

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5795>

ARTIGO ORIGINAL

SUBMETIDO 19/04/2021

APROVADO 01/02/2022

PUBLICADO ON-LINE 01/03/2022

PUBLICADO 30/12/2022

EDITORES ASSOCIADOS

Fábio Júnior Araújo Silva

Monaliza Mirella de Moraes Andrade Cordeiro

Qualidades de mudas de alfaces crespas e tomateiro-cereja em substratos com rejeito de mica

 Vitória Régia Araújo da Costa ^[1]

 Cleyton Júlio Dantas de Medeiros ^[2]

 José Lucínio de Oliveira Freire ^[3] *

 Gislayne dos Santos Nascimento ^[4]

[1] reginha.araujo15@gmail.com

[2] cleytondantas084@gmail.com

[3] prof.lucinio@gmail.com

[4] gislainesantos30@gmail.com

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB), Campus Picuí, Brasil.

RESUMO: Este trabalho objetivou avaliar o efeito de diferentes proporções de mica e substrato comercial na produção de mudas de alfaces (*Lactuca sativa* L.) e tomateiro-cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*). Os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados, sendo o primeiro (alfaces) montado em esquema fatorial (5×3) com cinco proporções de mica e substrato comercial (0:100; 25:75; 50:50; 75:25 e 100:0) e três cultivares de alfaces (Elba, Mimosa e Veneranda), e o segundo (tomateiro-cereja) com seis tratamentos (0:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20 e 100:0). Os substratos com até 11,6% e 13,0% de rejeito de mica na composição favorecem o crescimento em altura de mudas de alfaces e tomateiro-cereja. A fitomassa seca total de mudas de alfaces foi favorecida quando estas foram produzidas com até 25,0% de rejeito de mica e substrato comercial. Substratos com rejeito de mica reduzem os atributos de crescimento de mudas de tomateiro-cereja. Recomenda-se a produção de mudas de alfaces crespas com substrato comercial e rejeito de mica na proporção de 1:1. O rejeito de mica na composição com substrato comercial afeta negativamente a qualidade das mudas de tomateiro-cereja.

Palavras-chave: hortaliças; produção de mudas; rejeito de mineração; sustentabilidade ambiental.

Qualities of curly lettuce and cherry tomato seedlings on substrates with mica waste

ABSTRACT: This work aimed to evaluate the effect of different proportions of mica and commercial substrate on the production of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and cherry-tomato (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*) seedlings. The experiments were conducted in a randomized block design, with the first (lettuce) assembled in a factorial scheme (5×3) with five proportions of mica and commercial substrate (0:100; 25:75; 50:50; 75:25 e 100:0) and three lettuce cultivars (Elba, Mimosa e Veneranda), and second (cherry-tomato) with six treatments (0:100; 20:80; 40:60; 60:40; 80:20 e 100:0). The substrates with

*Autor para correspondência.



up to 11.6% and 13.0% mica reject in the composition favoured the growth at height of lettuce and cherry-tomato seedlings. The total dry phytomass of lettuce seedlings were favoured when produced with up to 25.0% mica reject and commercial substrate. Mica reject substrates reduced the growth attributes of cherry-tomato seedlings. It is recommended to produce curly lettuce seedlings with commercial substrate and mica reject in a 1:1 ratio. The reject of mica in the composition with commercial substrate negatively affects the quality of the cherry-tomato seedlings.

Keywords: environmental sustainability; mining reject; seedling production; vegetables.

1 Introdução

No mundo, a preocupação com a degradação e o consequente esgotamento dos recursos naturais tem impulsionado cada vez mais o volume de estudos nessa área (SILVA *et al.*, 2020), sendo o reaproveitamento de resíduos – como a cinza de biomassa (ARRUDA *et al.*, 2016), a urina oxidada de vaca em sistemas produtivos da agricultura familiar (SILVA *et al.*, 2022) e os subprodutos da mineração usados na agricultura – uma das inovações mais potencializadas atualmente (ARNOTT *et al.*, 2021; LIMA *et al.*, 2019). No entanto, apesar de ser considerada como uma alternativa eficaz, em países como o Brasil, a adoção dessa técnica é considerada como restritiva. Inclusive, o descarte desses produtos ainda é realizado de forma inapropriada, sendo comum a destinação de rejeitos a céu aberto, gerando sérios problemas de contaminação, poluição visual e degradação dos ecossistemas naturais (CARVALHO *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2020).

No caso da poluição ambiental procedente da atividade mineradora por descarte inadequado de resíduos como o rejeito de mica, uma das alternativas mitigadoras seria o seu uso (SANTOS *et al.*, 2020). Esse rejeito é um material oriundo da extração de minérios, com potencial de adsorção e liberação de elementos minerais no solo (BRAZIER *et al.*, 2019), podendo ser utilizado, caso usado na agricultura, para estimular o crescimento das culturas. Ademais, estão em franca ascensão os estudos sobre a adoção de medidas que visam viabilizar a destinação correta desses resíduos, que são abundantes nas indústrias mineradoras e não têm utilidade econômica, causando muitos problemas ambientais (GOMES, 2017).

As micas são minerais hidratados, de estrutura química do tipo 2:1, apresentando, na maioria dos casos, elementos intercalados em suas estruturas, como é o caso do potássio e do ferro. Esses elementos, quando liberados no solo, podem ser absorvidos pelas plantas, participando dos processos metabólicos e fisiológicos e proporcionando melhor desempenho aos vegetais durante o seu ciclo de vida (HASANUZZAMAN *et al.*, 2018; HUANG; WANG, 2005; ROUT; SAHOO, 2015; XU *et al.*, 2020). Contudo, é notória a necessidade de estudos que enfatizem o crescimento e a qualidade de mudas de hortaliças com o uso desse rejeito de mineração, de modo a potencializar os sistemas de produção.

No geral, as espécies de alface (*Lactuca sativa* L.) e tomate-cereja (*Lycopersicon esculentum* var. *Cerasiforme*) são tidas como hortaliças largamente difundidas no Brasil (RAMOS; ALVES; LIMA, 2017), devido a apresentarem ciclo curto e adaptabilidade às condições climáticas e serem de fácil manejo. Porém, o sucesso comercial dessas culturas ainda é altamente dependente da qualidade de mudas, sendo a produção destas uma das etapas mais importantes na propagação das espécies (KRATZ *et al.*, 2017).

Durante a fase de produção de mudas, o substrato é importante para atingir padrões de alta qualidade, ao mesmo tempo em que é fator que pode elevar, desnecessariamente, os custos gerais de produção (MANCA *et al.*, 2020). Nesse caso, os substratos devem apresentar características físicas (boas condições de umidade e porosidade) e químicas (disponibilidade de nutrientes) que favoreçam o desenvolvimento adequado das mudas durante o seu ciclo de permanência no viveiro (COSTA *et al.*, 2013).

Embora existam inúmeros produtos com potenciais de uso na formulação de substratos, como húmus de minhoca, esterco curtido, vermicomposto e outros, ainda há outros materiais residuais a serem testados para essa finalidade (MANH; WANG, 2014), como o rejeito de mica, pelas possibilidades agrônômicas citadas.

Sendo assim, esta pesquisa objetivou avaliar o efeito de diferentes proporções de mica e substrato comercial na produção de mudas de alfaces e tomateiro-cereja.

Nas seções posteriores, será relatada uma fundamentação teórica basilar que engloba a importância do substrato na produção de mudas, com ênfase na possibilidade do uso de mica na composição dos substratos. Segue-se a descrição da metodologia empregada na avaliação de mudas de alfaces e de tomateiro-cereja, produzidas com substratos com mica na composição, e os resultados das variáveis biométricas e fisiológicas analisadas.

2 Referencial teórico

A produção de mudas de hortaliças é considerada a etapa inicial mais importante dentro do sistema de produção agrícola (CARVALHO *et al.*, 2012), já que o bom estabelecimento da cultura no campo depende da qualidade inicial da muda produzida em condições de viveiro (QUEIROZ; BAVUSO NETO; SILVA, 2010); essa mesma condição também é relevante na produção de mudas de alfaces e tomateiro-cereja. De acordo com Souza *et al.* (2017), a propagação de espécies de boa qualidade é necessária para a obtenção de altas produtividades, sendo necessário atentar-se para os cuidados iniciais das mudas quando estas ainda estão em casas de vegetação. Entre os cuidados a serem tomados, a escolha do substrato é tida como a mais relevante, já que é por meio dele que a planta adquire sustentação e retira os elementos minerais essenciais ao seu bom desenvolvimento (SOLDATELI *et al.*, 2020).

Conforme Vieira e Weber (2015), para que um substrato seja considerado como adequado, ele deve apresentar atributos químicos, físicos e biológicos que estimulem o crescimento inicial da cultura. Nesse caso, é desejável que o substrato apresente pH neutro ou próximo dele; não possua elementos tóxicos, e sim nutrientes em quantidades absorvíveis; tenha boa aeração, ao mesmo tempo em que consiga reter uma quantidade adequada de água em seus espaços porosos; e apresente boa quantidade de matéria orgânica e a capacidade de troca catiônica (COSTA *et al.*, 2013; PAGLIARINI *et al.*, 2015; ZORZETO *et al.*, 2014).

Na literatura existe uma gama de informações acerca da utilização de materiais orgânicos e minerais na composição de substratos alternativos, sendo eles esterco curtido, vermicomposto, casca de arroz, rejeitos de mineração, vermiculita, carvão vegetal e substrato comercial (MANH; WANG, 2014). Todos eles apresentam potencial para estimular o crescimento e influenciar diretamente a qualidade e a robustez da muda.

Acerca da utilização dos rejeitos de mineração, sabe-se que pouca ênfase é dada à utilização da mica como componente principal do substrato, sendo esta considerada como uma ótima alternativa. De acordo com informações apresentadas por Santos *et al.* (2020), estudos voltados à utilização da mica em substratos são necessários para compreender

a resposta das culturas a esse material, e também para testar as melhores proporções a serem utilizadas pelos viveristas.

Portanto, com base nos estudos realizados por Huang e Wang (2005), Yamamoto *et al.* (2010) e Santos *et al.* (2020), é esperado que a utilização de diferentes percentuais de mica, como componente do substrato, exerça uma influência significativa sobre o crescimento inicial e a qualidade de mudas de hortaliças, como a alface e o tomateiro-cereja, devido, principalmente, a suas características químicas e físicas.

3 Material e métodos

Nesta pesquisa, dois experimentos foram conduzidos em viveiros telados, com cobertura e cortinas laterais revestidas com sombrite preto, com 50% de penetração de luz solar, instalados na Horta Educativa do Curso de Tecnologia em Agroecologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba (IFPB) – Campus Picuí. As análises de fitomassas secas das mudas foram efetuadas no Laboratório de Solos dessa instituição.

O experimento com produção de mudas de alfaces foi conduzido no delineamento em blocos casualizados, com arranjo fatorial 5x3, correspondente a cinco proporções de mica e substrato comercial (0%:100%; 25%:75%; 50%:50%; 75%:25% e 100%:0%), três cultivares de alfaces crespas [Elba e Veneranda (alfaces verdes) e Mimosa (roxa)], com três repetições. Cada parcela foi composta por 8 plantas, totalizando 360 plantas.

O experimento para avaliação das mudas de tomateiro-cereja foi instalado no delineamento em blocos casualizados, com seis tratamentos e seis repetições, correspondentes a seis percentuais de mica e substrato comercial (0%:100%; 20%:80%; 40%:60%; 60%:40%; 80%:20% e 100%:0%). O material biológico testado foi o tomateiro-cereja, cultivar Carolina, com sementes adquiridas em casas comerciais. Cada parcela foi composta por 7 plantas, totalizando 252 plantas.

O substrato controle (Basaplant®) de ambos os experimentos foi adquirido em casas comerciais, sendo composto por casca de pinus, fibra de coco, turfa fibrosa, vermiculita, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, com composição química expressa na Tabela 1, conforme dados obtidos de análises feitas por Vieira e Weber (2015).

Tabela 1 ►

Atributos químicos do substrato Basaplant®.

