REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

VALORIZAÇÃO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS: CHAMOTE CERÂMICO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE PEPINO

VALORIZATION OF INDUSTRIAL WASTE: CERAMIC CHAMOTTE IN THE PRODUCTION OF CUCUMBER SEEDLINGS

VALORIZACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES: LA CHAMOTA CERÁMICA EN LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE PEPINO

Mirele Coradini Volpi
Especialização em Gestão Ambiental, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: mirelecoradini@gmail.com

Elvis Pantaleão Ferreira
Doutor em Engª. e Ciências dos Materiais, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: elvispf@ifes.edu.br

Jéssica Broseghini Loss
Doutora em Produção Vegetal, Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper), Brasil
E-mail: jessica.bloss@hotmail.com

Ednaldo Miranda de Oliveira
Doutor em Engenharia Agrícola, Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil
E-mail: ednaldo.oliveira@ifes.edu.br

Reginaldo Miranda de Oliveira
Doutor em Eng. Agrícola, Instituto Tecnológico de Agropecuária de Pitangui, Brasil
E-mail: reginaldo.oliveira@epamig.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Resumo

A produção de cerâmica vermelha gera impactos ambientais relevantes, especialmente pela geração de rejeitos oriundos de peças defeituosas, que, após trituração, dão origem ao chamote. A gestão adequada desses resíduos torna-se essencial, sendo necessário buscar alternativas que reduzam os impactos do descarte inadequado. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da incorporação de chamote em substratos para a produção de mudas de pepino (variedade Aodai). O experimento foi conduzido no Instituto Federal do Espírito Santo, campus Santa Teresa, em viveiro, utilizando delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial triplo 3 x 2 x 4, considerando três temperaturas de queima do chamote, duas granulometrias e quatro concentrações, com quatro repetições. Foram avaliadas variáveis relacionadas ao desenvolvimento das mudas, como comprimento do sistema radicular, altura da parte aérea, diâmetro do coleto, massa fresca e seca da parte aérea e das raízes. A análise estatística foi realizada com auxílio do software R, aplicando-se o teste F a 5% de probabilidade, teste de Tukey para granulometria e análise de regressão para temperatura e concentração. Os resultados evidenciaram que há um limite para a incorporação de chamote no substrato, sendo que concentrações elevadas, especialmente associadas a partículas mais grossas e maiores temperaturas, prejudicam o desenvolvimento das mudas. A condição mais favorável foi obtida com chamote tratado a 750°C e granulometria de 1 mm. Nessa situação, as concentrações ideais variaram entre 9% e 13%, dependendo da variável analisada. Conclui-se que a utilização de chamote em substratos é uma alternativa viável, pois reduz custos de produção e contribui para a sustentabilidade ambiental ao promover o reaproveitamento de resíduos industriais.

Palavras-chave: Gestão ambiental; Sustentabilidade; Mudas.

Abstract

The production of red clay ceramics generates significant environmental impacts, especially due to the generation of waste from defective pieces, which, after crushing, gives rise to chamotte. Proper management of this waste is essential, making it necessary to seek alternatives that reduce the impacts of improper disposal. In this context, the present study aimed to evaluate the influence of incorporating chamotte into substrates for the production of cucumber seedlings (Aodai variety). The experiment was conducted at the Federal Institute of Espírito Santo, Santa Teresa campus, in a nursery, using a completely randomized design in a 3 x 2 x 4 factorial scheme, considering three chamotte firing temperatures, two particle sizes, and four concentrations, with four replications. Variables related to seedling development were evaluated, such as root system length, shoot height, stem diameter, and fresh and dry mass of the shoot and roots. Statistical analysis was performed using R software, applying the F-test at a 5% probability level, Tukey's test for particle size, and regression analysis for temperature and concentration. The results showed that there is a limit to the incorporation of chamotte into the substrate, with high concentrations, especially those associated with coarser particles and higher temperatures, hindering seedling development. The most favorable condition was obtained with chamotte treated at 750°C and a particle size of 1 mm. In this situation, the ideal concentrations ranged from 9% to 13%, depending on the variable analyzed. It is concluded that the use of chamotte in substrates is a viable alternative, as it reduces production costs and contributes to environmental sustainability by promoting the reuse of industrial waste.

Keywords: Environmental management; Sustainability; Seedlings.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Resumen

La producción de cerámica de arcilla roja genera importantes impactos ambientales, especialmente debido a la generación de residuos de piezas defectuosas, que, tras su trituración, dan lugar a la chamota. La gestión adecuada de estos residuos es esencial, lo que hace necesario buscar alternativas que reduzcan los impactos de su eliminación inadecuada. En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de chamota en sustratos para la producción de plántulas de pepino (variedad Aodai). El experimento se llevó a cabo en el Instituto Federal de Espírito Santo, campus Santa Teresa, en un vivero, utilizando un diseño completamente aleatorizado en un esquema factorial 3 x 2 x 4, considerando tres temperaturas de cocción de la chamota, dos tamaños de partícula y cuatro concentraciones, con cuatro repeticiones. Se evaluaron variables relacionadas con el desarrollo de las plántulas, tales como la longitud del sistema radicular, la altura del brote, el diámetro del tallo y la masa fresca y seca del brote y las raíces. El análisis estadístico se realizó utilizando el software R, aplicando la prueba F con un nivel de probabilidad del 5%, la prueba de Tukey para el tamaño de partícula y el análisis de regresión para la temperatura y la concentración. Los resultados mostraron que existe un límite para la incorporación de chamota al sustrato, ya que las altas concentraciones, especialmente aquellas asociadas con partículas más gruesas y temperaturas elevadas, dificultan el desarrollo de las plántulas. La condición más favorable se obtuvo con chamota tratada a 750 °C y un tamaño de partícula de 1 mm. En esta situación, las concentraciones ideales oscilaron entre el 9 % y el 13 %, según la variable analizada. Se concluye que el uso de chamota en sustratos es una alternativa viable, ya que reduce los costos de producción y contribuye a la sostenibilidad ambiental al promover la reutilización de residuos industriales.

Palabras clave: Gestión ambiental; Sostenibilidad; Plántulas.

1. Introdução

O pepino (*Cucumis sativus L.*), pertencente à família Cucurbitaceae, é uma hortaliça-fruto de grande importância socioeconômica no cenário agrícola brasileiro e mundial. Originário da Índia, adapta-se bem às condições tropicais, sendo recomendado para cultivo em regiões com temperaturas elevadas e livres de geadas (Goto, 2014; Carvalho, 2013). Sua versatilidade de uso na alimentação, em saladas, conservas, sucos e até na indústria cosmética e farmacêutica, aliada ao seu ciclo curto e alta demanda de mercado, tem impulsionado a sua produção em diferentes escalas, desde pequenos agricultores até grandes sistemas comerciais (Silva et al., 2014; FAO, 2022).

Segundo dados da FAO (2022), embora a área global destinada ao cultivo do pepineiro tenha se mantido estável na última década, o volume de produção aumentou consideravelmente, passando de 67 para 93 milhões de toneladas, um crescimento de 38,8%. Tal desempenho reflete, principalmente, os avanços nas

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

tecnologias de cultivo e produção de mudas, sendo a China, Turquia e Rússia os maiores produtores mundiais. No Brasil, a cultura também tem ganhado espaço, com aproximadamente 33 mil propriedades dedicadas ao seu cultivo, somando mais de 180 mil toneladas colhidas em 2017 (IBGE, 2018).

Um dos principais fatores que influenciam o sucesso da produção de hortaliças é a qualidade das mudas. Plantas bem formadas, com sistema radicular vigoroso e parte aérea equilibrada, tendem a ter maior resistência ao estresse no campo e maior produtividade (Correia et al., 2013). Nesse sentido, o substrato utilizado na fase de viveiro é decisivo, pois influencia diretamente no crescimento inicial, no enraizamento e na absorção de nutrientes e água (Santos et al., 2011; Caldeira et al., 2008). De acordo com Souza et al. (2020), para mudas de pepino, o substrato deve apresentar boa porosidade, retenção hídrica adequada, boa drenagem e capacidade de fornecer nutrientes de forma acessível às plantas.

