

Article

# Uso de Subprodutos da Extração de Bentonita na Composição de Substratos para Produção de Mudanças de Quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.)

Erasmão Venâncio de Luna Neto <sup>1</sup>, Emanuel da Costa Cavalcante <sup>2</sup>, Kênia Kiola Souza Farias <sup>3</sup>, Robson Vinício dos Santos <sup>4</sup>, Joalison de Brito Silva <sup>5</sup>, Milton César Costa Campos <sup>6</sup>, Josefa Vanessa dos Santos Araújo <sup>7</sup>, Raphael Moreira Beirigo <sup>8</sup>, Ramon Freire da Silva <sup>9</sup>

<sup>1</sup> Mestrando em Ciência do Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0002-6930-2096. E-mail: erasnetinhow@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrando em Ciência do Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0003-3015-4847. E-mail: emanueltfc@gmail.com

<sup>3</sup> Mestrando em Ciência do Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0009-0001-8140-1978. E-mail: kiola.kenia@gmail.com

<sup>4</sup> Graduando em Agronomia Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0003-0339-6197. E-mail: robson4651@hotmail.com

<sup>5</sup> Graduando em Agronomia Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0003-2128-9408. E-mail: joalisonbrito2018@gmail.com

<sup>6</sup> Doutor em Agronomia (Ciência do Solo) na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 00000-0002-8183-7069. E-mail: mcesarsolos@gmail.com

<sup>7</sup> Mestrando em Ciência do Solo na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0003-1629-3306. E-mail: vaneessaif@gmail.com

<sup>8</sup> Doutor em Ciências (Solos e Nutrição de Plantas) na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0001-6857-149X. E-mail: raphael@cca.ufpb.br

<sup>9</sup> Doutor em Agronomia na Universidade Federal da Paraíba – UFPB. ORCID: 0000-0002-4465-2006. E-mail: ramonsilvagro@gmail.com

## RESUMO

O quiabeiro é uma hortaliça comum entre os brasileiros e a utilização de fertilizantes alternativos nessa cultura é de extrema importância. Desse modo, objetivou-se avaliar o uso de subprodutos da extração de bentonita na composição de substratos para produção de mudas de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.). O experimento foi realizado na Universidade Federal da Paraíba, campus II, em Areia-PB. O delineamento experimental foi realizado em blocos casualizados com cinco tratamentos, a testemunha e quatro proporções de subproduto da extração de bentonita, resultando em 100 plantas. Foi realizada a caracterização física e química do substrato, e avaliado o índice de velocidade de emergência e as medidas biométricas. Os dados foram submetidos à análise estatística. Logo, observou-se que a área foliar apresentou maior diferença de médias entre os substratos, sendo o S-2 o que obteve a maior delas, enquanto o S-1 e S-5 apresentaram médias idênticas. A massa fresca de parte aérea apresentou médias mais divergentes entre si, destacando o S-2 com maior valor e o S-5 com o menor. O substrato que obteve as melhores médias na produção das mudas de quiabeiro foi o S-2, com 4% do subproduto da extração de bentonita.

**Palavras-chave:** produção de hortaliças; substratos alternativos; rochagem.

## ABSTRACT

Okra is a common vegetable among Brazilians and the use of alternative fertilizers in this crop is extremely important. Thus, the objective was to evaluate the use of by-products from bentonite extraction in the composition of substrates for the production of okra seedlings (*Abelmoschus esculentus* L.). The experiment was carried out at the Federal University of Paraíba, campus II, in Areia-PB. The experimental design was carried out in randomized blocks with five treatments, the control and four proportions of bentonite extraction by-product, resulting in 100 plants. The physical and chemical characterization of the substrate was carried out, and the emergence speed index and biometric measurements were evaluated. Data were submitted to statistical analysis. Therefore, it was



Submissão: 22/04/2023



Aceite: 08/01/2024



Publicação: 05/04/2024



observed that the leaf area showed the greatest difference in means between the substrates, with S-2 having the highest difference, while S-1 and S-5 had identical means. The fresh mass of shoots showed more divergent averages, highlighting S-2 with the highest value and S-5 with the lowest. The substrate that obtained the best averages in the production of okra seedlings was S-2, with 4% of the by-product of bentonite extraction.