Fonte: Vieira e Weber (2015)

Características químicas	Valores
pH (CaCl ₂ – 1:2,5)	5,7
P (mg dm ⁻³)	82,1
K ⁺¹ (mg dm ⁻³)	11,0
Ca ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	10,0
Mg ⁺² (cmol _c dm ⁻³)	6,8
Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	0,3
H ⁺ +Al ⁺³ (cmol _c dm ⁻³)	9,2
CTC pH 7,0 (cmol _c dm ⁻³)	20,9
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	17,2
SB (cmol _c dm ⁻³)	16,9
V (%)	80,7
m (%)	1,7

CTC = capacidade de troca catiônica; SB = soma de bases; m = saturação por alumínio.

O rejeito de mica utilizado na composição do substrato de ambos os experimentos foi procedente da empresa Bentonit União Nordeste S/A, com unidade de processamento localizada no município de Pedra Lavrada – PB, no Seridó paraibano. Após analisadas suas características químicas e físicas no Laboratório de Solos da Universidade Federal da Paraíba, através dos procedimentos compilados por Teixeira *et al.* (2017), o rejeito apresentou: pH = 9,0; fósforo disponível = 134,28 mg dm⁻³; potássio = 51,12 mg dm⁻³; sódio = 0,11 cmolc dm⁻³; alumínio = 0,00 cmolc dm⁻³; cálcio = 0,39 cmolc dm⁻³; magnésio = 0,67 cmolc dm⁻³; SB = 1,30 cmolc dm³; CTC = 1,30 cmolc dm⁻³; matéria orgânica do solo = 2,07 g kg⁻¹; densidade = 1,18 g cm⁻³; densidade aparente = 2,67 g cm⁻³; porosidade total = 0,47 m³ m⁻³.

Em ambos os experimentos, para produção dos substratos, foram adicionados os percentuais correspondentes de mica a um substrato comercial.

Antes da semeadura das cultivares de alface (Experimento I) e tomateiro-cereja (Experimento II), os substratos foram umedecidos até atingirem a capacidade de vaso, sendo então semeadas três sementes de cada espécie nas respectivas unidades experimentais.

O desbaste – deixando-se somente a muda mais vigorosa por célula – foi feito, para ambas as espécies, sete dias após a emergência das plântulas. A irrigação foi feita com água com condutividade elétrica de 0,2 dS m⁻¹.

As variáveis analisadas, tanto nas mudas do Experimento I (alfaces – 30 dias após a semeadura) como nas do Experimento II (tomateiro-cereja – 45 dias após a semeadura), foram:

- a) altura das plantas: medição do coleto à projeção da folha central (cm);
- b) diâmetro do caule: medição efetuada no coleto da muda, com auxílio de um paquímetro digital modelo Stainless Hardened® (mm);
- c) número de folhas: obtido por meio da contagem de todas as folhas de cada planta;
- d) massa seca da parte aérea (folha e caule) e fitomassa seca da raiz (g): após secagem em estufa, a 65 °C por 72 horas e pesagem em balança semianalítica;
- e) massa seca total (g): obtida através do somatório da massa seca das folhas, do caule e da raiz;
- f) relação altura e diâmetro caulinar das mudas;
- g) partição de biomassa foliar, caulinar e radicial (parte aérea: folhas + caule, nas mudas de alface) (BENINCASA, 2003);
- h) Índice de qualidade de Dickson: calculado com base na metodologia de Dickson, Leaf e Hosner (1960), conforme disposto na Equação 1:

$$IQD = FMST \times (RAD + PAR)^{-1} \quad (1)$$

em que: *IQD* é o Índice de Qualidade de Dickson; *FMST* é a fitomassa seca total, expressa em g/planta; *RAD* é a relação altura/diâmetro das mudas; *PAR* é a relação fitomassa seca da parte aérea e fitomassa seca da raiz, expressas em g/planta.

No experimento com mudas de tomateiro-cereja, além das analisadas nas mudas de alfaces, foram avaliadas as seguintes variáveis:

- a) comprimento da raiz: mensurado com régua graduada e priorizando a raiz axial ou raiz pivotante, com valores expressos em cm;

- b) área foliar: estimada através das medidas lineares de comprimento e maior largura de todas as folhas, sendo calculada a área das folhas individuais, conforme Equação 2 (RIGHI, 2000):

$$AF = C \times L \times 0,3676 \quad (2)$$

em que: C é o comprimento da folha (cm); L é a maior largura da folha (cm).

- c) taxas de crescimento absoluto e relativo em altura e diâmetro caulinar (BENINCASA, 2003);
- d) taxa de crescimento absoluto em fitomassa fresca epígea das mudas, conforme procedimentos de Benincasa (2003);
- e) fitomassa seca da parte aérea (folha e caule) e fitomassa seca da raiz (em g): após secagem dos órgãos, separadamente, em estufa, a 65 °C por 72 horas, e pesagem em balança semianalítica;
- f) fitomassa seca total (em g): obtida através do somatório da massa seca das folhas, do caule e da raiz;
- g) razão massa seca da parte aérea e massa seca da raiz: estabelecida pela relação entre a massa foliar e a massa seca das raízes das mudas avaliadas, conforme proposto por Benincasa (2003);
- h) área foliar específica e razão de área foliar: relação entre a área foliar (em cm²) e a massa seca das folhas (em g) e entre a área foliar (em cm²) e a massa seca total (em g), respectivamente (PEIXOTO; CRUZ; PEIXOTO, 2011).

Os dados foram submetidos às análises de variância e regressões lineares, ou quadráticas, relacionando as variáveis e as proporções de mica no substrato, e processados utilizando o software estatístico SISVAR 5.6® (FERREIRA, 2014).

4 Resultados e discussão

Os dados relativos à produção de mudas de alfaces crespas e de tomateiro-cereja com os diferentes substratos testados são apresentados nesta seção.

4.1 Experimento I: produção de mudas de alfaces crespas (Elba, Mimosa e Veneranda)

Nesta subseção são apresentados os resultados, e as respectivas discussões, das variáveis biométricas, das fisiológicas e do Índice de Qualidade de Dickson das mudas de alfaces crespas (Elba, Mimosa e Veneranda) produzidas com substrato comercial Basaplant® e até 100% de mica na composição.

4.1.1 Alturas e diâmetros caulinares de plantas de alfaces

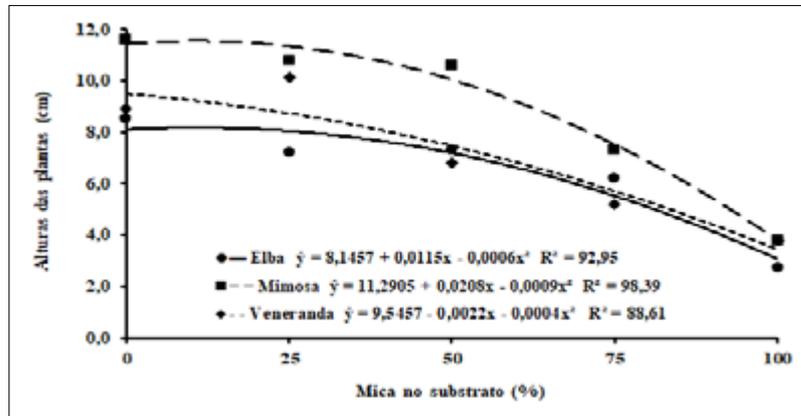
Com base nos resultados apresentados no experimento I, verificou-se que as mudas de alfaces responderam de forma quadrática aos diferentes percentuais de mica no substrato quanto aos atributos de crescimento em altura (Figura 1a) e diâmetro caulinar (Figura

1b), bem como apresentaram efeitos isolados das cultivares testadas no diâmetro caulinar das mudas (Figura 2).

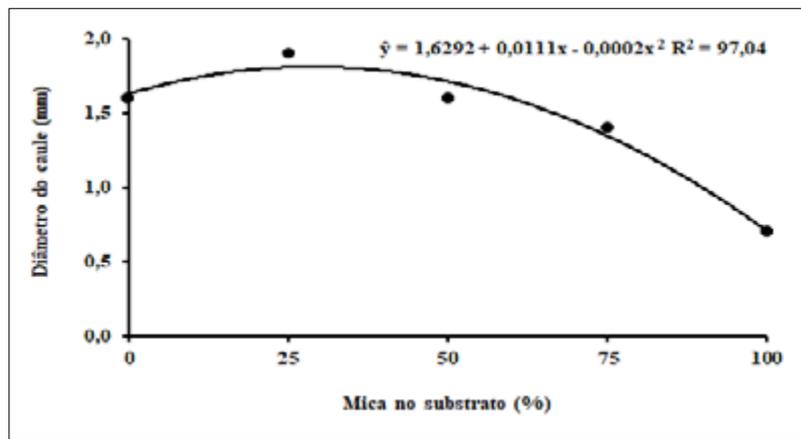
Figura 1 ▶

Altura das mudas (a) e diâmetro caulinar (b) de mudas de alfaces produzidas em substratos com diferentes percentuais de mica.

Fonte: dados da pesquisa



(a)

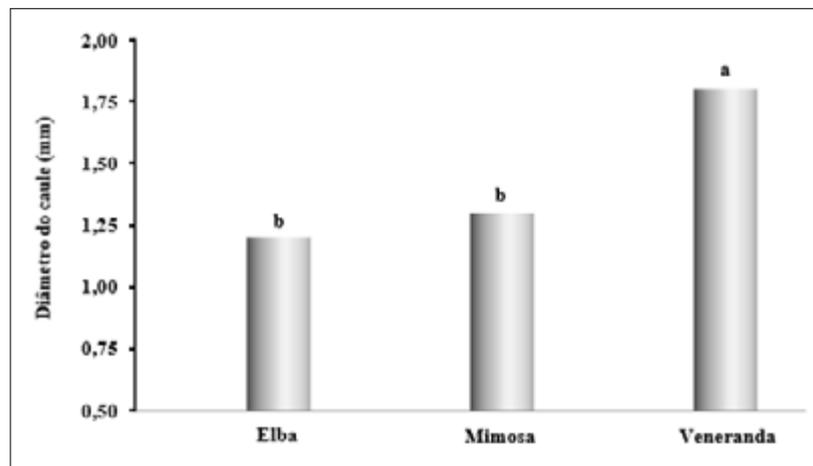


(b)

Figura 2 ▶

Diâmetros caulinares de cultivares de alfaces.

Fonte: dados da pesquisa



*Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade estatística.

Os valores máximos estimados de alturas das mudas (Figura 1a) foram de 8,2 cm (Elba), 11,4 cm (Mimosa) e 9,5 cm (Veneranda), com uso de 9,6%, 11,6% e 2,8% de

mica no substrato, respectivamente. Já o diâmetro do caule (Figura 1b) apresentou valor máximo estimado de 1,8 mm, com o uso de 27,8% de mica no substrato.

Para a altura das plantas, ao estudarem a produção de mudas de alface, cv. Elba, em diferentes combinações de substratos comerciais e níveis de casca de arroz carbonizada (CAC), Freitas *et al.* (2013) perceberam que o aumento na proporção desse resíduo nos substratos reduziu, de forma linear e significativa, a altura das plantas, com valores entre 1,1 cm e 4,4 cm, bem aquém dos valores médios observados nas três cultivares de alfaces nesta pesquisa.

Possivelmente, essa discrepância nos valores de altura deve-se à maior capacidade de retenção de água em substratos contendo rejeito de mica na composição, provavelmente ocasionada pela diminuição do tamanho dos poros do referido substrato. No entanto, para o valor máximo de altura das plantas estimado para a cv. Mimosa (11,4 cm), houve semelhança com o observado por Oliveira Júnior *et al.* (2020) na produção de mudas de alface, cv. Vera, com diferentes proporções de composto orgânico.

