



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR  
PROGRAMA DE POS- GRADUAÇÃO EM HORTICULTURA TROPICAL**

**FRANCISCA JESSICA DA SILVA MELO**

**USO DE RESÍDUOS DO CAULIM E DA VERMICULITA COMO SUBS-  
TRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO**

**POMBAL-PB  
2019**

FRANCISCA JESSICA DA SILVA MELO

**USO DE RESÍDUOS DO CAULIM E DA VERMICULITA COMO SUBSTRATO  
PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO**

Trabalho de Dissertação apresentada à coordenação do curso de Pós-Graduação em Horticultura Tropical - PPGHT, em cumprimento às exigências para obtenção de título de Mestre em Horticultura, linha de pesquisa: Manejo de solo e água em sistemas de produção de hortícolas.

Orientador: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha.

POMBAL-PB  
2019

FRANCISCA JÉSSICA DA SILVA MELO

USO DE RESÍDUOS DO CAULIM E DA VERMICULITA COMO SUBSTRATO  
PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO

M528u Melo, Francisca Jéssica da Silva.  
Uso de resíduos do caulim e da vermiculita como substrato para  
produção de mudas de mamoeiro / Francisca Jéssica da Silva Melo. –  
Pombal, 2019.  
47 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) – Universidade  
Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia  
Agroalimentar, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha".  
Referências.

1. Mamoeiro. 2. Produção de mudas. 3. Resíduos de mineração. 4.  
Poluição ambiental. I. Rocha, Josinaldo Lopes Araújo. II. Título.

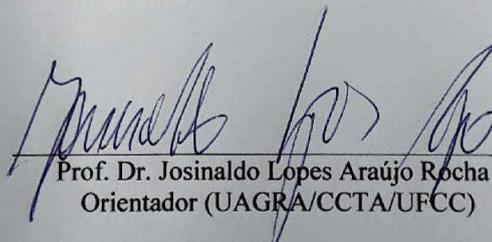
CDU 634.651(043)

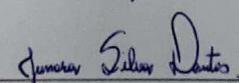
FRANCISCA JESSICA DA SILVA MELO

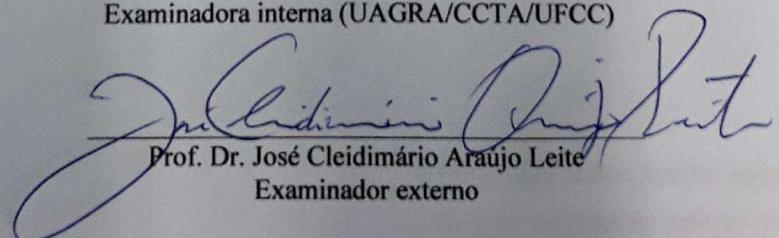
**USO DE RESÍDUOS DO CAULIM E DA VERMICULITA COMO SUBSTRATO  
PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE MAMOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Campina Grande, como parte das exigências do pro-  
grama de Pós-Graduação em Horticultura Tropical,  
para a obtenção do título de mestre.

Aprovada em: 25 de Abril de 2019.

  
Prof. Dr. Josinaldo Lopes Araújo Rocha  
Orientador (UAGRA/CCTA/UFCC)

  
Prof. Dr. Jussara Silva Dantas  
Examinadora interna (UAGRA/CCTA/UFCC)

  
Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite  
Examinador externo

POMBAL-PB  
2019

*A Deus, toda minha família, especialmente  
ao meu pai e minha mãe por todo apoio.*

*DEDICO*

## **AGRADECIMENTOS**

À Deus, pelo dom da vida e por proporcionar a realização de mais um sonho;

Agradeço imensamente a minha família, pois sem eles, nada seria possível;

À UFCG e todos que constituem essa grande família do CCTA *Campus* Pombal, professores, técnicos e demais servidores.

Ao meu orientador Josinaldo Lopes Araújo Rocha, serei eternamente grata por todos os ensinamentos adquiridos nos dois anos de mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Horticultura Tropical e todos que fazem parte do mesmo, o meu muito obrigado por me ajudar;

Aos meus amigos e colegas de curso que conheci nessa caminhada, vocês estão guardados na minha memória e coração;

Para finalizar, reconheço que esse trabalho não é somente uma conquista minha, mas de todos aqueles que seguiram comigo nessa caminhada.

*MUITO OBRIGADA A TODOS!*

## RESUMO

MELO, Francisca Jessica da Silva. **Uso de resíduos do caulim e da vermiculita como substrato para produção de mudas de mamoeiro.** 2019. 47p. Dissertação (Mestrado em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB<sup>1</sup>.

A extração e beneficiamento do caulim provocam enormes impactos ambientais, uma vez que em média 70% da matéria-prima empregada no beneficiamento são descartados no ambiente, na forma de resíduo, o uso desse resíduo na produção agrícola, principalmente na produção de mudas, tornaria um suprimento para redução da poluição gerada por esse resíduo. Nesse trabalho tem-se como objetivo avaliar o potencial do resíduo da exploração do mineral caulim e da vermiculita como componente de um substrato para produção de mudas de mamoeiro. Dois experimentos foram realizados em casa de vegetação, sendo um realizado com resíduo de caulim e outro com resíduo de vermiculita. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, sendo os tratamentos correspondentes a cinco proporções dos resíduos de mineração com quatro repetições totalizando 20 parcelas por experimento. Os tratamentos foram estabelecidos em T1 contendo 0% de resíduo de mineração + 75% de solo + 25% de esterco bovino, em T2 contendo 10% de resíduo de mineração + 65% de solo + 25% de esterco bovino, em T3 contendo 20% de resíduo de mineração + 55% de solo + 25% de esterco bovino, em T4 contendo 30% de resíduo de mineração + 45% de solo + 25% de esterco bovino e em T5 contendo 40% de resíduo de mineração + 35% de solo + 25% de esterco bovino. Cada parcela experimental foi constituída por 8 plantas, sendo 160 mudas em cada experimento. Dentre as variáveis avaliadas, apenas o número de folhas por planta e o número de plantas por parcela não foram influenciados pelas proporções dos resíduos testados. Os valores de altura e diâmetro do coleto obtidos nos tratamentos ficaram dentro da faixa 15 - 30 cm no tratamento com Caulim e com Vermiculita, 15 - 27 cm, com diâmetros (6 - 7 mm), contudo, não houve diferenças estatísticas entre si nos tratamentos. Observou-se também que de todas as partes da planta que foram beneficiadas com caulim, a proporção mais ideal foi a de 30 %. Em relação aos nutrientes dos resíduos que favoreceram o desenvolvimento das plantas foram o cálcio e o pH. Verifica-se também que a implantação de caulim e vermiculita no solo é uma alternativa para que ambos os resíduos não fiquem depositados no meio ambiente, causando degradação.

**Palavras-chave:** Recursos de minerais, poluição ambiental, qualidade de mudas.

## ABSTRACT

MELO, Francisca Jessica da Silva. **Use of kaolin and vermiculite residues as substrate for the production of papaya seedlings.** 2019. 47p. Dissertation (Master's Degree in Tropical Horticulture) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB<sup>1</sup>.

The extraction and processing of kaolin causes enormous environmental impacts, since on average 70% of the raw material used in the processing is discarded in the environment, in the form of waste, the use of this residue in agricultural production, mainly in the production of seedlings, would make a supply to reduce the pollution generated by this waste. In this work, the objective is to evaluate the potential of the residue of the mineral exploitation of kaolin and vermiculite as a component of a substrate for the production of papaya seedlings. Two experiments were carried out in a greenhouse, one of which was carried out with residue of ca. lim and another with vermiculite residue. In both experiments, the experimental design used was completely randomized, with treatments corresponding to five proportions of the mining residues with four replications totaling 20 experimental plots. The treatments were established in T1 containing 0% of mining residue + 75% of soil + 25% of bovine manure, in T2 containing 10% of mining residue + 65% of soil + 25% of bovine manure, in T3 containing 20 % of mining residue + 55% of soil + 25% of bovine manure, in T4 containing 30% of mining residue + 45% of soil + 25% of bovine manure and in T5 containing 40% of mining residue + 35% of soil + 25% of bovine manure. Each experimental plot consisted of 8 plants, 160 seedlings in each experiment. Among the variables evaluated, only the number of leaves per plant and the number of plants per plot were not influenced by the proportions of the residues tested. The values of height and diameter of the collection obtained in the treatments were within the 15 - 30 cm range in the treatment with Kaolin and with Vermiculite, 15 - 27 cm, with diameters (6 - 7 mm), however, there were no statistical differences between them treatments. It was also observed that of all parts of the plant that were benefited with kaolin, the most ideal proportion was 30%. In relation to the nutrients of the residues that favored the development of the plants were calcium and pH. It is also verified that the implantation of kaolin and vermiculite in the soil is an alternative so that both residues are not deposited in the environment, causing degradation.