**Keywords:** vegetable production, alternative substrates; stoneware.

## Introdução

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) pertencente à família Malvaceae, espécie de origem africana é considerada uma hortícola muito popular entre os brasileiros, em especial por apresentar um alto valor nutritivo, medicinal e comercial, tendo relevante aceitação no mercado e sendo maior parte produzida por pequenos produtores (Ferreira *et al.* 2012). Essa cultura estabeleceu-se no Brasil em razão das condições climáticas favoráveis para seu crescimento, desenvolvimento e produção, sendo bem popular em regiões de clima tropical e subtropical, pela sua rusticidade, principalmente pela sua tolerância a temperaturas elevadas (Galati *et al.* 2013), sendo a variedade mais popular a Santa Cruz, por ser bem adaptada e de elevada produtividade (Goes *et al.* 2019).

A planta apresenta algumas características desejáveis como ciclo rápido, custo de produção economicamente viável, resistência a pragas e alto valor alimentício e nutritivo (Santos *et al.* 2010). O quiabeiro é uma planta erva robusta, ereta e anual, variando entre 1 a 3 m de altura, de porte ereto e de caule semilenhoso, de coloração esverdeada, com folhas simples, com limbo profundamente recortados, lobadas e com pecíolos longos, conseguindo ocorrer ramificações laterais, as quais são instigadas por práticas de manejo no cultivo, sistema radicular muito profundo e sua raiz pivotante pode atingir até 1,90 m de profundidade (Galati *et al.* 2013).

Outro aspecto muito importante na produção agrícola do quiabeiro é o manejo da irrigação, como meios que diminuem os efeitos do estresse hídrico, de modo a promover crescimento e rendimento satisfatório à cultura (Ferreira 2012). A utilização de esterco na cultura de quiabo é de suma importância para a nutrição e melhoria na produtividade (Oliveira *et al.* 2013). Alguns solos apresentam baixa fertilidade devido sua gênese e outros são menos férteis devido a própria intervenção humana, desse modo, muitos agricultores tem buscado utilizar fonte de nutrientes como os adubos orgânicos, adubos minerais e rocha naturais moídas para suprir esse índice baixo de fertilidade (Silva e Monte 2022).

A utilização de pó de rochas (rochagem) na agricultura tem crescido muito nos últimos anos, por apresentar inúmeras vantagens, dentre elas, não salinizar o solo, matéria prima acessível em todas as regiões e evita que as plantas absorvam mais nutrientes que o necessário, como também, disponibilizando-os por um período maior em comparação aos fertilizantes convencionais (Augusto *et al.* 2022). Dessa forma, diversos subprodutos da indústria de mineração têm sido testados como potencial material em substituição total ou parcial aos fertilizantes convencionais. Na Paraíba, a extração de bentonita, que é um mineral pertencente ao grupo das esmectitas, oriundas de cinzas vulcânicas (Brito *et al.* 2016) vem sendo testada como material condicionador de solo e fertilizante.

Esses subprodutos são compostos principalmente por 95% de argila, impurezas de quartzo, e em alguns casos caulinita e ilita (Farias *et al.* 2020), alguns estudos apontam para resultados promissores com uso dos subprodutos da extração de bentonita, conforme destaca Younas *et al.* (2022) em estudo com a ornamental rosa do deserto. Dessa forma o estudo teve as seguintes hipóteses, i) os substratos com aumento das doses dos subprodutos da extração de bentonita aumentam o crescimento e desenvolvimento das plantas de quiabo; e ii) as maiores biomassas das plantas de quiabo serão encontradas nos tratamentos com as maiores doses dos



subprodutos da extração de bentonita. Para testar as hipóteses destacadas o objetivo deste estudo foi avaliar uso de subprodutos da extração de bentonita na composição de substratos para produção de mudas de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.)

## Material e Métodos

### Local do experimento

O experimento foi desenvolvido na Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Campus II, no município de Areia-PB, no período de 16 de outubro a 02 de dezembro de 2022, em ambiente controlado de casa de vegetação, coberto com material translúcido e impermeável e laterais fechadas com tela fina branca de 1mm. Durante o período do experimento, a umidade relativa do ar apresentou um média de 78%, e a temperatura uma média de 28°C, de acordo com dados gerados na estação meteorológica instalada no campus II, obtidos através do INMET.

