

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

ANTONELLA ARAUJO DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTA IRRIGADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA
DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023

ANTONELLA ARAUJO DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTA IRRIGADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA
DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências para a obtenção do título de Engenheira Agrícola e Ambiental.

Orientadora: Catariny Cabral Aleman

VIÇOSA – MINAS GERAIS

2023

ANTONELLA ARAUJO DE ALMEIDA

**PRODUÇÃO DE MUDAS DE PIMENTA IRRIGADAS COM ÁGUA RESIDUÁRIA
DA INDÚSTRIA DE LATICÍNIOS**

Relatório final, apresentado a Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências, para obtenção do título de Engenheira Agrícola e Ambiental.

APROVADO: 04 de julho de 2023.

Assentimento:

Antonella Araújo de Almeida

Antonella Araújo de Almeida

Autora

Catariny Cabral Aleman Pina

Catariny Cabral Aleman Pina

Orientadora

Dedicado ao meu avô, Vicente de Paulo Bezerra de Araujo (*in memoriam*), que vibrou,
torceu, incentivou e proporcionou todas as minhas conquistas.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora, por terem cuidado e orientado a minha caminhada.

Aos meus pais, Monica e Antônio Carlos, pelo amor e incentivo.

Aos avós que me cuidam de longe, Iracema, Antônio e Vicente pelo amor que me foi ensinado.

A minha avó Jean por ter proporcionado o meu sonho.

Ao meu afilhado, Pedro, por me incentivar a ser um bom exemplo.

As minhas tias, tio e Padrinho, Márcia, Verônica, Rodrigo e Paulo pela torcida incansável.

Ao Gabriel Machado, que sempre esteve ao meu lado, por todo amor e paciência.

Aos meus amigos, do Rio e de Viçosa, por me incentivarem e apoiarem em todos os momentos.

A Universidade Federal de Viçosa, pelos valores ensinados.

Ao Centro de Ciências Agrárias, por proporcionar a graduação dos meus sonhos.

Ao Departamento de Engenharia Agrícola por ter sido um verdadeiro lar.

A professora orientadora Catariny Cabral Aleman Pina pela amizade, apoio e orientação carinhosa e cuidadosa.

Ao funcionário José Antônio pelo apoio e amizade durante todo o projeto.

A AGRIJÚNIOR, Laboratório qualidade ambiental (LQA), Programa Gestão na Prática (PGNP), Programa de Educação Tutorial (PET.EAA) e Grupo de Estudos e Soluções para a agricultura irrigada (GESAI), por terem me moldado como pessoa e profissional dedicada e pelos membros com os quais dividi anos de dedicação e parceria.

A todos que contribuíram para a execução deste estudo,

Muito obrigada!

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é senão uma gota de água no mar.

Mas o mar seria menor se lhe faltasse uma gota”

(Madre Teresa de Calcuta)

RESUMO

O descarte e o gerenciamento inadequado dos resíduos de origem agroindustrial são alguns dos fatores que causam impactos negativos sobre a qualidade dos recursos hídricos. Uma alternativa eficiente para a disposição adequada de água residuária é o seu reuso na agricultura. O uso de águas residuárias na irrigação é um aliado para o ganho de produtividade por ser fonte de nutrientes e água para as plantas. Tendo em vista a necessidade de produção de mudas de qualidade e a demanda do manejo adequado dos resíduos agroindustriais, o objetivo neste estudo foi avaliar o desempenho de mudas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) produzidas sob níveis de água residuária tratada da indústria de laticínios. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos consistiram na mistura de água residuária (AR) e água de abastecimento (AA), em diferentes doses, em que: T1 = 100% AA, T2 = 75%AA + 25%AR, T3 = 50%AA + 50%AR, T4 = 25%AA + 75% AR e T5 = 100%AR. Para avaliar o efeito da água residuária, as mudas foram avaliadas quanto ao índice de qualidade de Dickson, índice de área foliar e eficiência de uso da água. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste 'F' e foi aplicado o teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de significância, utilizando o software estatístico RStudio®. O tratamento com 75%AA + 25%AR impactou significativamente as variáveis de eficiência de uso da água, índice de área foliar, índice de qualidade de Dickson, altura e massa seca da parte aérea das mudas de pimenta. O tratamento com 100% AR foi impactado negativamente, em relação aos parâmetros avaliados, pela elevada concentração de água residuária. Conclui-se que é válida a aplicação de água residuária da indústria de laticínios, na menor proporção, para produção de mudas de pimenta biquinho, pois favorece recuperação de recursos e disposição adequada de efluentes.

Palavras-chave: Fertirrigação. Gestão de recursos hídricos. *Capsicum Chinense*.

ABSTRACT

The inadequate disposal and management of agro-industrial waste are some of the factors that cause negative impacts on the quality of water resources. An efficient alternative for the proper disposal of wastewater is its reuse in agriculture. The use of wastewater in irrigation is an ally for productivity gain as it is a source of nutrients and water for plants. Because of the necessity to produce quality seedlings and the demand for proper management of agro-industrial waste, the aim of this study was to evaluate the performance of *Capsicum chinense* seedlings produced under levels of treated wastewater from the dairy industry. The experiment was conducted in a completely randomised design with five treatments and four replications. The treatments consisted of a mixture of wastewater (AR) and water (AA), at different levels, in which: T1 = 100% AA, T2 = 75%AA + 25%AR, T3 = 50%AA + 50%AR, T4 = 25%AA + 75% AR and T5 = 100%AR. To evaluate the effect of wastewater, seedlings were evaluated for dickson quality index, leaf area index and water use efficiency. The data were submitted to analysis of variance by the 'F' test and Tukey's test was applied, both at 5% significance level, using the statistical software RStudio®. The treatment with 75%AA + 25%AR significantly impacted the variables of water use efficiency, leaf area index, Dickson quality index, height and dry mass of the aerial part of the pepper seedlings. The treatment with 100% AR was negatively impacted, in relation to the parameters evaluated, by the high concentration of wastewater. It is concluded that the application of wastewater from the dairy industry, in the lowest proportion, is valid for the production of *Capsicum chinense* seedlings, as it favours resource recovery and adequate disposal of effluents.

Keywords: Fertigation. Management of water resources. *Capsicum chinense*.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 MATERIAL E MÉTODOS	12
2.1 Localização do experimento	12
2.2 Delineamento experimental	12
2.3 Instalação do experimento	13
2.4 Água residuária da indústria de laticínios	14
2.5 Manejo de irrigação.....	15
2.6 Determinação da eficiência de uso da água (EUA).....	16
2.7 Determinação do índice de qualidade de Dickson (IQD).....	18
2.8 Determinação do índice de área foliar (IAF)	19
2.9 Análise estatística.....	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1 Índice de área foliar (IAF)	23
3.2 Índice de qualidade de Dickson (IQD).....	24
3.3 Massa seca total (MST)	26
3.4 Massa seca da raiz (MSR).....	27
3.5 Massa seca da parte aérea (MSPA).....	28
3.6 Altura (H)	29
3.7 Diâmetro do colo (DC)	29
3.8 Eficiência de uso da água (EUA)	30
4 CONCLUSÃO.....	33
REFERÊNCIAS	34

1 INTRODUÇÃO

A agricultura irrigada é extremamente importante para sustentabilidade e segurança alimentar da produção agrícola. Nesse contexto, a irrigação caracteriza-se pela aplicação de água objetivando atender à necessidade hídrica da cultura, evitando excessos e promovendo viabilidade econômica. Diferentes métodos de irrigação podem ser utilizados para que a lâmina de irrigação adequada seja aplicada em fases fenológicas como a fase de germinação e estabelecimento da plântula ou muda. Isso favorece o vigor e qualidade, elevando os níveis de produtividade da planta (FURQUIM; ABDALA, 2019). Devido ao atual cenário de escassez hídrica, estratégias de manejo hídrico e sustentável podem contribuir para o desenvolvimento da produção agrícola.

Nesse contexto, um dos parâmetros importantes para o controle do uso de recursos hídricos é a eficiência de uso da água, que representa capacidade que as plantas utilizam a água, indicando a relação entre o aporte de biomassa seca e o volume de água aplicado. É um indicador que pode otimizar a compreensão das relações hídricas na produção agrícola (SOUZA, 2009).

