



ESTUDO AGRONÔMICO DA VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DA ÁGUA CONDENSADA DE AR-CONDICIONADO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE TOMATE

Victor Lorenzo Alves Cunha¹

Diogo Bastos Elias²

Tharcisio Fernandes Carvalho³

Lorena de Paula da Silva Maciel⁴

Jessica Caroline Silva do Nascimento⁵

Marcelo Neiva de Mello⁶

Sistemas de produção sustentável (agricultura orgânica, permacultura, biodinâmica, agroecologia)

Resumo

A água é um recurso essencial para a manutenção da vida e atividades humanas, bem como para os demais seres vivos. A atividade agrícola, é extremamente dependente da água, seja para a irrigação das culturas agrônomicas de grande importância, como para a hidratação dos animais de fazenda. E como uma resposta as mudanças climáticas atuais, vem se buscando o uso de métodos mais eficiente para o trato desses recursos hídricos, buscando-se o reaproveitamento da água em sistemas agrícolas de produção de mudas, hortaliças e frutas. Uma opção seria o uso de água condensada, proveniente do ar-condicionado, que é ambientalmente economicamente viável. Dessa maneira, o intuito da pesquisa foi observar se houve diferenças no crescimento e desenvolvimento de mudas de tomate da cultivar adélia em relação ao uso de diferentes tipos de irrigação, uma com água de poço, a segunda com água condensada, e terceira com uma mistura 1:1 de ambas.

¹Orientação: Prof. Dr. Marcelo Neiva de Mello, Universidade Federal Rural da Amazônia, marcello.neiva@ufra.edu.br

²Aluno do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, viclorenzo2004@gmail.com

³ Aluno do Curso de Graduação em Agronomia, Universidade Federal Rural da Amazônia, diogobastos.dbb@gmail.com.

⁴ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, tharcisiofernandes81@gmail.com

⁵ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, ambiental.lorenamaciel@gmail.com

⁶Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, Universidade Federal Rural da Amazônia, jessicarolinesilva.eng@gmail.com.



Palavras-chave: Recursos hídricos; Sustentabilidade; Agroecologia; Tomate adélia.

INTRODUÇÃO

A água é essencial para o funcionamento das comunidades em diversos aspectos, como na agricultura, na indústria, na economia, na geração de energia, na preservação dos ecossistemas, no turismo e lazer (Fisher *et al.*, 2018). Este recurso tem sua importância assegurada, por uma miríade de fatores, seja pelo fato desse recurso compor cerca de 70% de nosso peso corporal, estando intrinsecamente relacionado as diferentes atividades do corpo humano, como a regulação da temperatura corporal e manutenção das atividades metabólicas e hormonais (Morales *et al.* 2016). Não somente isso, a água está em direta concordância com as atividades humanas primordiais desenvolvidas ao longo do tempo, como a atividade agrícola moderna, que é responsável pelo consumo de 80% desse vital recurso no mundo (Oliveira *et al.* 2015). Devido ao setor agropecuário brasileiro ser altamente dependente do recurso, esse que tem influência direta das condições climáticas globais, que estão em franca mudança, as perdas na produção agrícola, diminuição do volume de água disponível para irrigação de grandes extensões de terras, causado pelo esgotamento gradual dos aquíferos subterrâneos são mais que esperadas (Goellner, 2013).

O desenvolvimento econômico, as mudanças climáticas e o uso eficiente da água estão interconectados. Medidas sustentáveis, como a melhoria na irrigação e a reutilização da água, são fundamentais, especialmente com o aumento da demanda por sistemas de climatização, o que ressalta a importância do reaproveitamento da água condensada. Esses equipamentos geram volumes significativos de água resultante da condensação do vapor do ar (Cunha *et al.*, 2016). A utilização da água gerada pela condensação dos aparelhos de ar condicionado surge como uma alternativa ambientalmente responsável e economicamente viável, já que essa prática atende a necessidades menos críticas, como a irrigação de jardins e a limpeza de pátios e veículos, servindo como uma fonte adicional de água (Ferreira *et al.*, 2019).



Na pesquisa de Ferreira *et al.* (2019), foi observado que o uso da água condensada de ar-condicionado para irrigação de mudas de pimentão (*Capsicum annuum L.*) apresentou resultados agronômicos comparáveis àqueles irrigados com água de poço, tornando essa prática viável para a produção de pimentão. Considerando isso, uma cultura tão importante quanto o pimentão (*Capsicum annuum L.*), que pode se beneficiar dessa alternativa sustentável, é o tomate (*Solanum lycopersicum*), reconhecido como uma das culturas mais comuns no mundo e uma importante fonte de vitaminas, além de ser comercialmente relevante para agricultores familiares e de escala média.

