimental

Cada parcela experimental foi composta de uma planta, cujos dimensionamentos são de quatro metros de distância entre plantas e de cinco metros de distância entre linhas, perfazendo cem metros quadrados de área útil por parcela. A área experimental conta com um total de dezoito parcelas divididas em duas áreas, contendo na área 01 nove parcelas irrigadas com água cinza filtrada e na área 02 nove parcelas irrigadas com água de poço. O croqui do experimento encontra-se apresentado a seguir.

Figura 7. Croqui do delineamento experimental em Carnaubinha, Triunfo-PE



3.7 Manejo da área experimental

As mudas de pinha pertencem a cultivar Fa-01. Foram produzidas no estado de Goiás. Após solicitação mediante a implantação da presente pesquisa, as mudas foram enviadas ao viveiro certificado Agropaz paisagismo, lotado na cidade de Custódia, Pernambuco, sendo posteriormente transportadas para a área experimental em Carnaubinha, no município de Triunfo, estado de Pernambuco. O transplântio das mudas ocorreu aos 40 dias após a germinação quando as plantas apresentavam 15 centímetros de altura.

As covas para o transplântio foram abertas na dimensão de 20 x 20 x 20 cm e em seguida foram adicionados e incorporados a matéria orgânica e o hidrogel, conforme tratamentos pré-estabelecidos. Em função do resultado da análise química de solo não foi necessária a realização de correção de acidez ou adubação química. Amostras de solo abaixo das linhas de irrigação foram coletadas a uma profundidade de até 20 cm antes do início da aplicação dos tratamentos e após o término do tempo experimental para análise do extrato de saturação, objetivando-se verificar o impacto da aplicação dos diferentes tipos de água utilizada na irrigação sobre a salinidade secundária do solo.

O volume de chuvas foi monitorado ao longo do tempo de 8 meses, novembro de 2023 a junho de 2024, a partir de um pluviômetro instalado no interior da área experimental, de forma a permitir monitorar e quantificar o impacto das precipitações sobre os tratamentos e a dinâmica de desenvolvimento das plantas.

O sistema de irrigação adotado foi o de gotejamento, em função do baixo volume de água produzido e da qualidade sanitária da água ofertada pelo sistema de reúso. Esta estratégia garante uma melhor eficiência de aplicação da água, menores perdas por evaporação e menor chance de contaminação de alimentos e consumidores em função da aplicação localizada da água residual, evitando-se o contato com a parte aérea (folhas e frutos).

Como tratamentos culturais, foi realizado, a cada seis meses, o controle de plantas invasoras por meio do roço entre linhas e próximo as parcelas experimentais, a fim de reduzir a competição entre espécies invasoras e a pinha. O material orgânico formado de restos de partes vegetativas das plantas invasoras foi utilizado para a realização do coroamento na base do caule das plantas de pinha, com o objetivo de

reduzir a perda de água oriunda da irrigação por meio da evaporação. Para o controle de pragas na cultura, foi preparado e aplicado extrato de neem (*Azadirachta indica*). Para o preparo, seguiu-se a proporção de cerca de 450 gramas de folhas verdes para 1 litro de água. As folhas foram trituradas em liquidificador formando uma solução concentrada. Em seguida, a mesma foi filtrada com o auxílio de uma peneira e posta para ficar em repouso por 24 horas. A aplicação do extrato de neem foi realizada na parte aérea da pinha por meio do uso de um borrifador.

Para avaliar as respostas biométricas das plantas aos tratamentos impostos e aos fatores abióticos, foram mensurados, mensalmente, a altura (medindo-se do colo da planta ao ápice dos sistemas meristemáticos em evolução com uso de uma trena) e o diâmetro de caule (medindo-se no colo da planta rente ao solo com auxílio de um paquímetro) durante quatorze meses, dezembro de 2023 a janeiro de 2025.

Os componentes do sistema de reúso da água residuária cinza (RAC), especificamente as caixas de gordura, a caixa de passagem/inspeção e o filtro físico foram manejados periodicamente, com o objetivo de manter a qualidade da água cinza filtrada, sendo submetidos a limpeza e reparos.

Os sedimentos retidos no mecanismo de retenção de sedimentos das caixas de gordura foram recolhidos semanalmente nos primeiros dois meses, dezembro de 2023 a janeiro de 2024. Posteriormente, passaram a ser recolhidos mensalmente durante cinco meses. Os resíduos foram postos para secar ao ar livre e pesados em balança digital (Figura 8).

Cerca de 40 gramas de sedimento foram colocadas em garrafas pet e diluídas em 40 mililitros de água destilada, formando-se uma solução. As amostras foram colocadas em misturador por 24 horas até a homogeneização, com o objetivo do material atingir consistência pastosa. Em seguida, realizou-se a mensuração da condutividade elétrica e do pH das pastas saturadas dos sedimentos por meio do uso do multiparâmetro profissional da marca Waterproof.

A caixa de passagem foi higienizada durante sete meses com escova e os sedimentos removidos. As camadas do filtro físico foram renovadas/limpas a cada seis meses.

Figura 8. Sedimentos recolhidos das caixas de gordura do RAC de Carnaubinha – Triunfo/PE



A realização deste manejo, em diferentes frequências temporais, se deu com o objetivo de apresentar a importância da adoção de estratégias básicas de otimização da qualidade de águas alternativas utilizadas na irrigação de espécies vegetais destinadas não só ao consumo humano como também usadas na alimentação de animais herbívoros/onívoros, pois fornece resultados que reforçam a necessidade dos usuários de tais sistemas produtivos adotarem práticas que viabilizem o emprego de tais recursos hídricos, reduzindo impactos adversos sobre espécies vegetais, usuários de sistemas de reúso de águas, solos e recursos hídricos potáveis.

A salinidade dos diferentes tipos de água (cinza bruta, cinza filtrada e do poço semiartesiano) foi monitorada durante os quatorze meses a partir da medição do potencial hidrogeniônico (pH) e da condutividade elétrica (CE) utilizando-se um multiparâmetro profissional da marca Waterproof. Paralelamente, dados referentes aos constituintes básicos lançados na água cinza bruta pela família agricultora no cotidiano de sua residência, com estimativa de quantidades e tipologia dos produtos utilizados na

higienização de ambientes e pessoas, foram coletados quinzenalmente por três meses a partir da aplicação de questionário semiestruturado respondido pelos produtores.

Os dados foram organizados em planilhas de excel e submetidos a uma análise descritiva no programa estatístico Rstúdio versão 2022.02.0 Build 443. Os dados biométricos de altura e diâmetro de caule da pinheira foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e quando significativos, ao teste de médias por meio do método de Tukey a 5% de significância.

3.8 Caracterização do sistema de irrigação na área experimental

O volume de água utilizado na irrigação das plantas com água cinza filtrada foi monitorado no manômetro instalado na saída do sistema de recalque. É importante enfatizar que a frequência de irrigação a partir da ativação do sistema de bombeamento variou no tempo em função da dinâmica de produção da água cinza bruta no tocante as demandas internas da residência (atividades de higiene de espaços e pessoas). Neste sentido, a bomba foi programada para ser ativada sempre que o reservatório apresentasse condições de bombeamento sem provocar a cavitação da bomba. Desta forma, o tempo de funcionamento da bomba se deu em função do volume de água cinza filtrada presente no taque de armazenamento para reúso.

3.8.1 Uniformidade e eficiência de aplicação da água cinza filtrada e da água do poço semiartesiano

Os procedimentos aplicados para coleta dos dados destinados a determinação do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e de Eficiência de Aplicação (EA) do sistema de irrigação com água cinza filtrada e água de poço, a partir das vazões coletadas nos emissores, estão descritos a seguir, conforme metodologia proposta por Keller e Karmeli (1975).

Nas quatro linhas laterais que compõem o sistema foram monitorados quatro emissores em cada uma delas, em bom funcionamento, totalizando 16 emissores na

coleta, sendo: a) o 1º gotejador da linha; b) o 2º gotejador situado a 1/3 da linha; c) o 3º gotejador situado a 2/3 da linha e d) o último gotejador da linha.

A vazão de cada emissor foi coletada separadamente usando recipientes apropriados, sendo os volumes captados medidos em provetas graduadas; durante uma hora de coleta das lâminas, cronometrou-se o tempo com o devido rigor na quantificação das vazões coletadas.

As medições das pressões foram realizadas concomitantemente a coleta das vazões, também durante o tempo de uma hora, em manômetros previamente instalados no final da primeira e da última linha, sendo as leituras realizadas a cada dez minutos durante todo tempo de realização dos testes na rede.

Os dados obtidos permitiram, a partir de modelo matemático pré-existente, determinar o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição da água, proposto por Clemmens e Solomon (1997), qualificando a eficiência de distribuição e de aplicação da água ao longo do sistema de irrigação, calculado pela Equação 01 a seguir:

$$\text{Equação 01: } CUD = \frac{q_n}{q_a} \times 100$$

Onde:

CUD é o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição da água; q_n é a vazão média dos 25% menores valores de q em $L h^{-1}$; q_a = vazão média de todos os emissores em $L h^{-1}$;

A partir do Coeficiente de Uniformidade de Distribuição calculou-se a Eficiência de Aplicação da água no sistema, de acordo com o proposto por Merriam e Keller (1978) por meio da Equação 2:

$$\text{Equação 02: } \boxed{Ea = CUD \times 0,90}$$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização e qualificação da água cinza produzida na unidade familiar

Vem se tornando um consenso entre os pesquisadores de águas cinzas que ocorre uma relação direta entre a frequência da limpeza da caixa de gordura, refletindo o cuidado da família agricultora com o sistema, inclusive diminuindo o nível de microrganismos patógenos, e os bons resultados da qualidade da água destinada ao reúso, indicando a necessidade desta tecnologia funcionar sob um manejo minimamente frequente, de forma que, quanto mais rápido forem retirados os dejetos de gordura e outros elementos presentes no efluente mais eficaz se torna o sistema de filtragem e menor o risco de contaminação dos usuários e alimentos produzidos (Costa et al., 2022). Nas Tabelas 5 e 6 apresentadas a seguir, é possível visualizar o conteúdo de sedimentos removidos semanalmente (Figura 7) entre os meses de dezembro de 2023 a janeiro de 2024 e mensalmente, de fevereiro a junho de 2024.

Tabela 5. Peso (g), Condutividade Elétrica e pH dos sedimentos removidos das caixas de gordura em intervalos semanais de dezembro de 2023 a janeiro de 2024.

Data da coleta	Peso (g)	pH	CE (dS/m)
08/12/2023	900	6,26	1,6
15/12/2023	400	6,27	1,3
22/12/2023	365	3,84	1,5
29/12/2023	330	3,41	1,9
05/01/2024	215	3,40	1,9
12/01/2024	390	3,77	2,2
19/01/2024	235	5,00	2,5
26/01/2024	245	4,32	1,9
Média	385	-	1,85

Tabela 6. Peso (g), Condutividade Elétrica e pH dos sedimentos removidos das caixas de gordura em intervalos mensais de fevereiro a junho de 2024.