Atualmente, há grande disponibilidade de substratos comerciais prontos, produzidos a partir de materiais como turfa, vermiculita, perlita e casca de pinus compostada. No entanto, o custo elevado desses insumos representa uma limitação significativa para pequenos produtores e iniciativas de agricultura familiar, além de, muitas vezes, envolverem a extração de recursos naturais finitos (Klein, 2015). Nesse contexto, a pesquisa por substratos alternativos tem crescido, com foco em materiais regionais, de baixo custo e com características agronomicamente viáveis. Diversos estudos já apontam o potencial de resíduos orgânicos e minerais, como esterco ovino (Souza et al., 2013), resíduos da secagem de café (Meneghelli et al., 2016), areia e vermiculita (Silva et al., 2015), como componentes eficazes na formulação de substratos.

Paralelamente, a indústria cerâmica brasileira, especialmente o setor de cerâmica vermelha, responsável pela produção de tijolos, blocos e telhas, enfrenta um problema recorrente, a geração de resíduos sólidos industriais. Durante o processo de produção, peças cerâmicas podem sofrer trincas ou apresentar defeitos após a queima, tornando-se inservíveis para o comércio. Quando moídas, essas peças resultam em um subproduto conhecido como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

chamote, que possui diferentes granulometrias e é, muitas vezes, descartado de forma inadequada ou utilizado de maneira rudimentar em estradas rurais (Ferreira et al., 2023; Ferreira et al., 2024).

O chamote é composto, majoritariamente, por argilominerais calcinados, com características físicas que podem favorecer o uso agrícola, como alta estabilidade estrutural, capacidade de retenção de água e boa aeração. Dessa forma, surge a hipótese de que sua incorporação ao substrato para a produção de mudas poderia não apenas melhorar a qualidade física do substrato, mas também representar uma solução ambiental e economicamente viável para o reaproveitamento de resíduos industriais (Milward et al., 2022). Além de mitigar o impacto ambiental do descarte desses resíduos, o uso do chamote pode contribuir para a sustentabilidade de sistemas produtivos agrícolas, especialmente no contexto da agricultura familiar e agroecológica.

Embora o reaproveitamento de resíduos cerâmicos ainda seja pouco explorado na agricultura, estudos recentes começam a investigar seu potencial como corretivo de solo, componente de argamassas e até como material em substratos agrícolas (Ferreira et al., 2024). Considerando a crescente demanda por práticas agrícolas sustentáveis e a escassez de recursos naturais, a incorporação de chamote em substratos surge como uma alternativa promissora.

Diante disso, este estudo tem como objetivo avaliar o efeito da incorporação de diferentes concentrações de chamote cerâmico, obtido a partir de resíduos de cerâmica vermelha submetidos a distintas temperaturas de queima e granulometrias, no substrato para produção de mudas de pepino, variedade Aodai. A proposta busca contribuir com alternativas sustentáveis para a produção de mudas, agregando valor a um resíduo industrial ainda subutilizado e promovendo avanços na agricultura ambientalmente responsável.

Esse processo está em sintonia com os princípios da Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, que visa promover visão sistêmica, na gestão dos resíduos sólidos, incentivando inovação, e práticas sustentáveis e a redução do impacto ambiental (PNRS, 2010).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

2. Revisão da Literatura

2.1 A cultura do pepino

No Brasil, a comercialização de pepino tem obtido um crescimento significativo em importância entre as hortaliças, devido principalmente à sua popularidade como componente de saladas (PREVITAL et al., 2022). A demanda crescente também pode ser atribuída às suas propriedades nutricionais e ao seu uso diversificado na culinária, e além disso, ainda pode ser utilizado nas áreas farmacêuticas e cosméticos, devido às suas propriedades nutracêuticas (OLIVEIRA, 2022). Além do valor econômico e alimentar, o cultivo de cucurbitáceas tem importância social, na geração de empregos, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra, desde o cultivo até a comercialização (MARTINS, 2021).

Segundo a FAO (2022), mundialmente, a área destinada ao plantio da cultura do pepineiro apresentou incremento de 38,8% no volume produzido, passando de 67 milhões de toneladas para 93 milhões de toneladas. Na produção mundial de pepino em 2020 se destacam, China, Turquia e Rússia. O Brasil possui cerca de 33 mil propriedades que cultivam essa cultura, e no ano de 2017 colheu 184 mil toneladas de pepino (IBGE, 2018). No estado do Espírito Santo, em 2022, a produtividade foi de 35 t ha^{-1} (GALEANO et al., 2023).

O pepino se adapta a regiões com clima que varia de ameno a quente, com temperaturas entre 20 e 30°C. Baixas temperaturas prejudicam o desenvolvimento das plantas, especialmente nas plantas jovens antes dos 35 dias após a germinação. A cultura do pepino não tolera geadas, o que limita seu cultivo. Por isso, os plantios de pepino são geralmente realizados no período de primavera-verão. No entanto, é possível plantar pepino durante o inverno em regiões onde não há ocorrência de geadas (CARVALHO, 2013).

A propagação do pepineiro pode ser realizada por semeio direto ou por meio de mudas. No semeio direto, as sementes são plantadas diretamente no solo. Na produção de mudas, as sementes são inicialmente colocadas em sementeiras, recipientes ou bandejas e, posteriormente, transplantadas para o campo (NICK e BORÉM, 2019).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

2.2 Produção de mudas e substratos

Para a produção de mudas o uso de bons substratos é de extrema importância. De acordo com Santos et al. (2011), eles têm a função de proporcionar condições ideais tanto para a germinação quanto para o desenvolvimento de raízes, garantindo a sustentação das plântulas e condições favoráveis para um ótimo desenvolvimento radicular. Isso inclui fornecer níveis adequados de água, nutrientes e aeração, resultando em plantas de elevada qualidade comercial.

Considerando que os recursos naturais estão se tornando cada vez mais limitados, a busca pelo uso de materiais alternativos tem se tornado cada vez mais alvo de novas pesquisas, pois esses substratos são caracterizados pela fácil obtenção da matéria-prima, baixo custo e impacto ambiental reduzido (KLEIN, 2015). Além disso, comumente possuem características físicas, químicas e biológicas que favoreçam o crescimento adequado das plantas (FILGUEIRA, 2008).

Os substratos são considerados material sólido, natural, residual, mineral ou orgânico, que permite a fixação do sistema radicular, fornecendo nutrientes e suprindo as exigências de água e oxigênio necessárias ao desenvolvimento inicial da planta, (SMIDERLE et al., 2001). Logo, o substrato exerce influência marcante na produção de mudas, sendo essencial que os materiais utilizados reúnam diversas características que sejam favoráveis ao desenvolvimento vegetal (CALDEIRA et al., 2008). O substrato deve apresentar boa textura, boa aeração e drenagem adequada, além de uma capacidade regular de retenção de água disponível para as plantas.

Na produção de mudas as principais características específicas a serem controladas é a obtenção de plantas com maior uniformidade de crescimento da parte aérea e do sistema radicular, promovendo maior resistência às condições adversas do campo, (CORREIA et al., 2013). Para Caldeira et al. (2008) a utilização diferente materiais como substratos alternativos para a produção de mudas está diretamente relacionada com a disponibilidade de materiais regionais, que podem ser obtidos facilmente e são mais acessíveis economicamente (SANTOS et al., 2015).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

2.2 Resíduos da indústria cerâmica

Os produtos denominados de cerâmica vermelha comumente são constituídos por tijolos, blocos, tubos, telhas, ladrilhos, elementos vazados, dentre outros. Ferreira et al. (2023) destacam que as matérias-primas utilizadas são formadas essencialmente por argilas plásticas (caulinito-iliticas) que apresentam como componentes básicos os argilominerais – silicatos hidratados de alumínio, óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, que quando moldadas e submetidas a queima em temperaturas acima de 600 °C ocorre desidratação química e demais transformações físico-químicas irreversíveis, originando produto cerâmico.

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de produtos cerâmicos, destacando-se ao lado de países como Espanha, Itália e China. Entretanto, grande parte de sua produção é consumida internamente. No território brasileiro, a distribuição desses produtos ocorre prioritariamente nas regiões Sudeste, seguida pelas regiões Sul e Nordeste, em ordem de relevância. O estado do Espírito Santo destaca-se como um dos produtores de cerâmica vermelha na região Sudeste do Brasil. A maior concentração de fábricas encontra-se no polo Centro-Norte do estado, no município de São Roque do Canaã (PANTALEÃO et al., 2024).