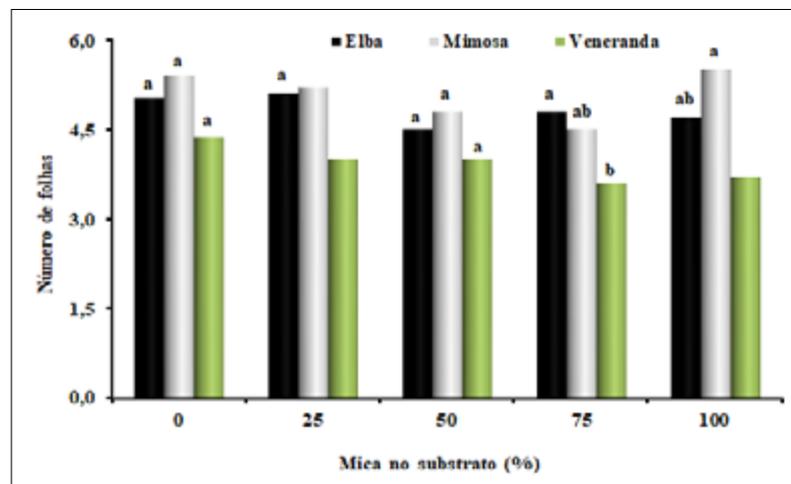
De forma isolada, a cultivar de alface Veneranda apresentou valor médio de diâmetro caulinar de 1,8 mm, superior estatisticamente aos apresentados pelas cvs. Mimosa (1,3 mm) e Elba (1,2 mm), que não diferiram entre si (Figura 2).

Os valores médios de diâmetros caulinares observados nesta pesquisa são inferiores às amplitudes de 4,0 mm e 6,2 mm conseguidas na avaliação com substrato comercial e 50,0% de casca de arroz carbonizada, observadas no trabalho de Freitas *et al.* (2013), e aos 4,2 mm observados por Oliveira Júnior *et al.* (2020) em mudas de alface crespa Vera com misturas de substratos à base de capim braquiária e esterco bovino.

4.1.2 Número de folhas

As mudas de alfaces apresentaram de 3,6 folhas (cv. Veneranda em substrato com 75% de mica) a 5,5 folhas (cv. Mimosa em substrato com 100% de mica), conforme expresso na Figura 3. Tanto no substrato comercial (0%) quanto no composto por 50% de mica, não foi verificada uma diferença estatística entre o número de folhas das três cultivares de alfaces estudadas, que tiveram valores médios, respectivos, de 4,9 folhas e 4,4 folhas. Esses valores estão próximos das 5,0 folhas tidas como ideais para o transplante, como proposto por Marques *et al.* (2003).

Figura 3 ►
Número de folhas de mudas de alfaces em função de diferentes proporções de mica nos substratos.
Fonte: dados da pesquisa

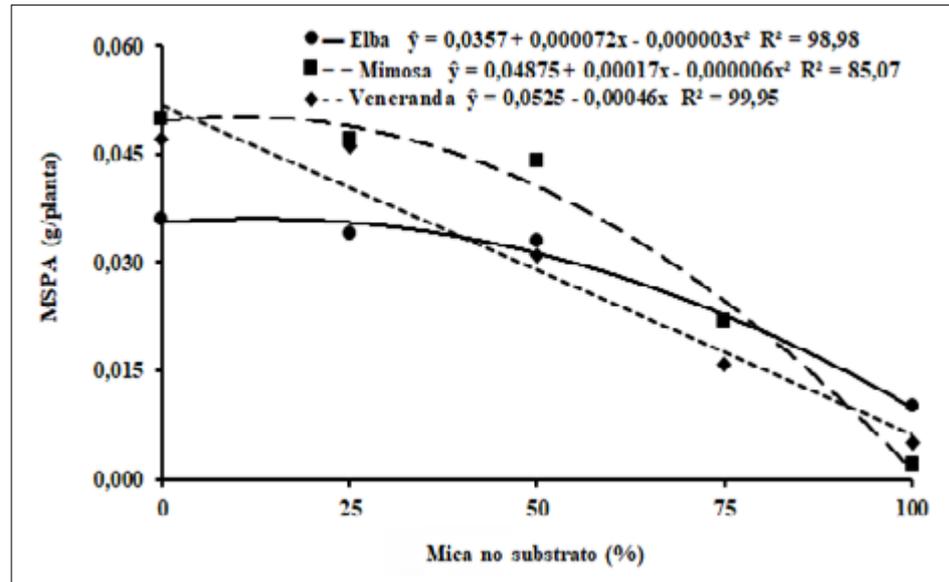


*Médias seguidas das mesmas letras entre diferentes cultivares de alfaces e mesmos percentuais de mica no substrato não diferem entre si a 5% de probabilidade estatística pelo teste de Tukey. DMS = 1.

4.1.3 Massa seca da parte aérea

Com exceção do observado nas mudas de alface cv. Veneranda, que foram influenciadas de forma linear pela composição do substrato e com decréscimos de 0,00015 g/planta a cada inserção unitária de porcentagens de mica no substrato, a MSPA das demais cultivares foi afetada de forma quadrática (Figura 4), possivelmente em virtude de características físicas, como a alta densidade e uma maior dificuldade de drenagem, decorrentes do acréscimo desse insumo no substrato.

Figura 4 ►
Massa seca da parte aérea de mudas de alfaces produzidas com substratos à base de mica.
Fonte: dados da pesquisa



As cultivares de alfaces Elba e Mimosa apresentaram valores máximos estimados de MSPA de 0,036 g/planta e 0,050 g/planta, quando produzidas com 12,0% e 14,2% de mica nos substratos, respectivamente.

Os maiores valores da produção de biomassa seca obtidos nos substratos com percentuais de mica abaixo de 14,2% podem estar relacionados com as melhores características do substrato Basaplant® (Tabela 1), principalmente quanto à disponibilidade de elementos minerais como fósforo, potássio e micronutrientes, que influenciam diretamente no crescimento das espécies (LIMA *et al.*, 2011; ARAÚJO *et al.*, 2017), bem como com o efeito do pH do rejeito (9,0), que pode prejudicar a absorção de elementos minerais essenciais ao crescimento das mudas de alfaces.

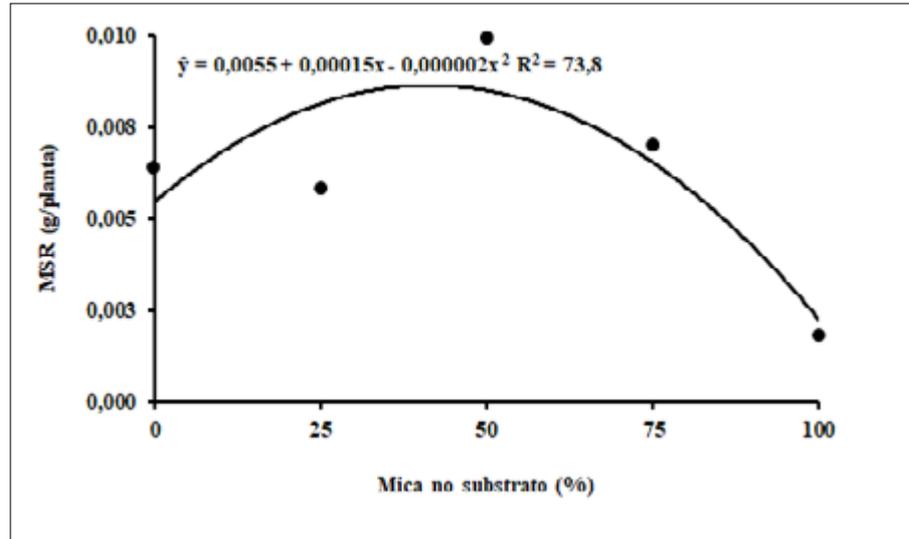
4.1.4 Massa seca da raiz

A massa seca da raiz (MSR) das mudas de cultivares de alfaces foi afetada, de forma quadrática, pela composição percentual de mica no substrato, apresentando valores estimados de 0,005 g/planta (0%); 0,008 g/planta (25%); 0,008 g/planta (50%); 0,006 g/planta (75%) e 0,0005 g/planta (100%). Com 37,5% de mica no substrato, as mudas apresentaram valores máximos estimados de MSR de 0,008 g/planta (Figura 5).

Figura 5 ►

Massa seca da raiz (MSR) de mudas de alfaces em função da composição de substratos com rejeito de mica.

Fonte: dados da pesquisa



De acordo com Menezes Júnior *et al.* (2000), uma das possíveis explicações para a baixa produção de raízes com uso de substratos não convencionais, como o uso do rejeito de mica a 100% nesta pesquisa, relaciona-se à falta de oxigenação no substrato, causada pela baixa aeração, algo que dificultou o desenvolvimento do sistema radicular das plântulas de alface.

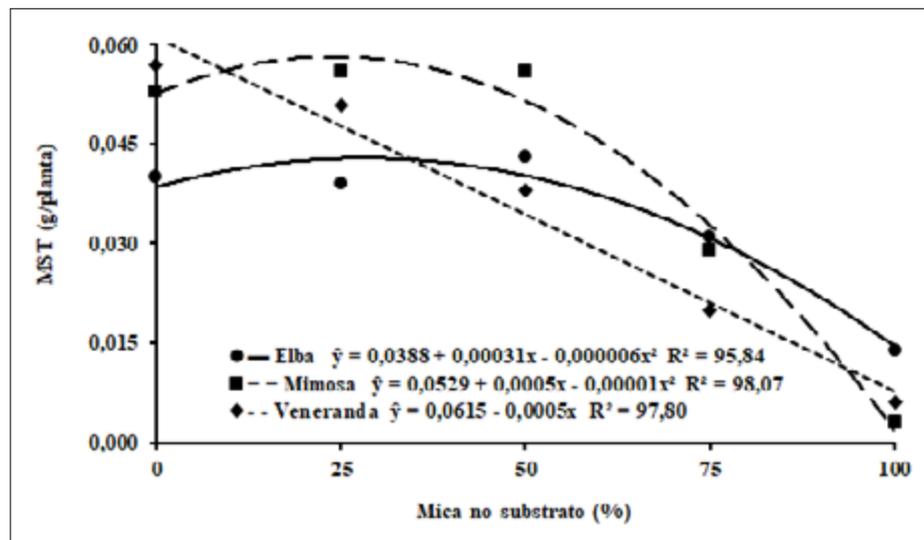
4.1.5 Massa seca total

Com exceção do observado no comportamento das mudas da cv. Veneranda, cultivar que apresentou efeito linear, as demais cultivares foram afetadas de forma quadrática em sua massa seca total (MST) pela composição do substrato, conforme se verifica na Figura 6.

Figura 6 ►

Massa seca total (MST) de mudas de alfaces produzidas em substratos com mica na composição.

Fonte: dados da pesquisa



Os valores máximos estimados de MST, apresentados pelas mudas de alfaces Mimosa e Elba, foram respectivamente de 0,06 g/planta e 0,04 g/planta, obtidos com uso de 25,0% e 25,8% de rejeito de mica. Já para a cultivar Veneranda, a MST foi reduzida

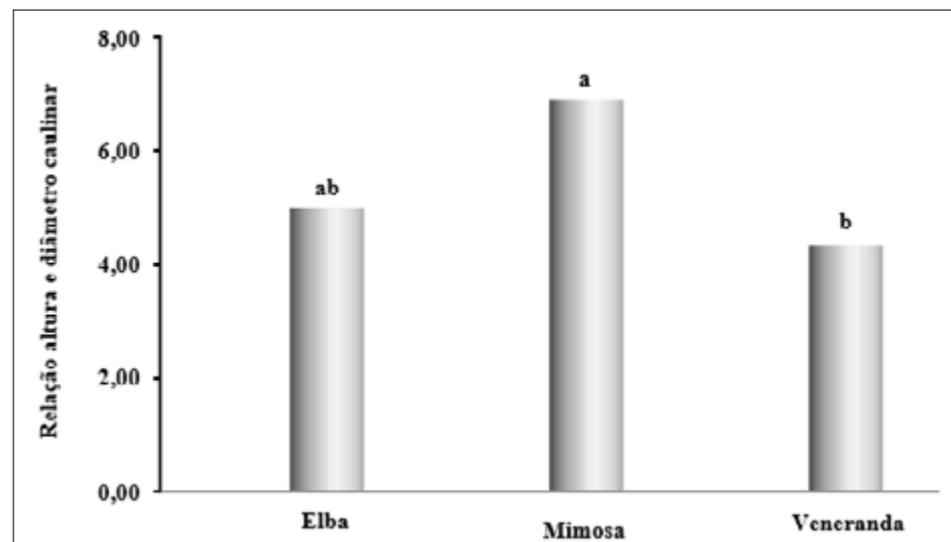
drasticamente com a elevação do teor de mica no substrato, na ordem de 0,0005 g/planta a cada aumento unitário desse percentual, com valores reduzidos de 0,06 g/planta (0%) a 0,01 (100%), com depleção de 81,7%.