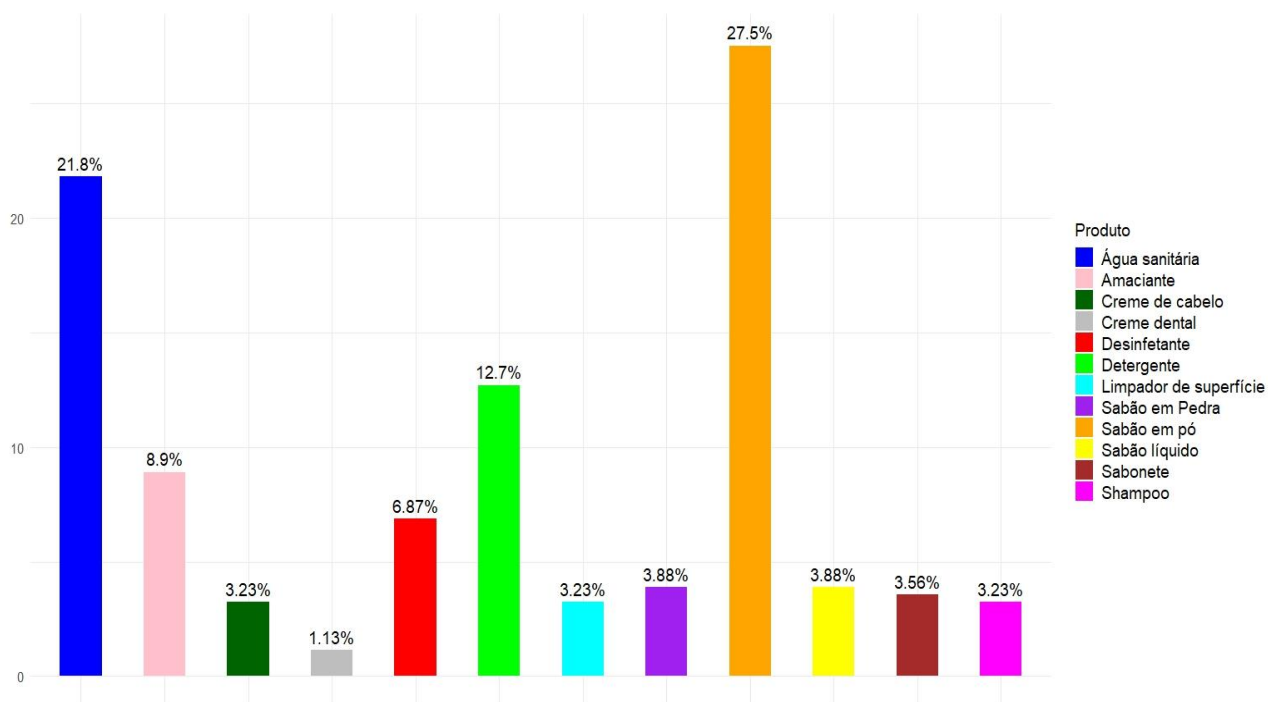
Data da coleta	Peso (g)	pH	CE (dS m⁻¹)
22/02/2024	990	3,62	2,0
22/03/2024	465	4,83	3,0
25/04/2024	770	7,56	6,7
22/05/2024	725	6,94	3,0
20/06/2024	680	5,73	3,4
Média	625	-	3,62

O manejo semanal das caixas de gordura proporcionou a redução dos resíduos sólidos retidos na peneira. Quando adota-se um turno de limpeza de 30 dias, tem-se um reflexo importante na salinidade acumulada média deste material. A diminuição do tempo de manejo das caixas, proporciona uma redução na CE da ordem de 51,1%, reforçando a indicação de que o manejo semanal da caixa de gordura melhora substancialmente a qualidade da água cinza disponibilizada para a irrigação das culturas.

Além do mais, a depender da instalação sanitária onde a água residuária cinza está sendo produzida, os resíduos retidos em caixas de gordura podem carregar em sua estrutura elevadas concentrações de compostos ou moléculas que quando hidrolisados liberam íons que reduzem a qualidade da água cinza voltada para irrigação, pois quantidades excessivas de alguns íons, além de aumentar a salinidade da solução, também podem passar a ser tóxicas para a maioria das espécies vegetais (Mohamed et al., 2018; Anwar et al., 2022).

É importante notar que a variabilidade dos produtos utilizados no interior da casa apresenta uma correlação direta com os hábitos de higiene empregados pela família, o poder econômico do grupo familiar e a facilidade ou não de acesso aos produtos a serem utilizados. Neste sentido, apresentamos a seguir a relação dos principais grupos de produtos utilizados pela família agricultora ao longo do tempo e que estão presentes na água cinza destinada a irrigação da área cultivada com a pinha, conforme explicitado na Figura 9.

Figura 9. Rol dos principais produtos utilizados pelo grupo familiar de agricultores no cotidiano da limpeza pessoal e da higienização de utensílios de cozinhas e roupas.



Os íons existentes na água cinza bruta na forma de NaOH^- (hidróxido de sódio) estão presentes na composição de sabões em barra, em pó ou líquidos, como também shampoos e de outros produtos de higiene pessoal e doméstica. Tais produtos ao serem utilizados na higienização de objetos e/ou pessoas, promovem a ocorrência de uma reação química entre a base (NaOH^-) e a gordura com a qual entrou em contato, conhecida como emulcificação, promovendo o rompimento das ligações químicas de lipídeos (Souza, 2025). No entanto, esta base fica ligada às moléculas de gordura sendo também liberada para a água, onde, a hidroxila OH^- se liga ao H^+ (hidrogênio), liberando íons de sódio (Na^+) que passam a ser transportados pela água cinza.

O potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) são parâmetros importantes da água residuária cinza que podem ser moldados em função da natureza dos íons presentes na água, da concentração iônica e dos manejos realizados. As Tabelas 7 e 8 a seguir apresentam a dinâmica média destes parâmetros ao longo do tempo de monitoramento experimental.

Tabela 7. Potencial hidrogeniônico (pH) das águas utilizadas na área experimental ao longo do tempo de monitoramento experimental de dezembro de 2023 a janeiro de 2025.

Época da amostragem	Água do poço semiartesiano*	Água cinza bruta	Água cinza filtrada
Dezembro de 2023	7,56	6,40	7,51
Janeiro de 2024	6,64	5,00	6,33
Fevereiro de 2024	6,52	4,90	6,30
Março de 2024	6,23	4,33	7,23
Abril de 2024	6,60	5,73	6,63
Mai de 2024	6,30	5,24	5,51
Junho de 2024	6,50	6,00	5,95
Julho de 2024	6,94	6,75	6,85
Agosto de 2024	6,62	4,74	7,00
Setembro de 2024	6,27	4,33	6,47
Outubro de 2024	6,30	5,00	6,70
Novembro de 2024	6,35	5,63	5,90
Dezembro de 2024	6,12	4,89	6,80
Janeiro de 2025	6,27	4,33	6,47
Média	6,51	5,23	6,54

* Fonte de abastecimento da residência rural e base na formação da água cinza.

Tabela 8. Condutividade Elétrica (CE – dS m⁻¹) das águas utilizadas na área experimental ao longo do tempo de monitoramento experimental de dezembro de 2023 a janeiro de 2025.

Epoca da amostragem	Água do poço semiartesiano*	Água cinza bruta	Água cinza filtrada
Dezembro de 2023	1,82	0,95	0,99
Janeiro de 2024	1,78	0,60	0,81
Fevereiro de 2024	1,71	0,59	0,75
Março de 2024	1,71	1,68	0,71
Abril de 2024	1,82	0,63	0,72
Mai de 2024	1,74	0,57	0,61
Junho de 2024	1,72	0,55	0,81
Julho de 2024	1,80	2,02	1,14
Agosto de 2024	1,92	0,74	1,30
Setembro de 2024	1,74	0,61	0,82
Outubro de 2024	1,20	0,60	0,80
Novembro de 2024	1,56	0,52	0,95
Dezembro de 2024	1,74	0,68	0,90
Janeiro de 2025	1,74	0,61	0,82
Média	1,71	0,81	0,86
Classe para irrigação		C₃**	

* Fonte de abastecimento da residência rural e base na formação da água cinza bruta; ** C3 - Água de alta salinidade – CE entre 0,75 – 2,25 dS/m

Como observado nas Tabela 7 e 8. os parâmetros pH e CE apresentam-se distintos entre os tipos de águas. Os produtos químicos utilizados no interior da residência levaram a acidificação da água residuária cinza bruta, que, entretanto, ao passar pelo filtro físico, voltou a valores próximos da neutralidade registrados originalmente na água salina de poço artesiano, demandando uma melhor investigação no que diz respeito a salinidade do substrato arenoso do filtro e da temporalidade de estocagem da água no reservatório de bombeamento.

No que diz respeito a condutividade elétrica tem-se um decréscimo substancial entre a CE da água do poço que abastece a casa e a CE da água residuária cinza bruta, demonstrando aqui a importância do manejo realizado nas caixas de gordura para redução da concentração de íons de sais presentes na água residuária, mesmo com o incremento salino esperado e advindo dos produtos químicos utilizados.

4.2. Suporte hídrico para o cultivo

4.2.1. Manejo da água de irrigação e aporte pluviométrico

A seguir são apresentados os dados coletados que permitem qualificar e aferir os sistemas de irrigação implantados nas áreas experimentais no tocante aos parâmetros hidráulicos e a eficiência de aplicação de água.

Tabela 9. Parâmetros hidráulicos e de eficiência dos sistemas localizados instalados para irrigação da cultura da pinha.

Pressão média de trabalho (ATM ¹)		Vazão média dos emissores (l/h)	Eficiência de aplicação de água (%)	Lâmina média aplicada (mm/h)
1ª linha	Última linha			
Área irrigada com água cinza filtrada				
1,0	1,75	4,3 (3,7 e 6,0) ²	78,84	1,0
Área irrigada com água do poço semiartesiano				
1,5	1,5	3,6 (3,1 e 4,1) ²	81,3	0,8

1 - ATM – atmosfera métrica (10,33 MCA); 2 – Amplitude/magnitude das vazões em L/h.

O emissor instalado nas áreas experimentais é do tipo botão gotejador de fabricação referenciada como Netafim 332, acoplado a linha de mangueira cega, sendo dois por parcela experimental, autocompensante para uma faixa de pressão de trabalho estabelecida de 0,7 a 4,0 ATM, atendendo a uma vazão estabilizada de a 4,0 L/h (Netafim, 2025).

Pelos dados apresentados na Tabela 9, constata-se que tanto a bomba hidráulica utilizada para o bombeamento da água cinza quanto a bomba instalada no poço semiartesiano atendem a faixa de operação estabelecida pelo fabricante no tocante a pressão de trabalho, com reflexo na vazão liberada que também se aproxima do estabelecido nas especificações técnicas dos emissores.