As indústrias de cerâmica vermelha integram o ramo das indústrias de transformação de minerais não-metálicos fazendo parte do conjunto de cadeias produtivas que compõem o complexo da construção civil (FERREIRA et al., 2024). O setor da construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais e contribui para a poluição, o que tem motivado a realização de estudos visando a redução de impactos ambientais (MILWARD et al., 2022).

Ferreira et al. (2024) destacam que apesar dos esforços e recentes avanços da indústria cerâmica brasileira envolvendo uma série de iniciativas importantes, como melhoria dos processos industriais, maior controle e padronização dos produtos, e a sua capacitação técnica e gerencial, um entrave importante persiste em praticamente todos os arranjos produtivos locais de cerâmica vermelha, refere-se às perdas ao longo do processo produtivo, motivado sobretudo pelo baixo nível tecnológico das empresas, e que interferem em sua competitividade.

Conforme Ferreira et al. (2024) quando os defeitos na peça acontecem antes

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

da etapa de queima, os produtos extrusados (secos ou úmidos) podem ser reprocessados. Contudo, o mesmo não acontece após a etapa de queima, gerando resíduos cerâmicos denominados também de cacos cerâmicos, até então não se tem nenhum aproveitamento em larga escala, sendo esses resíduos via de regra, descartados e/ou usados em estradas rurais.

Segundo o MME (2009) o índice de perdas na etapa de pós-queima das cerâmicas pode diversificar podendo ser de 5% a 20%, de acordo com o tipo de indústria, levando em conta desde as mais arcaicas às mais modernas. Estima-se uma média de perdas na ordem de 10%, em virtude da diversidade das cerâmicas, o que gera grande quantidade de resíduos tendo em vista a produção anual produzida, que é cerca de 70 bilhões de peças (SANTOS, 2023).

As peças cerâmicas após a etapa de queima que apresentam defeitos ou estão fora das normas técnicas são descartadas, gerando resíduos cerâmicos (Figura 1), e quando fragmentadas recebem a denominação de chamote, podendo ser apresentado em vários tamanhos de grão, quando moídos. Esses materiais vêm sendo estudados quanto a métodos de utilização, como, por exemplo, na agricultura.

Figura 1 - Resíduos de Indústria de Cerâmica Vermelha (telhas e lajotas).



Fonte: Acervo pessoal Elvis Pantaleão Ferreira (2025).

Cabe ressaltar que comumente durante o descarte dos produtos defeituosos ocorre a misturas dos resíduos, telhas e lajotas, por exemplo, a exceção ocorre

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

naquelas ICV que apenas produz um único produto, o que não é tão comum empresas de cerâmica vermelha apenas produzir um único item. Estas empresas habitualmente produzem esses ou aquele produto conforme a demanda do mercado consumidor.

O descarte desses resíduos cerâmicos de forma inadequada pode causar degradação ambiental, além de promover o desperdício de matéria-prima, que poderia ser utilizado na própria industrial ou em outros processos. Em meio a isso, tanto os aspectos econômicos como a poluição ambiental gerada são justificativas para pesquisas que busquem a reciclagem e a destinação apropriada desses materiais (MILWARD et al., 2022; FERREIRA et al., 2023).

3. Metodologia

Os resíduos cerâmicos para preparação do chamote foram devidamente separados e identificados em três lotes, aqueles oriundos da queimados a 750°C, 850°C e 950°C. Posteriormente foram triturados moinho de rotor com martelo móvel e submetido ao peneiramento, obtendo assim o chamote com as faixas granulométricas com diâmetro médio das partículas (ϕm) de 1 e 4 mm (Figura 2).

Figura 2 - Registro fotográfico de porção de chamote a 1mm e 4 mm.



Em cada temperatura de queima dos materiais que originaram o chamote, retirou-se uma amostra para a determinação de suas características químicas, os principais parâmetros encontram-se apresentados na Tabela 1.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Tabela 1. Análise química[1] do chamote para cada temperatura avaliada.

Parâmetro analisado	Unidade	750°C	850°C	950°C
Fósforo Mehlich	mg/dm³	63	40	34
Potássio	mg/dm³	140	107	130
Enxofre	mg/dm³	13	12	11
Cálcio	cmolc/dm³	0,8	0,7	0,8
Magnésio	cmolc/dm³	0,7	0,4	0,3
pH em água	-	5,80	6,10	6,40
Ferro	mg/dm³	152,0	105,0	112,0
Zinco	mg/dm³	6,7	2,1	2,0
Cobre	mg/dm³	1,9	1,3	0,9
Manganês	mg/dm³	9,1	7,2	7,1
Boro	mg/dm³	0,14	0,19	0,17
Sódio	mg/dm³	46,0	48,0	110,0
Soma de bases (SB)	cmolc/dm³	1,81	1,4	1,4
CTC efetiva (t)	cmolc/dm³	2,0	1,0	1,0
CTC a pH 7,0 (T)	cmolc/dm³	5,1	3,3	3,0
Saturação de bases (V)	%	35,0	42,0	47,0

[1] Referências metodológicas: EMBRAPA / IAC / UFU.

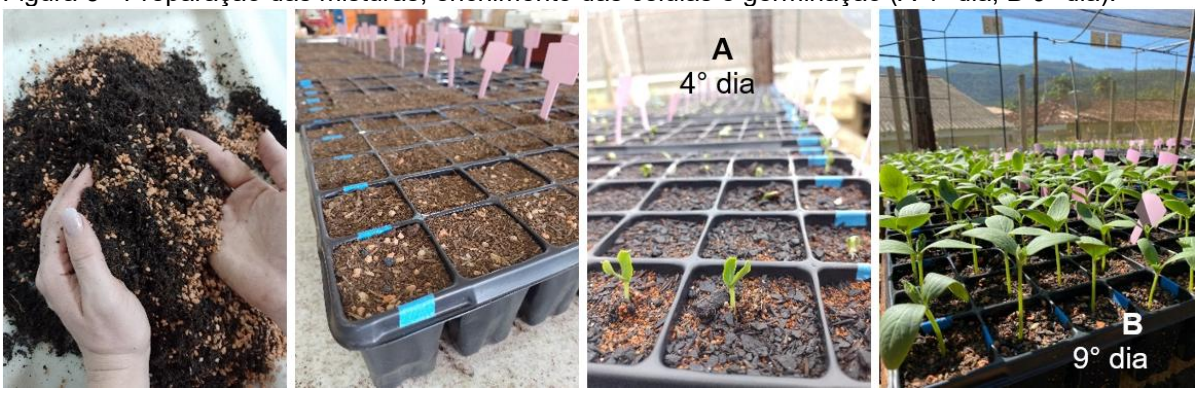
Foram utilizadas para condução do experimento bandejas plásticas com dimensões de 55 cm x 28 cm x 8 cm e volume de célula de 120 mL. Para os ensaios, foram utilizadas quatro bandejas plásticas com 50 células cada, substrato comercial e sementes de pepino da variedade Aodai. O substrato para germinação utilizado na pesquisa foi um produto comercial composto por turfa de sphagnum e fibra de coco, densidade seca de 250 $kg.m^{-3}$, teor de umidade de 30%, condutividade elétrica de 3,5$mS.cm^{-1}$ e capacidade retenção de água de 60%.

O substrato foi preparado com diferentes porcentagens de chamote (0%, 25%, 35% e 45%), compondo assim os tratamentos experimentais (Figura 3). Após a preparação das misturas, as bandejas foram preenchidas com o substrato e chamote na proporção correspondente a cada tratamento, ficando prontas para a semeadura. Em cada célula da bandeja, com capacidade total de 50 células, foi colocada uma semente. Após a semeadura, as bandejas foram dispostas em um sistema de produção de mudas em bandejas suspensas, alocadas sobre bancadas de alvenaria. A irrigação foi realizada manualmente, duas vezes ao dia.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Figura 3 - Preparação das misturas, enchimento das células e germinação (A 4° dia; B 9° dia).



As avaliações dos parâmetros agronômicos ocorreram 15 dias após a semeadura (DAS), momento em que as plantas atingiram o estádio de transplantio. As bandejas foram então conduzidas ao laboratório de solos e meio ambientes do Ifes campus Santa Teresa, inicialmente as plântulas foram cuidadosamente retiradas das células, imersas em água para remover os resíduos de substrato aderido às raízes (Figura 4).

Figura 4 - Preparação das misturas, enchimento das células e germinação (A 4° dia; B 9° dia).