**Keywords:** Mining waste, environmental pollution, quality of seedlings.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Atributos químicos do substrato em função das proporções e do tipo de resíduo de mineração utilizado na composição dos substratos.....	24
Tabela 2 - Atributos físicos do substrato em função das proporções e do tipo de resíduo de mineração utilizado na composição dos substratos.....	24
Tabela 3 - Quadrado médio da análise de variância para altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DIAM), número de folhas (NF), percentagem de sobrevivência (PS), índice de área foliar (IAF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), massa seca de caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão parte aérea: raiz (PA:R) e índice de área foliar (IAF). ....	25
Tabela 4 - Coeficientes de correlação simples de Person entre os atributos químicos do substrato e as variáveis avaliadas nas mudas de mamoeiro.....	33
Tabela 5 - Coeficientes de correlação simples de Person entre os atributos físicos do substrato e as variáveis avaliadas nas mudas de mamoeiro.....	34

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 – Difratoograma de raios X (DRX) do resíduo de vermiculita utilizado no experimento .....21
- Figura 2 - Disposição dos recipientes constituintes das parcelas experimentais (A) e aspectos das mudas de mamoeiro formosa aos 30 (B) e 60 dias (C) após a semeadura.....22
- Figura 3 - Altura de mudas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....26
- Figura 4 - Número de folhas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade..... 27
- Figura 5 - Diâmetro de caule de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....28
- Figura 6 - Percentagem de sobrevivência de mudas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....28
- Figura 7 - Índice de Área Foliar de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....29
- Figura 8 - Massa seca de raízes (MSR), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF) e total (MSR+MSC+MSF) de mudas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de

proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....31

Figura 9 - Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mamoeiro do grupo 'Formosa' em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.....33

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>132</b>
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>154</b>
3.1. Importância econômica do mamoeiro .....	154
3.2. Origem, composição química e importância econômica do caulim.....	165
3.3. Origem, composição química e importância econômica da vermiculita .....	187
3.4. A vermiculita como substrato para a produção de mudas.....	198
3.5. O caulim como substrato para a produção de mudas.....	20
3.6. Importância da qualidade do substrato para a produção de mudas .....	221
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>232</b>
4.1. Local dos experimentos.....	232
4.2. Delineamento experimental e tratamentos .....	243
4.4. Caracterização do substrato.....	253
4.5. Avaliação das plantas .....	264
4.6. Análise estatística.....	276
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>276</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>365</b>
<b>7. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>37</b>

## 1. INTRODUÇÃO

No setor de minérios, um dos resíduos gerados é o caulim, o qual é à base de sílica, mica e caulinita. Durante o processamento do caulim primário, dois tipos de resíduos são originados: o primeiro, trata-se do resíduo grosso, derivado da separação do quartzo do minério, gerado logo após a extração, o que concebe cerca de 70% do resíduo produzido; o segundo é o resíduo fino, que deriva da fase secundária do beneficiamento do caulim quando esse é purificado (ANJOS; NEVES, 2011).

Apesar de possuir grande importância socioeconômica para o Brasil, sua extração e beneficiamento provocam impactos ambientais, uma vez que em média 70% da matéria-prima empregada no beneficiamento são descartadas no ambiente, na forma de rejeito, resultando em impactos ambientais generalizados, o uso desse resíduo na produção agrícola, principalmente na produção de mudas, tornaria um suprimento para redução da poluição gerada por esse resíduo (OLIVEIRA, 2014).

Os substratos de caulim apresentam fácil disponibilidade de aquisição e transporte, ausência de patógenos, riqueza em nutrientes essenciais, pH adequado, boa textura e estrutura (SILVA et al., 2012). Segundo Rolim (2013), o caulim apresenta as mesmas características desejáveis para um substrato e estes podem vir a ser utilizado como uma alternativa para minimizar o impacto ambiental provocado por tais resíduos sólidos. A qualidade do substrato depende, primordialmente, das proporções e dos materiais que compõem a mistura.

Estudos realizados por Meletti (2014) comprovam que a utilização de caulim como substrato em mamoeiro apresentam as vantagens como precocidade de produção, menor possibilidade de contaminação por patógenos do solo, menor disseminação de plantas invasoras, melhor controle ambiental, melhor aproveitamento das sementes e da área de produção de mudas (viveiros), menor estresse sofrido pelas mudas no transplante e maior facilidade na comercialização.

Outro material que vem sendo utilizado para constituir substratos para a produção de mudas é a vermiculita. Este vem a ser um produto inerte que, devido às suas características, necessita da aplicação de nutrientes essenciais e utilização associada a outros materiais, preferencialmente de origem orgânica para que haja melhores resultados referentes à aeração e porosidade (CALDEIRA, 2013).

No Brasil, a vermiculita é extraída via lavra a céu aberto com desmonte mecânico. O processamento desse produto é realizado ainda na própria mina. Pode ser comercializada tanto na forma natural, quanto na forma expandida, e é utilizado na composição de fertilizantes, na preparação de solos para a agricultura e é um condicionador de solos ácidos (OLIVEIRA, 2009).

Para a produção de mudas, a vermiculita apresenta grande potencial, como mostra Trajano et al. (2014). Os autores relatam que a utilização de vermiculita juntamente com caulim, na dosagem de 50%, principalmente com a adição de matéria orgânica, para a produção de mudas de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L), fornece um bom desenvolvimento das mudas.

Trabalhos mostram que a adição de adubos químicos somados a aplicação de vermiculita na produção de mudas, possibilita a formação de mudas com qualidade superior, como registrado por Medeiros et al. (2009), ao testar doses de superfosfato junto a substratos em diferentes proporções contendo vermiculita em mudas de mamoeiro.

A utilização de substratos para a produção de mudas de mamoeiro é muito importante, uma vez que o Brasil é detentor de 29% da produção mundial dessa fruta, seguido pela Índia com 24%, Tailândia com 8,8%, México com 7,4% e Indonésia com 5,9%. Quantitativamente, as regiões Sudeste e Nordeste são as mais expressivas e juntas produzem 87,5% da produção nacional, destacando-se os Estados do Espírito Santo e Bahia como os principais produtores (ONO et al., 2014).

Uma das principais características da produção do mamoeiro se trata da grande densidade de plantas por hectare, alta produtividade e fácil propagação, em que grande parte da implantação dos pomares com essa cultura se dá por meio de mudas (Embrapa, 2000). Vieira et al. (2004) afirmam que a produção de mudas de mamão, principalmente em ambientes protegidos, é a melhor alternativa para a produção.

Tendo em vista os impactos gerados com as atividades de mineração e a extração de solo para a produção de mudas, verifica-se a necessidade de um modelo de sustentabilidade para ambas as atividades. Portanto, a utilização de substratos alternativos é uma ferramenta completamente viável para a produção de mudas, e que estes vêm sendo utilizados para possibilitar um melhor estabelecimento de plantas em viveiros com boas chances de, no momento da transferência para o campo, se estabelecerem com sucesso.

No trabalho, objetivou-se avaliar o efeito de proporções de resíduo da exploração do mineral caulim e da vermiculita como componente de um substrato sobre o crescimento e produção de massa seca de mudas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Importância econômica do mamoeiro

Segundo Reetz et al. (2015), o consumo de frutas no Brasil vem aumentando cada vez mais. Segundo CNA (2017), esse volume de frutas classifica o Brasil como o terceiro maior produtor de frutas do mundo. Ultimamente, isso ocorre, segundo Amorim (2014), devido à divulgação na mídia de que o consumo de frutas é responsável pelo melhor funcionamento do organismo e prevenção de diversas patologias. Uma das frutas bastante consumidas, segundo o Sebrae (2015) é o mamão, que apresenta vitaminas e alto valor nutricional (CARLE, 2001; ROCHA et al., 2005; SCHIEBER; STINTZING; STORCK et al., 2013).

Em 2016, o Brasil produziu 1.424.650 toneladas de mamão usando uma área de 30.372 hectares, com um rendimento médio de 46,91 t.ha<sup>-1</sup>. Os principais produtores de mamão estão localizados nos estados da Bahia (753.417 mil toneladas), Espírito Santo (251.365 mil toneladas), Ceará (110.520 mil toneladas), Rio Grande do Norte (94.740 mil toneladas) e Minas Gerais (61.306 mil toneladas). Apenas a Bahia atingiu a média de produtividade enquanto os demais estados produtores se mantiveram abaixo. A Embrapa busca aumento sustentável da produtividade média nacional do mamoeiro em 12% até 2030, priorizando a redução no custo de produção (IBGE, 2016).

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta muito consumida devido às características benéficas que possui. Acerca de seu valor nutricional, a fruta apresenta vitaminas A, C e do complexo B, e possui sais minerais, tais como ferro, cálcio e fósforo. Em questão do seu valor energético, o mamão oferece em média 50 kcal a cada 100g, além de ser muito saboroso (STORCK et al., 2013).

Esta fruta tem origem em regiões da Ásia e da África, em que seu valor comercial é bastante elevado, por possuir características peculiares apreciadas pelo mercado interno e externo. Os mamões produzidos possuem forma, tamanho e coloração variáveis, encontrando de 200 a 600 sementes, com cascas lisas ou levemente enrugadas (MULLER et al., 2013).

Levando em consideração os tratamentos necessários à cultura do mamão, o que faz com que a sua plantação tenha custos elevados, é de extrema importância o cultivo do mamoeiro em recipientes, o que diminui os custos e diminui a chegada de pragas (MACAGNAN et al., 2014). Os recipientes mais utilizados são as bandejas de isopor ou tubetes ou ainda sacos de polietileno

com dimensões variadas. Por esse motivo, os substratos utilizados devem ser leves, e formados pela mistura de diversos resíduos orgânicos como turfa, esterco, vermiculita e casca de árvores. Desse modo, as mudas podem ser transportadas com facilidade (OLIVEIRA; TRINDADE, 1999; POSSE, 2005).