Queiroz, Bavuso Neto e Silva (2010), avaliando o uso de substratos comerciais (Nutriorg® e Plantmax®) na produção de mudas de alface, obtiveram valores médios para a produção de biomassa seca das plantas (0,005 g/planta), valores similares aos observados neste estudo.

4.1.6 Relação altura e diâmetro caulinar das plantas

A robustez das mudas, dimensionada através da relação altura e diâmetro caulinar (Figura 7), indicou que a cultivar Mimosa apresentou valor médio de 6,9, superior em 59,7% ao observado na cultivar Veneranda, porém igual, estatisticamente, ao desempenho em robustez das mudas da cultivar Elba, que apresentou valores médios de 5,0.

Figura 7 ▶
Relação altura das plantas e diâmetro do caule de cultivares de alfaces em substratos com mica.
Fonte: dados da pesquisa



*Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

De acordo com Sala e Costa (2012) e Sousa *et al.* (2018), a avaliação de características relacionadas com o tamanho da planta, como diâmetro do caule e altura total, é responsável por fornecer informações precisas sobre seu porte e robustez, sendo essas variáveis biométricas consideradas como imprescindíveis no momento de transplante da muda para o campo.

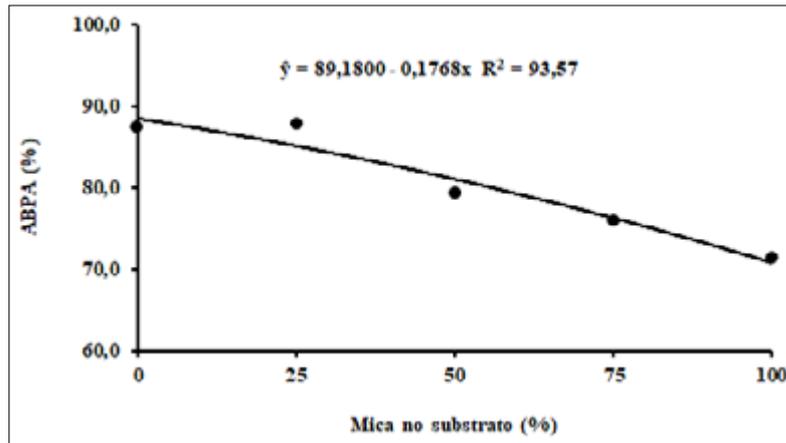
4.1.7 Alocação de biomassa da parte aérea e da raiz

O comportamento da alocação de biomassa seca da parte aérea (ABPA) das mudas de alface respondeu de forma linear, porém de modo antagônico, ao da raiz (ABR), conforme a Figura 8a e 8b. Enquanto a ABPA decresceu 0,18% conforme incremento percentual de mica no substrato, a ABR foi elevada no mesmo percentual na mesma condição de incremento de mica no substrato.

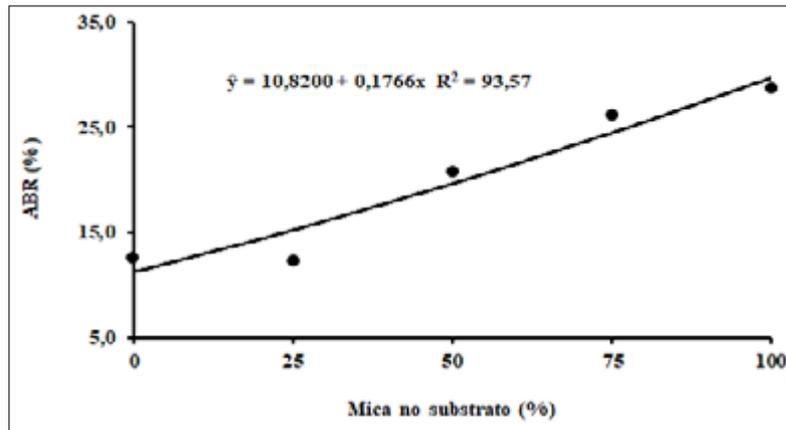
Figura 8 ►

Alocações de biomassa seca da parte aérea (ABPA) (a) e radicular (ABR) (b) de mudas de alfaces em função do percentual de mica no substrato.

Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)

Os valores de ABPA e ABR foram de 89,2% e 10,8%; 84,8% e 15,2%; 80,3% e 19,7%; 75,9% e 24,1%; 71,5% e 24,5%, conforme sejam produzidas em substratos com 0%; 25%; 50%; 75% e 100% de mica, respectivamente.

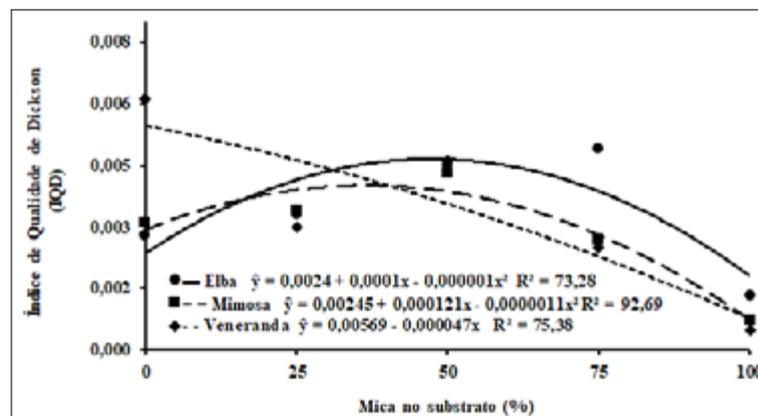
4.1.8 Índice de qualidade de Dickson das mudas de alface

Para o índice de qualidade de Dickson (IQD), verificou-se uma interação entre as cultivares de alface e o percentual de mica no substrato (Figura 9), de forma quadrática para as cultivares Elba e Mimosa e de forma linear decrescente para a cultivar Veneranda.

Figura 9 ►

Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de alfaces produzidas em substratos com percentuais de mica na composição.

Fonte: dados da pesquisa



Nas mudas da cultivar Veneranda, o IQD foi reduzido em 0,000047 para cada aumento unitário do percentual de mica no substrato, com amplitude de 0,006 (0%) a 0,001 (100%). Para as cultivares Elba e Mimosa, os valores máximos estimados de IQD foram de 0,005 e 0,006, quando se utilizaram 50% e 55% de mica na composição do substrato, respectivamente. Esses valores de IQD para ambas as cultivares de alfaces crespas foram superiores às amplitudes de 0,0001 a 0,00079 observadas por Freitas *et al.* (2013) com a cultivar de alface Elba produzida com substratos comerciais e níveis de casca de arroz carbonizada.

Ao analisar o crescimento inicial de mudas de alfaces americana e crespa produzidas com substratos à base de solo e substrato comercial, Viegas (2019) encontrou valores médios de IQD entre 0,0026 (alface crespa e 100% de solo) e 0,0034 (alface americana e substrato com 75% de solo e 25% de substrato comercial), dentro da amplitude de 0,001 a 0,006 observada nas diferentes cultivares de alfaces e proporções de rejeito de mica nesta pesquisa. O uso de 50% de rejeito de mica proporcionou as melhores qualidades das mudas das cultivares de alfaces testadas.

Os dados e as discussões relativas à produção de mudas de tomateiro-cereja serão relatados a seguir.

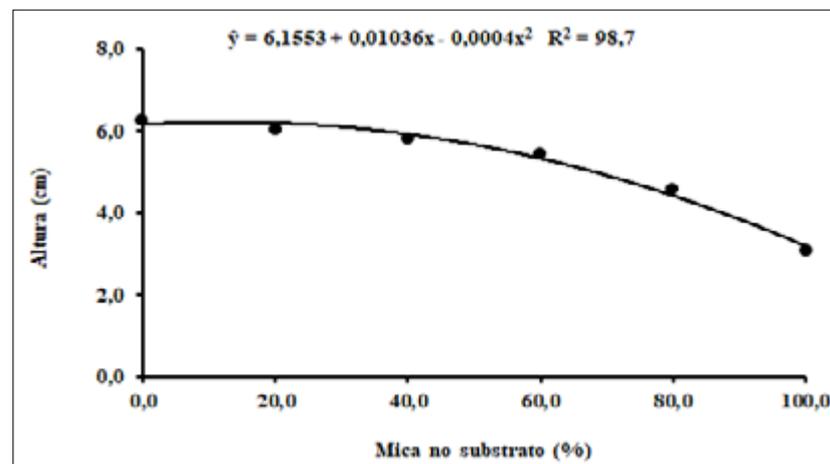
4.2 Experimento II: produção de mudas de tomateiro-cereja

Os resultados e as discussões das variáveis biométricas e fisiológicas e da qualidade agrônômica das mudas de tomateiro-cereja, produzidas com diferentes percentuais de mica no substrato comercial Basaplant®, serão relatados a seguir.

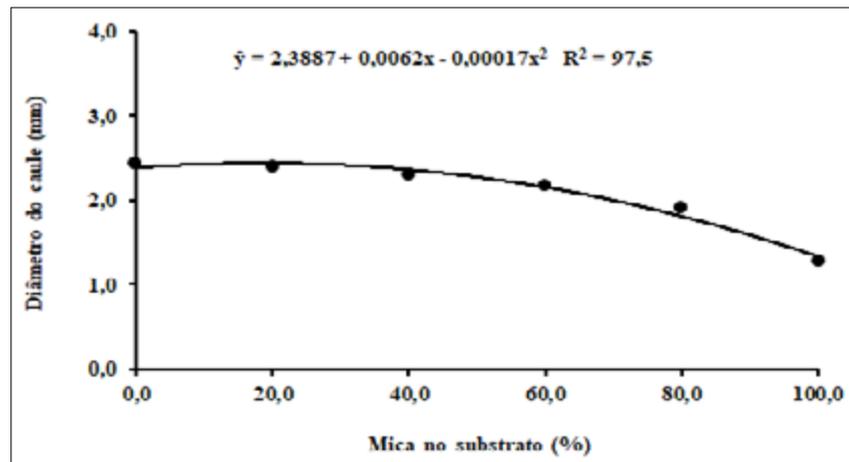
4.2.1 Alturas e diâmetros caulinares das mudas de tomateiro-cereja

As mudas de tomateiro-cereja (Figura 10a) apresentaram valores estimados de 6,1 cm (0,0%), 6,2 cm (20,0%), 5,9 cm (40,0%), 5,3 cm (60,0%), 4,4 cm (80,0%) e 3,2 cm (100,0%), alcançando altura máxima de 6,22 cm com o uso de 13,0% de mica no substrato. Já com uso de 9,1% de mica no substrato, as mudas de tomateiro-cereja apresentaram valores máximos estimados de diâmetro de caule de 2,4 mm (Figura 10b).

Figura 10 ►
Estimativas de alturas (a) e diâmetros caulinares (b) de mudas de tomateiro-cereja produzidas em substrato com porcentual de mica na composição.
Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)

Na avaliação de diferentes tipos de substratos comerciais (Top Garden®, Bioplant® e Top Strato®), Santos *et al.* (2017) verificaram que as mudas de tomateiro-cereja obtiveram valores mais altos (6,57 cm) sob uso do substrato Bioplant®, semelhantes aos achados deste estudo com o uso de até 13% de mica na composição do substrato.