A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2023) define que as principais causas da escassez hídrica são relacionadas a desigualdade social e a falta de manejo sustentável dos recursos naturais. O Conselho Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais, diante do cenário de escassez hídrica, estabeleceu diretrizes e critérios para definição da situação crítica de escassez, considerando estados de atenção, em caso de eventuais mudanças no regime de vazões e estado de alerta, quando devem ser adotadas restrições de uso (IGAM, 2023). Villes et al (2019) afirmam que em decorrência do uso inadequado dos recursos hídricos, a população mundial enfrentará um cenário crítico de escassez, de modo que o consumo de água será superior a capacidade de renovação do recurso natural. Dessa forma, é necessário desenvolver métodos que otimizem o uso dos recursos hídricos e contribuam para o atendimento da demanda hídrica na produção agrícola.

Um dos agravantes da escassez hídrica é o descarte e o gerenciamento inadequado dos resíduos de origem domiciliar, industrial e agrícola. Ao desenvolver técnicas de processamento de produtos agroindustriais é fundamental realizar o manejo adequado dos resíduos gerados para evitar a contaminação de solos e corpos hídricos. Algumas agroindústrias geram águas residuárias de grande potencial poluidor devido à sua elevada carga orgânica (ALMEIDA et

al., 2021), sendo assim, técnicas de aproveitamento desses resíduos podem contribuir para a produção sustentável e descarte adequado.

De acordo com Matos e Matos (2017), dependendo das características microbianas e bioquímicas da água residuária, é possível utilizá-la para fins de fertirrigação. Segundo a resolução nº 503 de 2021 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente (CONAMA,2021), a fertirrigação é uma técnica de adubação que utiliza a água ou efluentes para levar nutrientes ao solo e são recomendados valores de potencial hidrogeniônico entre 5 e 9, nitrogênio até 20mg/L, ausência de materiais flutuantes e remoção mínima de 60% de demanda bioquímica de oxigênio, além de outros parâmetros que devem atender a condições e padrões exigidos.

O uso de efluentes na fertirrigação é um aliado para o ganho de produtividade por meio do fornecimento de nutrientes e água para as plantas (SILVA, 2022). Isso proporciona diminuição com custos de aquisição de fertilizantes comerciais e contribui para a redução do potencial poluidor proveniente do despejo de efluentes em corpos hídricos (FACHIM, 2018). O reuso de água proporciona a diminuição do uso de água doce dos ecossistemas, sendo uma solução relevante do ponto de vista da escassez e uma prática fundamental para conservação da água (PALHARES,2019).

Diversos autores têm estudado a aplicação de água residuária da agroindústria em conjunto com a irrigação, visando aproveitamento de recursos. Alves et al (2012), ao fertirrigarem mudas de tomate com água residuária tratada de esgoto doméstico, concluíram que pode ser uma alternativa para produção de mudas de elevada qualidade. Silva (2022) ao fertirrigar mudas de mamoeiro com esgoto doméstico tratado, observou melhoria na qualidade das mudas a partir da dose de 25% de água residuária. Junchen (2013) fertirrigando alface com águas residuárias tratadas do processamento de carne e leite, observou que a produtividade foi beneficiada em relação a testemunha. Gomes et al (2017) ao realizarem uma avaliação do estado nutricional de plantas de beterraba irrigadas com água residuária tratada de laticínios, verificaram que a irrigação promoveu níveis adequados de macro nutrientes.

O resíduo da agroindústria de laticínios, normalmente, é tratado em estações de tratamento de esgoto e o descarte previsto para o resíduo tratado é a disposição em corpos hídricos, atendendo a parâmetros determinados em legislação do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), como a resolução 430. No entanto, ao dispor o efluente em corpos hídricos, o potencial nutricional que a ele apresenta, tendo em vista que sua composição conta com nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio, acaba sendo desperdiçado. Isso representa um problema, principalmente, no estado de Minas Gerais, que se destaca como o maior produtor de leite do Brasil (IBGE, 2021) e a Zona da Mata Mineira contribui para esse ranking com uma

produtividade de 1583 litros por vaca e mais de 28 mil fazendas leiteiras (SIQUEIRA et al., 2013).

Uma das alternativas para o uso de resíduos agroindustriais tratados pode ser a produção de mudas em ambiente protegido. Mudanças adequadamente nutridas e hidratadas, garantem um bom desempenho inicial do estande de plantas, qualidade do produto colhido e produtividade (NASCIMENTO et al., 2011).

A pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) é produzida a partir de mudas que após o período de 60 dias são transplantadas para o campo. As temperaturas médias mensais ideais para o cultivo da pimenta situam-se entre 21 e 30°C (EPAMIG, 2023). A economia que as pimentas movimentam é bastante relevante, envolve fábricas para produção de geleias, conservas e molhos, agregando valor ao produto e incluindo no processo a participação de empresas para obtenção de produtos como a páprica, a pimenta calabresa e molhos. As pimentas destacam-se pelo sabor expressivo, característico de ardor devido a presença do composto capsaicina (PEREIRA, 2018). Podem ser utilizadas não só na culinária, mas em farmácia, cosméticos e como planta ornamental. O estado de Minas Gerais é o principal estado produtor de pimentas, em 2021, a produção mineira foi de 3.849 toneladas (EPAMIG, 2023).

Diante do exposto, tendo em vista a necessidade de produção de mudas de qualidade, a demanda do descarte adequado dos resíduos agroindustriais e a utilização de alternativas de manejo de irrigação sustentável, é importante o estudo da fertirrigação de mudas com água residuária tratada, para proporcionar o desenvolvimento da agricultura irrigada sustentável no Brasil.

Assim, o objetivo geral neste trabalho foi avaliar o desempenho de mudas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) produzidas sob níveis de água residuária tratada da indústria de laticínios. O desempenho foi avaliado levando em consideração os seguintes objetivos específicos: (i) o índice de qualidade de Dickson (IQD), por meio da análise de altura, diâmetro do colo, massa seca total, da parte aérea e da raiz; (ii) o índice de área foliar (IAF); (iii) o parâmetro de eficiência de uso da água (EUA), com a análise do volume de irrigação aplicado e da massa seca total e (iv) determinação do melhor tratamento considerando os níveis de água residuária de laticínios testados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido durante 5 semanas, na área experimental de irrigação de drenagem do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa-MG, na Zona da Mata de Minas Gerais (Figura 1). O estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, com dimensões 7,2x7,8m e pé-direito 3m com estrutura de aço galvanizado e orientação Leste-Oeste. As paredes laterais foram confeccionadas com tela negra (sombrite) 50% de sombreamento e tem cobertura em arco tipo túnel feita com polietileno de baixa densidade e transparente.

O município de Viçosa-MG apresenta predominância de relevo montanhoso e acidentado. É caracterizado pela variação altimétrica entre 592 e 965m, com feições morfológicas que auxiliam na delimitação do clima. A época chuvosa engloba os meses de outubro a março, e a época seca entre abril e setembro (FIALHO; SANTOS, 2022). O estudo foi desenvolvido entre os meses de abril e maio, caracterizados por temperatura média mensal entre 16 e 20°C (INMET, 2023).

Figura 1 – Localização da casa de vegetação na área experimental de irrigação onde foi conduzido o experimento de produção de mudas de pimenta irrigadas com água residuária da indústria de laticínios



Fonte: GoogleEarth Pro.

2.2 Delineamento experimental

O estudo foi conduzido utilizando sementes de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*), Topseed® (75% germinação; 99% pureza), semeadas em bandejas de polipropileno de 128 células Nutriplan®, cada célula possui diâmetro de 3 centímetros e foram preenchidas com substrato comercial Fertnobre®. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 amostras. Sendo assim, cada bandeja correspondia a um tratamento, de onde se utilizaram 10 mudas de cada uma para realizar a análise destrutiva, de modo que 10 mudas foram consideradas uma unidade amostral. A Figura 2 apresenta a amostra de mudas avaliadas.

Figura 2 – Unidade amostral composta por 10 mudas de pimenta biquinho



Fonte: Autora.