No laboratório, a parte aérea separada do sistema radicular na região do coleto. Em seguida, utilizando régua de precisão em mm, mediu-se a Altura da Parte Aérea (APA) e o Comprimento do Sistema Radicular (CSR). O Diâmetro do Coleto (DC) foi aferido com paquímetro digital com precisão centesimal (MTX®).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

A parte aérea e o sistema radicular foram pesados individualmente, com o auxílio de balança analítica de precisão milesimal (Shimadzu®, modelo BL-3200H), para obtenção da Massa Fresca da Parte Aérea (MFPA) e Massa Fresca do Sistema Radicular (MFSR). As amostras foram embaladas em sacos de papel previamente identificados e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 65 ºC. Após esse período, o material foi pesado, para obtenção da Massa Seca da Parte érea (MSPA) e da Massa Seca do Sistema Radicular (MSSR).

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado – DIC, em esquema fatorial triplo (3 x 2 x 4), sendo, chamote oriundos a partir de resíduos de três temperaturas (750°C, 850°C e 950°C), dois diâmetros médios de partículas – granulometrias de (1 mm e 4 mm) e três concentrações (0%, 25%, 35% e 45%), com quatro repetições, com cada parcela contendo oito plantas.

Os dados obtidos foram submetidos aos testes de Cochran e Lilliefors para verificação se obedeciam às pressuposições de homogeneidade de variância e normalidade dos erros, respectivamente. Após isso, foram submetidos à análise de variância, pelo teste F. Apenas os valores significativos foram desdobrados, utilizando o teste de Tukey para as médias do fator granulometria, e regressão para os fatores temperatura e concentração.

Os modelos de regressão foram selecionados com base na significância do teste F de cada modelo testado e, também, pelo coeficiente de determinação. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do software R, considerando o limiar de significância de 5% para todos os testes (R Core Team, 2023).

4. Resultados e Discussão

Houve efeito das interações duplas temperatura e granulometria, a 5% de probabilidade; temperatura e concentração e granulometria e concentração, a 1% de probabilidade, para a variável comprimento do sistema radicular (CSR, cm), pelo teste F. Na Tabela 2 observa-se o estudo da variável comprimento do sistema radicular em função da temperatura e granulometria.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Tabela 2 – Valores médios de comprimento do sistema radicular (CSR, cm) em função da temperatura e granulometria.

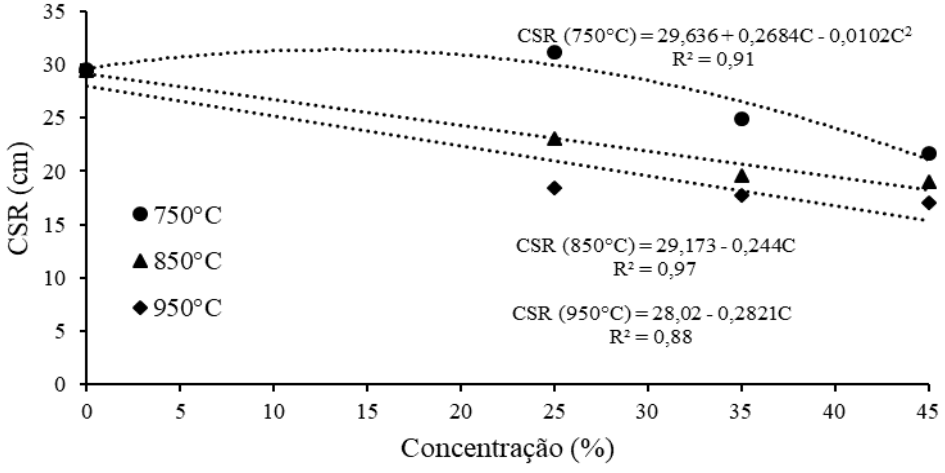
Diâmetro médio de partículas (mm)	Comprimento do sistema radicular (cm)		
	Temperaturas (°C)		
	750	850	950
1	28,708 A	23,170 A	21,380 A
4	24,906 B	22,368 A	19,847 B

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey (< 0,05).

O substrato, composto por chamote, obtido de resíduos de produtos cerâmicos oriundos da queima a 750°C, apresentou o maior valor de comprimento do sistema radicular (CSR) na granulometria de 1 mm, comparando com o valor obtido na granulometria de 4 mm, observa-se redução de 13,24% da variável avaliada. Para a temperatura de 850°C, os valores de comprimento do sistema radicular não diferiram estatisticamente entre as granulometrias avaliadas.

Na formulação composta por chamote a 950°C, o maior valor foi obtido na granulometria de 1 mm, comparando com o valor obtido na granulometria de 4 mm, observa-se uma redução de 7,17%. Esses resultados sugerem que granulometrias menores (1 mm) tendem a favorecer um maior comprimento do sistema radicular, especialmente em temperaturas mais baixas (750°C). Na Figura 5 registra-se que o CSR varia de acordo com a concentração de chamote no substrato, e essa relação é influenciada pela temperatura.

Figura 5. Comportamento do CSR em função da concentração, para cada temperatura.



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Conforme a Figura 5, observa-se que os maiores valores foram registrados a 750°C, onde o comportamento foi quadrático. Nessa temperatura, o incremento de chamote no substrato resultou em maiores comprimentos do sistema radicular até a concentração de 13%, com um valor máximo estimado de 31,40 cm, concentrações superiores a esta resultaram em uma diminuição da variável avaliada. Nas temperaturas de 850°C e 950°C, o comportamento foi linear decrescente, com reduções de 35,26% e 41,59%, respectivamente, ao se comparar a menor e a maior concentração avaliadas.

Na Tabela 3 observa-se o estudo da variável CSR em função da granulometria e concentração. Na concentração de 0%, não foi observada diferença significativa no comprimento do sistema radicular entre as diferentes granulometrias. Nas concentrações de 25% e 35%, o comprimento do sistema radicular foi maior na granulometria de 1 mm, com uma redução de 15,62% e 12,52%, respectivamente, quando comparado à granulometria de 4 mm. Na concentração de 45%, o comprimento do sistema radicular foi o menor entre todas as concentrações, não havendo diferença estatística entre as granulometrias.

Tabela 3 – Valores médios de comprimento do sistema radicular (CSR, cm) em função da granulometria e concentração.

Diâmetro médio de partículas (mm)	Comprimento do sistema radicular (cm)			
	Concentrações (%)			
	0	25	35	45
1	29,285 A	26,265 A	22,093 A	20,033 A
4	29,481 A	22,160 B	19,325 B	18,527 A

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey (< 0,05).

Os resultados indicam que o tamanho das partículas de chamote influencia o crescimento radicular, com efeitos que variam conforme a concentração empregada. A redução do comprimento das raízes em concentrações mais elevadas pode ser explicada por um bloqueio físico imposto pelas partículas de chamote. Partículas de maior granulometria formam uma barreira que impede a expansão das raízes, enquanto a maior rigidez do chamote confere uma resistência adicional ao desenvolvimento do sistema radicular.

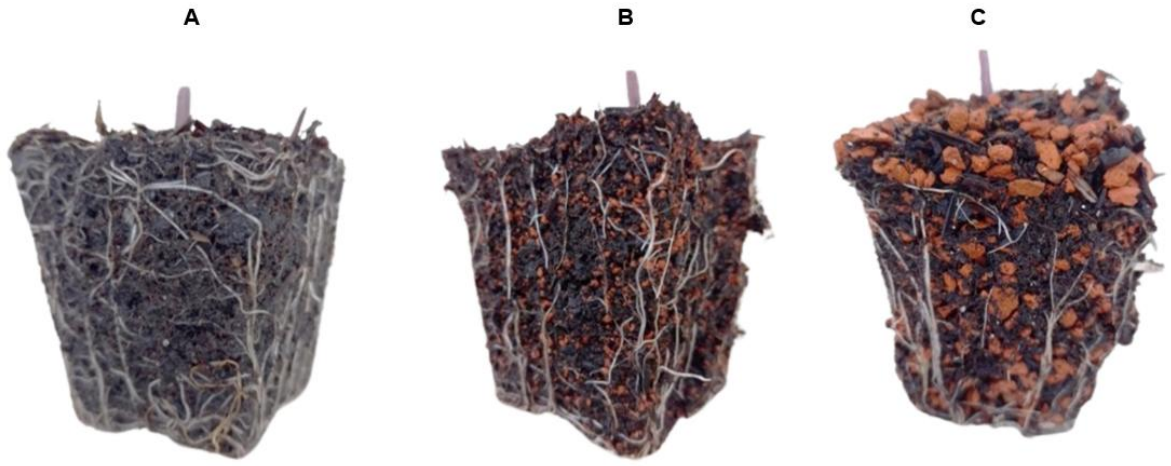
Esse comportamento sugere que tanto a granulometria quanto a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

concentração do chamote são fatores críticos que afetam a arquitetura e o crescimento das raízes. O padrão do comportamento do sistema radicular observado no experimento, para as duas faixas de diâmetro médio das partículas, está apresentado na Figura 6.