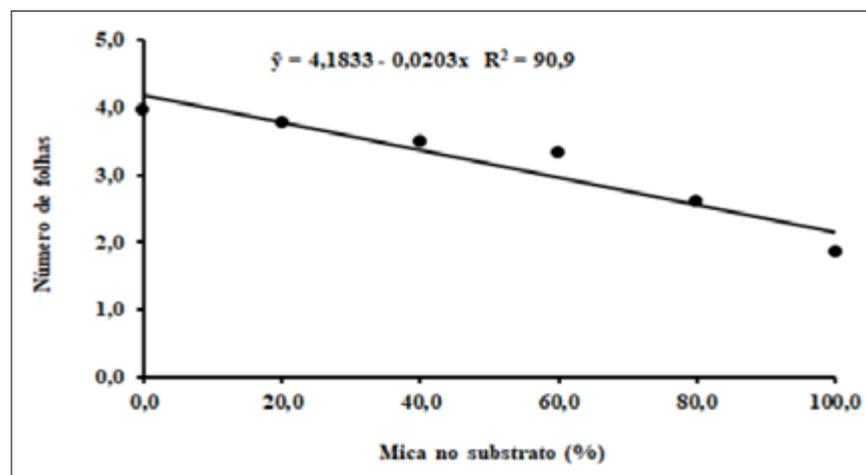
4.2.2 Número de folhas

O número de folhas das plantas foi influenciado, linearmente, de forma negativa pela composição do substrato, com redução de 0,02 folha a cada aumento percentual de mica na composição do substrato (Figura 11). A quantidade estimada de folhas foi reduzida de 4,1 folhas para 2,2 folhas nos tratamentos sem mica e com 100,0% de mica na composição do substrato, respectivamente.

Figura 11 ►

Número de folhas de mudas de tomateiro-cereja produzidas em substratos com mica na composição.

Fonte: dados da pesquisa

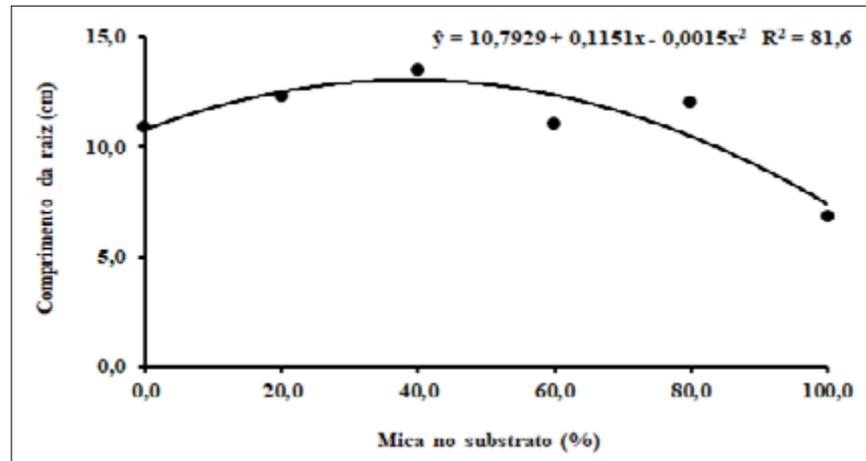


Esses resultados evidenciam que a utilização da mica como componente do substrato alterou negativamente a morfologia da planta, com respostas adversas ao crescimento do tomateiro-cereja. Santos *et al.* (2020) estudaram o efeito de diferentes percentuais de mica em substratos alternativos na produção de mudas de mamoeiro formosa e constataram que, após incremento de seus percentuais, houve redução dos atributos de crescimento e de produção de biomassas das plantas avaliadas.

4.2.3 Comprimento da raiz

A composição do substrato exerceu efeitos quadráticos no comprimento da raiz principal das mudas de tomateiro-cereja (Figura 12), com valores máximos estimados de 12,9 cm nas mudas produzidas em substratos com 19,2% de mica.

Figura 12 ► Comprimento radicular de mudas de tomateiro-cereja em substratos com mica na composição.
Fonte: dados da pesquisa

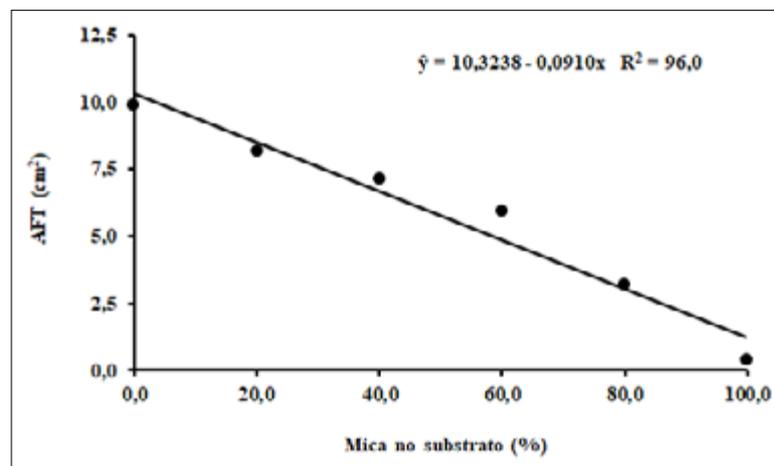


A redução no comprimento radicular das mudas de tomateiro-cereja sob os incrementos dos percentuais de mica no substrato pode ter sido reflexo do pH alcalino (9,0) do material testado, que certamente ocasionou estresse ao órgão da planta, já que, sob essas condições, há uma maior quantidade de sais solúveis na solução do solo em contato direto com o sistema radicular da espécie cultivada, causando problemas de toxicidade e dificuldade de absorção de água e elementos minerais (ARIF *et al.*, 2020).

4.2.4 Área foliar das mudas de tomateiro-cereja

A área foliar total das mudas de tomateiro-cereja foi reduzida, de forma linear, à medida que aumentou o percentual de mica no substrato (Figura 13). A redução foi de 0,09 cm² planta⁻¹ a cada aumento unitário no percentual de mica no substrato, com valores estimados de 10,3 cm² (0,0%), 8,5 cm² (20,0%), 6,7 cm² (40,0%), 4,9 cm² (60,0%), 3,0 cm² (80,0%) e 1,2 cm² planta⁻¹ (100,0%).

Figura 13 ► Área foliar total (AFT) de mudas de tomateiro-cereja em substratos com mica na composição.
Fonte: dados da pesquisa



Para essa condição, possivelmente, a ausência de teores de elementos químicos como o N pode ter acarretado redução da área foliar das mudas testadas. Isso se constitui em um dos problemas mais preocupantes em um viveiro de produção de mudas, já que pode desencadear uma maior permanência das mudas no viveiro (VIEIRA; WEBER, 2015).

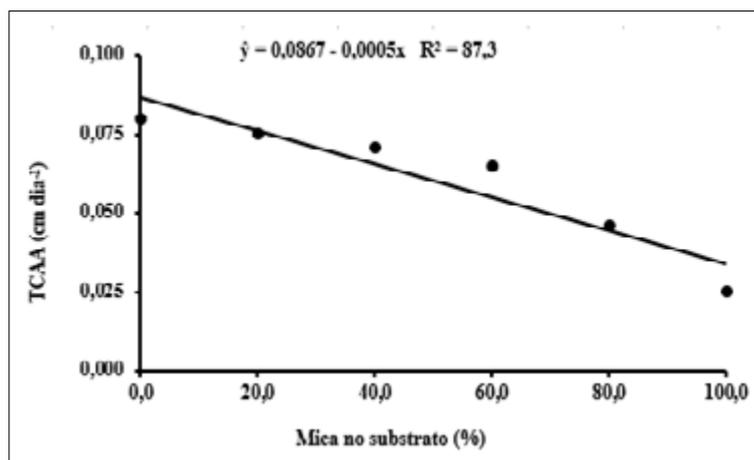
4.2.5 Taxas de crescimento absoluto em altura (TCAA), em diâmetro caulinar (TCADC) e em fitomassa fresca epígea (TCAFFE)

As plantas de tomateiro-cereja apresentaram desempenhos diferentes no crescimento em altura, em diâmetro caulinar e em fitomassa fresca epígea, com respostas linear para a primeira variável e quadrática para TCADC e TCAFFE à influência do percentual de mica na composição do substrato (Figura 14).

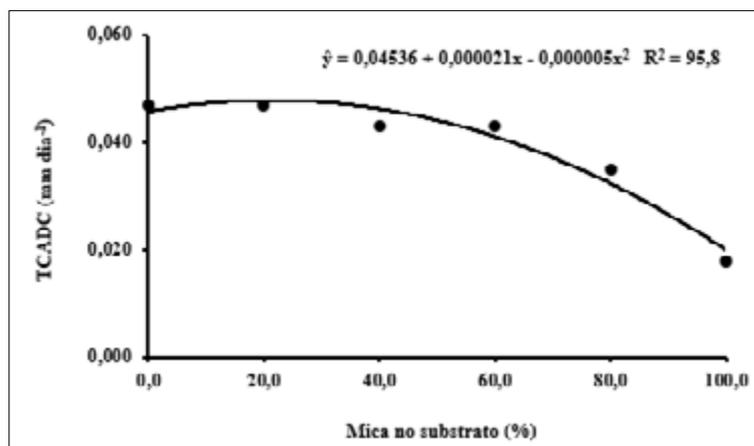
Enquanto a TCAA foi reduzida em 0,005 cm dia⁻¹ a cada aumento percentual de mica no substrato, com valores entre 0,09 cm dia⁻¹ (0%) e 0,04 cm dia⁻¹ (100%), a TCADC e a TCAFFE apresentaram valores máximos estimados em 0,045 mm dia⁻¹ e 0,022 cm³ dia⁻¹ com usos de 2,1% e 21,7% de mica no substrato, respectivamente.

Figura 14 ►

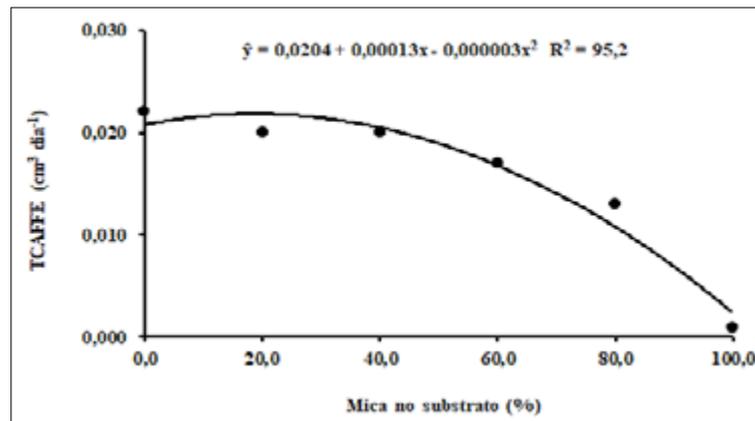
Taxas de crescimento absoluto em altura (TCCA) (a), em diâmetro caulinar (TCADC) (b) e em fitomassa fresca epígea (TCAFFE) (c) de mudas de tomateiro-cereja em função de diferentes substratos.
Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)



(c)

De acordo com Huang e Wang (2005), as micas são consideradas minerais silicatados de estrutura química do tipo 2:1 (duas lâminas de tetraedro de silício e uma lâmina de octaedro de alumínio), apresentando, na maioria dos casos, elementos minerais, como o potássio, intercalados em suas estruturas. Esses minerais costumam ser derivados de rochas como xistos, gnaisses e granitos e, no solo, podem ser responsáveis pela maior disponibilidade de elementos essenciais (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}), de modo a estimular alguns dos atributos de crescimento das plantas. Inclusive, essa característica associada à elevada área superficial específica e capacidade de troca catiônica da mica tem sido relatada como a principal razão de uso do rejeito para a produção de mudas de plantas com potencial econômico, conforme dispõem Yamamoto *et al.* (2010). Contudo, para este estudo, não se observou efeito positivo da utilização da mica isolada (100%) sobre os atributos de crescimento de mudas de tomateiro-cereja. E isso pode ser explicado por duas razões principais: (1) ausência de outros elementos minerais essenciais ao crescimento das plantas no substrato (nitrogênio, enxofre, cobre, zinco); (2) pH alcalino (9,0) do mineral testado.