2.3 Instalação do experimento

Foram colocadas duas sementes em cada célula na profundidade de 1 cm (Figura 3), e depois de uma semana foi realizado o desbaste, deixando-se em cada célula a plântula mais vigorosa.

Figura 3 – Semeadura com duas sementes de pimenta biquinho em bandejas de polipropileno com 128 células preenchidas com substrato comercial



Fonte: Autora.

As bandejas foram dispostas em suporte de metal, a uma altura de 70cm do solo. A Figura 4 apresenta o experimento instalado.

Figura 4 – Disposição das bandejas de mudas sob bancada suspensa



Fonte: Autora.

Após semeadura, foi realizada a irrigação utilizando água do sistema de abastecimento, cuja composição está apresentada na Tabela 1, durante 15 dias, até a emergência das sementes. Em seguida, teve início a aplicação da água residuária da indústria de laticínios nos tratamentos.

Tabela 1 – Análise da água de abastecimento utilizada no experimento

Parâmetros	Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	Potássio (mg.L ⁻¹)	pH	Condutividade Elétrica (ds.m ⁻¹)
Água de abastecimento	<1.50	<0.10	3.30	8.4	1.83

Fonte: Autores.

2.4 Água residuária da indústria de laticínios

Visando definir o laticínio para a coleta da água residuária e qual a melhor opção em termos da qualidade da água para fins de irrigação, foram realizadas duas amostragens em laticínios distintos antes da instalação do experimento.

Os resultados da caracterização foram analisados e comparados de acordo com recomendações de Ayers e Westcot (1985), diretrizes para interpretação da qualidade da água para irrigação. Foram analisados os seguintes atributos: potencial hidrogeniônico (pH), condutividade elétrica (CE), nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Os resultados obtidos estão apresentados na Tabela 2. As análises em laboratório foram realizadas seguindo as diretrizes de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 2017).

Tabela 2 – Análise da água residuária de duas amostras de laticínios distintos localizados no município de Viçosa-MG e parâmetros químicos indicados por Ayers e Westcot para água de irrigação

Amostra	Nitrogênio (mg.L ⁻¹)	Fósforo (mg.L ⁻¹)	Potássio (mg.L ⁻¹)	pH	Condutividade Elétrica (ds.m ⁻¹)
Laticínio 1	17.30	4.92	15.00	4.8	1.34
Laticínio 2	5.90	1.16	17.40	8.1	2.46
Ayers e Westcot (1985)	0-10.00	0-2.00	0-2.00	6-8.5	0-3.00

Fonte: Autores.

Após interpretação dos dados, o laticínio escolhido para condução do experimento foi o laticínio 2, tendo em vista que atende as recomendações (Tabela 2) para o nitrogênio, fósforo e pH, o que não ocorreu com o laticínio 1. No entanto, foi identificado que o valor da concentração de potássio foi superior ao recomendado. Ao estudar a causa da elevada concentração de potássio na água residuária do laticínio, foi constatada a utilização do ingrediente sorbato de potássio no processo produtivo, o que pode ter causado o aumento na concentração deste nutriente.

As amostras para análise da água residuária utilizada na irrigação foram coletadas na Estação de Tratamento de Efluentes (ETE) do laticínio 2. A ETE conta com as etapas de tratamento preliminar, primário e secundário, incluindo sistemas como calha parshall, caixa de gordura, desarenador, flotor por ar dissolvido e lodos ativados. A água residuária foi coletada semanalmente, após a etapa de tratamento secundário, e armazenada no laboratório de qualidade ambiental do Departamento de Engenharia da Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, onde foram realizadas análises de rotina semanais da condutividade elétrica e pH.

2.5 Manejo de irrigação

Para determinação do volume total de água a ser aplicado em cada bandeja, foi desenvolvido o teste de capacidade de bandeja, baseado na umidade do substrato, adaptado do teste de capacidade de pote descrito por Campos et al (2015). Por meio do teste, é possível obter o limite superior de água disponível no solo para as plantas em experimentos conduzidos em vasos, e pode ser considerado um método direto de determinação da capacidade de campo (CAMPOS et al., 2015).

O substrato foi seco segundo método de estufa, a 65° por 48h (FERMINO, 2003) com posterior preenchimento e pesagem da bandeja com substrato seco. Em seguida, foi realizada irrigação com regador manual, uniformemente em toda bandeja de modo a alcançar sua

capacidade máxima de retenção. Após cessar a drenagem da bandeja, foi realizada nova pesagem. O volume de água correspondente a capacidade da bandeja foi determinado pela diferença entre as duas pesagens, de acordo com a Equação 1.

$$\text{Volume de água} = \text{Massa de solo úmido} - \text{Massa de solo seco} \quad (1)$$

A massa de solo úmido foi correspondente a 2082.11 gramas, e a massa de solo seco foi 1702.91 gramas. A diferença entre as duas pesagens foi de 379.20 gramas. Como a densidade da água é igual 1grama por mililitro, o valor obtido em gramas foi utilizado para determinação do volume em mililitros. Portanto, o volume irrigado em cada bandeja foi de 0. 380L.

Os tratamentos foram definidos segundo o teste da capacidade de bandeja, compostos pela mistura de água de abastecimento com água residuária oriunda da ETE do laticínio.

No dia da coleta semanal, as soluções eram preparadas na estufa, imediatamente após a coleta e transporte até a estufa. Nos outros dias, o efluente foi armazenado em geladeira e era diariamente coletado somente o volume necessário para a irrigação diária. A água de abastecimento (AA) foi estocada em caixa d'água com capacidade para 500L por um período de trinta dias. A irrigação das mudas foi conduzida de forma manual com utilização de regadores plásticos com capacidade para 500mL, sendo utilizado um regador para cada bandeja. Durante a aplicação, distribuiu-se uniformemente o mesmo volume de água para as mudas, que foram irrigadas uma vez ao dia. Os tratamentos estão definidos na Tabela 3, compostos por água de abastecimento (AA) e água residuária de laticínios (AR).

Tabela 3 - Descrição dos tratamentos aplicados com as proporções de água residuária (AR) e água de abastecimento (AA)

Tratamento	Descrição
Tratamento 1 (T1)	Controle
Tratamento 2 (T2)	25% AR
Tratamento 3 (T3)	50% AR
Tratamento 4 (T4)	75% AR
Tratamento 5 (T5)	100% AR

AA = Água de abastecimento; AR = Água residuária da indústria de laticínios

Fonte: Autores.

2.6 Determinação da eficiência de uso da água (EUA)

Durante a aplicação dos tratamentos, visando calcular o volume de irrigação efetivo (V_e), a drenagem de cada bandeja foi contabilizada com uma bandeja de plástico, uma proveta e um funil. A Figura 5 apresenta o procedimento de coleta da drenagem.

Figura 5 – Coleta do volume de água drenado após a irrigação para produção de mudas de pimenta irrigadas com água residuária da indústria de laticínios



Fonte: Autora.

O volume de irrigação efetivo foi determinado de acordo com a Equação 2.

$$\text{Volume efetivo} = \text{Volume aplicado} - \text{drenagem} \quad (2)$$

Com a determinação do volume efetivo, foi possível calcular a eficiência de uso da água (EUA), que corresponde ao incremento de massa seca total (MST) nas mudas proveniente de cada litro de água utilizado na irrigação (V_e). A EUA foi determinada de acordo com a Equação 3.

$$EUA = \frac{MST}{V_e} \quad (3)$$

Em que: $EUA (g.L^{-1})$ = Eficiência de uso de água, $MST(g)$ = Massa seca total; $Ve (L)$ = Volume efetivo.

2.7 Determinação do índice de qualidade de Dickson (IQD)

Após 30 dias da semeadura, foram selecionadas 10 mudas ao acaso, desprezando as da bordadura, para serem analisadas quanto ao diâmetro do colo, altura, massa seca total, massa seca da parte aérea e massa seca da raiz com objetivo de calcular o índice de qualidade de Dickson. O IQD é um bom indicador da qualidade de mudas e tem sido empregado com eficiência para analisar o comportamento de mudas de espécies diversas (ELOY et al., 2013), pois considera parâmetros morfológicos importantes da avaliação de qualidade (MEDEIROS et al., 2018).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi calculado por meio da relação entre os parâmetros massa seca total (MST), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), altura da parte aérea (H) e diâmetro do colo (DC), de acordo com a equação 4 (DICKSON et al., 1960), (MEDEIROS et al., 2018).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (4)$$

Em que: $MST(g)$ = Massa seca total; $H(cm)$ = Altura; $DC (cm)$ = Diâmetro do colo; $MSPA(g)$ = Massa seca da parte aérea; $MSR(g)$ = Massa seca do sistema radicular.