Figura 6 - Comportamento do sistema radicular: (A) ausência de chamote; (B) chamote com granulometria média de 1 mm; (C) chamote com granulometria média de 4 mm.



As propriedades físicas de um substrato são cruciais, pois, as relações entre ar e água não podem sofrer alterações ao longo do desenvolvimento da muda. Entre essas propriedades, destacam-se a densidade, a porosidade e a disponibilidade de água e ar. Em relação à porosidade, uma fração do volume de poros é composta por poros maiores, conhecidos como macroporos, que não retêm água quando submetidos à força da gravidade, sendo fundamentais para a aeração das raízes e constituindo a chamada porosidade de aeração.

A outra fração, composta por poros menores, os microporos, é responsável pela retenção de água, garantindo sua disponibilidade para o crescimento da planta (FERRAZ et al., 2005). Altas proporções de partículas de maior granulometria, tornam o meio com alto espaço de aeração, enquanto que partículas finas, fecham os poros, aumentando a capacidade de retenção de água e diminuindo o espaço de aeração (FERMINO, 2003).

O desenvolvimento das mudas de pepino envolve uma sequência de processos que incluem a iniciação e o crescimento do sistema radicular, bem como

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

o desenvolvimento da parte aérea. Esses processos estão intrinsecamente ligados às características físicas do substrato utilizado. Alterações na composição do substrato, como o aumento da concentração de chamote, podem modificar propriedades físicas essenciais, como porosidade, aeração e densidade, resultando em uma diminuição da microporosidade e da superfície específica do substrato. Essa modificação leva à redução da disponibilidade de água e nutrientes para a muda, o que compromete o desenvolvimento completo do sistema radicular.

Houve efeito das interações duplas granulometria e concentração, a 5% de probabilidade; e temperatura e concentração, a 1% de probabilidade, para a variável altura da parte aérea (APA, cm), pelo teste F. Na Tabela 4 observa-se o estudo da variável altura da parte aérea em função da granulometria e concentração.

Tabela 4. Valores médios de altura da parte aérea (APA, cm) em função da granulometria e concentração.

Diâmetro médio de partículas (mm)	Altura da parte aérea (cm)			
	Concentrações (%)			
	0	25	35	45
1	10,465 A	9,370 A	8,075 A	7,675 A
4	10,319 A	8,218 B	7,809 A	7,141 B

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey (< 0,05).

Na concentração de 0%, a altura da parte aérea não apresentou diferença estatística entre as granulometrias avaliadas. Na concentração de 25%, os maiores valores de altura da parte aérea foram obtidos na granulometria de 1 mm, em comparação com a granulometria de 4 mm, houve uma redução de 12,29%. Na concentração de 35%, não foram observadas diferenças estatísticas na altura da parte aérea entre as granulometrias testadas.

Quando analisado o comportamento da altura da parte aérea na concentração de 45%, os maiores valores ocorreram na granulometria de 1 mm, e, comparando-se com a granulometria de 4 mm, verificou-se uma redução de 6,95%.

Na Figura 7 observa-se o estudo da variável altura da parte aérea em função da temperatura e concentração. Os maiores valores foram registrados na temperatura de 750°C, apresentando um comportamento linear de decréscimo à

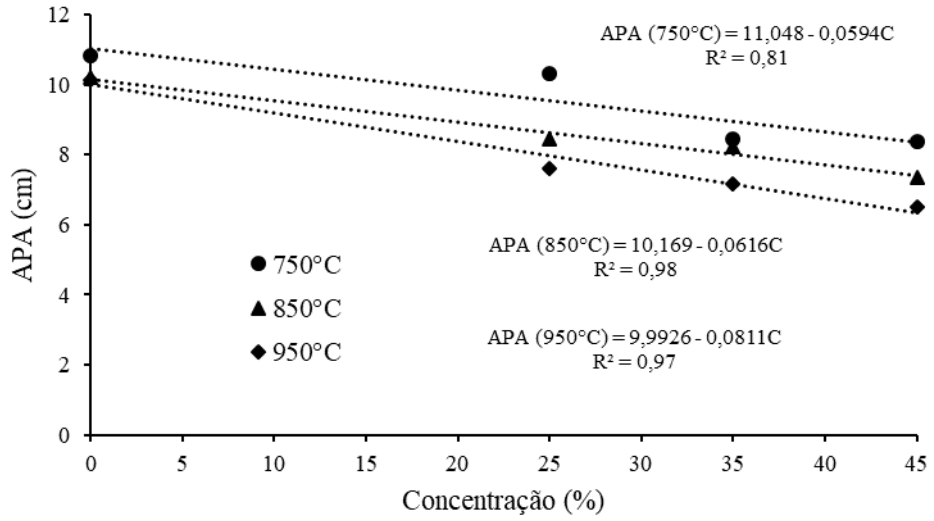
REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

medida que as concentrações aumentaram. Comparando-se a menor e a maior concentração avaliadas nessa temperatura, constatou-se uma redução de 22,67% na variável analisada.

Por sua vez, na temperatura de 850°C, esse mesmo padrão linear foi mantido, com uma redução de 28,11% entre as concentrações mínima e máxima. A temperatura de 950 °C também apresentou um comportamento linear de decréscimo, com uma redução de 35,77% ao comparar a menor e maior concentrações estudadas.

Figura 7. Comportamento da altura da parte aérea (APA, cm) em função da concentração, para cada temperatura.



A granulometria e a concentração de chamote influenciaram significamente o desenvolvimento da parte aérea, assim como o sistema radicular. Os maiores valores de altura da parte aérea foram registrados na temperatura de 750°C. O aumento na granulometria e concentração de chamote no substrato comprometeu o sistema radicular, impactando negativamente na parte aérea (Figura 8).

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Figura 8 - Comportamento das plântulas observado na avaliação do experimento.



De acordo com a análise de variância, verifica-se que houve efeito das interações duplas temperatura e granulometria, a 5% de probabilidade; e granulometria e concentração, a 1% de probabilidade, para a variável diâmetro do coleto (DC, mm), pelo teste F. Na Tabela 5 observa-se o estudo da variável diâmetro do coleto em função da temperatura e granulometria.

Tabela 5. Valores médios de diâmetro do coleto (DC) em função da temperatura e granulometria.

Diâmetro médio de partículas (mm)	Diâmetro do coleto (mm)		
	Temperaturas (°C)		
	750	850	950
1	2,3400 A	2,0718 A	1,7262 A
4	1,8800 B	1,9683 B	1,5487 B

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey (< 0,05).

Nas três temperaturas avaliadas, o maior diâmetro do coleto foi observado na granulometria a 1 mm. Em comparação com o diâmetro obtido na granulometria de 4 mm, houve redução de 19,65%, 4,99% e 10,28% nos substratos compostos por chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos submetidos à queima a 750°C, 850°C e 950°C, respectivamente.

Na Tabela 6 observa-se o estudo do parâmetro agronômico diâmetro do coleto (DC) em função da granulometria e concentração. Na concentração de 0%, não houve diferença estatística significativa no DC entre as granulometrias avaliadas. Nas concentrações de 25%, 35% e 45%, os maiores valores de DC foram observados na granulometria de 1 mm. Comparando com a granulometria de 4 mm, observou-se redução 21,73%, 16,41% e 18,31% nos DC, respectivamente.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Tabela 6 – Valores médios de DC (mm) em função da granulometria e concentração.

Diâmetro médio de partículas (mm)	Diâmetro do coleto (mm)			
	Concentrações (%)			
	0	25	35	45
1	2,27 A	2,07 A	2,01 A	1,82 A
4	2,25 A	1,62 B	1,68 B	1,49 B

Médias seguidas pela mesma letra na vertical, não diferem entre si, pelo teste Tukey (< 0,05).