Dada a importância dessa cultura e considerando que as áreas de cultivo estão aumentando, especialmente na região Nordeste, deve-se haver estudos que possam fornecer tecnologias capazes de maximizar a produção da cultura sem que haja problemas quanto à qualidade e elevação de custos (ALBUQUERQUE, 2010).

### **3.2 Origem, composição química e importância econômica do caulim**

O termo “caulim” deriva da palavra “Kauling”, que em chinês, significa “colina alta”, também conhecido como China Clay, e sua descoberta data-se de mais de 3000 anos na região montanhosa de Jauchou Fu, na China, é mais especificamente uma rocha de granulometria fina cuja composição química aproxima-se de  $Al_2O_3$ , é composta principalmente por caulinita e haloisita. O caulim contém outras substâncias sobre a forma de impurezas, desde traços até a faixa de 40 – 50% em volume, consistindo, de modo geral, de areia, quartzo, palhetas de mica, grãos de feldspato, óxidos de ferro e titânio, etc., (ANDRADE et al., 2015).

Ainda deve-se considerar que a caulinita pode ser formada como um produto do intemperismo residual, por alteração hidrotermal, e como um mineral sedimentar antigênico. O caulim é utilizado nos vários mercados mundiais incluindo uma ampla variedade de aplicações em cobertura e carga de papel, cerâmica, tintas, plásticos, borracha, fibras de vidro, suporte de catalisadores de craqueamento de petróleo e muitas outras utilizações (BERTOLINO et al., 2012).

Segundo Sousa e Alchieri (2011), a atividade produtiva do caulim é marcada por inúmeros processos, entre eles o beneficiamento do mineral, o qual refere-se a um processo de trabalho delineado, com normas de atenção a saúde. Contudo, a realidade atual se mostra diferente, levando em conta que durante o processo de produção são gerados resíduos, os quais, muitas vezes são explorados de forma inadequada, gerando assim uma série de impactos socioambientais, como por exemplo, os efeitos da exposição ao caulim sobre a saúde e qualidade de vida do trabalhador, assinalando que o processo produtivo do mineral constitui uma tarefa delicada.

Sobre a classificação do resíduo do caulim, Castro et al. (2015) afirmam que o mesmo é classificado como não perigoso, não inerte, e pertence a classe IIA, conforme a normatização

brasileira. Embora não seja um produto tóxico, o resíduo de caulim pode trazer problemas à saúde provocados pela inalação do pó fino, sem contar a mudança do aspecto natural do meio ambiente.

Segundo Wanderley et al. (2010), no processo de beneficiamento do caulim apenas cerca de 30% do montante de matéria-prima utilizada é aproveitado efetivamente para fins industriais, sendo o restante descartado na forma de rejeito, que quase sempre possuem um destino final inadequado, gerando impactos negativos sobre os meios físico, biótico e antrópico, como por exemplo o comprometimento da qualidade de vida do homem e também da fauna e flora de uma determinada região, se o resíduo for lançado em um corpo d'água.

Anjos e Neves (2011) afirmam que a exploração dos recursos naturais resulta em um processo de contínua degradação, pois os resíduos gerados que não são aproveitados recebem o destino final inadequado, sendo lançados indiscriminadamente ao meio ambiente. O setor mineral gera grandes quantidades de resíduos de diversos tipos e níveis de periculosidade, como por exemplo, a indústria de beneficiamento do caulim, a qual produz resíduos à base de dos minerais em grandes quantidades. A extração desse minério produz um percentual de resíduos que correspondem de 80 a 90% do volume total explorado, representando, assim, um impacto ambiental significativo com grande magnitude e intensidade.

Ainda discorrendo sobre os impactos ambientais causados pela exploração inadequada dos resíduos do caulim, Andrade et al. (2015), em seus estudos sobre “Mineração de caulim no município de Equador-RN Brasil: andragogia e percepção ambiental”, relatam que além dos grandes depósitos dos rejeitos nos terrenos das beneficiadoras, dispostos de forma aleatória em vazadouros a céu aberto, pode-se observar pequenos depósitos de rejeito ao longo das estradas que ligam Equador-RN às cidades circunvizinhas, lançados diretamente no solo, muitas vezes próximo a pequenos riachos e açudes. Esses rejeitos são provavelmente oriundos das indústrias de menor porte que vem gerando modificação da paisagem natural e contaminando o solo, uma vez secos propiciam à emissão de particulados, que podem causar sérios danos à saúde humana e animal. A queima de madeira, sem certificação, para a secagem do caulim nos fornos quando os dias estão muito úmidos ou chuvosos, além da poluição atmosférica, causa sérios prejuízos à flora e fauna nativa.

Diante desse quadro, percebe-se a grande quantidade de impactos ambientais gerados pela exploração inadequada do resíduo do caulim e, dessa forma, torna-se cada vez mais necessária a adoção de medidas mitigadoras, tais como o uso de resíduo de exploração do caulim como substrato para produção de mudas.

### 3.3 A origem, composição química e importância econômica da vermiculita

A vermiculita é um alumínio silicato hidratado com ferro e magnésio que faz parte dos filossilicatos, obtida de processos metamórficos, magmáticos, hidrotermais, diagenéticos e intempéricos (UNESP, 2016). Os elementos químicos presentes estão relacionados a uma alteração da biotita, contudo, se diferencia deste último pelo menor índice de refração (VAN DER MAREL & BEUTELSPACHER, 1976).

Sua ocorrência é proveniente da ação do intemperismo sobre os minerais biotita e flogopita. Os piroxênios, anfibólios e olivinas, minerais componentes de rochas ultramáficas (ígneas) e metamórficas, bem como sienitos e carbonatitos, foram primeiro alterados para formar biotita e flogopita, serpentina e clorita. A alteração supergênica deu-se pela circulação de água, que removeu álcalis, redistribuiu o magnésio e acrescentou água, a qual foi intercalada nas camadas intercrystalinas, para formar vermiculita (MARCOS; RODRÍGUEZ, 2013).

Quanto a sua composição química, em termos de óxidos de é 14,4% MgO, 43,5% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 12,8% FeO, 11,9% SiO<sub>2</sub>, 17,9% H<sub>2</sub>O. Porém, é comum a substituição do cálcio por sódio ou potássio, como no caso da vermiculita de Santa Luzia, PB, que tem um teor de aproximadamente 5% de K<sub>2</sub>O em sua composição. No beneficiamento, a rocha encaixante e outras impurezas minerais são removidas do minério com auxílio das operações de cominuição e classificação por tamanhos. O concentrado final é um material inerte, leve, incombustível e insolúvel em água e todos solventes orgânicos (TANNER, 2015).

Entre as camadas de alumínio e silicato existe uma camada de água que é responsável pelo seu elevado índice de expansão, característica essa que traz grande importância econômica a vermiculita. Quando aquecidas a temperaturas elevadas, a água forma correntes de ar quente que provocam um aumento no mineral de até 20 vezes quando comparado ao seu volume inicial. Essa reação recebe o nome de expansão térmica, o que torna possível a múltipla utilização do material final. Esse processo também pode ser chamado de esfoliação, que transforma os flocos densos de minério em grânulos porosos e leves, contendo inúmeras camadas de ar diminutas. (TANNER, 2015; UGARTE, 2005; 2008)

A vermiculita expandida (esfoliada) é leve e fácil de manusear, tem um elevado grau de isolamento, propriedades de isolamento acústico e capacidade de absorver e reter uma vasta gama de líquidos (orgânicos e inorgânicos). Esse material esfoliado é usado na fabricação de freios automotivos, isolamento térmico de paredes e telhados, produtos da construção civil, rações para animais, horticultura e muitas outras aplicações industriais (DUPRÉ MINERALS, 2016).

No Brasil, as reservas de vermiculita somam um total 25 milhões de toneladas, ficando atrás somente da África do Sul e Estados Unidos que produzem 100 e 80 milhões de toneladas, respectivamente (REIS, 2002). Os depósitos e jazidas de vermiculita do Brasil, estão situadas nos estados da Paraíba (Santa Luzia), Goiás (Sancrelândia, Ouvidor e Montes Belos), Piauí (Queimada Nova) e Bahia (Brumado). Os dados estatísticos concedem ao Brasil um total de 5% da produção mundial (DNPM, 2007).

A produção no Brasil não possui asbestos, o que torna os concentrados de vermiculita mais caros, além de favorecer o melhor aproveitamento econômico desse mineral (PERALTA, 2009). Embora comercializada na forma não expandida, ela é mais utilizada na forma expandida, fato que eleva os preços (CAVALCANTI, 2007). As principais empresas produtoras no Brasil são as Mineração Phoenix (Bahia), Brasil Minérios (Goiás), Mineração Pedra Lavrada (Paraíba) e a Eucatex Mineral (Piauí) (CAVALCANTI, 2006).

### **3.4 A vermiculita como substrato para a produção de mudas**

A vermiculita tem aplicação ampla na agricultura, destacando-se pela produção de substratos agrícolas, nos quais pode ser misturada com casca de pinus, turfa ou fibra de coco, além de ser também utilizada como cobertura em sementes, mudas e condicionadores de solo (YU; WEI; WU, 2015). Esse mineral de argila, possui uma estrutura porosa com grande capacidade de adsorção e alto desempenho de troca iônica, o que demonstra sua grande importância como substrato para a produção de mudas (WEN; GAO; REN, 2013).