Para obter as análises de massa seca, o material fresco foi destinado para estufa com circulação de ar forçado a uma temperatura de 65 °C durante 24 horas (ALVES et al., 2012), e a massa seca foi determinada em balança de precisão (0,0001g). A determinação da altura foi realizada fazendo uso de régua graduada em centímetros. A determinação do diâmetro do colo foi realizada por meio do paquímetro digital graduado em milímetros (ALVES et al., 2012).

O diâmetro do colo é um parâmetro importante e está relacionado a um bom desempenho e estabelecimento das plantas no campo (FILHO et al., 2012). A Figura 6 apresenta o procedimento.

Figura 6 – Determinação do diâmetro do colo da muda de pimenta biquinho por meio de paquímetro digital graduado em milímetros

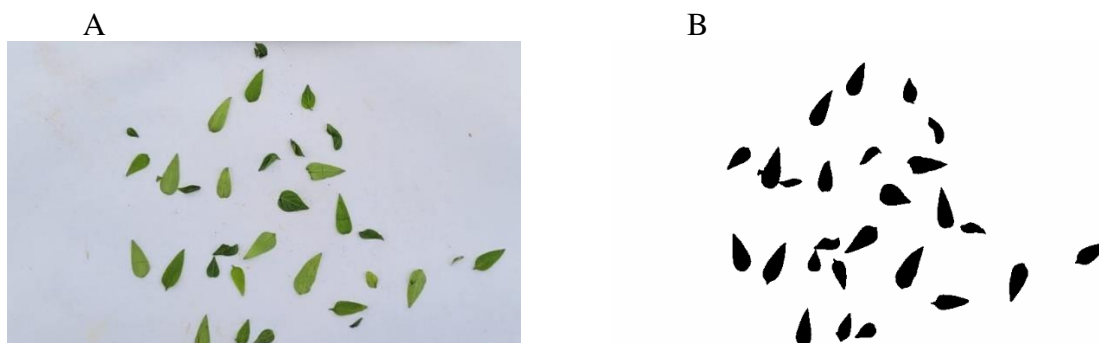


Fonte: Autora.

2.8 Determinação do índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar (IAF) é um parâmetro importante utilizado na avaliação das plantas, fundamental para a tomada de decisão nos sistemas de cultivo. Esse índice relaciona a área foliar em função da área de solo ocupada. A área foliar foi obtida por meio de fotografias das folhas de 10 mudas, alocadas em um local bem iluminado, com fundo branco e presença de uma régua graduada em centímetros. As fotos foram submetidas ao software ImageJ (SCHNEIDER et al., 2012). Em seguida foi utilizado o software R (R Core Team, 2013), via programação utilizando o pacote *Leaf Area* (KATABUCHI, 2015) que determinou a área foliar das 10 mudas utilizadas na composição da amostra. A Figura 7 apresenta o processamento de imagens.

Figura 7 – Processamento de imagem das folhas de 10 mudas de pimenta biquinho em RStudio para determinação da área foliar. Imagem obtida antes do processamento (A) e imagem processada (B)



Fonte: Autora.

A área de solo ocupada foi determinada por meio do diâmetro da célula da bandeja. Como o diâmetro da célula é de 3cm, a área de uma célula é de 7,068cm², logo a área ocupada por 10 mudas é de 70,68 cm², igual para todas as bandejas. O IAF de cada bandeja foi calculado pela Equação 5.

$$IAF = \frac{\text{Área foliar de 10 mudas}}{\text{Área ocupada por 10 mudas}} \quad (5)$$

Em que: IAF=Índice de Área Foliar.

2.9 Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste ‘F’ e foi aplicado o teste de Tukey, ambos ao nível de 5% de significância. As análises foram executadas com o auxílio do software R (R CORE TEAM, 2013), com o pacote experimental Designer (FERREIRA; CAVALCANTI; NOGUEIRA, 2014).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo da aplicação de efluente da indústria de laticínios para as variáveis IAF, IQD, EUA, MST, MSPA e H das mudas de pimenta biquinho, o que não ocorreu para MSR e DC, ao nível de 5% de significância. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos com a análise de variância (ANOVA) para os diferentes níveis de água residuária estudados. Por meio da relação entre o fator F calculado e o F tabelado é possível concluir em quais parâmetros a aplicação de água residuária exerceu influência significativa.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância (ANOVA) do experimento utilizando mudas de pimenta irrigadas com diferentes níveis de água residuária da indústria de laticínios

	IAF	IQD	EUA	MSR	MSPA	MST	H	DC
GL	4	4	4	4	4	4	4	4
F ¹	19.590*	0.940 ^{ns}	7.384*	1.855 ^{ns}	30.110*	8.566*	70.240*	1.155 ^{ns}

¹Valores de F da análise de variância, onde GL = Graus de liberdade, IAF = Índice de área foliar, IQD = Índice de qualidade de Dickson, EUA = Eficiência de uso da água, MSR = Massa seca da raiz, MSPA = Massa seca da parte aérea, MST = Massa seca total, H = Altura, DC = Diâmetro do colo. Em que: *Significativo pelo teste F, 5%; ns = não significativo pelo F 5%

Fonte: Autores.

Os resultados apresentados na Tabela 4 são referentes a análise destrutiva realizada aos 30 dias após a semeadura. Ao longo desse período, as mudas começaram a apresentar maiores sintomas de excesso da aplicação de potássio. O potássio atua como regulador da entrada e saída de água nas plantas e no transporte dos elementos nas plantas (JOHNSON, et al., 2022). Quando há excesso de potássio disponível, podem ocorrer diversas distorções nas funções (JOHNSON, et al., 2022) e as plantas terão dificuldade de absorver nutrientes como cálcio e o magnésio, o que pode inibir o crescimento (PRADO et al., 2004). O magnésio também é considerado um dos principais ativadores enzimáticos das plantas, tendo uma participação direta na síntese de carboidratos e ácidos nucleicos e no metabolismo de transferência de energia.

Foram visíveis sintomas como clorose nas folhas e queda de folhas mais velhas, culminando na morte das mudas (Figura 8).

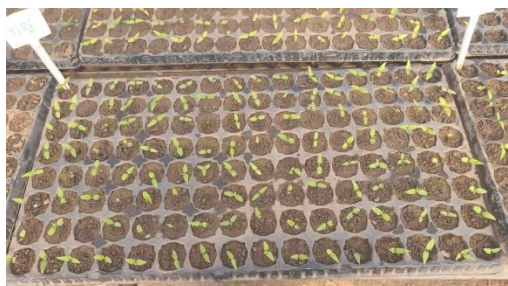
Figura 8 – Comparação visual das bandejas de mudas de pimenta biquinho irrigadas com água residuária de laticínios aos 25 dias após a semeadura



Tratamento 1- Controle



Tratamento 2 – 25%AR



Tratamento 3 – 50%AR



Tratamento 4 – 75%AR



Tratamento 5 – 100%AR

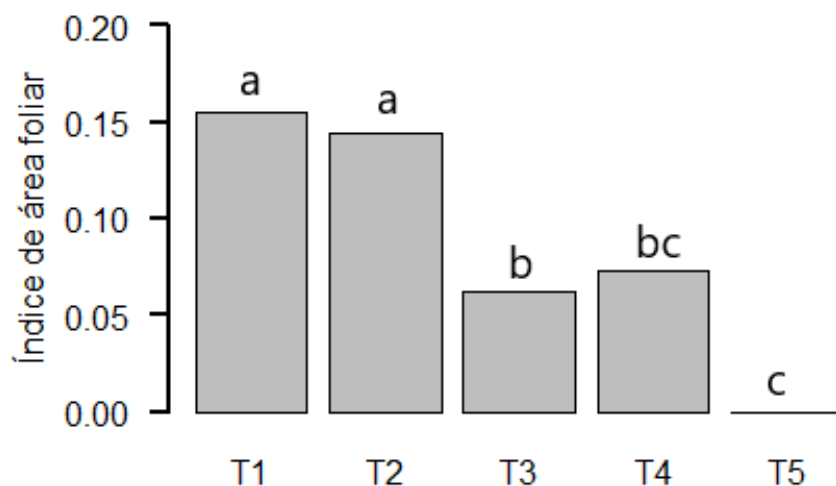
Fonte: Autora.