Essas duas condições proporcionam uma baixa capacidade produtiva das espécies cultivadas, já que a ausência desses elementos minerais na planta pode afetar negativamente a realização de seus processos metabólicos e fisiológicos (LIU *et al.*, 2021; WEN *et al.*, 2020; XIE *et al.*, 2021). Já o elevado pH do substrato pode impulsionar restrições quanto à absorção de água e nutrientes por meio dos efeitos osmótico e iônico, ocasionados pelo excesso de sais solúveis na zona radicular da planta (ARIF *et al.*, 2020; SONI *et al.*, 2021; ZULFIQAR; ASHRAF, 2021).

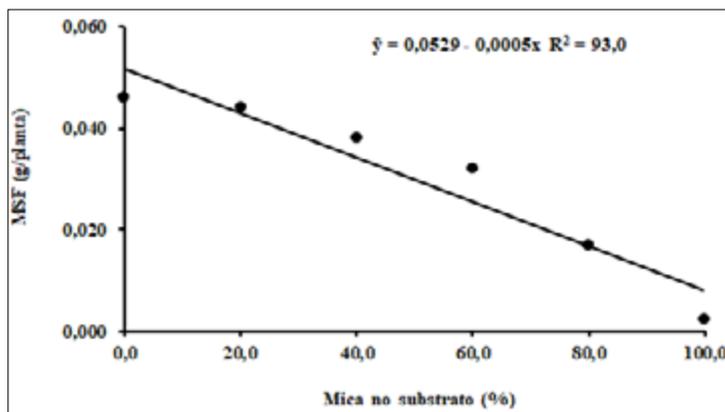
4.2.6 Massas secas das folhas, caules e de raízes das mudas de tomateiro-cereja

Com exceção da fitomassa seca radicular, que foi reduzida de forma quadrática, apresentando valores máximos estimados de 0,023 g/planta, quando as mudas foram produzidas com 24,0% de mica no substrato (Figura 15c), as demais fitomassas secas dos órgãos das mudas de tomateiro-cereja tiveram desempenho linear decrescente (Figura 15a, 15b e 15d).

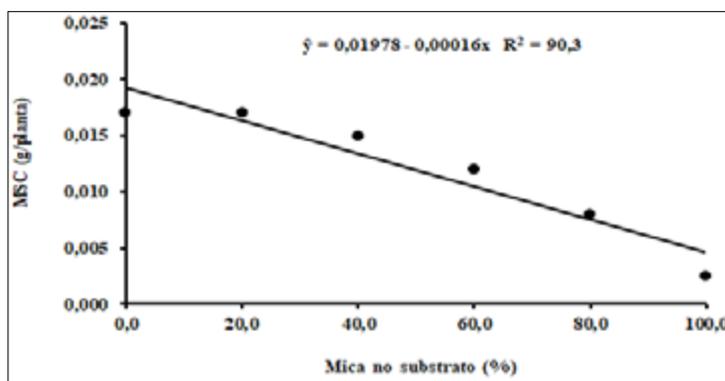
Figura 15 ►

Fitomassas secas foliar (MSF) (a), caulinar (MSC) (b), radicular (MSR) (c) e total (MST) (d) de mudas de tomateiro-cereja produzidas em substratos com percentuais de mica.

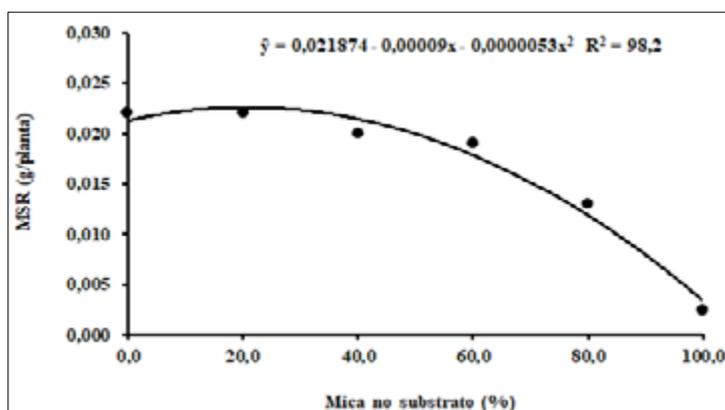
Fonte: dados da pesquisa



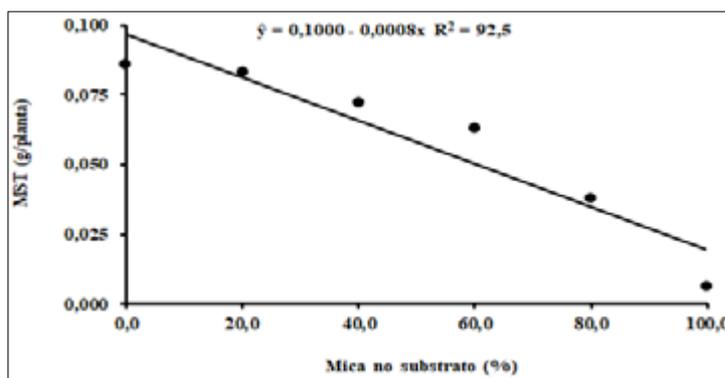
(a)



(b)



(c)



(d)

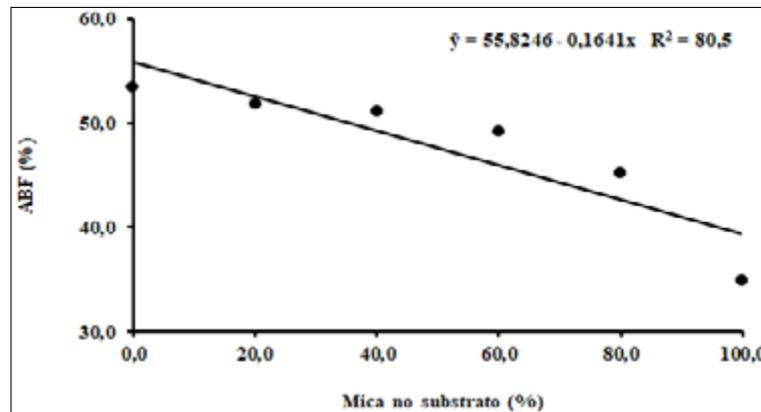
As fitomassas secas foliar (Figura 15a), caulinar (Figura 15b) e total (Figura 15d) foram reduzidas à razão de 0,0005 g/planta, 0,0002 g/planta e 0,0008 g/planta, respectivamente, a cada incremento unitário no percentual de mica do substrato, com valores entre 0,05 g/planta (0,0%) e 0,003 g/planta (100,0%); 0,02 g/planta (0,0%) e 0,004 g/planta (100,0%); 0,10 g/planta (0,0%) e 0,02 g/planta (100,0%).

A redução na produção de biomassa seca nos diferentes órgãos das mudas de tomateiro-cereja pode ser explicada pelas inadequadas características físicas e químicas do rejeito de mica, que não favoreceram o crescimento e, conseqüentemente, a capacidade produtiva da espécie testada. Costa *et al.* (2013) avaliaram diferentes tipos de substratos na produção de mudas de tomateiro e verificaram valor médio de biomassa da raiz de 0,004 g/planta com uso de substrato comercial Plantmax®, portanto, inferior ao observado neste estudo para esta variável (0,023 g/planta).

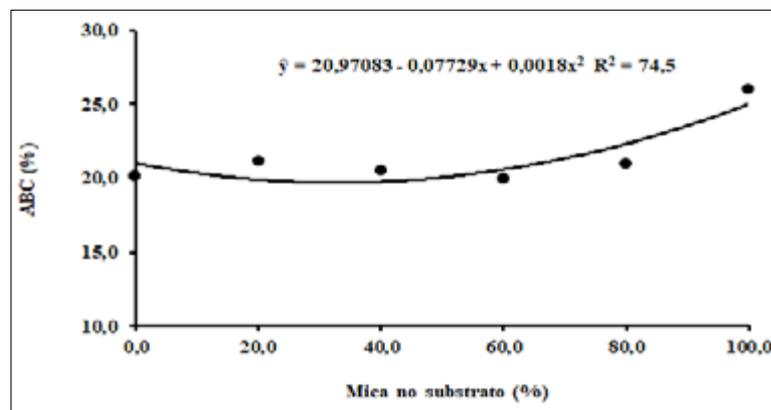
4.2.7 Alocações de biomassas foliar, caulinar e radicular nas mudas de tomateiro-cereja

A alocação de biomassa seca foliar (Figura 16a) foi reduzida, de forma linear, com o aumento da proporção de mica no substrato, de 55,8% para 39,4% (100,0%), de forma contrária ao desempenho das plantas quanto à alocação de biomassa seca radicular (Figura 16c), que foi elevada de 24,8% para 37,1% com o aumento da proporção de mica até 100,0% no substrato. Na Figura 16b, percebe-se que, com 21,5% de mica no substrato, a alocação de biomassa caulinar alcançou o valor mínimo estimado de 21,1%, inferior em 45,1% ao observado quando se utilizou somente mica no substrato.

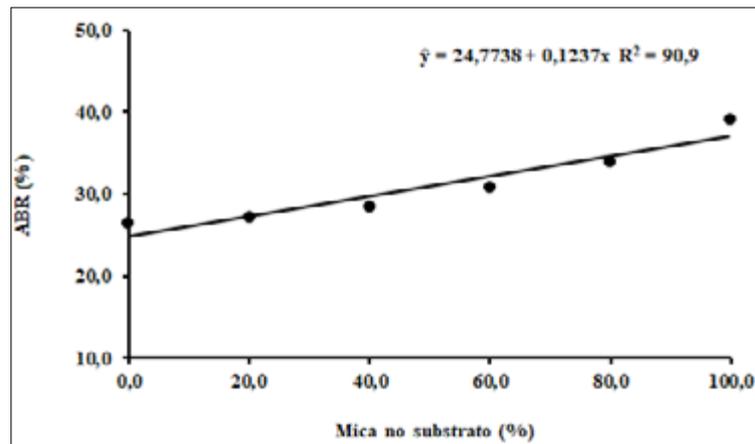
Figura 16 ►
Alocação de biomassa seca foliar (ABF) (a), caulinar (ABC) (b) e radicular (ABR) (c) de mudas de tomateiro-cereja em função de diferentes substratos.
Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)



(c)

Para esta pesquisa, verificou-se que a maior alocação de biomassa radicular do tomateiro-cereja foi obtida nos tratamentos com o uso de mica a 100% no substrato. Para essa condição, certamente houve maior ativação dos mecanismos fisiológicos das plantas, de modo a proporcionar uma melhor adaptação ao ambiente de cultivo, sendo esse mecanismo expresso pelo maior volume de raízes em comparação à parte aérea. Inclusive, sob esta condição, as mudas de tomateiro-cereja apresentaram valores mais baixos para alocação de biomassa foliar (Figura 16a).

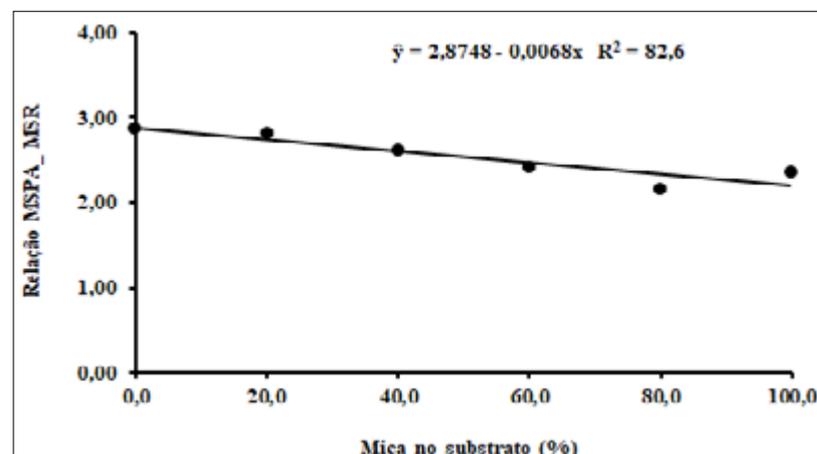
De acordo com Ward (2021), as raízes das plantas são consideradas órgãos de grande relevância para o crescimento vegetal, pois participam ativamente da absorção de água e elementos minerais do solo, sendo a planta estimulada a alocar maior conteúdo de nutrientes em seus órgãos radiculares quando submetida a estresses abióticos, o que facilita o seu crescimento e a busca por nutrientes em ambiente edáfico.