Quanto a granulometria, estão a disposição no mercado, quatro tipos de vermiculita: micron (partículas entre 0,15-0,20 mm), superfina (0,21-0,30 mm), fina (0,30-0,50 mm) e média (1,19-0,50 mm) (MARTINS et al., 2011). Dessa forma, sua granulometria favorece a aeração das raízes, por facilitar a mistura de compostos e solo (SOUZA, 2015).

Muitas outras peculiaridades da vermiculita são atrativas à atividade agrícola. Adicionalmente, esse substrato possui capacidade de retenção de água (CRA), inércia química, não é contaminante devido à forma que é processada (acima de 900°C, evitando o desenvolvimento de microrganismos prejudiciais as plantas) e, devido a sua elevada capacidade de troca de cátions, minimiza a perda de fertilizantes por lixiviação (BRASIL MINÉRIOS, 2016; MONTE et al., 2004).

Ainda pode ser uma fonte de nutrientes essenciais como Ca, K, Mg no período de estímulagem, contribui para a germinação de sementes, pode servir de um condicionante do solo tanto

na condição básica como ácida e pode ser utilizado como veículo para inseticidas, herbicidas, fungicidas e formigantes (Peralta, 2009).

O uso da vermiculita como substrato pode ainda favorecer o aumento da biomassa quando comparado ao pó de serra (Negreiros et al., 2005). Segundo Sampaio et al. (2008) a vermiculita condiciona maior espaço poroso, com grande capacidade de aeração e melhor retenção de água, o que poderia explicar o maior acúmulo de biomassa nas mudas; enquanto que o pó de serra possui alto valor na relação carbono/nitrogênio (C/N), que imobiliza o nitrogênio. Outra vantagem desse substrato foi relatada por Silva et al. (2001) que observaram maior crescimento micorrízico em mudas de maracujazeiro, aconteceu quando estas foram cultivadas em vermiculita quando comparadas a outros substratos comerciais.

### **3.5. O caulim como substrato para a produção de mudas**

Caulim é uma argila macia, branca plástica constituída predominantemente pelo mineral caulinita. Na área industrial é um mineral muito importante pois é utilizado em várias aplicações (MURAY, 2002).

O caulim é extraído da caulinita que é um mineral bastante encontrado na natureza, podendo vir a ser o que encontra em maior abundância na crosta da terra e pode ser encontrado com até 10 metros de profundidade, apresenta como característica a granulometria fina, que permite maior plasticidade e a cor branca ou quase branca, devido ao baixo teor de ferro. Tal extração se dá por meio de um processo chamado de beneficiamento (LUZ, 2016).

O processo do beneficiamento do caulim segundo Lima (2011) consiste na separação do minério de suas impurezas, tais como mica, óxidos de ferro, feldspato, titânio, dentre outros que podem interferir na sua alvura, comprometendo sua qualidade. Esse processo gera inúmeros impactos ambientais, provenientes da queima em fornos que por vezes podem ser alimentados por mata nativa e pela geração de milhares de toneladas de resíduo do beneficiamento, também chamado de rejeitos de produção, que se caracterizam por ser um material que fica retido no peneiramento do caulim, inerte e granular que pode ser responsável até por 80 % do volume de todo o material extraído.

Para Campos et al. (2008) durante seu processamento, além dos rejeitos sólidos, ocorre também produção de rejeitos líquidos, que são lançados nos rios, e sólidos, geralmente aterrados.

Segundo Lima (2011), cerca de 1.100 toneladas de resíduo é descartada por mês, apenas na cidade do Equador – RN. O resíduo é descartado sem critérios, disposto diretamente na natureza, em vazadouros a céu aberto ou próximo ao local onde foi gerado, o que pode provocar problemas ao meio ambiente e a saúde pública.

Esses resíduos ficam amontoados, sem utilização, por muito tempo causando danos ao meio ambiente. O rejeito de caulim, quando lançado no ambiente dessa forma, provoca grandes distúrbios, devido à sua composição química, que em muitos casos pode conter, concentração de metais como o Ferro (Fe), Alumínio (Al), Zinco (Zn) e Cádmio (Cd), acima do permitido pela legislação. Os reflexos dessa contaminação extravasam, frequentemente, os limites das áreas de trabalho, atingindo também a topografia, flora, fauna, sistema hídrico e morfofisiológico do solo, etc (SILVA et al.,2001).

A busca por alternativas para a sua utilização poderá diminuir esses impactos. Portanto, Rodrigues et al., (2014) cita que uma das possibilidades é utilizar esses resíduos na formação de substrato para a produção de mudas.

Campos et al. (2008) acrescenta que para ser substrato é necessário que o mesmo apresente características físicas e químicas adequadas a fornecer os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas.

Terra et al. (2011) citam que para proporcionar condições favoráveis ao desenvolvimento vegetal, o substrato deve apresentar composição uniforme, baixa densidade, alta capacidade de troca catiônica, alta capacidade de retenção de água e boa aeração e drenagem. Mendonça et al. (2002) expõem que os substratos exercem grande influência no sistema radicular, no estado nutricional da planta, e no movimento da água no sistema solo planta atmosfera.

### **3.6. Importância da qualidade do substrato para a produção de mudas**

Podemos definir o termo substrato como sendo o meio físico, seja ele de natureza sintética ou não, onde as plantas consigam se desenvolver dando condições para as raízes que crescerem, com volume definido (BALLESTER-OLMOS, 1992). Este pode ser constituído de matérias-primas misturadas ou ainda com um só constituinte, objetivando a substituição do solo e promovendo as condições físicas e químicas, adequadas às peculiaridades de cada cultivo (MINIMANI, 1995; FONTENO, 1993).

Considerando que os recursos naturais estão cada vez mais escassos, devem-se selecionar materiais alternativos a serem utilizados para o cultivo de mudas e plantas no preparo do

substrato, o qual é essencial para obtenção de mudas de qualidade. Tais materiais devem ser de fácil obtenção, ambientalmente corretos, ter estrutura estável, tempo de decomposição razoável, serem homogêneos, de baixo custo e conterem características físicas, químicas e biológicas compatíveis com a muda a ser produzida (KLEIN, 2015).

Os substratos utilizados devem ofertar boas condições para o desenvolvimento da muda. Por essa razão, são necessários estudos sobre a adaptação das culturas, em relação aos substratos, bem como os parâmetros de desenvolvimento das plantas. Além de fornecer a sustentação, o substrato deve favorecer a passagem de água, oxigênio, nutrientes e oferecer condições para o estabelecimento com fungos micorrízicos (BUSAO et al., 2012).

O substrato também influencia na germinação e na propensão à contaminação por patógenos, além de constituir o suporte físico para o desenvolvimento da plântula. Por isso, é importante que esse material atenda às exigências fisiológicas da planta, desde o momento da germinação (MARTINS et al., 2011; BRASIL, 2009).

Na preparação de um substrato, é necessário se conhecer a qualidade dos componentes que serão empregados, a partir de suas propriedades físicas e químicas. Dentre as propriedades físicas destacam-se a densidade, a porosidade e a disponibilidade de ar e água e as químicas contêm valor de pH, capacidade de troca de cátions e salinidade (SILVA, 2014).

As qualidades físicas não são passíveis de fácil modificação, contrário do que ocorre com as químicas, tornando essa característica ainda mais importante (MILNER, 2001). No entanto, vale ressaltar que a avaliação de uma única propriedade, no caso física, não deve ser considerada de forma isolada como determinante da qualidade do substrato (GARCIA, 2009).

Outro fator que deve ser considerado vem a ser a disponibilidade local no momento da escolha, uma vez que haverá garantia de sua aquisição permanente e seu custo. Em relação ao recipiente a ser utilizado, há uma forte disposição ao uso de tubetes rígidos como recipiente, sendo o uso de sacos de polietileno, ainda muito empregado na produção de mudas de espécies florestais (ALVES et al., 2012).

Com base nos pensamentos dos autores é essencial e desafiador escolher um substrato de qualidade que seja economicamente viável e ambientalmente adequado, de modo que a geração de resíduos e de impactos socioambientais seja minimizado.

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

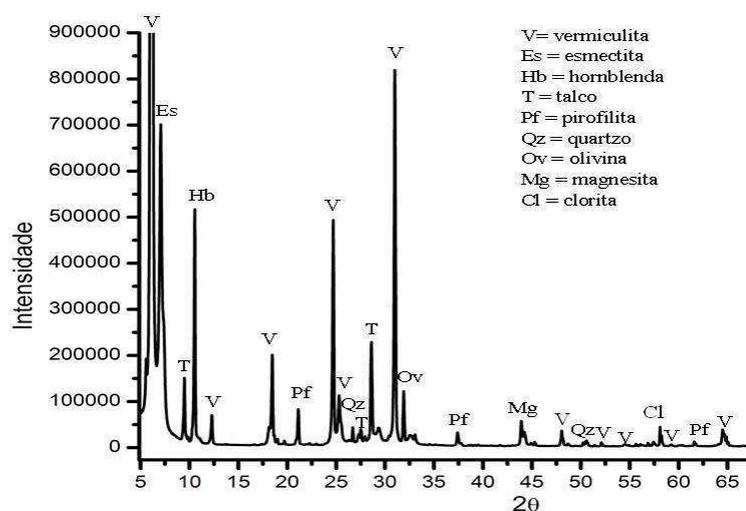
### 4.1. Local dos experimentos

O trabalho foi conduzido em condições de casa de vegetação, na Universidade Federal de Campina Grande, no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar - *Campus* de Pombal-PB, no período de fevereiro a maio de 2018. O *Campus* de Pombal está localizado no sertão paraibano, distante 370 km da capital João Pessoa. O município apresenta Latitude  $-6,76^{\circ}$  S e longitude  $-37,8^{\circ}$  W, e altitude de 184 metros. A classificação do clima da região, conforme Koppen (1948) é do tipo BSh, representando clima semiárido quente e seco, com precipitação média de aproximadamente 750 mm ano<sup>-1</sup>, com evaporação média anual de 2.000 mm.