No tratamento 5 (100% de água residuária) ocorreu mortalidade das mudas possivelmente proveniente da concentração elevada de potássio na água residuária. Além disso, a mortalidade no tempo foi proporcional a concentração de água residuária aplicada, ou seja, após a finalização do tratamento 5, o mesmo ocorreu em seguida com o T4 e sucessivamente com T3.

3.1 Índice de área foliar (IAF)

O índice de área foliar variou entre 0 e 0.1545 (Figura 9). O IAF relaciona a área de todas as folhas da planta em função da área de solo ocupada, é uma medida adimensional que indica a capacidade que as plantas têm para explorar o espaço disponível de desenvolvimento (MANFRON,2003). Os tratamentos apresentaram resultado significativo, de modo que a aplicação de água residuária exerce influência sobre o índice de área foliar. Dessa forma, as maiores médias foram correspondentes ao tratamento T1 (100% AA) e ao tratamento T2 (25% AR + 75%AA), o que significa que para o mesmo espaço disponível, estes tratamentos apresentaram maior capacidade de desenvolvimento. Tendo em vista que não houve diferença significativa entre T1 e T2, segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade, o tratamento T2 (25% AR + 75%AA) promove impactos positivos iguais quando comparado a irrigação somente com água de abastecimento, indicando possibilidade do uso de água residuária para fins de irrigação de mudas de pimenta biquinho. Devido a mortalidade das mudas do tratamento 5, ele não tem massa referente a parte aérea, conseqüentemente não há valor de índice de área foliar.

Figura 9 – Índice de área foliar das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T4), 50% (T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%.

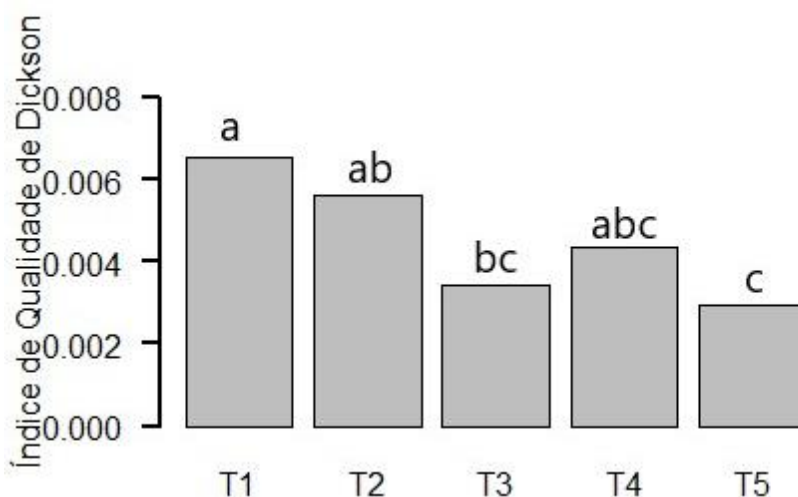
Fonte: Autores.

Sampaio et al (2011), constataram maior área foliar nos tratamentos com maior concentração de água residuária de origem doméstica, ao fertirrigarem mudas de melão. Cruz et al (2008) ao fertirrigarem mudas de maracujá com água residuária da suinocultura, identificaram que o tratamento com 100% de água residuária proporcionou um incremento na área foliar em relação ao tratamento testemunha. Essa diferença pode ser decorrente da composição da água residuária utilizada, que no caso de efluentes domésticos e de suinocultura, apresenta maior fração de material orgânico comparado ao efluente de laticínios.

3.2 Índice de qualidade de Dickson (IQD)

O índice de qualidade de Dickson, variou entre 0.002925 e 0.00655 (Figura 10). É uma medida adimensional que representa a distribuição de biomassa nas mudas (OLIVEIRA JÚNIOR et al., 2019). Houve incremento de 55 e 48% na EUA para os tratamentos T1 e T2, respectivamente, em relação ao tratamento 5. Os tratamentos apresentaram resultado significativo, de modo que a aplicação de água residuária exerce influência sobre o índice de qualidade de Dickson.

Figura 10 – Índice da qualidade de Dickson das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T4), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%

Fonte: Autores.

As maiores médias foram correspondentes ao tratamento T1 (100%AA) e ao tratamento T2(25%AR + 75% AA), o que significa que estes tratamentos forneceram melhor distribuição de biomassa nas mudas. Tendo em vista que não houve diferença significativa entre T1 e T2, segundo teste de Tukey a 5% de significância, e o T2 utiliza menor quantidade de água de abastecimento, é possível pontuar maior economia de recurso hídrico no tratamento com água residuária.

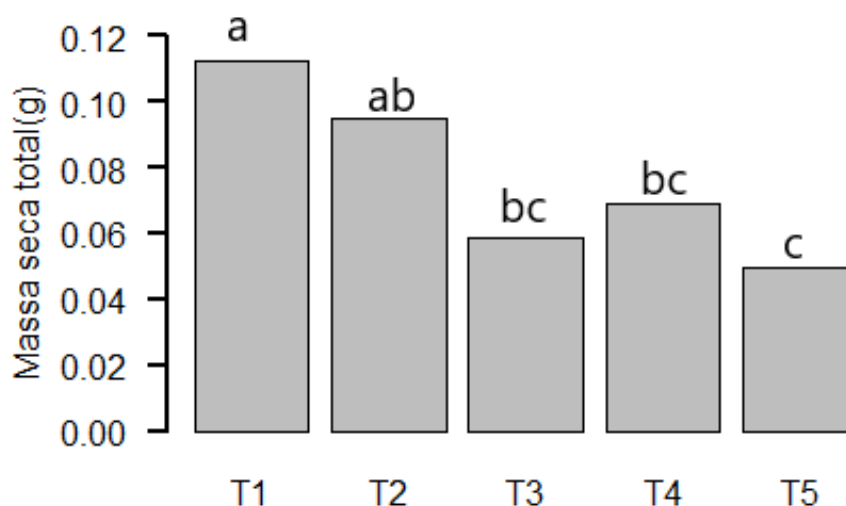
Marana et al (2008) ao estudar os efeitos das doses de fertilizante sobre o crescimento e a qualidade das mudas de café, encontrou que as mudas desenvolvidas em substrato comercial apresentaram o IQD de 0,21. Para o IQD, Almeida et al (2017) trabalhando com a adição de lodo de curtume ao substrato na produção de mudas de pimenta biquinho, gerou aumento na qualidade das mudas quando comparadas ao valor do índice gerado em mudas cultivadas sem adição de lodo de curtume. O valor médio obtido para o IQD foi de 0.00562, correspondente ao valor encontrado no tratamento 2 deste estudo. Esse resultado pode indicar que mudas de pimenta biquinho respondem de forma semelhante em relação a distribuição de biomassa tanto com adubação com lodo no substrato quando na adubação via fertirrigação.

As diferenças podem ser decorrentes da composição do substrato, tendo em vista que neste estudo foi utilizado substrato comercial sem adição de fertilizantes na sua composição e o lodo de curtume em conjunto com o substrato aporta nutrientes em quantidades elevadas.

3.3 Massa seca total (MST)

A massa seca total, composta pela massa seca de raiz, caule e parte aérea, variou de 0.0495 a 0.1121 gramas (Figura 11). Houve incremento de 55 e 47% na MST para os tratamentos T1 e T2, respectivamente, em relação ao tratamento 5. A massa seca total foi influenciada pela aplicação e concentração de água residuária, de modo que houve interação significativa entre os tratamentos e o melhor tratamento corresponde ao T1 (100%AA), que apresenta a maior massa. O menor valor foi correspondente ao tratamento T5 (100%AR). O T5 foi afetado pela ausência de parte aérea devido elevada concentração de água residuária, o que pode ter impactado no resultado da massa seca total.