4.2.8 Relação alturas de plantas e diâmetro caulinar e relação entre a massa seca da parte aérea e a massa seca radicular

A relação altura das plantas e diâmetro caulinar não foi influenciada pelos percentuais de mica no substrato, apresentando o valor médio estimado de 2,5. Por outro lado, a relação massa seca da parte aérea e massa seca radicular (Figura 17) decresceu, de forma linear, com a adição de mica no substrato, apresentando valores entre 2,9 (0,0%) e 2,2 (100,0%).

Figura 17 ►

Relação massa seca da parte aérea e radicular (MSPA_MSR) de mudas de tomateiro-cereja em diferentes substratos.
Fonte: dados da pesquisa



Esses resultados estão de acordo com os dados apresentados para a produção e alocação de biomassa nos diferentes órgãos das mudas de tomateiro-cereja (Figura 16) e comprova o fato do ambiente estressante do substrato, que certamente desencadeou maior alocação de matéria seca nas raízes das plantas em comparação com a parte aérea.

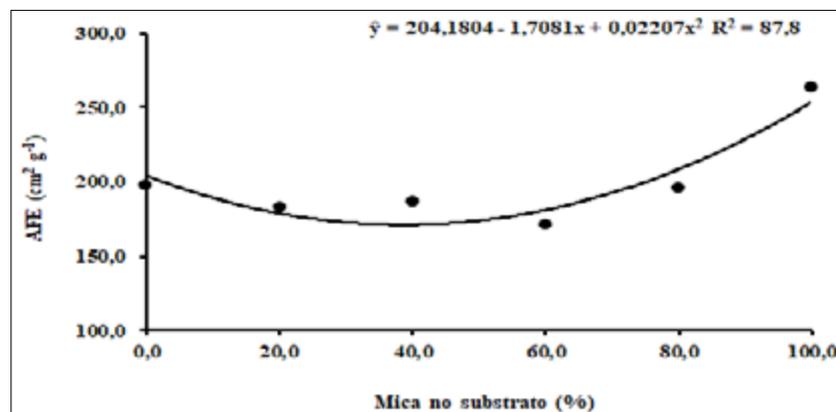
4.2.9 Área foliar específica e razão de área foliar

A área foliar específica (AFE) e a razão da área foliar (RAF), conforme as Figuras 18a e 18b, respectivamente, apresentaram desempenhos diferentes nas mudas de tomateiro-cereja produzidas com diferentes composições de rejeito de mica no substrato. Enquanto a AFE foi afetada de forma quadrática, apresentando valor mínimo estimado de 171,1 cm².g⁻¹ quando produzida com substrato com 38,7% de rejeito de mica na composição, a RAF foi reduzida em 0,30 cm².g⁻¹ a cada aumento percentual de rejeito de mica no substrato, com valores entre 104,5 cm².g⁻¹ (0,0%) e 74,6 cm².g⁻¹ (100,0%).

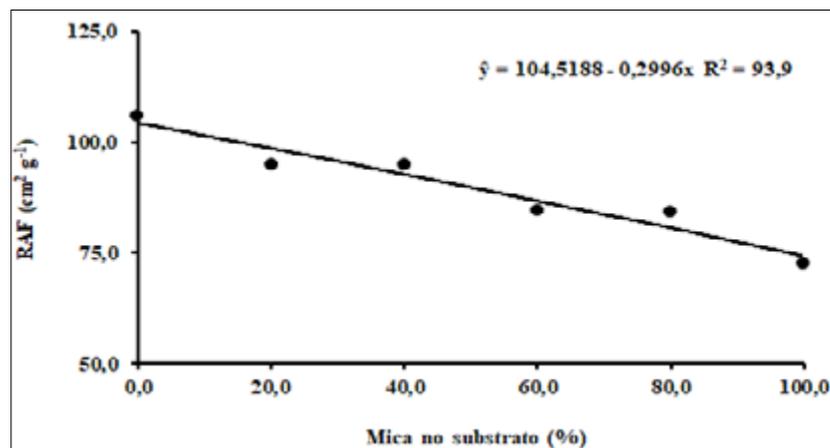
Figura 18 ►

Área foliar específica (AFE) (a) e razão da área foliar (RAF) (b) de mudas de tomateiro-cereja em substratos com mica na composição.

Fonte: dados da pesquisa



(a)



(b)

De acordo com Lopes *et al.* (2011), a análise da RAF permite detectar a translocação e a partição de assimilados para as folhas em relação à matéria seca da planta, e o seu decréscimo pode indicar que progressivamente a quantidade de assimilados destinados às folhas foi diminuída, devido ao desenvolvimento das estruturas de sustentação e reprodutivas em detrimento do investimento em área foliar.

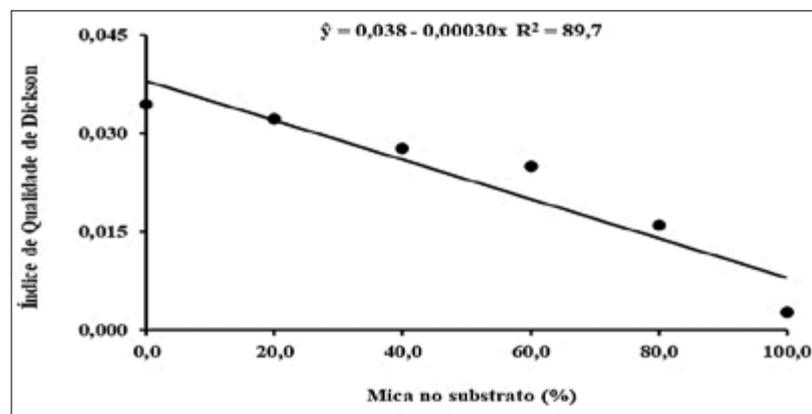
4.2.10 Índice de qualidade de Dickson de mudas de tomateiro-cereja

As mudas de tomateiro-cereja apresentaram valores estimados de IQD de 0,038 (0,0%); 0,032 (20,0%); 0,026 (40,0%); 0,020 (60,0%); 0,014 (80,0%) e 0,008 (100,0%), com decréscimos de 0,0003 no IQD a cada aumento unitário do percentual de mica na composição do substrato (Figura 19). Esse resultado está dentro da amplitude de valores médios entre 0,002 e 0,007 apresentados por Costa *et al.* (2015) em mudas de tomateiro-cereja, cv. Carolina, produzidas com substratos orgânicos.

Figura 19 ►

Índice de qualidade de Dickson de mudas de tomateiro-cereja em substratos com mica na composição.

Fonte: dados da pesquisa



Santos *et al.* (2016), na avaliação da qualidade de mudas com uso de fertirrigação, relataram valores máximos de IQD de 0,11 para mudas de tomateiro-cereja, superiores aos desta pesquisa.

5 Conclusões

Os substratos com até 11,6% e 13,0% de rejeito de mica na composição favorecem o crescimento em altura de mudas de alfaces e tomateiro-cereja.

A fitomassa seca total de mudas de alfaces foi favorecida quando produzidas com até 25,0% de rejeito de mica e substrato comercial. Substratos com rejeito de mica reduzem os atributos de crescimento de mudas de tomateiro-cereja.

Recomenda-se a produção de mudas de alfaces crespas com substrato comercial e rejeito de mica na proporção de 1:1.

O rejeito de mica na composição com substrato comercial afeta negativamente a qualidade das mudas de tomateiro-cereja.

Financiamento

A pesquisa foi financiada através dos recursos provenientes da Chamada Interconecta IFPB no 01/2020, tendo como fonte o código 8100000000, conforme o processo no 23167.001461.2020-54.

Referências

ARAÚJO, M. S.; MELO, M. A.; HODECKER, B. E. R.; BARRETTO, V. C. M.; ROCHA, E. C. Adubação com boro no crescimento de mudas de mogno-africano. *Revista de Agricultura Neotropical*, v. 4, n. 5, p. 1-7, 2017. DOI: <https://doi.org/10.32404/rean.v4i5.2183>.

ARIF, Y.; SINGH, P.; SIDDIQUI, H.; BAJGUZ, A.; HAYAT, S. Salinity induced physiological and biochemical changes in plants: an omic approach towards salt stress tolerance. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 156, p. 64-77, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.042>.

ARNOTT, A.; GALAGEDARA, L.; THOMAS, R.; CHEEMA, M.; SOBZE, J.-M. The potential of rock dust nanoparticles to improve seed germination and seedling vigor of native species: a review. *Science of The Total Environment*, v. 775, 145139, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145139>.

ARRUDA, J. A.; AZEVEDO, T. A. O.; FREIRE, J. L. O.; BANDEIRA, L. B.; ESTRELA, J. W. M.; SANTOS, S. J. A. Uso da cinza de biomassa na agricultura: efeitos sobre atributos de solo e respostas das culturas. *Revista Principia*, v. 30, p. 1-13, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18265/1517-03062015v1n30p18-30>.

BENINCASA, M. M. P. *Análise de crescimento de plantas: noções básicas*. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 42 p.

BRAZIER, J.-M.; SCHMITT, A.-D.; GANGLOFF, S.; PELT, E.; CHABAUX, F.; TERTRE, E. Calcium isotopic fractionation during adsorption onto and desorption from soil phyllosilicates (kaolinite, montmorillonite and muscovite). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 250, p. 324-347, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.02.017>.

CARVALHO, A. R. J.; CARDOSO, A. M. S.; SALES, R. P.; AGUIAR, M. C. S.; OLIVEIRA JUNIOR, J. L.; MOTA, W. F. Produção de mudas de alface em diferentes substratos e recipientes. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 3234-3240, 2012. Disponível em: http://www.abhorticultura.com.br/eventosx/trabalhos/ev_6/A4938_T8418_Comp.pdf. Acesso em: 4 fev. 2022

CARVALHO, P. S. L.; MESQUITA, P. P. D.; REGIS, R. D. D.; MEIRELLIS, T. L. Sustentabilidade socioambiental da mineração. *BNDES Setorial*, n. 47, p. 333-389, 2018. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/15361>. Acesso em: 6 fev. 2021.

COSTA, E.; SANTO, T. L. E.; SILVA, A. P.; SILVA, L. E.; OLIVEIRA, L. C.; BENETT, C. G. S.; BENETT, K. S. S. Ambientes e substratos na formação de mudas e produção de frutos de cultivares de tomate cereja. *Horticultura Brasileira*, v. 33, n. 1, p. 110-118, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-053620150000100018>.

COSTA, L. A. M.; COSTA, M. S. S. M.; PEREIRA, D. C.; BERNARDI, F. H.; MACCARI, S. Avaliação de substratos para a produção de mudas de tomate e pepino. *Revista Ceres*, v. 60, n. 5, p. 675-682, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000500011>.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *The Forestry Chronicle*, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>.

FREITAS, G. A.; SILVA, R. R.; BARROS, H. B.; MELO, A. V.; ABRAÃO, W. A. P. Produção de mudas de alface em função de diferentes combinações de substratos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 44, n. 1, p. 159-166, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000100020>.

GOMES, A. C. F. Estudo de aproveitamento de rejeito de mineração. 2017. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUOS-AN9QQC>. Acesso em: 10 jan. 2022.

HASANUZZAMAN, M.; BHUYAN, M. H. M. B.; NAHAR, K.; HOSSAIN, M. S.; MAHMUD, J.; HOSSEN, M. S.; MASUD, A. A. C.; MOUMITA; FUJITA, M. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*, v. 8, n. 3, p. 2-29, 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy8030031>.