De acordo com Holanda (2012) o clima da região é caracterizado como BSh (clima semiárido quente) com precipitação pluviométrica média anual, mensurada nos últimos 10 anos, de 963,07 mm (PARAÍBA, 2012) e temperatura média de  $28^{\circ}\text{C}$ .

Foram realizados dois experimentos, sendo um como resíduo de mineração de caulim e outro com resíduo de mineração de vermiculita.

O resíduo de caulim foi obtido na Mineração São João (MSJ) no município de Junco do Seridó – PB. O resíduo de Vermiculita foi obtido em uma área de descarte próxima à uma mineradora União Brasileira de Mineração (UBM) localizada no município de Santa Luzia-PB. A caracterização mineralógica do resíduo foi efetuada por difração de raios-X (DRX) a partir de uma amostra moída com granulometria abaixo de 200 mesh ( $74\ \mu\text{m}$ ) (Figura 1). A interpretação do difratograma gerado foi realizada com o auxílio do *Software* OXFORD CRYOSYSTEMS 700 Series Cryostream Cooler (1999) e da literatura (RESENDE et al., 2005).



**Figura 1.** Difratograma de raios X (DRX) do resíduo de vermiculita utilizado no experimento

## 4.2. Delineamento experimental e tratamentos

Foram realizados dois experimentos em casa de vegetação, sendo um com resíduo de caulim e outro com resíduo de vermiculita. Em ambos os experimentos, o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado sendo os tratamentos correspondentes a cinco proporções dos resíduos de mineração com quatro repetições totalizando 20 parcelas experimentais por experimento. Cada parcela experimental foi constituída por 8 plantas, sendo 160 mudas em cada experimento, totalizando 320 plantas nos dois experimentos. Os tratamentos foram estabelecidos como descrito a seguir:

T1: 0% de resíduo de mineração + 75% de solo + 25% de esterco;

T2: 10% de resíduo de mineração + 65% de solo + 25% de esterco bovino;

T3: 20% de resíduo de mineração + 55% de solo + 25% de esterco bovino;

T4: 30% de resíduo de mineração + 45% de solo + 25% de esterco bovino e

T5: 40% de resíduo de mineração + 35% de solo + 25% de esterco bovino.

## 4.3. Preparo do substrato e plantio das mudas de mamoeiro

As mudas foram produzidas em sacos de polietileno na cor preta, com dimensões de 14x20 cm. Estes recipientes foram preenchidos com 1,0 dm<sup>3</sup> de substrato de acordo com os tratamentos propostos. Antes da aplicação dos resíduos ao substrato, estes foram passados em peneira de 2 mm de malha para fins de padronização da granulometria. As sementes de mamoeiro 'Formosa' foram germinadas diretamente nos substratos produzidos (Figura 2) em cada tratamento (cinco sementes por recipiente).



**Figura 2.** Disposição dos recipientes constituintes das parcelas experimentais (A) e aspectos das mudas de mamoeiro formosa aos 30 (B) e 60 dias (C) após a semeadura.

As plantas foram cultivadas em casa de vegetação com cobertura de sombrite com passagem de 50% de luminosidade, temperatura média de 29,2 °C e umidade relativa média do ar de 65%. As irrigações foram realizadas diariamente no início da manhã e fim de tarde, de forma manual, com base na necessidade hídrica das plantas, e de forma a manter o substrato próximo à capacidade de campo. Após isso, fez-se o desbaste em que foi selecionado apenas uma planta por recipiente sendo essa planta de pelo menos 10 cm de altura.

#### 4.4. Caracterização do substrato

Após o preparo, homogeneização e distribuição nos recipientes de acordo com os tratamentos, as amostras correspondentes a cada repetição, foram encaminhadas ao Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do CCTA/UFMG para caracterização química (Tabela 1) e física (Tabela 2), conforme procedimentos descritos em Teixeira et al., (2017). A caracterização química constou da determinação de pH em água, CEes (condutividade elétrica do extrato de saturação), os teores de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{H} + \text{Al}^{+3}$ ,  $\text{Na}^{+}$  e  $\text{K}^{+}$  trocáveis e P disponíveis e matéria orgânica e dos valores de CTC, SB e V. A caracterização física constou da determinação dos valores de densidade global (DS), densidade de partículas, porosidade total e capacidade de retenção de água.

**Tabela 1.** Atributos químicos do substrato em função das proporções e do tipo de resíduo de mineração utilizado na composição dos substratos.

Prop. (%)	pH <sub>H2O</sub>	CE	M.O	P	Ca	Mg	Na	K	CTC	SB	V
		mS/cm	g/kg	mg/dm <sup>3</sup>	-----cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> -----					%	
Resíduo de caulim											
0	6,9	1.078,0	8,8	34,3	8,4	3,6	1,1	1,1	19,9	17,4	87,4
10	6,7	840,7	9,6	28,1	6,1	3,9	2,3	1,4	16,9	14,8	87,6
20	6,8	836,1	2,7	14,6	6,5	2,4	2,3	2,3	17,4	15,2	87,4
30	7,3	890,2	7,3	23,1	8,2	6,7	2,0	2,3	22,7	20,7	91,2
40	6,9	778,3	6,0	10,5	8,4	11,1	2,9	2,0	27,8	25,8	92,8
Resíduo de vermiculita											
0	7,1	657,7	5,9	22,3	7,6	4,0	1,4	2,9	19,4	17,3	89,2

10	6,9	440,3	5,9	14,0	7,0	7,5	1,4	1,4	20,6	18,4	89,3
20	6,9	372,4	7,9	24,9	7,5	8,5	1,6	1,6	22,5	20,2	89,8
30	6,8	1.075,0	2,9	12,8	7,1	2,2	2,5	2,5	17,3	15,0	86,7
40	6,8	1.135,0	4,0	17,4	5,5	4,1	3,0	3,0	18,2	16,2	89,0

Fonte: Autor

CE: Condutividade elétrica do extrato de saturação; MO: matéria orgânica; P: ter de fósforo disponível; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V: saturação por bases.

**Tabela 2.** Atributos físicos do substrato em função das proporções e do tipo de resíduo de mineração utilizado na composição dos substratos.

Proporção (%)	DS	Dp	Pt	CRA
	-----g/cm <sup>3</sup> -----		-----%-----	
	Resíduo de caulim			
0	1,25	2,37	47,35	57
10	1,24	2,37	47,40	55
20	1,21	2,33	48,25	56
30	1,24	2,39	48,18	59
40	1,17	2,27	48,71	58
	Resíduo de vermiculita			
0	1,25	2,40	48,04	56
10	1,27	2,52	49,76	57
20	1,24	2,45	49,20	51
30	1,29	2,33	44,79	61
40	1,24	2,41	48,76	57

Fonte: Autor

DS: Densidade aparente; DP: densidade de partículas; Pt: porosidade total; CRA: capacidade de retenção de água;

#### 4.5 Avaliação das plantas

Aos 45 dias após a semeadura, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), índice de área foliar (IAF), percentagem de sobrevivência (PS), número de folhas (NF). O Diâmetro do caule foi avaliado a cinco cm do colo da planta. O IAF foi estimado utilizando-se um Ceptômetro (AccuPAR modelo LP-80). As leituras foram realizadas no intervalo 12h às 13h.

Posteriormente, as plantas foram separadas em folhas, caule e raízes, as quais foram secas em estufa de circulação forçada de ar entre 60 °C e 65 °C para a obtenção da massa seca de folhas (MSF), da parte aérea (MSPA), de raízes (MSR) e total (MST). De posse dos dados

de AP (cm), DC (mm), MSPA (g/planta), MSR (g/planta) e MST (g/planta), e o Índice de Qualidade de Dickson (IQD) (Dickson, 1960), de acordo com a seguinte expressão:

$$IQD = \frac{MST}{(AP|DC) + (MSPA|MSR)}$$

#### 4.6. Análise estatística

Os dados obtidos para cada variável foram submetidos à análise de variância e teste de médias de Tukey para as proporções de resíduo de mineração. Os dados dos atributos físicos e químicos do solo foram correlacionados com os dados de crescimento e qualidade das plantas. A análise de variância e o teste de médias foram realizados utilizando-se o *software* estatístico SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2011) ao nível de significância de 5%. As análises de correlação foram realizadas ao nível de 10% utilizando-se o *software* SIGMAPLOT 11.0.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