O substrato foi criado a partir de uma composição de diferentes proporções dos seguintes materiais: areia, camada superficial de solo (0,00 – 0,20 m), esterco bovino curtido e subproduto da extração de bentonita, foram preparados conforme metodologia da Texeira et al. (2017), a qual estabelece que o material seja seco ao ar, destorroado e passado em peneira com malha de 2 mm (TFSA). A areia foi seca e peneirada em peneira de mesma abertura de malha.

As caracterizações física e química do substrato foram realizadas nos laboratórios de Física do Solo e Fertilidade do Solo do Departamento de Solos e Engenharia Rural, CAA – UFPB (Tabela 1 e 2).

A irrigação foi realizada aplicando um volume uniforme em todos os vasos, de acordo com as informações obtidas da evapotranspiração média no tratamento testemunho verificado através de pesagem. Assim, o volume adicionado ( $V_a$ ) em cada recipiente foi determinado pela diferença média do peso dos vasos em situação de capacidade máxima de retenção de água ( $P_{cc}$ ), obtido ao saturar os recipientes com água e, posteriormente, executando a drenagem no momento em que o valor do volume drenado foi diminuindo, os recipientes foram pesados para obter o valor do  $P_{cc}$  quando o peso dos recipientes atingiram um valor constante, e valor do peso médio do recipiente na situação atual ( $P_a$ ), dividido pelo número total de recipientes ( $n$ ), conforme equação:

$$V_a = \frac{P_{cc} - P_a}{n}$$

**Tabela 1.** Caracterização da textura dos substratos compostos de subprodutos da extração de bentonita.

Substrato	Areia	Silte	Argila	Classe Textural
	g.kg <sup>-1</sup>			
1	765	141	94	Franco Arenosa
2	812	120	68	Areia Franca
3	813	102	85	Areia Franca
4	833	76	91	Areia Franca
5	826	63	111	Areia Franca

Fonte: Autor (2023).

**Tabela 2.** Caracterização dos atributos químicos dos substratos compostos de subprodutos da extração de bentonita.

Substrato	pH	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC	P	COT
	H <sub>2</sub> O	cmol.c.kg <sup>-3</sup>								mg.kg <sup>-3</sup>	g.kg <sup>-1</sup>
1	7,9	4,15	2,83	1,03	0,28	0,0	0,0	8,29	8,29	117,19	25,34
2	7,9	3,90	2,96	1,05	0,35	0,0	0,0	8,26	8,26	112,63	18,32
3	7,9	4,65	3,31	0,90	0,44	0,0	0,0	9,26	9,29	117,19	20,03
4	8,0	5,07	3,91	1,55	1,22	0,0	0,0	11,76	11,46	115,53	16,55
5	7,9	7,18	5,07	1,97	1,94	0,0	0,4	16,16	16,57	118,01	16,98

SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de catiônica; COT: carbono orgânico total. Fonte: Autor (2023).

### *Delimitação Experimental*

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso (DBC), com cinco tratamentos e cinco repetições, totalizando 100 plantas. Os tratamentos foram constituídos pela testemunha: Substrato 1 (solo, areia e esterco) e quatro proporções de subprodutos da extração de bentonita (4, 8,12 e 16%); Substrato 1 (0% de subproduto da extração de bentonita, 100% de solo, 100% areia e 100% de esterco) Substrato 2 (4% de subproduto da extração de bentonita, 96% de solo, 96% areia e 96% de esterco); Substrato 3 (8 % de subproduto da extração de bentonita e 92% de solo, 92% de areia e 92% de esterco); Substrato 4 (12% de subproduto da extração de bentonita, 88% de solo, 88% de areia e 88% de esterco); Substrato 5 (16% de subproduto da extração de bentonita,84% de solo, 84% de areia e 84% de esterco).

### *Condução do experimento*

As plantas foram semeadas em vasos de polietileno com volume total de 4L, perfurados na parte inferior e preenchidos com 3L de substrato, plantando-se 3 sementes por vaso. O desbaste foi realizado aos 10 dias após a semeadura, quando as plantas apresentaram um par de folhas definitivas. Em ocasião do desbaste foram removidas as plantas menos vigorosas, permanecendo apenas uma por vaso.