Em ambas as granulometrias estudadas, observou-se uma tendência de redução no DC à medida que a concentração aumentava. Essa diminuição pode sugerir que, com o aumento da concentração de chamote no substrato, a formação do coleto é dificultada, possivelmente devido ao acréscimo na resistência do substrato, o que compromete a formação eficaz do coleto. Na granulometria de 4 mm, a diferença no diâmetro do coleto entre as concentrações é mais acentuada em comparação com a granulometria de 1 mm, indicando que partículas de maior diâmetro apresentam resposta mais sensível às variações de concentração.

Houve efeito da interação tripla temperatura, granulometria e concentração, para a variável massa fresca de parte aérea (MFPA, g) em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Na Figura 9 observa-se o estudo da variável massa fresca da parte aérea em função da temperatura, granulometria e concentração.

No substrato composto por chamote a 750°C, observa-se comportamento quadrático na granulometria de 1 mm, o incremento de chamote no substrato proporcionou valores crescentes na MFPA até a concentração de 10%, obtendo-se o valor máximo de 1,7071 g, concentrações acima desta acarretaram decréscimo da variável avaliada. Na granulometria média de 4 mm observa-se um comportamento linear decrescente, com uma redução de 65,76% na MFPA ao comparar a menor e maior concentração avaliadas.

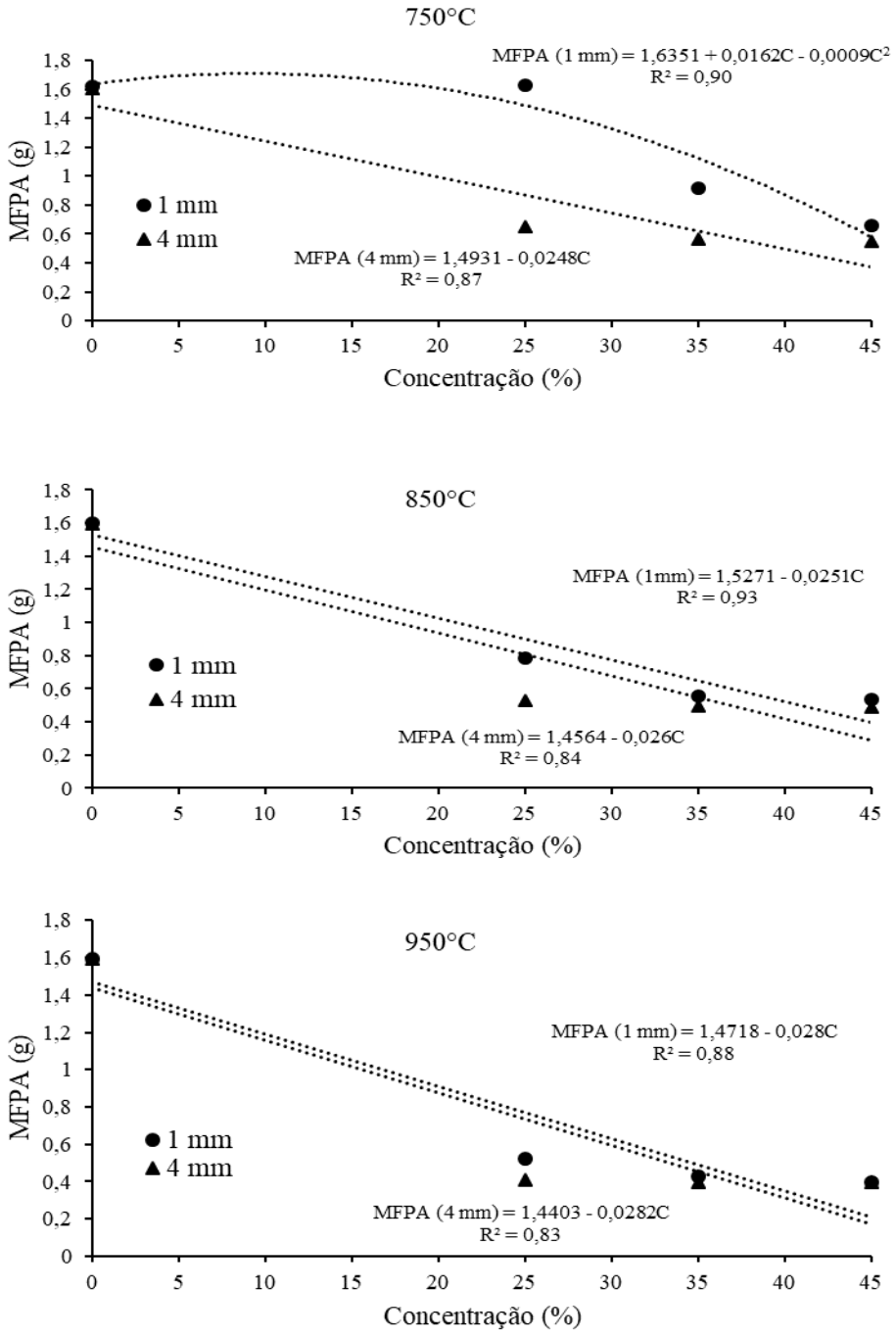
Na formulação composta por chamote cerâmicos a 850°C, foi observado um comportamento linear decrescente nas granulometrias médias de 1 mm e 4 mm. Comparando-se a menor e a maior concentração avaliadas, houve redução de 66,69% e 69,53%, respectivamente. Na formulação composta por chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos procedentes da queima a 950°C, o comportamento linear decrescente também foi verificado para as granulometrias

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

médias de 1 mm e 4 mm, resultando em reduções de 75,06% e 75,31%, respectivamente, entre as concentrações mínima e máxima analisadas.

Figura 9. Comportamento da massa fresca parte aérea (MFPA, g) em função da concentração, para cada temperatura e granulometria.



REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Conforme os gráficos (Figura 9) do comportamento da MFPA (g) em função da concentração, para cada temperatura e granulometria, observa-se uma tendência de diminuição da massa fresca da parte aérea com o aumento da concentração de chamote no substrato, tanto para a granulometria média de 1 mm quanto para a de 4 mm, exceto na temperatura de 750°C e granulometria de 1 mm.

Esse comportamento indica que o chamote, em maiores concentrações, interfere na disponibilidade de nutrientes e no desenvolvimento do sistema radicular, resultando em menor absorção de água e nutrientes, que são essenciais para o crescimento da parte aérea das plantas.

Em todas as composições elaboradas com chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos submetidos à queima de 750°C, 850°C e 950°C, os valores de massa fresca da parte aérea são maiores na granulometria de 1 mm. As partículas menores oferecem uma melhor estrutura para o substrato, permitindo uma maior retenção de umidade e distribuição de nutrientes para as plantas, refletindo na maior massa fresca. A faixa com maior diâmetro médio das partículas, principalmente em concentrações mais altas, diminui a retenção de água e causa obstrução das raízes, limitando o desenvolvimento da parte aérea.