A instalação dos hidrômetros na saída do recalque do RAC e as anotações dos volumes bombeados a cada evento de irrigação (Tabela 10) possibilitou quantificar o volume de água bombeado e o tempo de retorno para efetivação dos eventos de irrigação sucessivos nas áreas cultivadas, o que caracterizou um turno de rega (TR) possível a partir da dinâmica de produção da água cinza pela família rural que utiliza o RAC.

É sabido que uma das características da água residuária cinza, produzida a partir do uso doméstico da água que abastece a residência rural, é o baixo volume gerado e acumulado ao longo do tempo, fato que limita a sua utilização em regimes

contínuos, por tempos prolongados com reflexo na lâmina média aplicada (Feitosa, 2016), conforme constata-se no presente trabalho.

É importante ressaltar que se faz necessário ajustes no equilíbrio hidráulico do sistema de irrigação, principalmente nos condutores e emissores da água cinza filtrada, aproximando-se assim os valores entre as mínimas e máximas vazões liberadas pelos gotejadores, de forma a melhorar a uniformidade de distribuição da água com impacto imediato sobre a eficiência de aplicação que apresentou-se muito abaixo do mínimo esperado para sistemas pressurizados e gotejantes que é de 90%.

Neste sentido, destaca-se que se faz necessário o emprego de esforços para melhorar a qualidade da água cinza filtrada, a qual pode provocar entupimentos dos emissores em função do volume de matéria orgânica presente, seja a partir da melhoria na qualidade dos elementos filtrantes, seja no aumento do rigor do manejo das estruturas do sistema de reúso, principalmente na caixa de gordura e no filtro físico.

Tabela 10. Volume de água cinza filtrada produzida na dinâmica da residência e efetivamente bombeada para área experimental e respectivo turno de rega (TR) utilizado na irrigação da cultura da pinha.

Período de monitoramento	20/12/2023 a 27/08/2024
Número de habitantes na residência	3
Número de eventos de irrigação	41
Tempo médio de bombeamento (Horas)	2,84 (1 - 6)*
Turno de rega médio (Dias)	3,29 (2 - 7)*
Volume total de água bombeado no período (Litros)	14.840
Volume médio mensal (Litros)	2.968
Volume médio semanal (Litros)	742
Volume médio diário (Litros)	97
Volume diário per capita (Litros)	32,3

* Amplitude/magnitude em horas (tempo de bombeamento) e dias (turno de rega).

Na tabela 11 a seguir são apresentados os dados coletados no pluviômetro instalado no interior da área experimental e que contém os registros das precipitações ocorridas ao longo dos 14 meses de monitoramento da cultura da pinha.

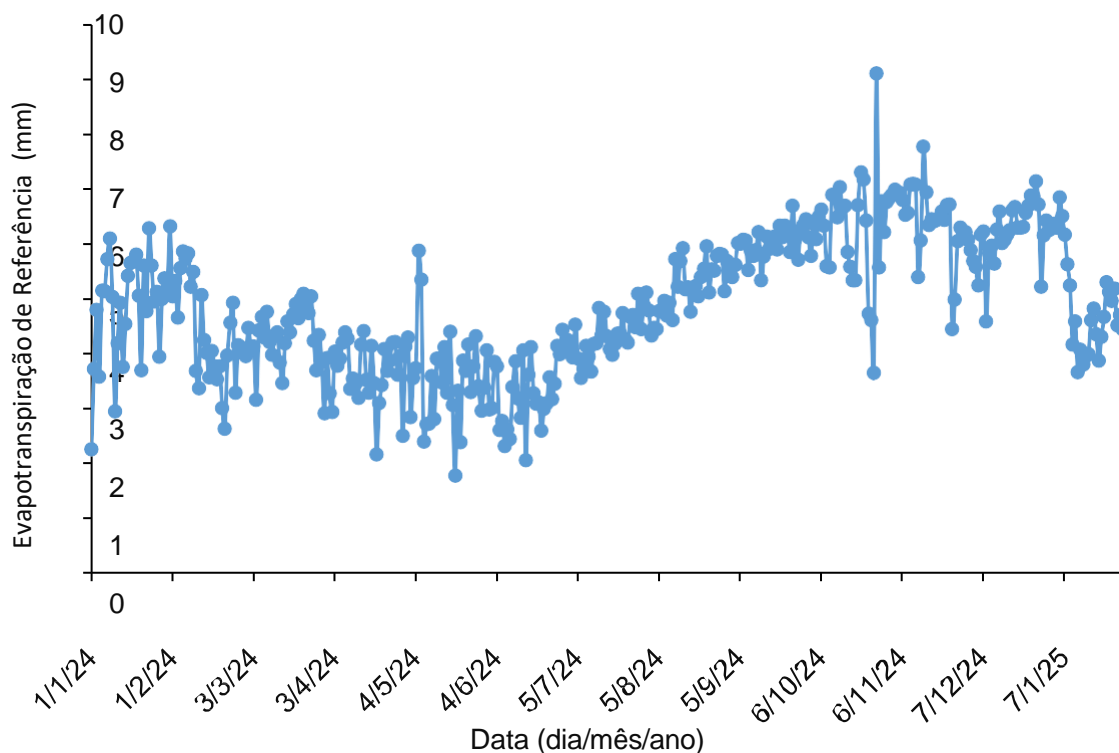
A distribuição das lâminas precipitadas seguiu o padrão esperado para a região Semiárida onde está inserida a área experimental, concentrando as precipitações mais significativas no período da quadra chuvosa para região que vai de fevereiro a maio (543 mm), com registro de uma precipitação ainda considerável no mês subsequente de junho (100 mm), ampliando e favorecendo a manutenção do período de recarga do conteúdo de água no solo.

Entretanto, a sobreposição das lâminas aplicadas na irrigação da água cinza (1,0 mm por hora em cada evento de irrigação) e de 0,8 mm por hora na água bombeada a partir do poço semiartesiano, com a lâmina média diária advinda da precipitação (2,04 mm – Tabela 9), quando comparadas com os dados apresentados na Figura 10, que retrata a Evapotranspiração de Referência a partir dos dados meteorológicos captados nas estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET em Serra Talhada e Floresta, tem-se a constatação de que o cultivo da pinha foi conduzido sob condições de estresse hídrico, principalmente nos meses mais críticos após a quadra chuvosa.

Tabela 11. Registros pluviométricos (mm) no período de Dezembro de 2023 a Janeiro de 2025 – Sítio Carnaubinha – Triunfo – PE.

Dia	Dez 2023	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan 2025
1		35		65	30									
2				58										
3				8	15	25								
4				19										
5					17								10,4	
6								3						
7								13						
8							30	5					5,4	
9														
10						25								10
11		20					20	11						10
12				10	40									
13				20								2		15
14				5	12									
15							30							15
16														
17					50									
18														
19	10		25		7									
20														10
21			35											35
22														
23			5											5
24														
25	1						20							
26			18											
27			15											
28														
29			28		10									
30														
31														
Total	11	55	126	185	181	50	100	32	0	0	0	2	15,8	100
Total no período	857,8													
Média mensal	61,27													
Media diária	2,04													

Figura 10. Estimativa de Evapotranspiração de Referência em mm, considerando-se os dados meteorológicos captados nas Estações de Serra Talhada e Floresta do INMET – Sertão de Pernambuco – no período de janeiro de 2024 a janeiro de 2025.

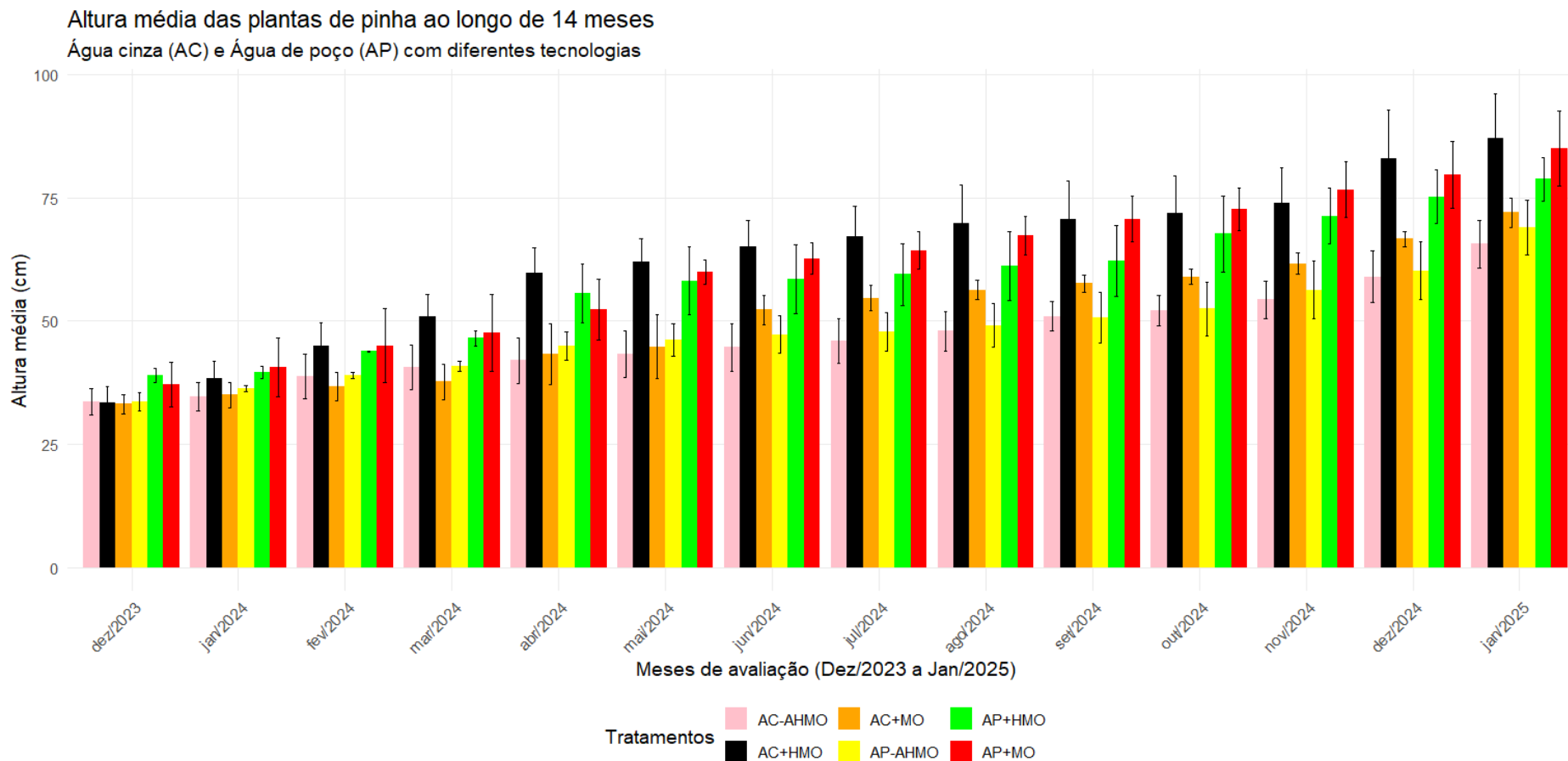


4.3. Resposta biométrica da cultura da pinha

4.3.1 Altura de plantas (AP)

Por meio da figura 11 é possível observar a média geral da altura de plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água de poço submetidas a presença/ausência de hidrogel e presença/ausência de matéria orgânica.