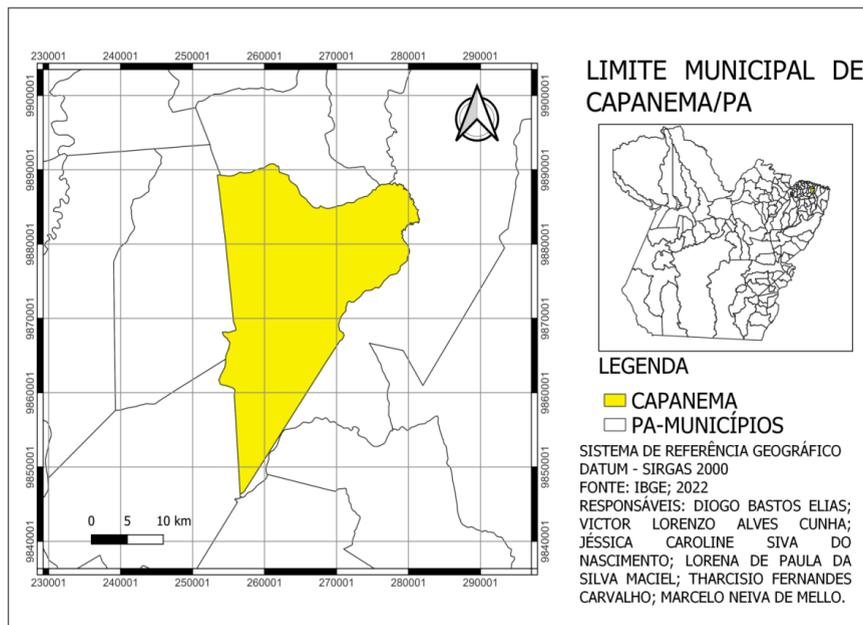
Spagnol *et al.* (2018) afirmam que a gestão da água em hortaliças é crucial, pois a sua escassez pode causar problemas como a deterioração dos tecidos e o murchamento, prejudicando o desenvolvimento das mudas e exigindo irrigação frequente. Diante disso, o objetivo deste trabalho é analisar a produção de mudas de tomate (*Solanum lycopersicum*) do cultivar Adélia sob diferentes tipos de irrigação: água de poço (T1), água condensada (T2) e uma mistura 1:1 (T3) de T1 e T2, visando investigar a viabilidade do uso de água condensada proveniente de ar-condicionado com um enfoque sustentável.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) - campus Capanema, no município de Capanema, localizado no nordeste paraense com as seguintes coordenadas: latitude de 01° 11' 45" sul e longitude de 47° 10' 51" oeste (IBGE 2020). O clima do município é equatorial úmido, com três meses secos, apresentando um índice pluviométrico médio anual de cerca de 2.200 mm. A umidade do ar é alta durante a maior parte do ano, com temperaturas médias anuais em torno de 26°C e baixa amplitude térmica (FAPESPA, 2022).



Figura 1: Mapa de localização do município de Capanema, Pa.

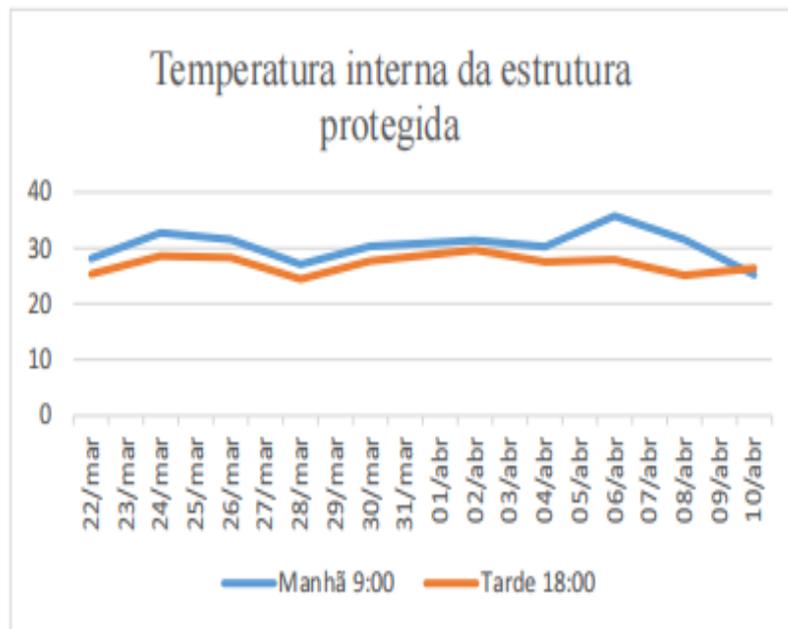


Fonte: Autores, 2024.