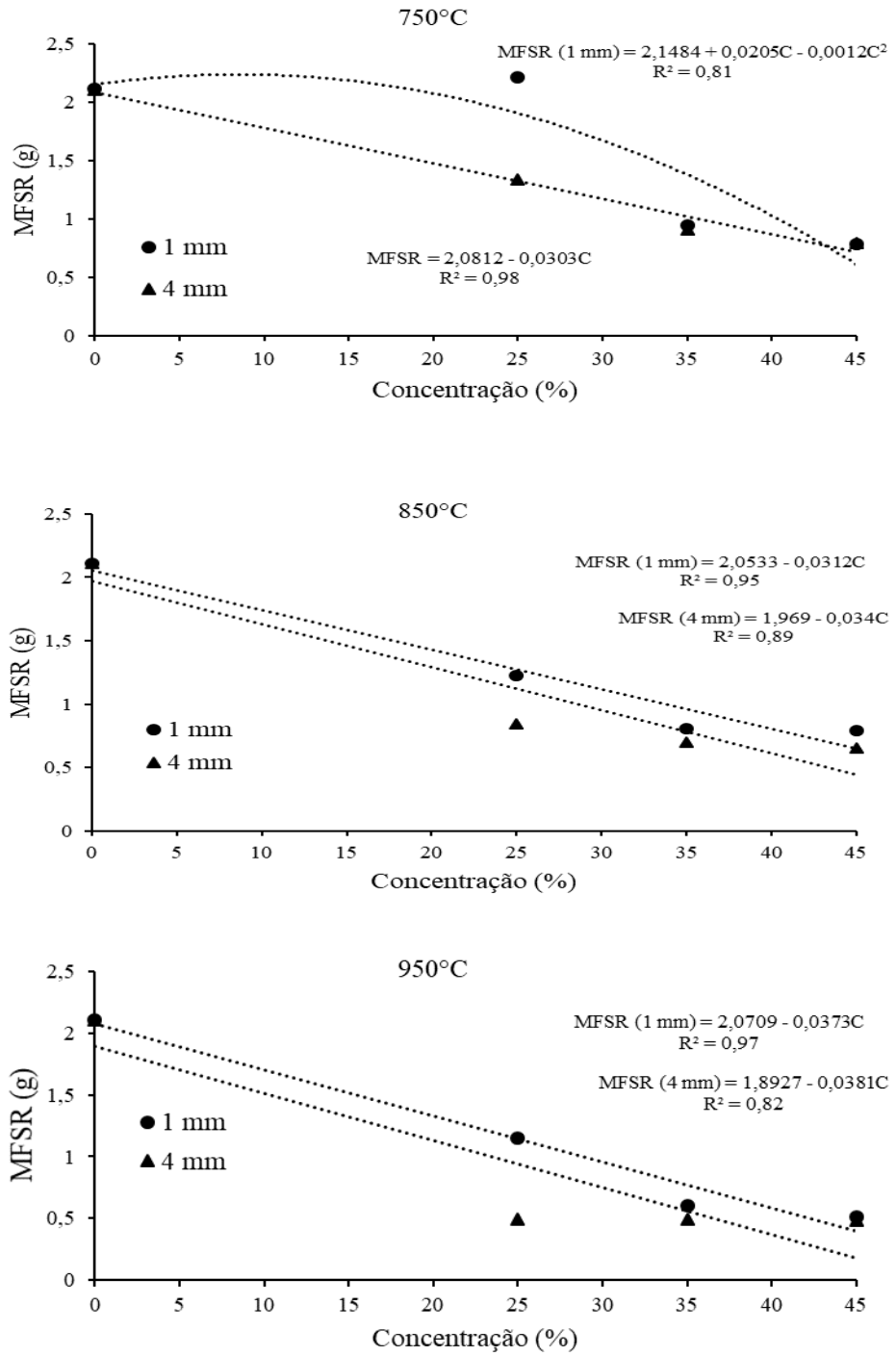
Os maiores valores de massa fresca da parte aérea foram observados nas composições elaboradas com chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos procedentes da queima a 750°C, sugerindo que esta temperatura, mais baixa, mantém características químicas importantes no chamote, que influenciam positivamente a massa fresca da parte aérea. Em contrapartida, as temperaturas de queima mais elevadas (850°C e 950°C) podem alterar a composição química do chamote, como pode ser verificado por meio da análise química (Tabela 1). Em menor temperatura (750°C), há maior disponibilidade de diversos nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas, em comparação com as temperaturas mais altas.

Houve efeito da interação tripla temperatura, granulometria e concentração, para a variável massa fresca do sistema radicular (MFSR, g), em nível de 5% de probabilidade, pelo teste F. Na Figura 10 observa-se o estudo da variável MFSR em função da temperatura, granulometria e concentração.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Figura 10. Comportamento da massa fresca do sistema radicular (MFSR, g) em função da concentração, para cada temperatura e granulometria.



Conforme análise do comportamento da massa fresca do sistema radicular (MFSR, g) (Figura 10), em função da concentração, para cada temperatura e granulometria, registra-se que no substrato, composto por chamote obtido de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

resíduos de produtos cerâmicos oriundo da queima a 750°C, observa-se um comportamento quadrático na granulometria média de 1mm, o incremento de chamote no substrato proporcionou valores crescentes na massa fresca do sistema radicular até a concentração de 9%, obtendo-se o valor máximo de 2,2357 g, concentrações acima desta acarretaram decréscimo da variável avaliada.

Na composição elaborada com chamote com diâmetro médio de partículas de 4 mm, observa-se comportamento linear decrescente, comparando-se a menor e maior concentração avaliadas, registra-se redução de 62,15% na massa fresca do sistema radicular. No substrato composto por chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos submetidos à queima a 850°C, observa-se desempenho linear decrescente nas granulometrias de 1 e 4 mm, ao comparar a menor e maior concentração, constatou-se redução de 62,33% e 68,83%, respectivamente.

No substrato composto por chamote da queima a 950°C, também foi observado comportamento linear decrescente para as granulometrias de 1 mm e 4 mm. A comparação entre a menor e maior concentração avaliadas resultou em redução na MFSR de 75,49% e 77,14%, respectivamente.

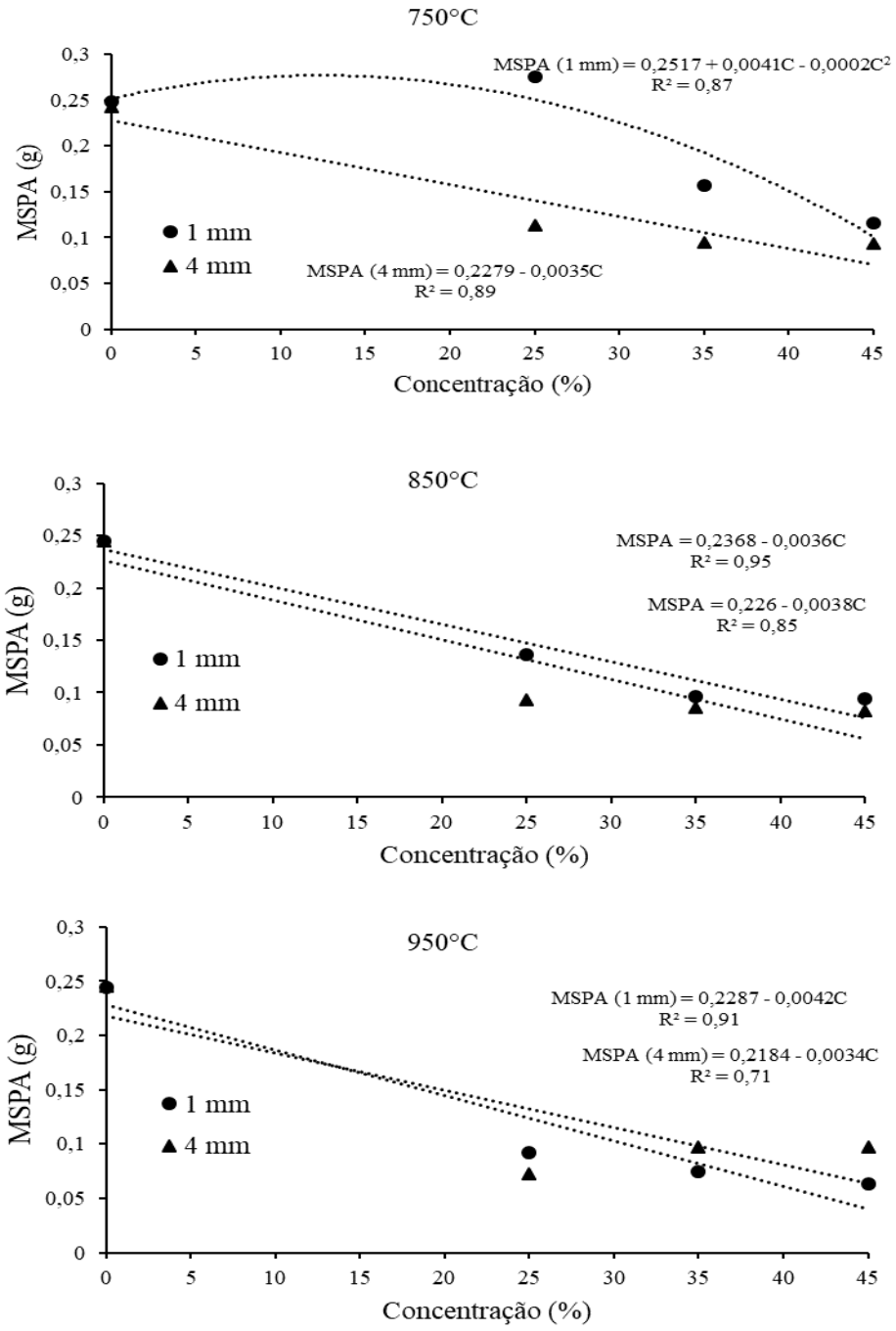
Em todas as temperaturas, o chamote de 1 mm apresentou maiores valores de massa fresca do sistema radicular, possivelmente devido as melhores condições para o crescimento do sistema radicular. O aumento da temperatura de queima dos produtos cerâmicos, por exemplo, no caso de chamote oriundo dos resíduos de telhas, provoca redução da MFRS, em ambas as granulometrias, sendo mais evidente nas partículas maiores, assim como ocorreu na variável massa fresca da parte aérea. Isso está relacionado as alterações na estrutura química do chamote, em 750°C, o impacto é menos acentuado, possivelmente devido à menor degradação do chamote nessa faixa de temperatura. As concentrações mais elevadas de chamote apresentaram efeito negativo na massa fresca do sistema radicular.