Figura 11 – Massa seca da total das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T4), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%

Fonte: Autores.

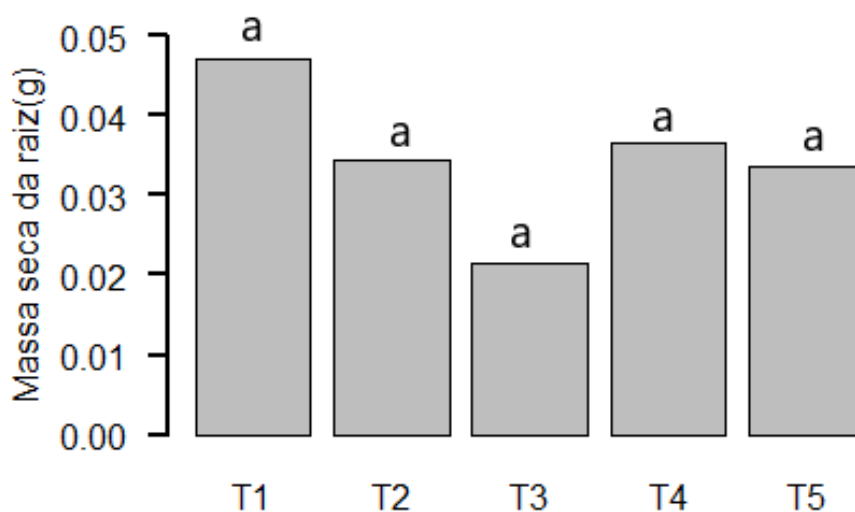
Este resultado é similar ao encontrado por Souza et al (2023), em que utilizando efluente de piscicultura na irrigação de mudas de pinha reduziu o acúmulo de biomassa. No entanto, é contrário ao obtido por Costa Júnior et al (2015) fertirrigando mudas de maracujá, em que foram obtidos maiores valores de massa seca total nos tratamentos com maior concentração de nutrientes. Oliveira et al (2014), fertirrigando mudas de pimenta, observaram que a MST foi afetada de forma quadrática em resposta ao aumento da concentração de nutrientes na solução

nutritiva. Tais diferenças podem ser provenientes da dose utilizada nos tratamentos e da composição da água utilizada para irrigação.

3.4 Massa seca da raiz (MSR)

A massa seca da raiz, variou em média de 0.02157 a 0.0472 gramas (Figura 12). A massa seca da raiz não apresentou variação significativa, o que indica que a concentração de água residuária na composição dos tratamentos não exerce influência sobre o desenvolvimento do sistema radicular das mudas de pimenta biquinho. É possível apontar que o excesso de adubação potássica causou problemas principalmente no desenvolvimento da parte aérea, e não no sistema radicular, cujas variações não são significativas pelo teste Tukey a 5% de significância.

Figura 12 – Massa seca da raiz das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T4), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%

Fonte: Autores.

A preservação do sistema radicular mesmo em elevadas concentrações pode ter sido proveniente do nível adequado de fósforo presente na água residuária (Tabela 2), tendo em vista que o fósforo é um nutriente que contribui para o enraizamento das mudas.

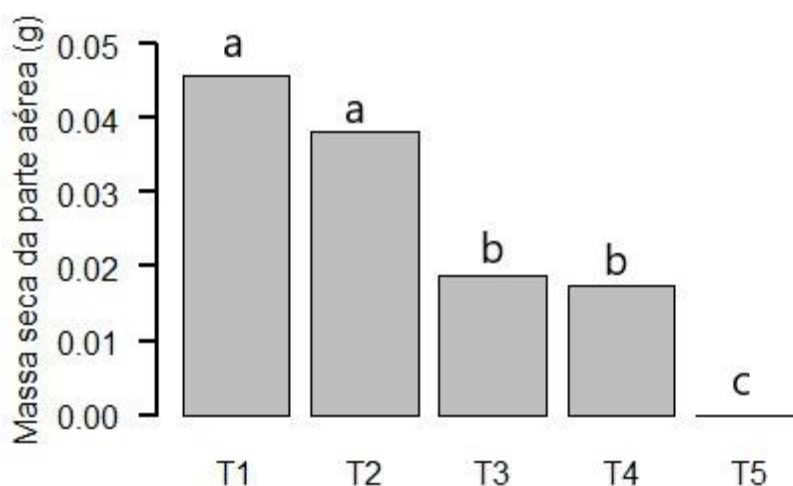
Oliveira et al (2020), fertirrigando mudas de mamoeiro e maracujazeiro, observaram que as mudas irrigadas com efluente de água cinza tiveram maiores valores de matéria seca da raiz. A diferença pode ser devido a composição da água residuária, tendo em vista que a água cinza

não é proveniente de um processo produtivo agroindustrial, como a água de laticínios. Cruz et al (2008) ao fertirrigarem mudas de maracujá com água residuária da suinocultura encontraram o maior valor de MSR para a concentração de 57%, enquanto nesse estudo não houve diferença significativa entre os tratamentos. Essa diferença pode ser decorrente da composição da água residuária utilizada, que no caso da suinocultura, apresenta maior fração de material orgânico que pode proporcionar incremento no sistema radicular.

3.5 Massa seca da parte aérea (MSPA)

A massa seca da parte aérea variou de 0 a 0.04577 gramas (Figura 13). A massa seca da parte aérea foi influenciada pela aplicação e concentração de água residuária, de modo que houve efeito significativo entre os tratamentos e os melhores resultados foram correspondentes ao tratamento T1 (100%AA) e ao tratamento T2(25%AR + 75% AA), bem como o índice de área foliar, que também tem relação com a presença da parte aérea. Tendo em vista que a parte aérea foi afetada pela adubação potássica, era esperado que os melhores resultados fossem provenientes das menores concentrações de água residuária utilizadas.

Figura 13 – Massa seca da parte aérea das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T5), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%

Fonte: Autores.

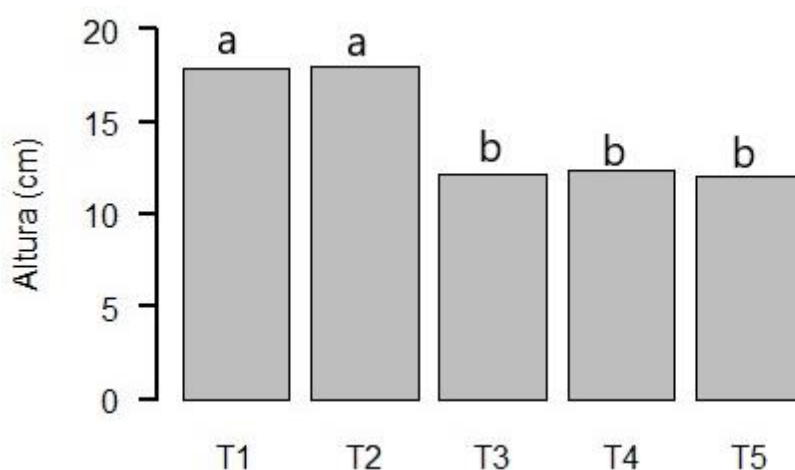
Coelho et al (2018) analisando a produção de mudas de café, observou que a fertirrigação diária, utilizando soluções nutritivas com condutividade elétrica entre 1.4 e 2.2 ds/m, valor

similar a este estudo, são eficientes na produção das mudas, fornecendo valores significativos de massa seca da parte aérea. Isso ocorre porque as águas são divididas em classes segundo sua condutividade elétrica (CE), considerado o critério mais importante com respeito à qualidade da água para irrigação, pois determina a concentração total de sais (CORDEIRO, 2001).

3.6 Altura (H)

A altura média variou de 12.05 a 17.97 centímetros, correspondente a soma da altura de 10 mudas. A Figura 14 indica que houve incremento de 30% na altura para os tratamentos T1 e T2 em relação ao tratamento 5. Isso pode ter ocorrido devido a proporção de nutrientes no T2 ter contribuído para a expansão do tecido vegetal e resultado em incremento da altura.