Após o desbaste foram realizadas três avaliações de altura da planta, medindo do colo a base da folha mais jovem; três avaliações do diâmetro do caule, realizado com auxílio de paquímetro a 2 cm da região do colo de cada planta e três contagem de folhas. As medições foram realizadas 15 dias, 23 dias e 30 dias após a semeadura. A avaliação da área foliar foi calculada utilizando os valores de comprimento versus largura (x) versus fator de correção (0,63).

O material vegetal foi separado em sistema radicular e parte aérea (caule e folha), em seguida foram aferidas a biomassa fresca e, posteriormente, o material foi seco em estufa de circulação de ar a 60°C até atingir massa constante para quantificação da massa seca. A matéria seca total (MST) foi obtida através da soma dos pesos de cada uma das partes (sistema radicular + parte aérea). A relação raiz/parte aérea foi obtida pelo cálculo dos coeficientes entre os valores de fitomassa das raízes e parte aérea da planta.

### *Análises estatísticas*

Foi aplicado análise de variância (ANOVA), com nível de significância a 5% nos dados obtidos. A partir dos resultados obtidos da análise de variância, foi aplicado o teste de Tukey a 5% de probabilidade para os substratos. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico - RStudio®, versão 4.2.0.



## Resultados

O índice de velocidade de emergência (IVE) apresentaram valores bastante semelhantes, sem que houvesse diferença significativa entre os tratamentos, exceto S-1, que se trata da testemunha (Tabela 3).

**Tabela 3.** Médias do índice de velocidade de emergência (IVE) de sementes de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivado em substratos de diferentes composições de subprodutos da extração de bentonita.

Substrato	IVE
S-1	1,02 ab
S-2	1,16 a
S-3	1,17 a
S-4	1,06 a
S-5	1,04 a
CV (%)	5,14

\*As colunas que apresentam as mesmas letras, significa que não houve diferença significativa estatisticamente entre as médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, as médias que apresentam letras diferentes, diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autor (2023).

Quanto à altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF), os substratos S-2, S-3, obteve as melhores médias em relação aos demais, o S-4 teve média igual, estatisticamente, aos citados, exceto para DC (Tabela 4). A área foliar (AREAF) teve maior diferença de médias entre os substratos, sendo o S-2 o que obteve a maior delas, enquanto o S-1 e S-5, tiveram médias iguais, com os menores valores. O S-2 teve um ganho médio de AREAF de 40,48% em relação ao substrato com menor média, e 37,90% em relação à testemunha.

**Tabela 4.** Médias da altura, diâmetro do colo, número de folhas e área foliar de mudas de quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) aos 30 dias após a repicagem, cultivado em substratos de diferentes composições de subprodutos da extração de bentonita.

SUBSTRATO	ALT (cm)	DC (cm)	NF	AREAF (cm <sup>2</sup> )
S-1	11,60 ab	3,03 ab	2,76 ab	66,08 c
S-2	13,51a	3,35 a	3,25 a	106,41 a
S-3	12,52 a	3,26 a	3,10 a	90,34 ab
S-4	12,92 a	3,18 ab	3,03 a	88,44 b
S-5	11,89 ab	2,85 b	2,90 ab	63,38 c
CV (%)	6,17	6,30	6,23	21,76

\*As colunas que apresentam as mesmas letras, significa que não houve diferença significativa estatisticamente entre as médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, as médias que apresentam letras diferentes, diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autor (2023).

Na Tabela 5, apresenta-se os dados referente a massa fresca da raiz (MFR) e parte aérea (MFPA) e massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA). Os valores médios da MFR foram maiores para os substratos S-2, S-3 e S-4 não diferindo entre si, mas diferindo estatisticamente dos substratos S-1 e o S-5. A MFPA teve médias mais divergentes entre si, destacando o S-2 com maior valor e o S-5 com o menor. Nesta variável o S-2 obteve um ganho de 60% em relação ao S-5, e 32,73% em relação a testemunha. A MSR não apresentou diferença



significativa entre os substratos estudados, já a MSPA teve médias consideradas iguais para os tratamentos S-2, S-3 e S-4, apresentando maiores valores, enquanto o S-1 e o S-5, novamente apresentou valores abaixo dos demais.