Utilizou-se um ambiente protegido improvisado para que os tratamentos não entrassem em contato com a água da chuva, no local foi realizada a confecção da estrutura de proteção com bambu para estruturação. Foi empregado o uso de filme transparente agrícola de polietileno de baixa densidade (PEBD) para realizar a cobertura total da estrutura. A casa de vegetação era vedada por meio de dois fios de plástico nas extremidades laterais que atravessavam duas fissuras abertas, para permitir a abertura e fechamento da estrutura. A temperatura interna média da estrutura foi de 25,6 °C (gráfico 1).



Gráfico 1: Temperatura interna na casa de vegetação.



Fonte: Autores, 2024.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) em 4 bandejas contendo três tratamentos e cinco repetições, totalizando 15 unidades experimentais. Os tratamentos foram os diferentes tipos de água sendo eles (T1) água de poço, bombeada de um poço artesiano da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) – Campus Capanema, considerada uma fonte padrão de irrigação, (T2) água condensada por aparelhos de ar-condicionado do bloco acadêmico 1 do Campus, e (T3) a mistura 1:1 da água de poço e condensada, após a coleta os tratamentos eram armazenados em garrafas pets de 2 litros.

Os parâmetros de condutividade dos tratamentos foram monitorados a cada dois dias, um intervalo de tempo adequado para observar as variações no ambiente de cultivo. Esse intervalo coincidia com o tempo necessário para que as garrafas PET de 2 litros, utilizadas para irrigação, esvaziassem após a aplicação de água duas vezes ao dia. Imediatamente, após o esvaziamento das garrafas, elas eram novamente preenchidas e os parâmetros de condutividade eram analisados, conforme descrito na Tabela 1.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Tabela 1: Valores de condutividade da água nos diferentes tratamentos

Tratamentos	Variáveis	Data das medições					
		30/mar	02/abr	04/abr	06/abr	08/abr	10/abr
T1	Condutividade	46,7	43,9	47,6	45,4	50,4	47,6
T2	Condutividade	12,3	18,7	22,1	26,3	20,5	23,3
T3	Condutividade	27,7	25,4	28,2	26,3	28,4	27,3

Fonte: Autores, 2024.

A irrigação frequente visava manter um nível de umidade constante, essencial para o desenvolvimento uniforme das plantas. A semeadura foi realizada no dia 22 de março de 2024, utilizando quatro bandejas de plástico medindo 07 cm por 13 cm, totalizando 91 células de plantio por bandeja. Em cada célula, foram semeadas três plantas, somando 42 sementes por repetição, e 210 sementes no total por tratamento. Essa distribuição visava garantir uma quantidade representativa de plantas por tratamento, proporcionando dados confiáveis para a análise dos resultados.

Para evitar a contaminação cruzada entre os diferentes tratamentos de irrigação, foi deixada uma fileira de células vazias entre as repetições, como mostrado na Figura 5. Essa precaução foi fundamental para garantir a integridade dos experimentos e evitar que a água ou nutrientes de um tratamento interferissem no outro, assegurando a validade dos dados obtidos. Além disso, o uso de garrafas PET para irrigação ajudou a padronizar a quantidade de água fornecida, minimizando variações que pudessem influenciar os resultados dos diferentes tratamentos.



Figura 2: Local onde bandejas foram instaladas.



Fonte: Autores, 2024.

As sementes de tomate do cultivar adélia utilizada na semeadura do experimento foi da empresa Feltrin®, já substrato utilizado foi o comercial para plantas Tramontina®, composto por casca de pinus triturada fina, carvão mineral e compostos orgânicos enriquecidas agro minerais. A irrigação das mudas foi realizada manualmente duas vezes ao dia no turno da manhã às 9:00 e no período da tarde às 18:00. O desbaste foi realizado 30/03, 10 dias após a semeadura, mantendo as plantas com a melhor aparência. Após 20 dias da semeadura, as bandejas foram levadas para o laboratório do Campus onde cinco mudas de cada repetição dos tratamentos foram selecionadas e avaliadas. Para retirada do substrato sem danificar radícula, foi utilizado uma peneira de 4,00 mm com auxílio de uma pisseta com água para remoção do substrato (Figura 3).



Figura 3: Remoção do substrato das raízes das mudas de pimentão



Fonte: Autores, 2024.