Houve efeito da interação tripla temperatura, granulometria e concentração, para a variável massa seca da parte aérea (MSPA, g), em nível de 1% de probabilidade, pelo teste F. Na Figura 11 observa-se o estudo da variável MSPA em função da temperatura, granulometria e concentração.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

Figura 11. Comportamento da massa seca da parte aérea (MSPA, g) em função da concentração, para cada temperatura e granulometria.



Nas composições elaboradas com chamote obtido de resíduos de produtos cerâmicos oriundo da queima a 750°C, observa-se um comportamento quadrático na granulometria média de 1mm. O aumento da concentração de chamote no

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

substrato promoveu incrementos progressivos na massa seca da parte aérea até a concentração de 10%, alcançando o valor máximo de 0,2727 g. Concentrações superiores a essa causaram uma redução na massa seca da parte aérea. Na granulometria de 4 mm, observa-se um comportamento linear decrescente, com uma redução de 61,22% na massa seca da parte aérea ao comparar a menor e maior concentração avaliadas.

No substrato composto por chamote oriundo da queima a 850°C, observa-se um comportamento linear decrescente para as granulometrias de 1 e 4 mm. Quando comparadas a menor e maior concentração avaliadas, verifica-se uma redução de 61,71% e 66,14%, respectivamente. Na temperatura de 950°C o comportamento linear também foi observado para as granulometrias de 1 mm e 4 mm. Comparando a menor e maior concentração avaliadas, os resultados indicam uma redução de 74,14% e 60,51%, respectivamente.

Os resultados indicam que o incremento na concentração de chamote no substrato tende a reduzir a massa seca da parte aérea das mudas, especialmente nas maiores granulometrias. Adicionalmente, temperaturas elevadas acarretam reduções ainda mais significativas na massa seca da parte aérea, indicando uma interação entre a concentração de chamote, temperatura e granulometria que impacta o desenvolvimento da biomassa das mudas.

5. Conclusão

1 - A melhor formulação de substrato para produção de mudas de pepino foi obtida com chamote proveniente de cerâmica queimada a 750°C, com partículas de diâmetro médio de 1 mm e concentração de até 10%, resultando nas melhores respostas das variáveis agronômicas;

2 - Concentrações elevadas de chamote, especialmente associadas a partículas de maior granulometria e temperatura de queima mais altas, reduzem a eficiência do substrato e impactam negativamente todas as variáveis agronômicas avaliadas;

3 - Existe um limite máximo para a concentração de chamote que pode ser

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

incorporada ao substrato sem comprometer o desenvolvimento das mudas de pepino;

4 - A adição de chamote ao substrato permite reduzir custos de produção e diminuir o impacto ambiental, aproveitando um resíduo industrial de forma sustentável;

5 - O uso de chamote apresenta potencial de estudo para a formulação de substratos para mudas de outras espécies, incluindo hortaliças, frutíferas, espécies florestais e ornamentais.

Referências

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira-vermelha. Scientia Agraria, v. 9, n. 1, p. 27-33, 2008.

CARVALHO, A. D. F.; AMARO, G. B.; LOPES, J. F.; VILELA, N. J.; MICHEREFF FILHO, M.; ANDRADE, R. A cultura do pepino. 2013.

CORREIA, A. C. G. SANTANA, R. C.; OLIVEIRA, M. L. R.; TITON, M.; ATAÍDE, G. M. Volume de substrato e idade: influência no desempenho de mudas clonais de eucalipto após replantio. Cerne, Lavras, v. 19, n. 2, p. 185-191, 2013.

FAO. Food and agriculture organization of the United Nations, 2022. Disponível em:

FERMINO, M. H. Métodos de análise para caracterização física de substratos para plantas. 89 p. Tese (Doutorado em fitotecnia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FERRAZ, M. V.; CENTURION, J. F.; BEUTLER, A. N. Caracterização física e química de alguns substratos comerciais. Acta Scientiarum. Agronomy, v. 27, n. 2, p. 209-214, 2005.

FERREIRA, E. P.; DELAQUA, G. C. G.; BARRETO, G. N. S.; MONTEIRO, S. N.; OLIVEIRA, E. M.; VIEIRA, C. M. F. Incorporation of wine industry waste into red ceramic: study of Physical and Mechanical properties. Journal of Materials Research and Technology-JMR&T, v. 26, p. 5748-5761, 2023.

FERREIRA, P. E; REIS, A. S.; PANTALEÃO, F. S.; SCALZER, S. Z.; FERREIRA, E. P. Concepção e usos de tijolos artesanais: estudo de caso no estado do Espírito Santo. Revista de Engenharia e Tecnologia, v. 16, p. 01-12, 2024.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/03/2026 - **Accepted:** 10/05/2026
Vol: 13.09
DOI: 10.66104/mk65cf36
Pages: 1-28

GOTO, R. Programa brasileiro para a modernização da horticultura: normas de classificação do pepino. São Paulo: CQH/CEAGESP. 2014. Disponível em: <https://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/pepino.pdf>. Acesso em: 10 de out. 2024.

httpS://www.fao.org/faostat/en/#date/QCL. Acesso em: 20 de set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Censo Agropecuário 2017. Disponível em <https://sidra.ibge.gov.br/>. Acesso em 24 jul. 2024.

KLEIN, C. Utilização de substratos alternativos para produção de mudas. Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 4, p. 43-63, 2015.

MENEGHELLI, C. M.; MONACO, P. A. V. L.; HADDADE, I. R. Resíduo da secagem dos grãos de café como substrato alternativo em mudas de café conilon. Coffe Science, Lavras, v. 11, n. 3, p. 330-355, jul./set. 2016.

MILWARD, C.; MENDES, B. C.; PEDROTI, L. G. Aplicação de resíduos cerâmicos para produção de geopolímeros prensados. Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 19, p. 1-12, 2022.

RCORE TEAM.R: A language and environment for statistical computing. R Foundation forStatistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.R-project.org/http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 de out. de 2024.

SANTOS, L. C. R.; COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; NARDELLI, E. M. V.; SOUZA, G. S. A. Ambientes protegidos e substratos com doses de composto orgânico comercial e solo na formação de mudas de jatobazeiro em Aquidauana–MS. Engenharia Agrícola, v. 31, n. 2, p. 249-259, 2011.

SILVA, E. F.; SOUZA, E. G. F.; SANTOS, M. G.; ALVES, M. J. G.; SILVEIRA, L. M.; Sousa, T. P. Qualidade de mudas de pepino produzidas em substratos à base de esterco ovino. Agropecuária Científica no Semiárido, v. 10, n. 3, p. 93-99, 2014.

SILVA, W. M.; GOMES, M. L. S.; SILVA, A. L.; COSTA, D. B.. Utilização da vermiculita reaproveitada associada à germinação e vigor de sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum*) submetidas. XXVI Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, Poços de Caldas – MG, 2015.

SOUZA, A.; FERREIRA, R. L. F.; TAMWING, G. Produtividade de pepino em cultivo orgânico utilizando mudas produzidas com diferentes volumes de substrato. Scientia Naturalis, v. 2, n. 2, 2020.

SOUZA, E. G. F.; SILVEIRA, L. M.; SANTOS, M. G.; SILVA, E. F. Emergência e desenvolvimento de mudas de tomate IPA 6 em substratos, contendo esterco ovino. Rev. Ceres, Viçosa, v. 60, n.6, p. 902-907, nov./dez., 2013.