Figura 11. Altura média (cm), ao longo do tempo, de plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada (AC) e água de poço (AP).



A análise acima permite observar que, ao longo do ciclo da cultura, as médias dos tratamentos que envolvem a presença de matéria orgânica sobressaem em relação aos tratamentos sem matéria orgânica, com uma diferença expressiva positiva de 15,99 cm para a média de altura do tratamento cujas plantas foram irrigadas com água residuária cinza filtrada e submetidas a presença de hidrogel e de matéria orgânica (AC+HMO) em comparação a testemunha (AC-AHMO) e de 11,92 cm ao tratamento sem hidrogel (AC+MO).

Ao longo do tempo de 14 meses, especificamente entre março e abril de 2024, período caracterizado pela presença de intensa nebulosidade que favorece a diminuição da evapotranspiração dos cultivos, observa-se uma diferença mais proeminente entre a média de altura dos tratamentos com a presença de matéria orgânica em comparação aos tratamentos sem presença de matéria orgânica.

A partir de análise descritiva, salienta-se aqui que a média de altura para o tratamento das plantas irrigadas com água de poço e sem adição hidrogel (AP+MO) foi superior em comparação ao tratamento com esta mesma água na presença de hidrogel (AP+HMO), com uma diferença de 3,20 cm entre os tratamentos. Este comportamento pode estar relacionado ao fato de que, a medida em que o hidrogel pode ter otimizado a eficiência do uso da água, paralelamente potencializou o efeito tóxico de íons salinos presentes na água de irrigação, mesmo com parte deste efeito tendo sido mitigado pela presença de matéria orgânica. Vale ressaltar que os hidrogeis possuem a capacidade de absorver e armazenar, na sua estrutura, nutrientes solúveis na água de irrigação, os quais posteriormente serão disponibilizados para as plantas (Agbna e Zaide, 2025). A depender da composição química da água, da dinâmica de irrigação e manejo da cultura, o aporte de sais para as plantas poderá ser intensificado.

Do mesmo modo, as plantas irrigadas com água residuária cinza filtrada podem ter se beneficiado da combinação hidrogel e matéria orgânica, com o hidrogel aumentando a eficiência do uso da água cinza, ao mesmo que otimizou a absorção de nutrientes presente na água de reuso; além do que, a matéria orgânica pode ter incrementado os nutrientes ofertados pela água cinza, potencializando o efeito benéfico sobre a altura das plantas quando comparado aos tratamentos que foram irrigados apenas com a água cinza (AC-AHMO) ou na ausência do hidrogel (AC+MO).

O uso de hidrogel em solo com baixa capacidade de retenção de água (areia franca, caso do solo da área experimental – Tabela 3) otimiza a disponibilidade hídrica por favorecer a retenção da água de irrigação ou de chuvas que se infiltram no solo, o que, paralelamente, também favorece a absorção de nutrientes em solução. A associação com a matéria orgânica possivelmente aumentou a disponibilidade de nutrientes essenciais para as plantas, reduzindo o impacto do excesso de sais em solução presentes na água, favorecendo o seu crescimento.

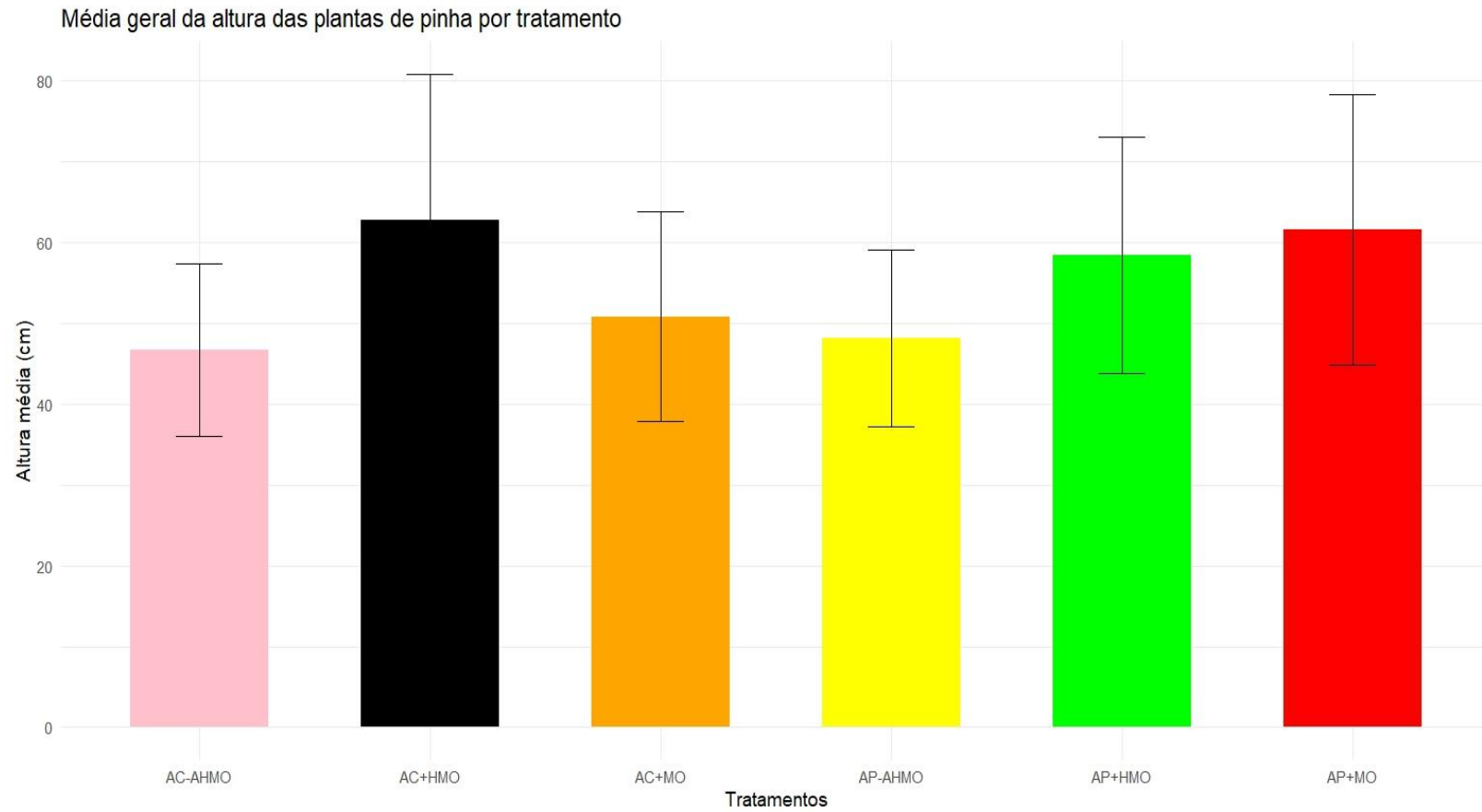
Segundo Carvalho et al. (2013) por meio do uso do polímero hidroabsorvente na dose de 3g/L ao substrato foi possível reduzir a frequência de irrigação, de modo que a irrigação passou a ocorrer dia sim dia não devido ao hidrogel ter a capacidade de absorver e armazenar grandes volumes de água e de nutrientes em solução.

A maioria dos hidrogéis sintéticos são compostos por acrilamida, acrilato de potássio e outros componentes químicos. Na presença de água, ocorre uma reação entre esta e os componentes do polímero formando um gel que além de absorver a água também armazena os nutrientes em solução (Dökmen, 2025; Yong Shi et al., 2010; Mohammad J et al., 2008), disponibilizando-os para as plantas.

A adubação com matéria orgânica associada a irrigação com água cinza do milho proporcionou os maiores valores para comprimento de colmo e outras características estruturais, sinalizando um melhor desempenho para o crescimento das plantas submetidas a estes tratamentos (Silva et al., 2021).

Apresenta-se na Figura 12 a seguir, a média geral do desvio padrão para a altura média das plantas de pinha submetidas a irrigação com as águas salinas utilizadas no experimento (cinza filtrada e de poço semiartesiano).

Figura 12. Média geral com desvio padrão de altura de plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e água de poço.



É fato que a elevada salinidade presente nos dois tipos de águas usadas na irrigação, quando lançadas ao solo como suprimento hídrico para as plantas de pinha e na ausência de atenuadores salinos (hidrogel e matéria orgânica), pode ter influenciado na absorção da água e, conseqüentemente, no aproveitamento de nutrientes essenciais para a o crescimento das plantas.

Por outro lado, em muitos casos, se a água ou o efluente destinados às plantas tiver alta concentração de sódio e baixa concentração de nutrientes essenciais, torna-se fundamental a complementação nutricional para garantir a adequada absorção da solução nutritiva e uma melhor produtividade do cultivo, visto que alguns nutrientes são exigidos em elevadas quantidades (Azevedo et al., 2007; Feigin et al., 1991).

Na Tabela 12 a seguir é possível observar os valores médios para a variável altura das plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água de poço submetidas a presença/ausência de hidrogel (H/AH) e presença/ausência de matéria orgânica (MO).

Tabela 12. Valores médios para a variável altura de plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água salina de poço semiartesiano submetidas a presença/ausência de hidrogel (H/AH) e matéria orgânica (MO).

Tratamento	Altura média (cm)	Grupos
Água cinza sem hidrogel e sem matéria orgânica.	46,71	c
Água de poço sem hidrogel e sem matéria orgânica	48,14	c
Água cinza com matéria orgânica.	50,78	bc
Água de poço com hidrogel e com matéria orgânica	58,36	ab
Água de poço com matéria orgânica.	61,56	a
Água cinza com hidrogel e com matéria orgânica	62,70	a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si segundo o teste de Tukey a 5% de significância.

Não houve efeito significativo do tipo de água utilizada na irrigação sobre a variável altura de planta, uma vez que as plantas irrigadas com água cinza tratada ou água de poço proveniente do poço semiartesiano e sem incrementos de hidrogel e matéria orgânica não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Resultados semelhantes foram encontrados por Nascimento et al. (2018) para a variável altura do capim tifton 85 irrigado com água residuária tratada e água salina de poço artesiano.

A elevada condutividade elétrica presente nos dois tipos de águas interferiu de forma expressiva sobre a altura da planta, promovendo uma redução significativa na ordem de 25,5% no porte das plantas, comprovando que o uso de águas salobras sem a presença de mecanismos atenuantes, hidrogel e principalmente matéria orgânica no caso específico da presente pesquisa, torna-se um fator limitante para o desenvolvimento da espécie vegetal em cultivo (Campos et al., 2021). Azevedo et al. (2007) e Silva et al. (2018), afirmam em seus trabalhos que a elevada condutividade elétrica da água destinada a irrigação pode dificultar a absorção hídrica e retardar o crescimento vegetativo da planta.