No decorrer do experimento, foram realizadas avaliações para monitorar o desenvolvimento das plantas. As características mensuradas incluíram a altura da parte aérea, medida em milímetros (mm) utilizando uma régua milimetrada para quantificar o crescimento vertical das plantas; o diâmetro do colo, determinado em milímetros (mm) com o auxílio de um paquímetro digital, proporcionando uma avaliação precisa da espessura do caule na base da parte aérea; a massa fresca e seca da raiz, avaliada em gramas (g), onde a massa fresca foi obtida imediatamente após a separação da parte aérea e a massa seca foi determinada após a secagem do material a uma temperatura constante de 65 °C, até atingir peso constante. A massa fresca e seca da parte aérea também foi expressa em gramas (g), seguindo o mesmo procedimento da raiz para a obtenção dos valores de massa fresca e seca.

Adicionalmente, foi calculado o Índice de Qualidade de Dickson, conforme descrito por Ferreira et al. (2019). Este índice é uma medida composta que leva em conta a massa seca total, a relação entre a massa seca da parte aérea e da raiz, e a altura da planta, oferecendo uma avaliação abrangente da qualidade do desenvolvimento da planta. Os materiais foram devidamente separados, identificados e acondicionados em sacos de papel kraft durante o processo de secagem.



Os dados coletados foram utilizados para o cálculo do índice de qualidade de Dickson, conforme metodologia detalhada por Morais *et al.* (2012). Os dados coletados foram submetidos a uma análise de variância (ANOVA) para determinar se existem diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos, com as análises sendo realizadas utilizando o software R V. 4.4.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A altura das plantas, foi revelado diferenças significativas entre os tratamentos de irrigação na altura das plantas ($p = 0.04184$). Os resíduos do modelo se mostraram normalmente distribuídos ($p = 0.605$), e as variâncias entre os tratamentos foram consideradas homogêneas ($p = 0.345$). O teste de Tukey indicou que a água de ar condicionado (T2) resultou na maior média de altura das plantas, seguida pela mistura de água de poço e água de ar condicionado (T3), enquanto a água de poço (T1) teve a menor média. As diferenças significativas foram observadas entre T2 e os outros tratamentos, enquanto T3 e T1 não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 2).

Tabela 2: Teste de média das alturas das plantas.

Variáveis	Teste F	P valor	Grupos		
			T1	T2	T3
Altura(mm)	4,1832	0.3454914	37.76 ^a	33.88 ^{ab}	33.2 ^b
Massa fresca aérea	16,921	0.6672507	0.17 ^b	0.27 ^a	0.21 ^b
Massa fresca raiz	3,7225	0.7761628	0.098 ^a	0.105 ^a	0.166 ^a
Massa seca aérea	1,9863	0.5391267	0.022 ^a	0.026 ^a	0.023 ^a
Massa seca raiz	4,3289	0.08123279	0.008 ^b	0.012 ^a	0.011 ^{ab}
Dickson	3,9816	0.9446532	0.000694 ^a	0.000904 ^a	0.000734 ^a

Fonte: Autores, 2024.



EXTREMOS CLIMÁTICOS: **IMPACTOS ATUAIS** E RISCOS FUTUROS

Para o peso da matéria fresca da parte aérea os resultados indicaram uma diferença altamente significativa entre os tratamentos ($p = 0.00032174$), sugerindo que pelo menos um dos tratamentos teve um impacto significativo na biomassa das plantas. Os resíduos do modelo mostraram uma distribuição aproximadamente normal ($p = 0.1364629$), e as variâncias entre os tratamentos foram consideradas homogêneas ($p = 0.6672507$). O teste de Tukey revelou que a água de ar condicionado resultou na maior biomassa, seguida pela mistura de água de poço e água de ar condicionado, enquanto a água de poço teve a menor biomassa (Tabela 2).

Em peso fresco da raiz, os resultados mostraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre os tratamentos ($p = 0.055238$). Isso sugere que, com base nos dados observados, nenhum dos métodos de irrigação teve um impacto substancialmente diferente na massa fresca da raiz das plantas. Os resíduos do modelo foram considerados aproximadamente normais ($p = 0.06652404$), e as variâncias entre os tratamentos foram homogêneas ($p = 0.07761628$). Além disso, o teste de médias não encontrou diferença significativa entre as médias dos tratamentos. Portanto, não podemos concluir que houve variações substanciais na massa fresca da raiz das plantas entre os diferentes métodos de irrigação testados (Tabela 2).

Na variedade peso da matéria seca da parte aérea, não foi encontrada diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0.17982$), indicando que os métodos de irrigação não tiveram impacto significativo na massa seca aérea das plantas. Os resíduos foram considerados normais e as variâncias entre os tratamentos foram homogêneas. Portanto, não houve variações substanciais na massa seca da parte aérea entre os diferentes métodos de irrigação testados (Tabela 2).