Figura 14 – Altura das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T5), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%

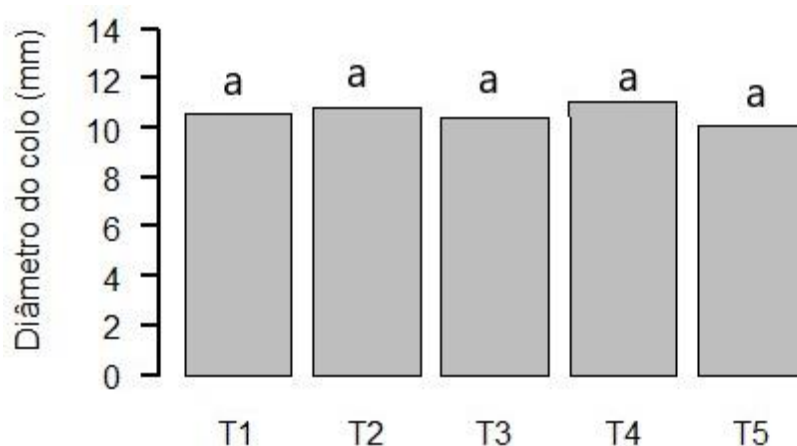
Fonte: Autores.

Silveira et al (2022) ao utilizar água residuária da indústria da carcinicultura para irrigar mudas de espécies florestais, obteve maiores valores de altura quando foram utilizados os tratamentos com menores valores de condutividade elétrica, correspondente a 2,1 ds/m, próximo ao utilizado neste estudo. Tais resultados evidenciam a importância e aplicação da condutividade elétrica adequada no desenvolvimento da agricultura irrigada.

3.7 Diâmetro do colo (DC)

O diâmetro do colo, segundo a análise de variância apresentou resultado não significativo, as médias entre os tratamentos variaram de 10.07 a 11.03 milímetros (Figura 15), correspondente a soma dos diâmetros do colo de 10 mudas. Houve incremento de 70 e 49% no diâmetro do colo para os tratamentos T2 e T1, respectivamente, em relação ao tratamento 5. É possível apontar que a concentração de água residuária na composição dos tratamentos não exerce influência sobre o desenvolvimento do diâmetro do colo das mudas de pimenta biquinho.

Figura 15 – Diâmetro do colo das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T5), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



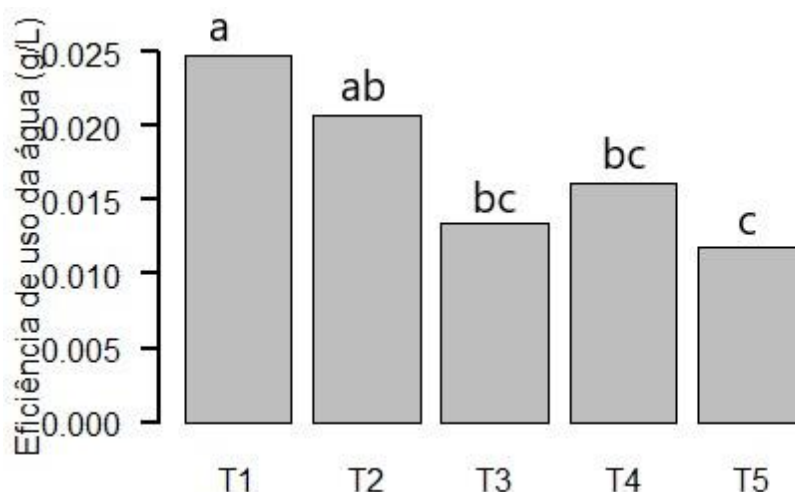
As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5% Fonte: Autores.

Mota et al (2011), produzindo mudas de melancia irrigadas com água residuária de origem doméstica, também não observou efeito significativo para o diâmetro do colo. Silveira et al (2022) ao utilizar água residuária da indústria da carcinicultura para irrigar mudas de espécies florestais, encontraram que os tratamentos com doses que apresentavam condutividade elétrica de até 2.1 ds/m, valores próximos a água residuária deste estudo, apresentaram bom desenvolvimento inicial do diâmetro do colo, apesar de também não terem diferido estatisticamente do tratamento testemunha. O desenvolvimento do diâmetro do colo pode ser prejudicado, devido ao acúmulo de sais que gera toxicidade, quando são encontrados valores de condutividade acima do recomendado (Tabela 2).

3.8 Eficiência de uso da água (EUA)

A eficiência de uso da água variou entre 0.0118 e 0.0247 g/L (Figura 16). A eficiência de uso da água representa o incremento de massa seca total a cada litro de água aplicado nos tratamentos. Houve incremento de 52 e 43% na EUA para os tratamentos T1 e T2, respectivamente, em relação ao tratamento 5. Dessa forma, os maiores resultados foram correspondentes ao tratamento T1 (100%AA) e ao tratamento T2(25%AR + 75% AA), o que significa que para a mesma quantidade de água aplicada, estes tratamentos forneceram maior incremento de massa nas mudas. Tendo em vista que não houve diferença significativa entre T1 e T2, segundo teste de Tukey a 5% de probabilidade, e o T2 utiliza menor quantidade de água de abastecimento, é possível pontuar maior economia de recurso hídrico no tratamento com água residuária.

Figura 16 – Eficiência de uso da água das mudas de pimenta biquinho aos 30 dias após a semeadura submetidas a fertirrigação com água residuária de laticínios nas proporções 100% de água residuária (T5), 75% (T4), 50%(T3), 25% (T2) e somente água de abastecimento (T1)



As letras minúsculas comparam as médias pelo Teste Tukey ao nível de 5%.

Fonte: Autores.

Scalon et al (2011) avaliando mudas de mutambo, não encontraram diferença significativa para a eficiência de uso da água ao comparar diferentes níveis de disponibilidade hídrica, resultado contrário a este estudo que obteve diferença entre os tratamentos. A diferença pode ser proveniente do manejo de irrigação, em que neste estudo foi oferecido para as bandejas de mudas o mesmo volume de água ao longo do experimento.

Souza et al (2011) avaliando a eficiência de uso da água em sistemas de plantio direto e plantio convencional, na cultura do pimentão, identificaram que os maiores valores de EUA foram obtidos no plantio direto, com média de 4,5 kg de pimentão (*Capsicum annuum*)

produzidos a cada metro cúbico de água aplicada. Em ambos os estudos, a EUA representou a relação entre o uso da água como recurso hídrico para produção de culturas do gênero *Capsicum* com a produção resultante do ciclo, seja na fase final de colheita de frutos ou de massa seca total na produção de mudas.

4 CONCLUSÃO

O estudo do reuso de efluentes na agricultura é uma alternativa relevante do ponto de vista da sustentabilidade na produção, pois proporciona a recuperação de recursos e reinserção de resíduos no processo produtivo.

Ao produzir mudas de pimenta biquinho (*Capsicum chinense*) irrigadas com água residuária da indústria de laticínios, o tratamento com 75% de água de abastecimento e 25% de água residuária de laticínios resultou em efeito positivo sob o índice de área foliar, índice de qualidade de Dickson, altura, massa seca total, massa seca da parte aérea e eficiência de uso da água. A massa seca da raiz e diâmetro do colo não foram influenciados pela aplicação de água residuária.

As limitações deste estudo são relacionadas a determinação da dose aplicada. A menor dose de água residuária de laticínios causou efeitos negativos sobre as mudas. Observou-se sintomas de excesso de nutrientes. Em trabalhos futuros podem ser aplicadas metodologias que realizem o cálculo da dose baseado no elemento químico referencial, visando aplicar somente a quantidade necessária para atender a demanda da cultura incluindo o período após transplantio.