O uso de hidrogel na zona radicular reduziu significativamente a inibição do crescimento de árvores de choupo, do gênero populus, tornando-as mais tolerantes ao déficit hídrico e ao estresse salino (Yong Shi et al., 2010). Sá et al. (2015) ao cultivarem pinheiras irrigadas com água salina, com incremento de um substrato na

proporção de 40% de matéria orgânica obtiveram um melhor rendimento do cultivo quando comparado com plantas irrigadas com o mesmo tipo de água e sem matéria orgânica.

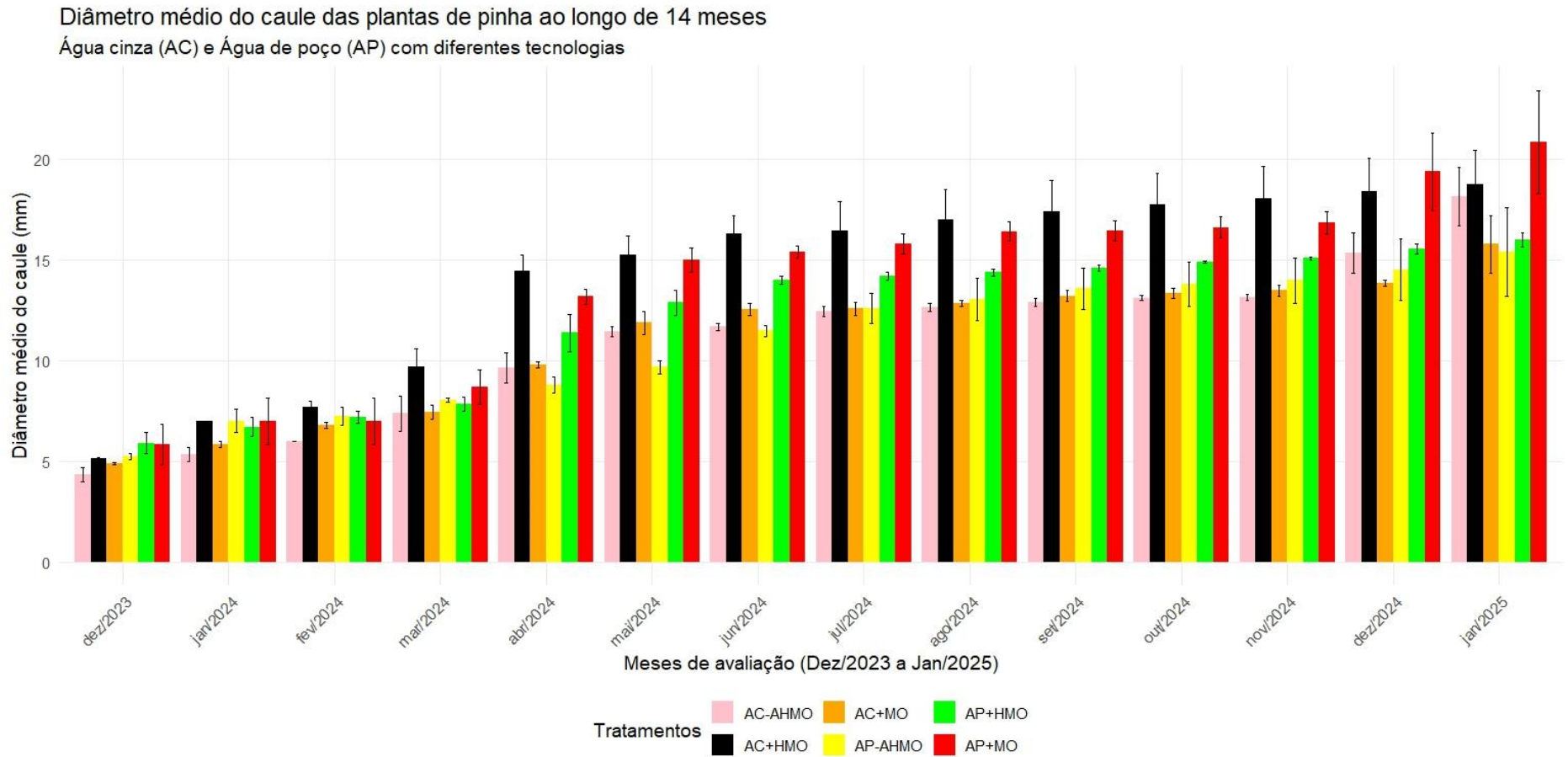
Pode-se observar a existência de uma interação significativa entre os fatores que compõem os tratamentos, o que favoreceu substancialmente o crescimento das plantas, visto que apresentaram médias de altura superiores, tratamentos AC+HMO, AP+MO e AP+HMO em comparação aos demais tratamentos, com exceção do tratamento cujas plantas foram irrigadas com água cinza filtrada e submetidas a presença de matéria orgânica, sem adição de hidrogel AC+MO.

4.3.2 Diâmetro do caule (DC)

Do ponto de vista agrônomo a análise de crescimento/desenvolvimento de um vegetal nos permite conhecer diferenças funcionais e estruturais muito úteis no estudo do comportamento de uma determinada espécie sob diferentes condições ambientais, como é o caso do presente ensaio que submeteu plantas de pinha ao estresse abiótico provocado pela elevada salinidade da água utilizada na irrigação. Dentre as medidas de crescimento vegetal, o diâmetro do caule se destaca por ser de caráter horizontal, portanto, menos propenso a injúrias externas, estiolamentos ou fatores outros semelhantes, como ocorre nas medições de altura das plantas.

A Figura 13 a seguir apresenta a média geral do diâmetro do caule das plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água salina de poço semiartesiano submetidas a presença/ausência de hidrogel (H/AH) e presença/ausência de matéria orgânica (MO).

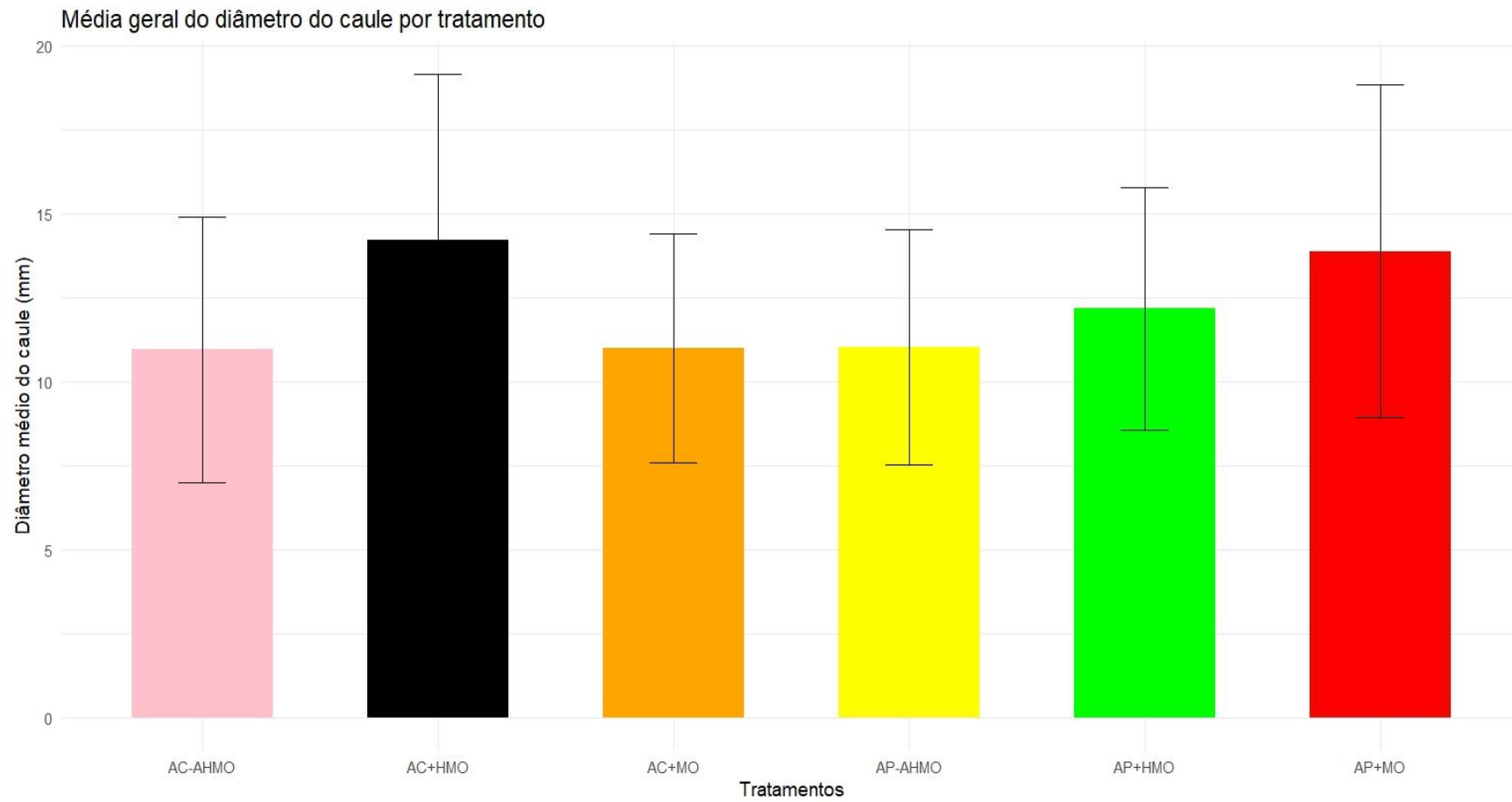
Figura 13. Diâmetro de caule médio (mm), ao longo do tempo, de plantas de pinha irrigadas com água cinza filtrada e água de poço.



A partir de abril de 2024 observou-se um desenvolvimento expressivo do diâmetro de caule das plantas submetidas aos tratamentos com água cinza e do poço, ambas salobras, na presença de matéria orgânica (AC+HMO; AP+HMO e AP+MO), independente da presença ou não do hidrogel, indicando positivamente que, mesmo com a elevada salinidade da água, o processo de mineralização da matéria orgânica no solo ocorreu a contento, resultando numa maior disponibilização de nutrientes essenciais para o desenvolvimento do diâmetro de caule das plantas. A presença da água no sistema, mesmo salina, principalmente sob temperaturas elevadas, favoreceu o processo de mineralização da matéria orgânica e a liberação de moléculas e nutrientes (Ramirez e Matos, 2022).

Apresenta-se na Figura 14 , a média geral do desvio padrão para o diâmetro médio das plantas de pinha submetidas a irrigação com as águas salinas utilizadas no experimento (cinza filtrada e de poço semiartesiano).