HUANG, P. M.; WANG, M. K. Minerals, primary. In: HILLEL, D.; HATFIELD, J. L. (ed.). *Encyclopedia of soils in the environment*. New York: Elsevier, 2005. p. 500-510. DOI: <https://doi.org/10.1016/B0-12-348530-4/00464-1>.

KRATZ, D.; NOGUEIRA, A. C.; WENDLING, I.; MELLEK, J. E. Physic-chemical properties and substrate formulation for *Eucalyptus* seedlings production. *Scientia Forestalis*, v. 45, n. 113, p. 63-76, 2017. DOI: <https://dx.doi.org/10.18671/scifor.v45n113.06>.

LIMA, I. C. F.; PAULINO, G. M.; NEVES, A. B. V.; DINIZ, F. F. Caracterização de rejeito do beneficiamento de esmeraldas visando seu aproveitamento no setor agrícola. *Revista Engenharia de Interesse Social*, v. 1, n. 4, 2019. DOI: <https://doi.org/10.35507/25256041/reis.v1i4.4427>.

LIMA, R. L. S.; SEVERINO, L. S.; GHEYI, H. R.; SOFIATTI, V.; ARRIEL, N. H. C. Efeito da adubação fosfatada sobre o crescimento e teor de macronutrientes de mudas de pinhão manso. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 4, p. 950-956, 2011. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S1806-66902011000400017>.

LIU, Y.; YIN, Q.; DAI, B.; WANG, K.; LU, L.; QASEEM, M. F.; WANG, J.; LI, H.; WU, A.-M. The key physiology and molecular responses to potassium deficiency in *Neolamarckia cadamba*. *Industrial Crops and Products*, v. 162, 113260, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113260>.

LOPES, W. A. R.; NEGREIROS, M. Z.; DOMBROSKI, J. L. D.; RODRIGUES, G. S. O.; SOARES, A. M.; ARAÚJO, A. P. Análise do crescimento de tomate ‘SM-16’ cultivado sob diferentes coberturas de solo. *Horticultura Brasileira*, v. 29, n. 4, p. 554-561, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400019>.

MANCA, A.; SILVA, M. R.; GUERRINI, I. A.; FERNANDES, D. M.; VILLAS BÔAS, R. L.; SILVA, L. C.; FONSECA, A. C.; RUGGIU, M. C.; CRUZ, C. V.; SIVISACA, D. C. L.; MATEUS, C. M. D.; MURGIA, I.; GRILLI, E.; GANGA, A.; CAPRA, G. F. Composted sewage sludge with sugarcane bagasse as a commercial substrate for *Eucalyptus urograndis* seedling production. *Journal of Cleaner Production*, v. 269, 122145, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122145>.

MANH, V. H.; WANG, C. H. Vermicompost as an important component in substrate: effects on seedling quality and growth of muskmelon (*Cucumis Melo* L.). *APCBEE Procedia*, v. 8, p. 32-40, 2014. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.apcb.2014.01.076>.

MARQUES, P. A. A.; BALDOTTO, P. V.; SANTOS, A. C. P.; OLIVEIRA, L. Qualidade de mudas de alface formadas em bandejas de isopor com diferentes números de células. *Horticultura Brasileira*, v. 21, n. 4, p. 649-651, 2003. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362003000400015>.

MENEZES JÚNIOR, F. O. G.; FERNANDES, H. S.; MAUCH, C. R.; SILVA, J. B. Caracterização de diferentes substratos e seu desempenho na produção de mudas de alface em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, v. 18, n. 3, p. 164-170, 2000. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362000000300004>.

OLIVEIRA JÚNIOR, P. P.; FERREIRA, R. L. F.; ARAÚJO NETO, S. E.; ANDRADE, S.; LIMA, F. B.; LEITE, K. N. Diferentes composições e volume de substrato na produção e qualidade de mudas de alface. *Scientia Naturalis*, v. 2, n. 2, p. 488-498, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufac.br/index.php/SciNat/article/view/3772>. Acesso em: 10 jan. 2022

PAGLIARINI, M. K.; CASTILHO, R. M. M.; MOREIRA, E. R.; ALVES, M. C. Caracterização física e química de substratos com diferentes proporções de resíduo de celulose. *Ornamental Horticulture*, v. 21, n. 1, p. 33-38, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14295/rbho.v21i1.773>.

PEIXOTO, C. P.; CRUZ, T. V.; PEIXOTO, M. F. S. P. Análise quantitativa do crescimento de plantas: conceitos e prática. *Enciclopédia Biosfera – Centro Científico Conhecer*, v. 7, n. 13, p. 51-76, 2011. Disponível em: <https://conhecer.org.br/ojs/index.php/biosfera/article/view/4092>. Acesso em: 12 fev. 2022

QUEIROZ, R. L.; BAVUSO NETO, P.; SILVA, E. C. Produção orgânica de mudas de alface. *Horticultura Brasileira*, v. 28, n. 2, p. 2772-2779, 2010. Disponível em: <http://ciorganicos.com.br/wp-content/uploads/2014/10/alface-estudo1.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2022.

RAMOS, R. M. B.; ALVES, E. R.; LIMA, A. F. Avaliação do desenvolvimento de alface crespa cultivar Vera: absorção de ferro e chumbo. *Revista Agropecuária Técnica*, v. 38, n. 4, p. 185-190, 2017. DOI: <https://doi.org/10.25066/agrotec.v38i4.34399>.

RIGHI, E. Z. Consumo hídrico do tomateiro (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado em estufa plástica e sua relação com variáveis meteorológicas em Santa Maria, RS. 2000. 83 f. Dissertação (Mestrado em Agrometeorologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000. DOI: <https://doi.org/10.11606/D.11.2019.tde-20191218-174735>.

ROUT, G. R.; SAHOO, S. Role of iron in plant growth and metabolism. *Reviews in Agricultural Science*, v. 3, p. 1-24, 2015. DOI: <https://doi.org/10.7831/ras.3.1>.

SALA, F. C.; COSTA, C. P. Retrospectiva e tendência da alfacicultura brasileira. *Horticultura Brasileira*, v. 30, n. 2, p. 187-194, 2012. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0102-05362012000200002>.

SANTOS, N. A.; FREIRE, J. L. O.; SILVA, J. E.; BARRETO NETO, J. G.; DIAS, C. S.; NASCIMENTO, G. S. Qualidade de mudas de mamoeiro Formosa (*Carica papaya* L.) produzidas em substratos com rejeitos de mica na composição e fertilização com urina de vaca. *Revista Principia*, João Pessoa, v. 52, p. 9-19, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2020v1n52p9-19>.

SANTOS, P. L. F.; SILVA, O. N. M.; PAIXÃO, A. P.; CASTILHO, R. M. M. Germinação e desenvolvimento de mudas do tomateiro cereja em diferentes substratos. *Tecnologia e Ciência Agropecuária*, v. 11, n. 5, p. 41-45, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/325343512_Germinacao_e_desenvolvimento_de_mudas_do_tomateiro_cereja_em_diferentes_substratos. Acesso em: 10 jan. 2022.

SANTOS, S. T.; OLIVEIRA, F. A.; COSTA, J. P. B. M.; SOUZA NETA, M. L.; ALVES, R. C.; COSTA, L. P. Qualidade de mudas de cultivares de tomateiro em função de soluções nutritivas de concentrações crescentes. *Revista Agro@ambiente On-line*, v. 10, n. 4, p. 326-333, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i4.3096>.

SILVA, J. E.; FREIRE, J. L. O.; BARRETO NETO, J. G.; SANTOS, N. A. Concentração e acúmulo de macronutrientes em cultivares de alfaces crespas adubadas com urina oxidada de vaca. *Revista Principia*, v. 59, n. 1, p. 146-158, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18265/1517-0306a2021id4697>.

SILVA, M. T.; MARTINAZZO, R.; SILVA, S. D. A.; BAMBERG, A. L.; STUMPF, L.; FERMINO, M. H.; KOHLER, T. W.; MATOSO, E. S.; VALGAS, R. A. Innovative substrates for sugarcane seedling production: sewage sludges and rice husk ash in a waste-to-product strategy. *Industrial Crops and Products*, v. 157, 112812, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112812>.

SOLDATELI, F. J.; BATISTA, C. B.; GODOY, F.; MELLO, A. C.; SOARES, F. S.; BERGMANN, M. D.; ETHUR, L. Z. Crescimento e produtividade de cultivares de tomate cereja utilizando substratos de base ecológica. *Colloquium Agrariae*, v. 16, n. 1, p. 1-10, 2020. DOI: <https://dx.doi.org/10.5747/ca.2020.v16.n1.342>.

SONI, S.; KUMAR, A.; SEHRAWAT, N.; KUMAR, A.; KUMAR, N.; LATA, C.; MANN, A. Effect of saline irrigation on plant water traits, photosynthesis and ionic balance in durum wheat genotypes. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 28, n. 4, p. 2510-2517, 2021. DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.01.052>.

SOUSA, V. S.; MOTA, J. H.; CARNEIRO, L. F.; YURI, J. E.; RESENDE, G. M. Desempenho de alfaces do grupo solta crespa cultivadas no verão em Jataí-GO. *Cultura Agronômica*, v. 27, n. 3, p. 288-296, 2018. DOI: <https://doi.org/10.32929/2446-8355.2018v27n3p288-296>.

SOUZA, A. M. B.; LIRA, M. S.; BARBOSA JÚNIOR, L. B.; BANDEIRA, A. C.; SIMONETTI, E. R. S. Avaliação de substratos alternativos na produção de mudas

de repolho em casa de vegetação no extremo Norte do Tocantins. *In*: ENCONTRO REGIONAL DE AGROECOLOGIA DO NORDESTE, 16., 2017, Rio Largo. Anais [...]. Rio Largo: UFAL, 2017. Disponível em: <https://www.seer.ufal.br/index.php/era/article/view/3719>. Acesso em: 10 fev. 2022.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. (ed.). Manual de métodos de análise de solo. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2017. 574 p.

VIEGAS, F. C. Produção de mudas de alface Americana e Crespa em diferentes substratos. 2019. 36 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados, 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/2265>. Acesso em: 15 dez. 2021.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. S. Influência do substrato na produção de mudas de espécies medicinais. *Nativa*, v. 3, n. 2, p. 135-142, 2015. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v3i2.2106>.

WARD, D. Shade affects fine-root morphology in range-encroaching eastern redcedars (*Juniperus virginiana*) more than competition, soil fertility and pH. *Pedobiologia*, v. 84, 150708, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2021.150708>.

WEN, B.; XIAO, W.; MU, Q.; LI, D.; CHEN, X.; WU, H.; LI, L.; PENG, F. How does nitrate regulate plant senescence? *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 157, p. 60-69, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2020.08.041>.

XIE, K.; CAKMAK, I.; WANG, S.; ZHANG, F.; GUO, S. Synergistic and antagonistic interactions between potassium and magnesium in higher plants. *The Crop Journal*, v. 9, n. 2, p. 249-256, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.005>.

XU, X.; DU, X.; WANG, F.; SHA, J.; CHEN, Q.; TIANG, G.; ZHU, Z.; GE, S.; JIANG, Y. Effects of potassium levels on plant growth, accumulation and distribution of carbon, and nitrate metabolism in apple dwarf rootstock seedlings. *Frontiers in Plant Science*, v. 11, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00904>.

YAMAMOTO, D.; UCHIHASHI, T.; KODDERA, N.; YAMASHITA, H.; NISHIKORI, S.; OGURA, T.; SHIBATA, M.; ANDO, T. High-speed atomic force microscopy techniques for observing dynamic biomolecular processes. *In*: WALTER, N. G. (ed.). *Methods in enzymology: single molecule tools, part b: super-resolution, particle tracking, multiparameter, and force based methods*. New York: Elsevier, 2010. v. 475, p. 542-562. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(10\)75020-5](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(10)75020-5).

ZORZETO, T. Q.; DECHEN, S. C. F.; ABREU, M. F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. *Bragantia*, v. 73, n. 3, p. 300-311, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.0086>.

ZULFIQAR, F.; ASHRAF, M. Nanoparticles potentially mediate salt stress tolerance in plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 160, p. 257-268, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2021.01.028>.