Conclui-se com este trabalho que é válida a aplicação de água residuária da indústria de laticínios, na menor proporção, para produção de mudas de pimenta biquinho, pois favorece recuperação de recursos e disposição adequada de efluentes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.R. et al. Utilização de lodo de curtume em complementação ao substrato comercial na produção de mudas de pimenta biquinho. **Scientia Agraria**, v. 18, n. 1.p. 20-33, 2017.
- ALMEIDA, A. A. et al. Performance of two parallel covered lagoon digesters in the treatment of pig farm wastewaters. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 29, p. 286–290, 2021.
- APHA. American Public Health Association, & American Water Works Association. Standard methods for the examination of water and wastewater. **American public health association**. 2017.
- ALVES, R.C. Reutilização de água residuária na produção de mudas de tomate. **Agropecuária científica no semiárido**, v. 8, n. 4, p. 77-81, 2012.
- AYERS, R.S; WESTCOT, D.W. Water quality for agriculture. FAO Irrigation and Drainage, v. 29, **Food and Agriculture Organization**, 1985.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução CONAMA n. 503/2021, de 14 de Dezembro de 2021. Define critérios e procedimentos para o reúso em sistemas de fertirrigação de efluentes provenientes de indústrias de alimentos, bebidas, laticínios, frigoríficos e graxarias.
- CAMPOS, M. P. et al. Métodos de determinação do limite superior de água disponível no solo. n. 1, p. 3–6, 2015.
- COELHO, V. P. DE M. et al. Fertigation and growth regulator on coffee seedling production in tubes. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 48, n. 4, p. 350–357, 2018.
- COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. O problema da escassez de água no mundo. **CETESB**, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/o-problema-da-escassez-de-agua-no-mundo>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- CORDEIRO, G. G. Qualidade de Água para Fins de Irrigação (Conceitos básicos e práticos). **Embrapa Semiárido**, n.167, p. 32, 2001.
- COSTA JÚNIOR, E.S. et al. Índice de qualidade de Dickson em mudas de maracujá. 2015. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 2015.
- CRUZ, M.C.M. et al. Utilização de água residuária de suinocultura na produção de mudas de maracujazeiro-azedo cv redondo amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 4, p. 1107-1112, 2008.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10 - 13, 1960.
- ELOY, E. et al. Avaliação da qualidade de mudas de eucalyptus grandis utilizando parâmetros morfológicos. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 373, 2013.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS. Cultivo de Pimenta Capsicum. EPAMIG,2023.

FACHIM, A.Z. Efeitos da fertirrigação com efluente de indústria de laticínios nos atributos do solo e na produção de mudas de eucalipto. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

FERMINO, M.H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas.2003. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERREIRA EB, CAVALCANTI PP, NOGUEIRA. ExpDes: An R Package for ANOVA and Experimental Designs. **Appl Math**, v. 05, p. 2952–2958, 2014.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. dos. Unidades Mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 31, n. 18, p. 230–258, 2022

FILHO, A. C. et al. Dimensionamento amostral para avaliação de altura e diâmetro de mudas de *Cabralea canjerana*. **Ciencia Rural**, v. 42, n. 7, p. 1204–1211, 2012.

FURQUIM, M. G. D.; ABDALA, K. DE O. Sustentabilidade e expansão da agricultura irrigada: um olhar para o setor no estado de Goiás. **Natural Resources**, v. 9, n. 1, p. 47–56, 2019.

GOMES, T.M. et al. Supplementation of nutrients for table beets by irrigation with treated dairy effluent. **Journal of the Brazilian Association of Agricultural Engineering**. Eng. Agríc., Jaboticabal, v.37, n.6, p.1137-1147, 2017.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa da Pecuária Municipal 2021. IBGE. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/leite/br>: Acesso em: 09 abr. 2023.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS. Escassez Hídrica. IGAM. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/component/content/article/16/1553-escassez-hidrica>. Acesso em 09 jul.2023.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Banco de dados meteorológicos. INMET. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>. Acesso em: 14 jul. 2023.

JOHNSON, R. et al. Potassium in plants: Growth regulation, signaling, and environmental stress tolerance. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 172, n. January, p. 56–69, 2022.

JUNCHEN, C.R.et al. Irrigação por gotejamento para produção de alface fertirrigada com águas residuárias agroindustriais. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 1, p. 243-256, 2013.

KATABUCHI, M. LeafArea: an R package for rapid digital image analysis of leaf area. **Ecological Research**, v. 30, n. 6, p. 1073–1077, 2015.

MATOS, A.T; MATOS, M.P. Disposição de águas residuárias no solo e em sistemas alagados construídos. Viçosa, MG. Ed UFV, 2017.

MANFRON, P.A. et al. - Modelo do índice de área foliar da cultura de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 11, n. 2, p. 333-342, 2003.

MARANA, J.P. et al. Índices de qualidade e crescimento de mudas de café produzidas em tubetes. **Ciência Rural**, v.38, n.1, p.39-45, 2008.

MEDEIROS, M.B.C.L. et al. Índice de qualidade de dickson e característica morfológica de mudas de pepino, produzidas em diferentes substratos alternativos. **Agroecossistemas**, v. 10, n. 1, p. 159 – 173, 2018.

MOTA, A. F. et al. Desenvolvimento inicial de mudas de melancia “Crimson Sweet” irrigada com água residuárias. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 2, p. 98–104, 2011.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. DOS S.; SILVA, P. P. DA. Qualidade fisiológica da semente e estabelecimento de plantas de hortaliças no campo. **Embrapa Hortaliças**, p. 79–106, 2011.

OLIVEIRA F.A. et al. Produção de mudas de pimenta fertirrigadas com diferentes soluções nutritivas. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 458-463, 2014.

OLIVEIRA, H. A. et al. Growth and mineral composition of papaya and passion fruit seedlings irrigated with gray water. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 4, p. 1037–1048, 2020.

OLIVEIRA JÚNIOR, F.V.L. et al. Relações entre variáveis de crescimento e índice de qualidade de dickson para mudas de Timbaúba produzidas sob sombreamento. **CONGRESSO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**.2019.

PALHARES, J. C. P. Produção animal e recursos hídricos Tecnologias para manejo de resíduos e uso eficiente dos insumos. **Embrapa Pecuária Sudeste**. p.210,2019.

PEREIRA, R.D. **Caracterização de pimentas do gênero *Capsicum spp.*** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Recife,-PE, 2018.

PRADO, R. DE M. et al. Aplicação de potássio no estado nutricional e na produção de matéria seca de mudas de maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 295–299, 2004.

R Core Team (2013). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/>.

SAMPAIO, P. R. F. et al. Utilização De Águas Residuárias Na Germinação E Desenvolvimento Inicial De Mudas De Meloeiro ‘Amarelo Ouro’. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 6, n. 1, p. 179–187, 2011.

SCALON, S. P. Q. et al. Estresse hídrico no metabolismo e crescimento inicial de mudas de Mutambo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), **Ciência Florestal**,v. 21, n. 4, p. 655–662, 2011.

SCHNEIDER, C.A., RASBAND, W.S., ELICEIRI, K.W. "NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis". **Nature Methods** 9, 671-675, 2012.

SILVA, J. Produção de mudas de mamoeiro fertirrigado com água de esgoto doméstico tratada. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**, n.130, p. 22, 2022.

SILVEIRA, G. V. et al. Production of *Piptadenia moniliformis* B. seedlings irrigated by waste water from shrimp farming. **Revista em Agronegocio e Meio Ambiente**, v. 15, n. 2, 2022.

SIQUEIRA et al., A indústria de laticínios da zona da mata mineira e campo das vertentes. **Engormix**, 2013.

SOUZA, A. A. T. et al. Physiological responses of sugar-apple seedlings under saline wastewater irrigation and NPK doses. **Revista Ciência Agronômica**, v. 54, p. 1–11, 2023.

SOUZA, A. F. **Crescimento, alocação de biomassa e eficiência de uso de água por mudas de *Eucalyptus organdis*, *Tabebuia impetiginosa*, *Calophyllum brasiliense* e *Toona ciliata***. 2009. Dissertação (Mestrado em Biologia vegetal) – Departamento de Biologia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2009.

SOUZA, A. P. et al. Evapotranspiração, coeficientes de cultivo e eficiência do uso da água da cultura do pimentão em diferentes sistemas de cultivo. **Acta Scientiarum - Agronomy**, v. 33, n. 1, p. 15–22, 2011.

VILLES, V. S. et al. Água Como bem econômico: dessalinização para o combate da escassez hídrica no agronegócio. **Multitemas**, v. 24, n. 57, p. 217–231, 2019.