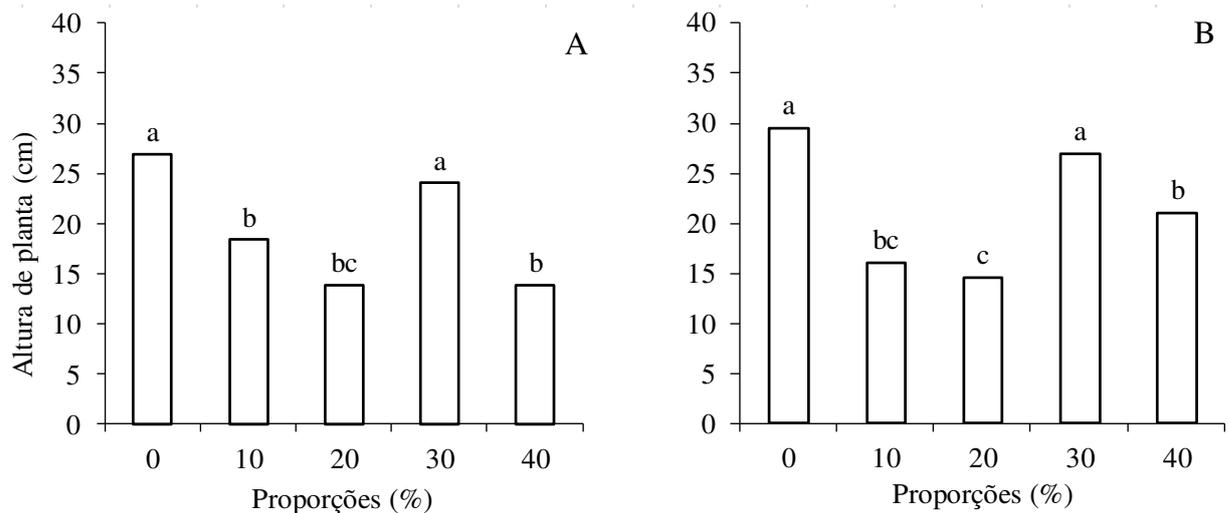
Conforme o resumo da análise de variância (Tabela 3), dentre as variáveis avaliadas, apenas o número de folhas por planta e a percentagem de sobrevivência não foram influenciados pelas proporções de ambos os resíduos testados.

Para a altura de planta (Figura 3), em ambos os experimentos, observou-se que o substrato composto por 30% de resíduo de caulim (Figura 3A) ou composto por 30% de vermiculita (Figura 3B) proporcionou valores semelhantes ao tratamento sem adição de resíduo de mineração. A altura de planta obtida no tratamento 30% de ambos os resíduos, esteve em torno de 28 cm. Este valor é superior aos obtido por Mesquita et al. (2012) e Guedes et al. (2018) em mudas de mamoeiro 'formosa', cultivados em condições ambientais semelhantes, porém utilizando esterco bovino.

**Tabela 3.** Quadrado médio da análise de variância para altura de planta (ALT), diâmetro do colo (DIAM), número de folhas (NF), percentagem de sobrevivência (PS), índice de área foliar (IAF), massa seca de folhas (MSF), massa seca de raízes (MSR), massa seca de caule (MSC), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca total (MST), razão da parte aérea: raiz (PA: R) e índice de área foliar (IAF).

Experimento com resíduo de caulim							
FV	GL	ALT	DIAM	NF	PS	IAF	MSF
Proporções	4	140,338758**	2,404308**	0,210180ns	1,875000ns	0,283392**	7,974255**
Erro	15	4,286410	0,337310	0,572385	0,816667	0,013810	0,737565
CV (%)	-	10,67	9,79	15,18	12,46	23,41	25,56
Experimento com resíduo de vermiculita							
FV	GL	ALT	DIAM	NF	PS	IAF	MSF
Proporções	4	171,330208**	1,853007*	0,455470ns	0,425000ns	0,175480**	10,574125**
Erro	15	6,152523	0,407988	0,197438	0,166667	0,027825	0,835967
CV (%)	-	11,47	10,39	9,33	5,30	42,72	24,78
Experimento com resíduo de caulim (cont.)							
FV	GL	MSR	MSC	MSPA	MST	IQD	
Proporções	4	0,702955**	14,467542**	43,745388**	54,827442**	0,317465**	
Erro	15	0,096340	1,215590	2,261202	2,082635	0,025942	
CV (%)	-	25,69	31,84	22,04	17,97	18,32	
Experimento com resíduo de vermiculita (cont.)							
FV	GL	MSR	MSC	MSPA	MST	IQD	
Proporções	4	0,507442*	9,209742**	35,678168**	42,206988**	0,203450**	
Erro	15	0,170368	0,922262	2,330868	1,760823	0,033257	
CV (%)	-	29,39	24,68	20,14	14,77	18,87	

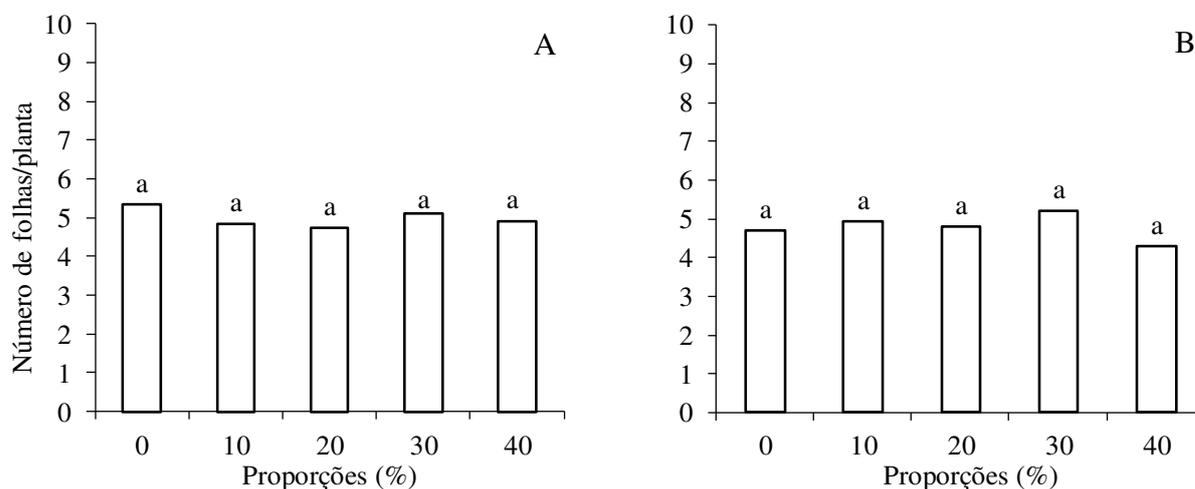
\*\* , \* e ns: significativo a 1%, 5% e não significativo, respectivamente pelo teste F.



**Figura 3.** Altura de mudas de mamoeiro do grupo 'Formosa' em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Como já mencionado, o número de folhas por planta não variou significativamente entre as proporções de ambos os resíduos de mineração testados (Figura 4). Em outros trabalhos, contudo, o número de folhas por planta foi variável dependendo da composição do substrato (OLIVEIRA et al., 2015; ROCHA et al., 2017). O número de folhas é uma consequência do desenvolvimento vegetativo da planta e está relacionado com processos de divisão celular (TAIZ e ZEIGER, 2013). Não obstante, nem sempre ocorre relação direta entre número de folhas e a massa seca de folhas, pois, as plantas podem diminuir a área foliar, sob condições de restrição de água e nutrientes, mas sem diminuir o número total de folhas. Desta forma, no presente trabalho, possivelmente, nos tratamentos com proporções de 10, 20 e 40% de resíduo de mineração, as mudas produziram o mesmo número de folhas como resposta as piores condições de crescimento, para manter a sua taxa fotossintética semelhante às demais plantas.

Os valores para número de folhas, obtidos no presente trabalho foram semelhantes aos obtidos por Costa et al. (2010) e Rocha et al. (2017) no mesmo período de cultivo e inferiores aos obtidos por Mesquita et al. (2012), cujos valores obtidos foram superiores a 12 folhas por planta. Contudo, neste último trabalho, as mudas de mamoeiro formosa tinham 63 dias após o transplântio.

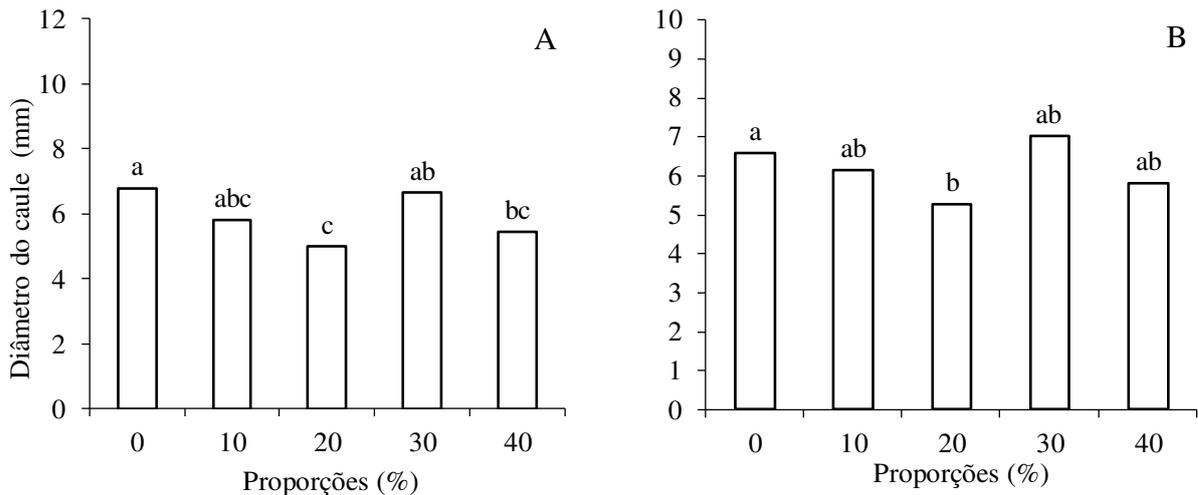


**Figura 4.** Número de folhas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Para o diâmetro do caule (Figura 5), os menores valores foram obtidos com a proporção de 20% de resíduo de caulim ou com 20% de resíduo de vermiculita. Em geral, os valores desta variável estiveram entre 5 mm e 7 mm, semelhantes aos obtidos por Costa et al. (2010) e