Figura 14. Média geral do diâmetro do caule (mm) de plantas de pinha irrigadas com água cinza filtrada e água de poço.



Entre os três tratamentos com as maiores médias geral para a variável diâmetro de caule, as plantas irrigadas com água cinza filtrada e submetidas a presença de hidrogel e de matéria orgânica (AC+HMO) apresentaram média geral superior aos tratamentos irrigados com água de poço e adubadas com matéria orgânica (AP+MO e AP+HMO), independente da adição de hidrogel.

Aqui ressalta-se o efeito da água cinza utilizada na irrigação das plantas, que ao se associar ao manejo de incorporação do hidrogel e da matéria orgânica, proporcionou um incremento substancial no crescimento do caule, demonstrando ser uma eficiente estratégia para o uso de uma água de qualidade inferior, ao mesmo tempo que aumenta a disponibilidade de nutrientes, somatizada pela carga de nutrientes contida na água cinza e advinda da matéria orgânica adicionada ao solo, mitigando o efeito dos sais contidos na água cinza.

A Tabela 13 a seguir, apresenta os valores médios para a variável diâmetro de caule das plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água salina submetidas a presença/ausência de hidrogel (H/AH) e matéria orgânica (MO).

Tabela 13. Valores médios para a variável diâmetro do caule de plantas de pinha irrigadas com água residuária cinza filtrada e com água salina de poço semiartesiano submetidas a presença/ausência de hidrogel (H/AH) e matéria orgânica (MO).

Tratamento	Diâmetro do caule (mm)	Grupos
Água cinza sem hidrogel e sem matéria orgânica.	10,96	b
Água salina sem hidrogel e sem matéria orgânica	11,01	b
Água cinza com matéria orgânica.	11,00	b
Água salina com hidrogel e com matéria orgânica	12,18	ab
Água salina com matéria orgânica.	13,88	a
Água cinza com hidrogel e com matéria orgânica	14,23	a

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si segundo o teste de Tukey a 5% de significância.

O tipo de água utilizada na irrigação das plantas de pinha não teve efeito expressivo sobre o diâmetro de caule. Isto pode ser observado pelo fato de não haver diferenças significativas entre as médias dos tratamentos sem incremento de hidrogel e adição plena de matéria orgânica (AC-AHMO e AP-AHMO).

No geral, as plantas que tiveram acesso às tecnologias hídras como hidrogel e matéria orgânica ou apenas a matéria orgânica, independentemente do tipo de água utilizada na irrigação, apresentaram as maiores médias para diâmetro de caule, com exceção do tratamento AC+MO. A irrigação com água cinza filtrada associada a adição de hidrogel e de matéria orgânica apresentou um efeito expressivo sobre o diâmetro de caule.

Ao comparar as três maiores médias de diâmetro de caule entre os tratamentos AC+HMO (14,23 mm), AP+MO (13,88 mm) e AP+HMO (12,78 mm) (Tabela 13) nota-se um efeito significativo da interação entre o tipo de água utilizada na irrigação e a presença de hidrogel e da matéria orgânica adicionados ao solo.

4.4. Impacto das águas salinas cinza e de poço sobre o solo irrigado

Na Tabela 14, são apresentados os dados da condutividade elétrica (CE em dS/m) e pH do solo na profundidade inicial de 0 a 20 centímetros, imediatamente abaixo das linhas de irrigação com água residuária cinza filtrada e com água salina do poço, sendo possível observar o aporte de sais no solo a partir da irrigação com os diferentes tipos de águas para o período monitorado de 14 meses.

Tabela 14. Condutividade elétrica (dS m⁻¹) e pH por meio do extrato de saturação de solo abaixo das linhas de irrigação com água cinza filtrada, com água de poço e entre as linhas de irrigação (Sem irrigação).

Amostra	Ponto de coleta	Tipo de água	CE (dS/m ⁻¹)	pH
1	Abaixo das linhas de irrigação	Água cinza filtrada	1,49	7,75
2	Abaixo das linhas de irrigação	Água de poço	1,17	8,10
3	Entre linhas de irrigação	Sem irrigação	0,36	7,3

A utilização de água cinza filtrada e de água de poço promoveram o aumento da condutividade elétrica e do pH do solo abaixo das linhas de irrigação. Contudo, os valores da salinidade advindos do acúmulo de sais aportados pelas diferentes águas de irrigação (ambas salinas), para o tempo de monitoramento experimental, não promoveram a salinização do perfil até 20 cm de profundidade, portanto, sem comprometimento eminente das propriedades físicas e químicas na zona superficial do solo. Segundo Ismaylov et al. (2021) um solo para ser classificado como salino deve ter condutividade elétrica maior que 4 dS m⁻¹, porcentagem de sódio trocável menor que 15 e pH menor que 8,5.

Como observado na tabela 14, o pH do solo abaixo das linhas de irrigação aumentou em função da aplicação das águas cinza filtrada e salina de poço.

A elevação do pH provavelmente ocorreu devido ao aporte de sais de caráter básico como carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos de sódio e de cálcio dissolvidos nos dois tipos de águas, uma vez que ao sofrerem hidrólise ou dissociação liberam íons hidroxila OH⁻, aumentando o caráter alcalino do meio (Richards, 1954).

5. CONCLUSÕES

A água cinza filtrada e água de poços apresentam-se como recursos hídricos de disponibilidade contínua e especificamente a água cinza, produção diária, além de estáveis ao longo do tempo, com qualidade variando em função das condições climáticas da região e dos manejos adotados.

A realização de manejos periódicos, em intervalos semanais, dos componentes físicos do sistema de reúso da água residuária cinza bruta, proporciona uma redução de até 51% no aporte de sais presentes na água cinza, oriundos de produtos de limpeza doméstica e de higiene pessoal utilizados pelos agricultores em seu cotidiano

A eficiência de aplicação e o coeficiente de uniformidade e distribuição das águas do sistema de irrigação apresentam-se abaixo do recomendado, reforçando a necessidade de intensificação da realização de manejos nos componentes do sistema de reúso da água cinza visando a diminuição da amplitude das vazões entre emissores, assim proporcionando a otimização dos parâmetros hidráulicos como um todo.

O uso de matéria orgânica, com ou sem adição de hidrogel, mostra-se mais viável do que a opção de incorporação ao solo de um hidroretentor (hidrogel), independentemente do tipo de água utilizada (residuária cinza filtrada e/ou de poço subterrâneo).

Na fase inicial de crescimento da pinha, as variáveis altura e diâmetro de caule apresentaram respostas promissoras nas plantas irrigadas com água cinza filtrada quando adicionou-se melhoradores ao solo, mesmo sob um quadro de lâmina deficitária de irrigação.

A condutividade elétrica e o pH do solo abaixo das linhas de irrigação com água cinza filtrada e salina de poço subterrâneo, aumentaram os valores em comparação ao tempo anterior aos ensaios. Entretanto, dentro do tempo de monitoramento de 14 meses, o teor de sais aportado não elevou o solo a condição de salino, porém, os indicadores obtidos reafirmam a necessidade da utilização cuidadosa de águas salinas em solos de regiões cuja precipitação pluviométrica não seja suficiente para promover a lixiviação periódica dos sais acumulados no perfil do solo, seguido de uma drenagem projetada.

Recomenda-se um período mais longo de avaliação para o acompanhamento dos efeitos dos tratamentos sobre o desenvolvimento da pinha e da salinidade da água sobre o perfil do solo, aprofundando-se os resultados, principalmente do reúso sustentável da água cinza e da incorporação da matéria orgânica nos cultivos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, S. S.; KHAN, T. K.; EL-AZIZ, G. H. A.; SHOALA, T.; EL-GARHY, H. A. S.; FAHMY, A.H. Implementation of Biopolymeric Nanomaterials to Reduce the Negative Impacts of Salinity on Tomato Quantity and Quality. **Molecules**, v. 28, n. 1594, p. 2-16, 2023.
- ALBUQUERQUE FILHO, J. A. C.; LIMA, V. L. A.; MENEZES, D.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; SILVA JÚNIOR, J. G. Características vegetativas do coentro submetido a doses do polímero hidroabsorvente e lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 6, p. 671-679, 2009.
- ALVARENGA, C. F. DE S.; SILVA, E. M. DA.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; LIMA, G. S. DE.; SILVA, L. DE A. Morfofisiologia de aceroleira irrigada com águas salinas sob combinações de doses de nitrogênio e potássio. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 42, n. 1, p. 194–205, 2019.
- ANWAR, A. H. M. F.; RATHNAYKE, U.; BOWYER, W. Greywater adsorption into soil during irrigation. **Applied Water Science**, v. 12, n. 5, p. 1–8, 04 abr. 2022.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Atlas climatológico do Estado de Pernambuco: normais climatológicas 1991-2020**. Gerência de Meteorologia e Mudanças Climáticas-Recife: APAC, GMMC, 2023.
- AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. *A qualidade da água na agricultura*. Campina Grande: UFPB, 1999. (Estudos FAO, Irrigação e Drenagem, 29)
- AZEVEDO, M. R. Q. A.; KÖNIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.2, n.1, p.63-68, 2007.
- AZEVEDO, T. L. *et al.* Retenção de soluções de sulfatos por hidrogel de policrilamida. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, n. 2, p. 287-290, 2006.
- AZEVEDO, T. L. F.; BERTONHA, A.; GONÇALVES, A. C. A. Uso de hidrogel na agricultura. **Revista do Programa de Ciências Agro-Ambientais**, v.1, p.23-31, 2002.
- BALIN, N, M. *et al.* Fractions of organic matter, carbon management index and physical attributes of a red oxisol under different use systems. **Revista Scientia Agrária**, v. 18, n. 3, p. 85-94, 2017.
- BARROS, H. M. M.; VERIATO, M. K. L.; SOUZA, L. de. P.; CHICÓ, L. R.; BAROSI, K. X. L. Reúso de água na agricultura. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5, p. 11-16, 2015.
- BOYJOO, Y.; PAREEK, V. K.; ANG, M. A review of greywater characteristics and treatment processes. **Water Science and Technology**, v. 67, n. 7, p. 1403-1424,

2013.

CAATINGA- Centro de Assessoria e Apoio aos Trabalhadores e Instituições Não Governamentais Alternativas. Reúso de água cinza em sistemas agroflorestas no Semiárido. Recife: CAATINGA, Centro Sabiá, 2021.

CAMINHA, M. P. (2022). **Classificação de qualidade da água para irrigação em microbacia hidrográfica em condições semiáridas**. 2022. Monografia (Graduação) –Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

CAMPOS, A. J. M.; SANTOS, S. M.; NACARATH, I. R. F. F. Estresse hídrico em plantas: uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 15, p. 2-7, 2021.

CAPRA, A.; SCICOLONE, B. Emitter and filter tests for wastewater reuse by drip irrigation. **Agricultural Water Management**, Philadelphia, v. 68, p.135–149, 2004.