**Tabela 5.** Médias da matéria fresca e seca de raiz e parte aérea de mudas quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) aos 30 dias após a repicagem, cultivado em substratos de diferentes composições de subprodutos da extração de bentonita.

SUBSTRATO	MFR	MFPA	MSR	MSPA
g				
S-1	2,20 b	16,95 bc	0,21 a	0,18 ab
S-2	3,05 a	25,20 a	0,27 a	0,29 a
S-3	3,37 a	21,08 ab	0,22 a	0,26 a
S-4	3,32 a	19,70 ab	0,29 a	0,24 a
S-5	2,41 b	13,71 c	0,21 a	0,17 ab
CV (%)	18,64	22,38	15,59	22,66

\*As colunas que apresentam as mesmas letras, significa que não houve diferença significativa estatisticamente entre as médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, as médias que apresentam letras diferentes, diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Fonte: Autor (2023).

Na Tabela 6 encontram-se os resultados da massa seca total (MST) da planta, que apresentaram médias consideradas iguais para os substratos S-2, S-3 e S-4, sendo estes os que obtiveram maiores médias, enquanto o S-5 e S-1 apresentaram médias iguais e menores em relação aos supracitados. A relação altura com o diâmetro do coleto (RAD) tiveram diferenças significativas, sendo os maiores valores obtidos com os substratos S-2 e S-4, e os demais com médias inferiores, sendo o S-1 o que se mostrou com menor valor. A relação da matéria seca da parte aérea com a matéria seca de raízes (RPAR), demonstra diferença significativa entre os substratos, sendo o S-2 e S-3 as maiores médias, sem diferença estatística entre si, e os demais com valores inferiores aos citados acima. Para o índice de desenvolvimento de Dickson (IQD) todos os substratos obtiveram médias semelhantes, sem diferença significativa, exceto para o tratamento S-5.

**Tabela 6.** Médias da matéria seca da parte aérea, matéria seca de raiz, matéria seca total e relação da altura parte aérea com o diâmetro do coleto (RAD), relação da matéria seca da parte aérea com a matéria seca de raízes (RPAR) e Índice de desenvolvimento de Dickson (IQD) de mudas quiabo (*Abelmoschus esculentus* L.) aos 30 dias após a repicagem, cultivado em substratos de diferentes composições de subprodutos da extração de bentonita.



SUBSTRATO	MSPA	MSR	MST	RAD	RPAR	IQD
	g					
S-1	0,18 bc	0,21 a	0,39 b	2,98 b	0,85 ab	0,08 a
S-2	0,29 a	0,27 a	0,56 a	4,51 a	1,07 a	0,10 a
S-3	0,26 a	0,22 a	0,49 a	3,72 ab	1,18 a	0,09 a
S-4	0,24 a	0,29 a	0,53 a	4,30 a	0,82 ab	0,10 a
S-5	0,17 ab	0,21 a	0,39 b	3,21 ab	0,80 ab	0,07 ab
CV (%)	22,66	15,59	21,49	17,98	14,90	14,21

\*As colunas que apresentam as mesmas letras, significa que não houve diferença significativa estatisticamente entre as médias entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, as médias que apresentam letras diferentes, diferem entre os tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Fonte: Autor (2023).

## Discussão

O fato de o IVE não apresentar diferença significativa entre os substratos com e sem o subproduto da extração de bentonita não afetou a fase germinativa do quiabo (*Abelmoschus esculentus* L), sendo que o IVE é uma característica intrínseca das sementes. Segundo Anacleto e Bueno (2021) alguns materiais alternativos (substratos) possuem pouca ou nenhuma influência no índice de velocidade de emergência. Por outro lado, Silva et al. (2022) afirmam que um substrato com boa retenção de umidade, baixa densidade e maior porosidade, proporciona um ambiente de mais fácil germinação.

A altura de planta obteve maior média nos substratos S-2, S-3 e S-4, com respectivos percentuais de 4%, 8 % e 12% de subproduto da extração de bentonita, corroborando com os resultados encontrados por Younas et al. (2022), em que constatou que o subproduto da extração de bentonita no cultivo de plantas de buganvília obteve um efeito positivo com concentração do subproduto de até 10,0 % utilizando na composição do substrato. O mesmo autor também relata que nesta concentração o número de folhas e comprimento da raiz tiveram os maiores valores.