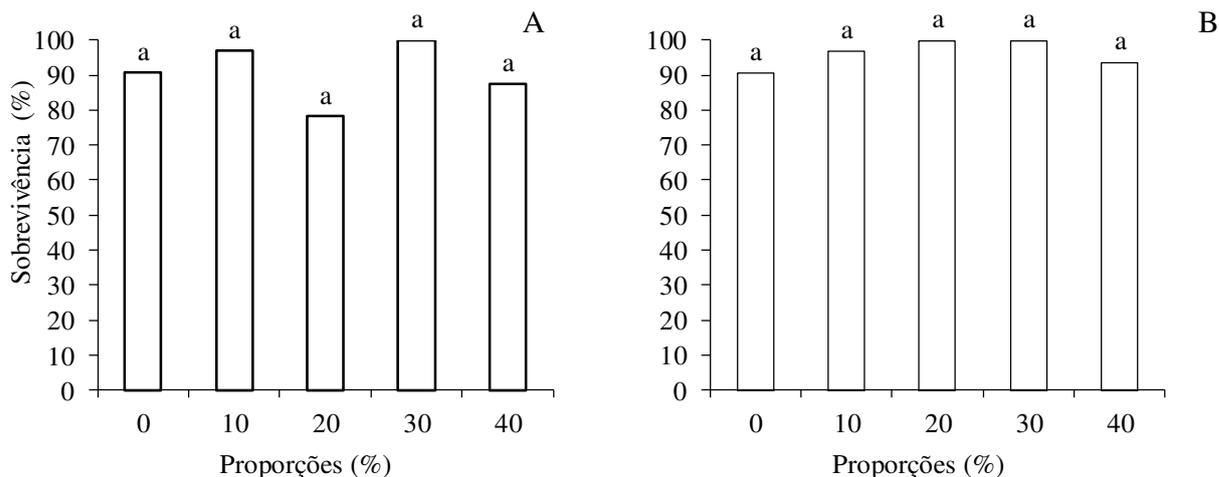
Sarmento et al. (2015) em mudas de mamoeiro ‘formosa’ com 38 e 63 dias após o transplântio, respectivamente.

O diâmetro do caule (DC) é um parâmetro de fundamental importância relacionado com a capacidade de sobrevivência e desenvolvimento da muda no campo. Neste sentido, Artur et al. (2007) e Costa et al. (2009) destacam que mudas altas e com pequeno diâmetro de coleto podem tombar facilmente ou morrer após o plantio no campo.



**Figura 5.** Diâmetro de caule de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A percentagem de sobrevivência das mudas não foi afetada significativamente pelos tratamentos testados (Figura 6). Em média, a sobrevivência das mudas com o resíduo de caulim foi de 90,6% e com o resíduo de vermiculita foi de 96,3%. Este fato indica que os resíduos de vermiculita, possivelmente proporcionaram melhores condições físicas e químicas para o crescimento e desenvolvimento das mudas. Este parâmetro é de fundamental importância, tendo em vista que o preço de comercialização da muda de uma determinada espécie depende do número de plantas por unidade de área do viveiro.

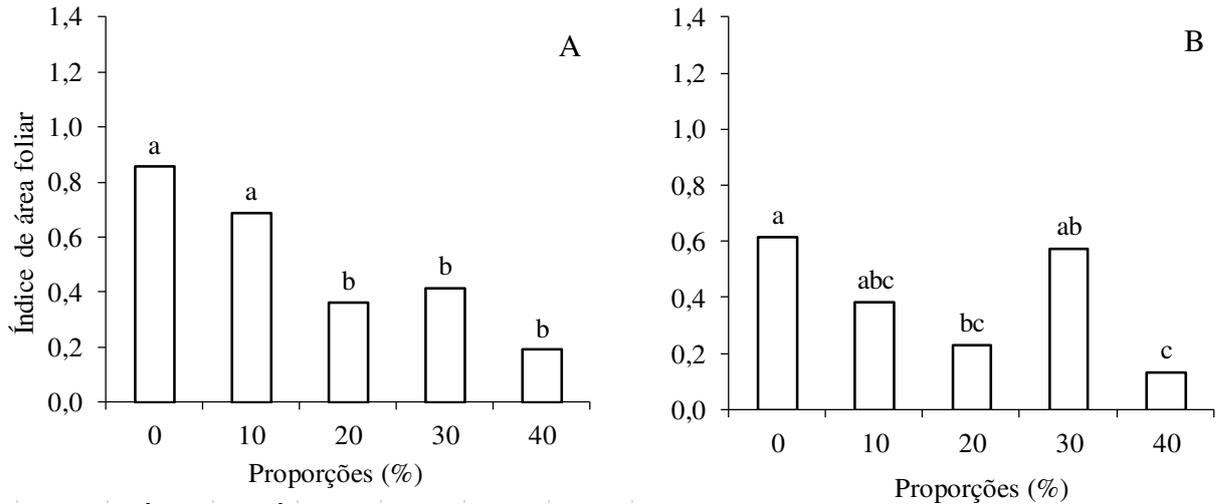


**Figura 6.** Percentagem de sobrevivência de mudas de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O índice de área foliar (IAF) no experimento com resíduo de caulim foi inferior nas proporções a partir de 20% (Figura 7A), e superior nas proporções 0 (sem resíduo) e 10%, os quais não diferiram entre si. No segundo experimento, por outro lado, a proporção de 30% de resíduo de vermiculita foi semelhante à obtida na proporção de 0% (Figura 7B), ou seja, na ausência de resíduo.

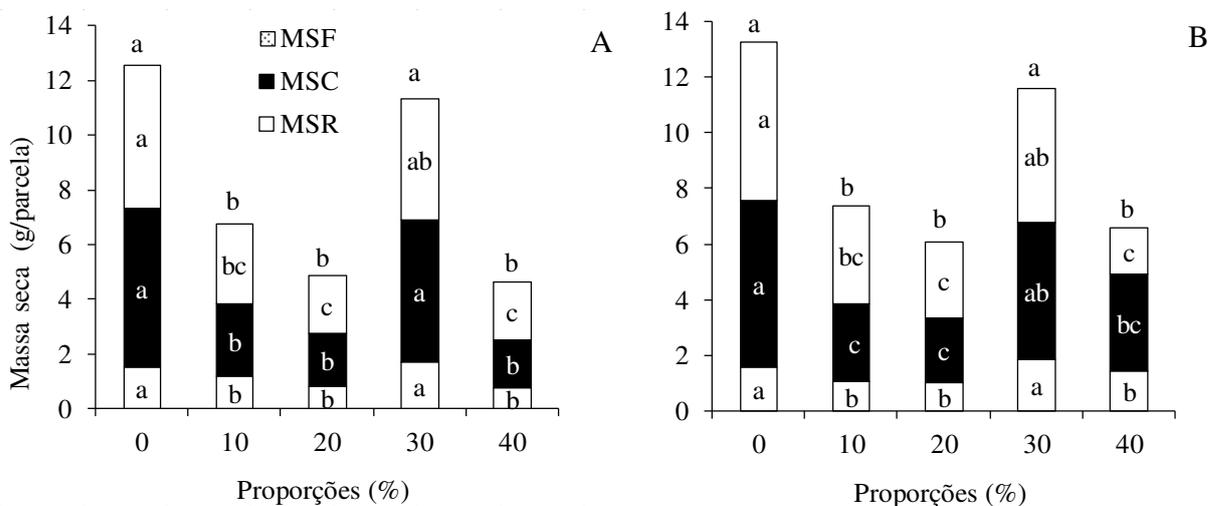
O índice de área foliar expressa a relação entre a área ocupada pelas folhas da planta em relação à área do ambiente por ela sombreada. De maneira geral, o IAF se relaciona melhor com a capacidade fotossintética da planta do que sua área foliar total, tendo em vista que as medidas representam a capacidade das folhas interceptarem a radiação solar, não se considerando, desta forma, as folhas que estariam sombreadas pelas demais.

Embora a proporção de 30% de caulim tenha favorecido o crescimento em altura das mudas no experimento com caulim, o mesmo não ocorreu com o índice de área foliar. Ressalta-se que o índice de área foliar no presente trabalho foi estimado pelo método do Ceptômetro, foi utilizado o princípio da interceptação da radiação solar pelas folhas. Assim, fatores como o ângulo de inclinação das folhas podem afetar esta variável e não refletir, necessariamente, o crescimento e a produção de massa seca das folhas das plantas.



**Figura 7.** Índice de Área Foliar de mamoeiro do grupo 'Formosa' em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A massa seca de raízes, de caule, de folhas e total, em ambos os experimentos (Figura 8), foi superior nas proporções de 0% e 30% dos resíduos de mineração, corroborando com o crescimento em altura das plantas (Figura 8). Apesar de não ter sido comparado estatisticamente, ocorreu uma similaridade na produção de massa seca total entre os tipos de resíduos avaliados, indicando que o potencial de ambos os resíduos como componente de substrato para mudas de mamoeiro é semelhante. Os valores obtidos de massa seca para todas as partes da planta foram semelhantes aos obtidos por Sá et al. (2013) e Oliveira et al. (2015) em mudas de mamoeiro do grupo formosa com 40 dias de idade.