CARVALHO, R. P.; CRUZ, M. C. M.; MARTINS, L. M. Frequência de irrigação utilizando polímero hidroabsorvente na produção de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 518-526, 2013.

CLEMMENS, A.J.; SOLOMON, K.H. Estimation of global irrigation distribution uniformity. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 123, n 6, p 454 — 461, 1997.

CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V. **O cultivo da pinha, Fruta do conde ou Ata no Brasil**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000.

CORDEIRO, Maria Cristina Rocha; PINTO, Alberto Carlos de Queiroz; RAMOS, Víctor Hugo Vargas. O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata no Brasil. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000.

COSTA, E. M. *et al.* Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção da produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopedia biosfera**, v. 9, n. 17, p. 1842-1860, 2013.

COSTA, R. L.; TORRES, D. M.; GOMES, J. T.; SILVA, J. E. M. Tratamento de água cinza para reúso agrícola no semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 27, n. 5, p. 1031-1040, 2022.

COSTA, S. L.; CARVALHO, A. J. C.; PESSANHA, P. G. O; MONNEHAT, P. H.; MARINHO, C. S. Produtividade da cultura da pinha (*Annona squamosa* L.) em função de níveis de adubação nitrogenada e formas de aplicação de boro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, n. 2, v. 24, p. 543-546, 2002.

CUNHA, T. J. *et al.* **Matéria orgânica do solo**. 1 ed. p. 1-21, 2016.

DEMARTELAERE, A. C. F. *et al.* Uso do hidrogel na família das aliáceas: *Allium fistulosum* e *Allium cepa*. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 11, p.90411-90420, 2020.

DIAS, Nilma Oliveira; MATSUMOTO, Sylvana Naomi; HOJO REBOUÇAS, Tiyoko Nair; VIANA, Anselmo Eloy Silveira; SÃO JOSÉ, Abel Rebouças; SOUZA, Ivan Vilas Bôas. Influência da poda de produção em ramos de diferentes diâmetros no desenvolvimento vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 100–103, 2003.

DIAS, Nilma Oliveira; SOUZA, Ivan Vilas Bôas; SILVA, José Carlson Gusmão da; SILVA, Katiane Santiago; BOMFIM, Marinês Pereira; ALVES, Jean Farley Teixeira; HOJO REBOUÇAS, Tiyoko Nair; VIANA, Anselmo Eloy Silveira; SÃO JOSÉ, Abel Rebouças. Desempenho vegetativo e reprodutivo da pinheira (*Annona squamosa* L.) em função de diferentes comprimentos de ramos podados. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 26, n. 3, p. 389–391, 2004.

DÖKMEN, F. The Use of Polymers in Agricultural Irrigation Water Management.

FEIGIN, A.; RAVINA, I.; SHALHEVET, J. Irrigation with treated sewa-ge effluent: management for environmental protection. Berlin: Springer-Verlag, 1991.

FEITOSA, A. P. (2016). **Avaliação de sistema de tratamento da água cinza e reúso da água no semiárido brasileiro**. 2016. [Tese]. Universidade Federal Rural do Semiárido. Disponível em: <http://repositorio.ufersa.edu.br/handle/tede/695>.

FEITOSA, A. P.; SILVA, H.; LOPES, S.; OLIVEIRA BATISTA, R.; SOARES COSTA, M.; MOURA, F. N. Avaliação do desempenho de sistema para tratamento e aproveitamento de água cinza em áreas rurais do semiárido brasileiro. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 79-88, 2011.

FERREIRA, E A. *et al.* Eficiência do hidrogel e respostas fisiológicas demudas de cultivares apirênicas de citros sob déficit hídrico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n.2, p. 158-165, 2014.

FORTINI, Rosimere Miranda. Um novo retrato da agricultura familiar do semiárido nordestino brasileiro [recurso eletrônico]: a partir dos dados do censo agropecuário 2017. Viçosa, MG: IPPDS, UFV, 2020. Coordenador: Marcelo José Braga. Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de Viçosa – Campus Viçosa.

FREITAS, A. D. S.; VIEIRA, C. L.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD, N. P.; LYRA, M. C. C. P. Caracterização de rizóbios isolados de Jacatupé cultivado em solo salino do estado de Pernambuco, Brasil. **Bragantia**, v.66, p.497-504, 2007.

GOMES, K. R.; AMORIM, A. V.; FERREIRA, F. J.; FILHO, F. L. A.; LACERDA, C. F.; GOMES-FILHO, E. Respostas de crescimento e fisiologia do milho submetido a estresse salino com diferentes espaçamentos de cultivo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 634–640, 2011.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável, 2025.

- ISMAYLOV, A. I.; MAMEDOV, A. I.; FUJIMAKI, H.; TSUNEKAWA, A.; LEVY, G. J. Soil salinity type effects on the relationship between the electrical conductivity and salt content for 1:5 soil-to-water extract. **Revista Sustainability**, v. 13, n. 6, p. 2-11, 2021.
- KAEWPIROM, S.; BOONSANG, S. Electrical response characterization of poly (ethylene glycol) macromer (PEGM)/chitosan hydrogels in NaCl solution. **European Polymer Journal**. v.42, p.1609-1616, 2006.
- KANT, A. C.; TURAN, M. Hydrogel substrate alleviates salt stress with increase antioxidant enzymes activity of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) under salinity stress. **Journal of Agricultural Research**, v.6, p.715-724, 2011.
- KELLER, J., & KARMELI, D. *Trickle Irrigation Design Parameters*. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation, Glendora, 133p, 1975.
- KIILL, Lúcia Helena Piedade; COSTA, João Gomes da. Biologia floral e sistema de reprodução de *Annona squamosa* L. (Annonaceae) na região de Petrolina-PE. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 5, p. 851-856, 2003.
- LACERDA, C. F.; SOUSA, G. G.; SILVA, F. L. B.; GUIMARÃES, F. V. A.; SILVA, G. L.; CAVALCANTE, L. F. Soil salinization and maize and cowpea yield in the crop rotation system using saline waters. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 663– 675, 2011.
- LEITE, E. M.; CAVALCANTE, L. F.; DINIZ, A. A.; SANTOS, R. V.; ALVES, G. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Correção da sodicidade de dois solos irrigados em resposta à aplicação de gesso agrícola. **Irriga**, Botucatu, v.12, p.168-176, 2007.
- LEMOS, E. E. P. DE. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, p. 77–85, 2014.
- LIMA DO NASCIMENTO, Antônio Daniel; BRANDÃO DE MÉLO, Anastácia; PEREIRA DE BARROS, Antônio; MOURA BEZERRA DE SOUSA, Gerlúcio. A Importância do Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) para o fortalecimento da agricultura familiar. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, São Paulo, Brasil, v. 10, n. 1, p. e1001182, 2024.
- LIMA, P. V. da S. (2013). **A importância socioeconômica da pinha (*Annona squamosa* L.) no Nordeste brasileiro**. 2013. [Trabalho de Conclusão de Curso]. Universidade Estadual da Paraíba.
- LJUBOJEVI, M.; OGNJANOV, V.; MAKSIMOVIC, I.; CUKANOVIC, J.; DULIC, J.; SZABO, Z.; SZABO, E. Effects of hydrogel on growth and visual damage of ornamental salvia species exposed to salinity. **CLEAN - Soil, Air, Water**, v.45, p.1-8, 2017.
- LOPES, Jessica Rafaelly Almeida; BEZERRA, Joel Medeiros; ALMEIDA, Natália Maria Diniz Pereira; GONÇALVES, Gustavo Leite; MENDONÇA, Sarah de Souza Cruz. Águas subterrâneas como alternativa de subsistência em uma comunidade rural no semiárido brasileiro. **Seção Estudos de Caso e Notas Técnicas**, 2020.

LOPES, Wilza da Silva; LAMBAIS, George Rodrigues; NERY, Gleydson Kleyton Moura; MELLO, Antonio Carlos Pires de; MEDEIROS, Salomão de Sousa; NERY, Janiele França. Qualidade das águas de fontes alternativas para usos múltiplos no semiárido paraibano. **Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 28-38, 2021.

MANFRIN, J.; JOSÉ Malfetoni Ferreira, I.; SILVA Quaresma, L.; MCCREANOR, P. T.; CELSO GONÇALVES JR, A. Remediação de água cinza por meio de fitorremediação e tecnologias intermitentes de filtro de areia, visando o reúso na irrigação de jardins. **Acta Iguazu**, v. 8, n. 2, p. 59–68, 2019.

MARCANO, C. *et al.* Crecimiento y desarrollo del cultivo pepino (*Cucumis sativus* L.) en la zonahortícola de Humocaró bajo, estado Lara, Venezuela. **Rev. Mex. Cienc. Agríc.** v.3, n.8, p. 1629- 1636, 2012.

MARQUES, P. A. A. *et al.* Hidrogel como substituto da irrigação complementar em viveiro teladode mudas de cafeeiro. **Ciência Rural**, v. 43, n. 1, p.1-7, 2013.

MATOS-FILHO, H. A.; SILVA, C. A.; BASTOS, A. V. S. Níveis de irrigação associados a doses de hidrogel na cultura do pimentão. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v. 14, n.2, p. 3906-3918, 2020.

MEDEIROS, J. F. de; LISBOA, R. de A.; OLIVEIRA, M. de; SILVA JÚNIOR, M. J. da; ALVES, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 469-472, 2003.

MEDEITOS, R. F.; CAVALCANTE, L. F.; MESQUITA, F. O.; RODRIGUES, R. M.; SOUZA, G. G.; DINIZ, A. A. Crescimento inicial do tomateiro-cereja sob irrigação com águas salinas em solo com biofertilizantes bovino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 5, p. 505-511, 2011.

MELO, M. R. de S. **Estratégias de aplicação de efluente de água cinza no cultivo do girassol ornamental**. 2018. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) — Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 25 abr. 2018.

MENDES FILHO, H. T.; MATOS, D. A. DE.; MAIA, I. C. S.; SOUZA, I. B.; CARVALHO, I. C. DE.; SILVA, I. P.; SILVA, T. L. DA.; SILVA, M. G. DA.; SILVA, R. O DA. Uso de águas de baixa qualidade para irrigação no Nordeste brasileiro: uma revisão. **Water Resources and Irrigation Management**, v. 14, n. 1, p. 48-87, 2025.

MENDES, Débora S.; PEREIRA, Marlon C. T.; NIETSCHKE, Sílvia; SILVA, Joseilton F.; ROCHA, Josiele S.; MENDES, Athos H.; XAVIER, Helisson R. A.; SANTOS, Rayane C. dos. Phenological characterization and temperature requirements of *Annona squamosa* L. in the Brazilian semiarid region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 3 Suppl., p. 2293–2304, 2017.

MENDONÇA, T. G. *et al.* Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamentode água no solo. **Water Resources and Irrigation Management**, v.2, n.2, p.87-92, 2013.

MERRIAM, J. L., KELLER, J. **Farm irrigation system evaluation: a guide for management**. Logan: Utah State University, 1978.