Em relação ao número de folhas verificou-se que os resultados foram semelhantes entre os tratamentos com percentuais de 4%, 8 % e 12% de subproduto da extração de bentonita evidenciando a eficiência do uso do subproduto até um certo limite, não excedendo a 12% do material. Cassimiro et al. (2022) estudando bactérias e pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais, verificaram que o número de folhas não foi influenciado pelo uso de pó de rochas fonolíticas. Já a área foliar apresentou importante diferença entre os tratamentos, evidenciando a fonte de nutrientes do pó de rocha, que pode liberar elementos essenciais como fósforo e potássio, sendo que o P auxilia em processos fisiológicos e bioquímicos (Li *et al.* 2017) e o K está ligado diretamente a regulação osmótica das plantas, e ativador de enzimático (Wang e Wu 2017). Estudos desenvolvidos por Augusto et al. (2022) verificaram que a concentração de 16% do subproduto da extração de bentonita que é o percentual presente no substrato S-5, pode ocasionar redução na área foliar, inclusive menor que a testemunha em experimento com alface. Segundo Tito et al. (2011) a medida em que a quantidade de bentonita aplicada ao solo aumenta há diminuição na disponibilidade de nutrientes as plantas, levando há uma redução do crescimento das mesmas.

A matéria fresca da parte aérea e raiz apresentaram os maiores valores médios nos substratos S-2, S-3 e S-4, com respectivos percentuais de 4%, 8 % e 12% de subproduto da extração de bentonita, indicando que até



um determinado nível de concentração do subproduto leva o crescimento e desenvolvimento das plantas, após essa concentração pode interferir negativamente no crescimento. Mendes et al. (2020) estudando o uso de pó de rocha e esterço para a produção pimentão no semiárida, verificou que na proporção de 1:1:1 de esterço, solo e pó de rocha teve os melhores rendimentos, indicando que valores mais elevados podem limitar o crescimento e desenvolvimento das plantas.

A massa seca da parte aérea teve pouca diferença significativa entre os substratos, indicando que não teve muita influência no acúmulo de matéria seca nem em de raiz e nem de parte aérea. Neste caso, pode-se afirmar que houve influência do substrato na retenção de água nos tratamentos com as menores concentrações. Para Casimiro et al. (2022), em estudos com a aplicação de pó de rocha foi observado que a retenção de água no solo, além de ter um efeito residual na liberação de nutrientes.

A massa seca total das plantas teve influência positiva do pó de rocha nos substratos nos substratos S-2, S-3 e S-4, com respectivos percentuais de 4%, 8 % e 12% de subproduto da extração de bentonita, apontando no sentido de que os subprodutos da extração de bentonita pode favorecer os atributos físicos e químicos do solo, tornando um ambiente mais propício para a penetração das raízes e obtenção de nutrientes. Welter et al. (2011), concluíram a eficiência agrônômica em produção de mudas de camu-camu (*Myrciariadubia*) submetidos ao pó de rocha do tipo basáltica, e que doses entre 4 e 8% do subproduto propiciaram o aumento da biomassa seca da parte aérea e raízes, sendo estas as concentrações com os melhores resultados.

A RAD mostra a relação de dois importantes indicadores de crescimento, altura e diâmetro do coleto, assim quanto menor o valor desta relação significa que a muda é mais robusta, ou seja, está mais apta a sobreviver, podendo assim ser levada a campo e estabelecer o plantio em campo (Gomes et al. 2002). Neste caso, os resultados obtidos mostram-se bastante semelhantes entre si, sendo que o menor valor foi encontrado no substrato testemunha composto por solo, areia e esterco. Contudo com referência aos ganhos de fitomassa no geral, as mudas cultivadas no substrato 1 (solo, areia e esterco) e o substrato 5 (16% de subproduto da extração de bentonita, 84% de solo, 84% de areia e 84% de esterco) apresentaram o menor desempenho.