Já no peso da matéria seca da raiz, houve diferença significativa entre os tratamentos ($p = 0.038423$), indicando que pelo menos um método teve impacto na massa seca da raiz. Os resíduos foram considerados normais e as variâncias homogêneas.

O teste de Tukey mostrou que a água de ar condicionado resultou na maior média de massa seca, seguida pela mistura de água de poço e água de ar condicionado, enquanto a água de poço teve a menor média (Tabela 2). E por fim, para o teste de índice de Dickson, os resultados dos testes de normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância (Bartlett) mostraram que os resíduos apresentaram uma distribuição normal e as variâncias entre os tratamentos foram homogêneas.



O teste de Tukey revelou que todas as médias dos tratamentos foram agrupadas no mesmo grupo, sugerindo que não houve diferença estatisticamente significativa entre os métodos de irrigação em relação ao índice de qualidade de Dickson das plantas. Portanto, os diferentes métodos de irrigação não parecem ter influenciado de forma estatisticamente significativa os índices de qualidade de Dickson das plantas (Tabela 2).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, este trabalho demonstra, por meio de análises estatísticas detalhadas, que o uso alternativo da água condensada gerada em sistemas de ar-condicionado se revelou uma opção viável para a irrigação do tomate (*Solanum lycopersicum*). Os resultados obtidos indicam que a maioria das variáveis analisadas, como altura das plantas, diâmetro do colo e massa fresca e seca, apresentaram respostas favoráveis nos diferentes tratamentos que utilizaram essa água, evidenciando seu potencial para a produção de mudas de alta qualidade.

Esse método não só mostrou eficiência em termos de crescimento vegetal, mas também se destacou por seu caráter sustentável, ao reutilizar um recurso que normalmente seria descartado. A utilização da água condensada oferece uma alternativa economicamente vantajosa e ambientalmente responsável para o manejo hídrico na agricultura, reduzindo o consumo de água potável e proporcionando uma solução viável para regiões com escassez hídrica.

Além disso, o estudo desenvolvido reforça a importância de se explorar e elaborar métodos inovadores e sustentáveis de irrigação que contribuam para a preservação dos recursos hídricos, sem comprometer a produtividade agrícola. Dessa forma, conclui-se que a água condensada tem grande potencial para ser integrada em sistemas agrícolas de irrigação, promovendo uma agricultura mais sustentável e eficiente.



REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, B. S.; MARQUES, G. R. G. Recursos hídricos e gestão de conflitos: a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul a partir da crise hídrica de 2014-2015. *Revista de Gestão dos Países de Língua Portuguesa, Rio de Janeiro*, v. 15, n. 1, p. 4–16, 2016.

CUNHA, K. T. da; FILHO, L. C. K.; SCHODER, N. T.; Reaproveitamento da água de condensação de equipamentos de ar condicionado. *Revista de Iniciação Científica da Ulbra N° 14/2016*.

FERREIRA, C. P.; TOSE, M.; Uso de água condensada por aparelhos de ar condicionado para fins não potáveis – um estudo de caso. *AGRARIAN ACADEMY, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v.3, n.06; p. 99, 31/12/2016.

FERREIRA, E. P.; LOSS, J. B.; ROSADO, T. L.; FERREIRA, J. T. P.; SILVA, W. C. da; Uso alternativo de água condensada por aparelhos de ar condicionado na produção de mudas de pimentão. *Braz. J. of Develop., Curitiba*, v. 5, n. 7, p. 9127-9136, jul. 2019.

FISCHER, M.; ROSANELI, C. F.; CUNHA, T. R. da; Comunicação sobre a crise hídrica: a internet como ferramenta de sensibilização ética. *Sustentabilidade em Debate Brasília*, v. 9, n.1, p. 158-171, abril/2018. Disponível em: [10.18472/SustDeb.v9n1.2018.25756](https://doi.org/10.18472/SustDeb.v9n1.2018.25756). Acesso em: 11/03/2024.

FUNDAÇÃO AMAZÔNIA DE AMPARO A ESTUDOS E PESQUISAS – FAPESPA. *Estatísticas Municipais Paraense: Capanema, Belém, Pará*.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *CENSO BRAASILEIRO 2010. PARÁ: IBGE, 2020*.

SPAGNOL, W. A.; SILVEIRA JUNIOR, V.; PEREIRA, E.; GUIMARÃES FILHO, N.; Redução de perdas nas cadeias de frutas e hortaliças pela análise da vida útil dinâmica. *Braz. J. Food Technol.*, v. 21, Nov. 08, 2017.