MOHAMED, R. M.; AL-GHEETHI, A. A.; NORAMIRA, J.; CHAN, C. M.; AMIR HASHIM, M. K.; SABARIAH, M. Effect of detergents from laundry greywater on soil properties: a preliminary study. **Applied Water Science**, v. 8, n. 1, 2018.

MOHAMMAD, J.; MEHR, Z.; KABIRI, K. Superabsorbent Polymer Materials: A Review. **Iranian Polymer Journal**, v. 17, n. 6, p. 451-477, 2008.

MOREIRA, V. O. G.; ASSIS JÚNIOR, R. N.; ARAGÃO, T. C. Crescimento e fotossíntese do milho cultivado sob estresse salino com esterco e polímero superabsorvente. **Irriga**, Botucatu, v. 25, n. 3, p. 603-616, 2020.

NASCIMENTO, M. T. C. C.; AZEVEDO, C. A. V.; SANTOS, J. S.; LIMA, V. L. A.; BARBOSA, R. B. G. Crescimento e produção do capim tifton 85 irrigado com água residuária e adubação orgânica. **Revista Scientia Agrária**, v. 19, n. 2, p. 172-179, 2018.

NAVROSKI, M. C. *et al.* Influência do hidrogel no crescimento e no teor de nutrientes nas mudas de Eucalyptus dunnii. **Floresta**, Curitiba, v. 45, n. 2, p. 315-328, 2015.

NERY, Gleydson Kleyton Moura; NERY, Janiele França; MELLO, Antonio Carlos Pires de; BATISTA, Fabiane Rabelo da Costa. Mapeamento socioambiental como ferramenta de avaliação da gestão e manejo de água no semiárido brasileiro. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 11, n. 4, p. 251-268, 2022.

Netafim. Catálogo técnico de emissores: botão gotejador autocompensante modelo 332. Netafim Brasil, 2025. Disponível em: <https://www.netafim.com.br>. Acesso em: 11 jul. 2025.

NOBRE, R. G.; *et al.* Produção do girassol sob diferentes lâminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 747-754, 2010.

NOVAES, J. P.; MASSUKADO, L. M.; LIMA, R. F. F.; ARAUJO, E. G.; COUTO, J. C. Avaliação do processo de compostagem dos resíduos sólidos orgânicos produzidos no Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, p. 1-5, 2013.

NUNES, R. L. C.; DIAS, N. S.; LIMA, M. V. da S.; ALMEIDA, J. P. N. de; COSTA, J. M. da. Produção de mudas de pinha (*Annona squamosa* L.) utilizando água de rejeito salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, v. 7, n. 1, 2012.

NUNES, R. L. C.; DIAS, N. S.; LIMA, M. V. S.; ALMEIDA, J. P. N.; COSTA, J. M. Produção de mudas de pinha (*Annona squamosa* L.) utilizando água de rejeito salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 7, n. 1, p. 01-06, 2012.

ORTEGA-TORRES, L.; ESTEBAN ORTEGA, A.; FLORES, B.; TEJEIDA, R. Hidrogel acrilato de potássio como substrato no cultivo de pepino e jitomate. **Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas**, Zamora, v. 11, n. 6, p. 1447–1455, 2020.

PELINSON, G. J. B.; BOLIANI, A. C.; TARSITANO, M. A. A.; CORREA, L. S. Análise do custo de produção e lucratividade na cultura de pinha (*Annona squamosa* L.) na região de Jales-SP, ano agrícola 2001-2002. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 226–229, 2005.

PEREIRA, J. S.; OLSZEWSKI, N.; SILVA, J. C. Retenção de água e desenvolvimento do feijão caupi em função do uso de polímero hidrorretentor no solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 26, n. 6, p. 582-591, 2018.

PINHEIRO, R. G. S. **Matéria orgânica na mitigação dos efeitos da salinidade do solo sobre o desenvolvimento de feijão caupi (*vigna unguiculata* (L.) walp)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Estadual do Sudoestes da Bahia. 2022.

QUEIROGA, V. P.; GOMES, J. P.; MELO, B. A. DE.; LIMA, D. DE. C.; MENDES, N.V. B.; FIGUEIREDO, R. M. F. DE.; ALBUQUERQUE, E. M. B. DE (orgs.). Pinha (*Annona squamosa*, L.): Tecnologias de plantio e utilização. 1. ed. Campina Grande: AREPB, 2023.

RAMÍREZ, V. S.; MATO, A. T. Influência da textura do solo receptor e das condições climáticas e ambientais na taxa e fração de mineralização da matéria orgânica no solo. **Revista de Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 27, n. 2, p. 315-323, 2022.

RAMOS, MARCOS MIGUEL R. (2020). **Movimentação de cátions no perfil de um argissolo amarelo sob condicionantes**. (Dissertação). Mestrado em Química, Biologia e Fertilidade do Solo- Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

RIBEIRO, G. S.; SÃO JOSÉ, A. R.; HOJO REBOUÇAS, T. N.; AMARAL, C. L. F. Aspectos da biologia floral relacionados à produção de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 369–373, 2008.

RIBEIRO, Generosa Sousa; SÃO JOSÉ, Abel Rebouças; HOJO REBOUÇAS, Tiyoko Nair; AMARAL, Cláudio Lúcio Fernandes. Aspectos da biologia floral relacionados à produção de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 369–373, 2007.

RICHARDS, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils (Agriculture Handbook No. 60). Washington, D.C.: United States Department of Agriculture. **Romanian agricultural research**, v. 92, n. 42, p. 356-363, 2025.

RSTUDIO TEAM. *RStudio: Integrated Development Environment for R*. Boston, MA: Posit, PBC, 2022. Disponível em: <https://posit.co>. Acesso em: 7 jul. 2025.

RUI, L.; MINGZHU, L.; LAN, W. Controlled release npk compound fertilizer with the

function of water retention. **Reactive and functional polymers**, v.67, p.769-779, 2007.

SÁ, F. V. S.; BRITO, M. E. B.; FERREIRA, I. B.; ANTÔNIO NETO, P.; SILVA, L. A.; COSTA, F. B. Balanço de sais e crescimento inicial de mudas de pinheira (*annona squamosa*.) sob substratos irrigados com água salina. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 3, p. 544-556, 2015.

SANTOS JÚNIOR, J. A.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. S.; SOARES, F. A. L.; NOBRE, R. G. Doses de boro e água residuária na produção de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 4, p. 857-864, 2011.

SÃO JOSÉ, A. R.; PIRES, M. DE. M.; ESTRELA DE FREITAS, A. L. G.; RIBEIRO, D. P.; PEREZ, L. A. A. Atualidades e perspectivas das Anonáceas no mundo. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 36, p. 86–93, 2014.

SHI, Y.; LI, J.; SHAO, J.; DENG, S.; WANG, R.; LI, N.; SUN, J.; ZHANG, H.; ZHU, H.; ZHANG, Y.; ZHENG, X.; ZHOU, D.; HUTTERMANN, A.; CHEN, S. Effects of Stockosorb and Luquasorb polymers on salt and drought tolerance of *Populus popularis*. **Scientia Horticulturae**, v. 124, p. 268-273, 2010.

SILVA, A. L. S. **Aperfeiçoamento e monitoramento de estação para tratamento e uso agrícola de água cinza no semiárido brasileiro**. 2018. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido. 2018.

SILVA, A. R.; BEZERRA, F. T. C.; CAVALCANTE, L. F.; PEREIRA, W. E.; ARAÚJO, L. M.; BEZERRA, M. A. F. Frequency of irrigation with saline water in sugar-apple seedlings produced on substrate with polymer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 12, p. 825-830, 2018.

SILVA, F. A.; ALMEIDA NETO, I. P.; FERNANDES, P. D.; DIAS, M. S.; BRITO, M. E. B.; LIMA, A. M. Ecofisiologia de mudas de pinheira (*Annona squamosa* L.) sob doses de esterco bovino e lâminas de irrigação. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 3- 18, 2020.

SILVA, H. F. **Desempenho de espécies vegetais conduzidas em sistemas agroflorestais e irrigadas com água cinza na região do sertão do pajeú**. 2019. Monografia (Graduação em Ciências Biológicas) — Universidade Federal Rural de Pernambuco. 2019.

SILVA, H. F.; SILVA, P. R. C.; MATIAS, R. L. A.; BARROS JÚNIOR, G. Desempenho de espécies arbóreas irrigadas com água cinza filtrada em sistemas agroflorestais no semiárido pernambucano. **GEAMA**, v. 8, n. 2, p. 04-11, 2022.

SILVA, J. R. I.; SOUZA, E.; LEITE, M. L. M. V.; BARROS JÚNIOR, G.; LIMA, J. R. S.; SALES, A. T. Características estruturais e acúmulo de fitomassa do milho sob diferentes regimes de irrigação com água residuária e adubação orgânica. **Irriga**,

Botucatu, v. 1, n.1, p. 206-220, 2021.

SILVA, José Carlson Gusmão da; CHAVES, Modesto Antônio; SÃO JOSÉ, Abel Rebouças; HOJO REBOUÇAS, Tiyoko Nair; ALVES, Jean Farley Teixeira. A influência da cobertura morta sobre características físicas e químicas de frutos da pinha (*Annona squamosa* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 2, p. 287–291, 2007.

SIQUEIRA, T. DA S.; BARROS JÚNIOR, G.; SANTOS, E. G. F. DOS.; SANTOS, J. B. DE A.; SILVA, D. G. DA.; BARBOSA, M. G. N.; MATIAS, R. L. A. Eficiência do uso de água cinza filtrada em cultivos de forrageiras em um sistema agroflorestal irrigado no sertão do Pajeú. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, v. 18, n.4, p. 1-16, 2025.

SOUZA, B. A. de; OLIVEIRA, L. M. R. de. Segurança alimentar e nutricional em agroecossistemas familiares como resultado do reúso de água cinza em agroflorestas: a experiência do projeto Terra de Vidas II em Ouricuri – PE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 18, n. 5, p. 523–544, 2023.

SOUZA, B. A.; OLIVEIRA, L. M. R. Segurança alimentar e nutricional em agroecossistemas familiares como resultado do reúso de água cinza em agroflorestas: a experiência do Projeto Terra de Vidas II em Ouricuri – PE. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 1, n. 5, p. 523-544 , 2023.

SOUZA, N. I. G. *et al.* Hydrogel as mitigator of salt stress during the establishment of *Tagetes patula* L. Seedlings. **Brazilian Journal of Agricultural and Environmental Engineering**, v. 26, n. 1, p. 807-814, 2022.

TAIZ, L.; ZEIGER IAN MAX MØLLER, E., & MURPHY, A. (2017). **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal** - 6a Edição.

Tubarão Agronegócios. Ficha de informação de segurança de produtos químicos. 2025. Acesso em: 10 de jul de 2025.

ZEIGER, E. **Plant Physiology and Development**. 5. ed. Sunderland: Sinauer Associates, 2009.