A RPAR trata-se de um parâmetro que permite indicar a melhor estabilidade das mudas no campo, nesse caso as mudas que tenham valores baixos irão apresentar maiores dificuldades para o seu estabelecimento, enquanto valores maiores indicam uma melhor estabilidade em campo (Ferraz e Engel 2011). Desta forma, os substratos S-2 e S-3, com respectivos percentuais de 4% e 8 % de subproduto da extração de bentonita obtiveram melhores desempenho neste quesito. O IQD é índice utilizado para avaliar a qualidade de mudas, pois considera a massa seca de raiz, parte aérea e massa seca total, a altura e o diâmetro do colo das plantas, assim quanto maior o valor do IQD maior é a qualidade das mudas (Souza *et al.* 2022). No estudo em questão, observou-se que não houve diferença significativa entre os substratos estudados, entretendo é possível verificar que os substratos S-1 e S-5 apresentaram média ligeiramente menor que os demais, estes resultados assemelham aos encontrados por Peloso et al. (2020) em estudo de produção de mudas de melão com base em substrato de mandioca.

## Conclusões

O uso de subprodutos da extração de bentonita nas proporções 4 e 8% foi eficiente na produção de mudas de quiabeiro, auxiliando na melhoria dos atributos físicos e químicos do solo tornando um ambiente mais propício para o desenvolvimento da cultura.

O substrato S-2, com 4% do subproduto da extração de bentonita foi aquele que obteve as maiores médias para a produção das mudas de quiabeiro, verificando que nesse nível de concentração o subproduto consegue



propiciar o crescimento e desenvolvimento da cultura, no entanto dosagens muito superiores podem interferir negativamente no seu crescimento.

## Referências

Aguiar NS, Mastella ADF, Gabira MM, Walter LS, Felix FC, Matos DCP, Wendling I, Angelo AC, Gaspar RGB, Kratz D 2022. Basalt rock dust incorporated to substrate favors *Monteverdia ilicifolia* seedlings initial growth. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, 42(e202002142):1-9.

Anacleto A, Bueno RS 2021. Germinação e sobrevivência de *Adenium obesum* (forsk.) (Rosa do Deserto-*Apocynaceae*) em diferentes substratos. *Revista em Agronegócio e Meio Ambiente*, 14(4):1-12.

Augusto J, Sena JOA, Hata FT, Cunha FAD, Campos TA 2022. Produção de alface americana orgânica sob doses de pó de rocha basáltica, composto orgânico e microrganismos eficientes. *Agrarian*, 15(55):e15153-e15153.

Brito BMA, Cartaxo JM, Nascimento NFC, Ferreira HC, Neves GA, Menezes RR 2016. Avaliação de argilas bentoníticas policatiônicas do estado da Paraíba com aditivos para aplicação em perfuração de poços de petróleo e tintas à base de água. *Cerâmica*, 62(361):45-54.

Cassimiro AA, Carvalho GA, Silva LFL, Florentino LA, Oliveira FA, Lima FMD 2022. Bactérias promotoras de crescimento vegetal e uso de pó de rocha na produção inicial de hortaliças não convencionais. *Research, Society and Development*, 11(4): e13311426469.

Dousseau S, Alvarenga AAD, Arantes LDO, Oliveira DMD, Nery FC 2008. Germinação de sementes de tanchagem (*Plantago tomentosa* Lam.): influência da temperatura, luz e substrato. *Ciência e Agrotecnologia*, 32:438-443.

Farias HLR, Melo AR, Marques CRM, Bortolatto LB 2020. Avaliação da capacidade de adsorção do corante têxtil azul marinho K-BF utilizando bentonita. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 12(2):181-192.

Ferraz AV, Engel VL 2011. Efeito do tamanho de tubetes na qualidade de mudas de jatobá (*Hymenaeacourbaril* L. var. *stilbocarpa* (Hayne) Lee Et Lang.), ipê-amarelo (*Tabebuia chrysotricha* (Mart. Ex Dc.) Sandl.) e guarucaia (*Parapiptadeniarigida* (Benth.) Brenan). *Revista Árvore*, 35(3):413-423.

Ferreira LE, Medeiros JF, Silva NKC, Linhares PSF, Alves RC 2012. Salinidade e seu efeito sobre a produção de grãos do quiabeiro Santa Cruz 47. *Revista Verde*, 7(4):108-113.

Galati VC, Filho ABC, Galati VC, Alves AU 2013. Crescimento e acúmulo de nutrientes da cultura do quiabeiro. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 34(1):191-200.

Goes GF, Guilherme JMS, Sales JRS, Sousa GG 2019. Ambiência agrícola e estresse salino em mudas de quiabo. *Revista Brasileira de Agricultura Irrigada*, 13(5):3646 – 3655.



Gomes JM, Couto L, Leite HG, Xavier A, Garcia SLR 2002. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. *Revista Árvore*, 26:655-664.

Lajús CR, Luz GL, Silva CG, Dalcanton F, Barichello R, Sauer AV, Dal Piva AJ 2021. Aspectos qualitativos e quantitativos de variedades de alface submetidas a concentrações de pó de rocha em cultivo orgânico. *Brazilian Journal of Development*, 7(5):49489-49512.

Li C, Li C, Zhang H, Liao, H, Wang X 2017. The purple acid phosphatase GmPAP21 enhances internal phosphorus utilization and possibly plays a role in symbiosis with rhizobia in soybean. *Physiologia Plantarum*, 159(2):215-227.

Mendes KLF, Vieira H, Pereira JREB, Moreira JN, Vale KS, Caiana CRA, Bezerra Neto FC, Medeiros AC, Maracajá PB 2020. Production pepper cultivated with stone dust and manure in semi-arid region. *Research, Society and Development*, 9(7):1-15 e487974360.

Oliveira AP, Oliveira AN, Silva OPR, Pinheiro SM, Gomes Neto AD 2013. Rendimento do quiabo adubado com esterco bovino e biofertilizante. *Semina: Ciências Agrárias*, 34(6):2629-2636.

Pellosso MF, Farias BGAC, Paiva AS 2020. Produção de mudas de meloeiro em substrato à base de ramas de mandioca. *Colloquium Agrariae*, 16(1):87-100.

Santos JB, Silveira TP, Coelho PS, Costa OG, Matta PM, Silva MB, Drumond Neto AP 2010. Interferência de plantas daninhas na cultura do quiabo. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 28(2):255-262.

Silva AB, Damascena JF, Lima EF, Pereira JA, Silva CM, Silva WA 2022. Germinação e desenvolvimento inicial de rosa do deserto em diferentes substratos. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 7(3):127-134.

Silva ED, Matos HRR, Barros BGA, Oliveira FJV 2021. Esterco caprino na composição de substratos para germinação e emergência de *Lablab purpureus*. *Scientific Electronic Archives*, 15(1):13-20.

Silva MC, Monte CN 2022. Aplicabilidade de argilas bentoníticas para a mitigação da contaminação ambiental em áreas de aterros sanitários: uma revisão. *Brazilian Journal of Development*, Curitiba, 8(3):16968-16988.

Sousa AP, Nascimento IR, Carline JVG, Oliveira LB, Teles SP, Pereira FF, Matos Neto JF 2022. KAONRDÖRFER, D. B. Doses e fontes de zinco aplicado via foliar na qualidade de mudas de alface. *Revista Agrária Acadêmica*. 5(2).

Teixeira PC, Donagemma GK, Wenceslau AF, Teixeira G 2017. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 573 pp.

Tito GA, Chaves LHG, Guerra HOC, Soares FAL 2011. Uso de bentonita na remediação de solos contaminados com zinco: efeito na produção de feijão. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(9):917-923.



Wang Yi, Wu Wei-Hua 2017. Regulation of potassium transport and signaling in plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 39:123-128.

Welter MK, Melo VF, Bruckner CH, Góes HTP, Chagas EA, Uchôa SCP 2011. Efeito da aplicação de pó de basalto no desenvolvimento inicial de mudas de camu-camu (*Myrciaria dubia*). *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33:922-931.

Younas T, Cabello GGC, Taype MA, Cardenas JAL, Trujillo PDC, Salas-Contreras, WH, Yaulilahua-Huacho R, Areche FO, Rodriguez AR, Cruz Nieto DD, Chirre ETC, Gondal AH 2022. Conditioning of desert sandy soil and investigation of the ameliorative effects of poultry manure and bentonite treatment rate on plant growth. *Brazilian Journal of Biology*, 82(e269137).