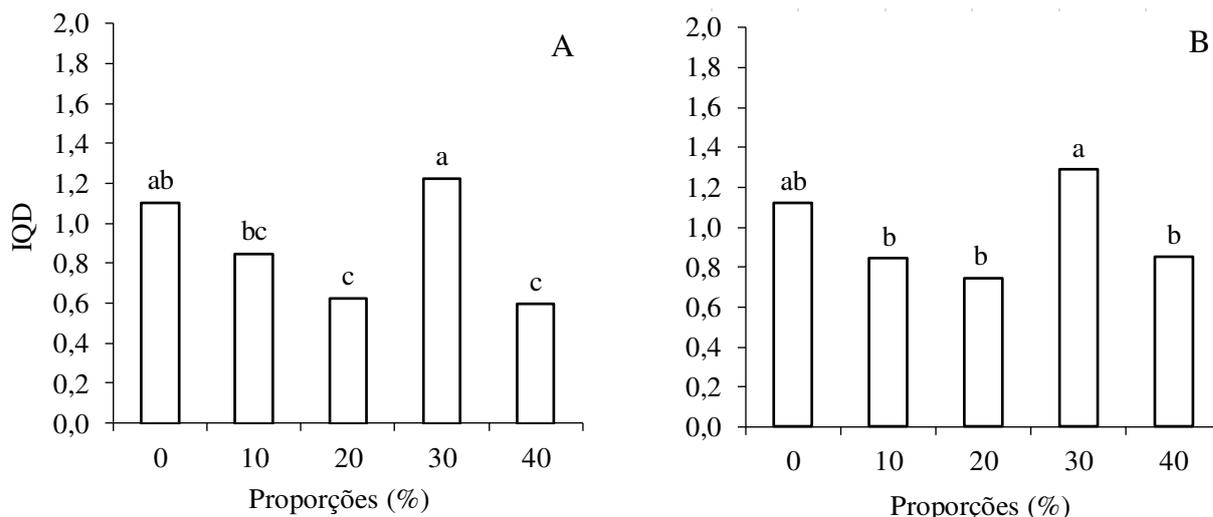
**Figura 8.** Massa seca de raízes (MSR), massa seca de caule (MSC), massa seca de folhas (MSF) e total (MSR+MSC+MSF) de mudas de mamoeiro do grupo 'Formosa' em função de

proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Há poucos estudos da utilização de resíduos de caulim e de vermiculita como substrato para a produção de mudas de mamoeiro. Pereira et al. (2008) avaliaram a influência de proporções de resíduo de caulim variando de 5 a 50% em mudas de mamoeiro cv. 'Sunrise Solo'. Os autores concluíram que o substrato constituído por 22% de rejeito de caulim, 29% de solo, 39% de esterco e 10% de areia proporcionou o máximo crescimento estimado da parte aérea e do sistema radicular das mudas de mamoeiro. Trabalhos com resíduo de vermiculita tem abordado principalmente espécies florestais. Neste sentido, Rodrigues et al. (2014) concluíram que o resíduo de vermiculita + solo, na proporção de 25%, proporcionou mudas da espécie sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia Benth*) de boa qualidade. Da mesma forma, Silva do Ó et al. (2015) concluíram que o resíduo de mineração de vermiculita pode ser utilizado na produção de muda da espécie florestal nativa craibeira. Silva et al. (2016) observaram que resíduo de vermiculita, na proporção de 33%, pode ser empregado na produção de mudas de maracujazeiro, com resultados semelhantes ao substrato comercial.

Embora tenha verificado diferenças nos atributos químicos e físicos dos substratos, em razão das proporções dos resíduos de mineração utilizados, não é possível estabelecer uma relação direta destes atributos com o crescimento e a produção de massa seca das plantas. Contudo, na proporção de 30%, especialmente do resíduo de vermiculita, o substrato apresentou uma ligeira superioridade na capacidade de retenção de água (Tabela 2), o que poderia explicar em parte os efeitos positivos desta proporção sobre as mudas.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) seguiu a tendência observada para a produção de massa seca total, ou seja, para ambos os resíduos, as proporções de 0% e 30% foram superiores em relação aos demais tratamentos, mas semelhantes entre si (Figura 9). Os valores desta variável oscilaram de 0,74 a 1,12 para o resíduo de caulim e de 0,59 a 1,22 para o resíduo de vermiculita. O IQD tem sido considerado com um bom indicador da qualidade das mudas, por considerar a robustez e o equilíbrio da distribuição da fitomassa, sendo levados em consideração, para o seu cálculo, vários parâmetros morfológicos importantes, como altura, diâmetro do coleto e massa seca das plantas (FONSECA, 2000; RODRIGUES et al., 2014).



**Figura 9.** Índice de qualidade de Dickson (IQD) de mamoeiro do grupo ‘Formosa’ em função de proporções de resíduo de caulim (A) e de vermiculita (B) na composição do substrato. Médias seguidas por letras diferentes, diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores de IQD obtidos no presente trabalho são semelhantes aos obtidos por Souza et al. (2015) em mudas de mamão cultivar ‘Sunrise Solo’, com 65 dias após a semeadura. Em mudas de mamão formosa de 52 dias após a semeadura, Guedes et al. (2018) obtiveram valores IQD variando de 0,40 a 0,60, ou seja, bem abaixo dos obtidos neste trabalho. Desta forma, os valores de IQD obtidos corroboram com as demais variáveis de crescimento das mudas de mamoeiro, atentando que os resíduos de mineração estudados no presente trabalho podem substituir 30% do solo empregado na composição dos substratos.

Pela análise de correlações entre os atributos químicos do substrato e as variáveis das (Tabela 4), houve correlação significativa positiva entre os teores de cálcio no substrato com a altura de planta, massa seca de raízes, massa seca total e índice de qualidade de Dickson. O cálcio é um elemento essencial para as plantas e está envolvido na divisão celular, atuando principalmente como componente de pectatos de cálcio da lamela média na parede celular, sendo fundamental, portanto, para o crescimento da planta (MARSCHNER, 2012). Por outro lado, houve correlação significativa negativa entre os teores de sódio trocável no substrato com os valores de índice de área foliar e com a massa seca de folhas. O sódio é considerado um elemento tóxico para a maioria das plantas, podendo causar efeitos nutricionais negativos como a diminuição da absorção de nutrientes catiônicos, como o Ca, Mg e K, por inibição competitiva e toxidez direta, causando seca das folhas e diminuição da taxa de crescimento (TAIZ e ZEIGER, 2013).

**Tabela 4.** Coeficientes de correlação simples de Person entre os atributos químicos do substrato e as variáveis avaliadas nas mudas de mamoeiro.

	CE	M.O	P	Ca	Mg	Na	K	CTC	pH
Altura	0,292	0,208	0,308	0,730*	-0,107	-0,438	-0,020	0,169	0,603*
Diâmetro	0,372	0,195	-0,271	0,448	-0,263	-0,268	0,112	-0,063	0,533
NF	0,080	-0,111	0,185	-0,212	-0,554	-0,259	0,475	-0,561	0,417
PS	0,350	-0,311	-0,343	-0,028	-0,322	0,215	0,079	-0,237	0,060
IAF	-0,270	0,307	0,403	0,342	-0,173	-0,826**	-0,115	-0,156	0,540
MSF	0,324	0,251	0,561	0,383	-0,521	-0,583°	-0,041	-0,325	0,437
MSR	0,299	0,048	0,048	0,703*	-0,048	-0,204	0,058	0,221	0,602*
MSC	0,324	0,146	0,314	0,643°	-0,258	-0,419	0,050	0,019	0,503
MST	0,335	0,187	0,405	0,564°	-0,360	-0,484	0,013	-0,107	0,507
MSPA	0,333	0,201	0,443	0,536	-0,392	-0,510	0,007	-0,146	0,485
IQD	0,315	0,087	0,179	0,574°	-0,236	-0,305	0,052	-0,003	0,570

CE: Condutividade elétrica do extrato de saturação; MO: matéria orgânica; P: teor de fósforo disponível; CTC: capacidade de troca de cátions; NF: número de folhas; Percentagem de sobrevivência; IAF: índice de área foliar; MSR: massa seca de raízes; MSC: massa seca de caule; MST: massa seca total; MSPA: massa seca da parte aérea; IQD: índice de qualidade de Dickson.

\*\*, \* e °: Significativo ao nível de 1%, 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t.

O pH apresentou correlação significativa positiva com a altura de planta e com a produção de massa seca de raízes, tal como ocorreu para o cálcio. Este fato deve-se, provavelmente, à influência direta do pH sobre a disponibilidade de Ca para as plantas, assim como ao aumento da disponibilidade de outros nutrientes como Mg, S, P, Mo e B (NOVAIS et al., 2007), embora no presente trabalho não tenha sido observado correlação significativa entre os teores de P e Mg com as variáveis avaliadas nas plantas.

Em relação aos atributos físicos do substrato, observaram-se correlações positivas entre densidade do substrato e o número de folhas e entre capacidade de retenção de água e diâmetro do coleto, massa seca de raízes e índice de qualidade de Dickson. Por outro lado, houve correlação negativa entre a porosidade total e as variáveis massa seca de caule, massa seca total e massa seca da parte aérea. Este fato indica que o aumento de porosidade total do substrato não necessariamente promoverá um aumento da retenção de água, o que é corroborado pela relação direta entre a densidade global do substrato e a capacidade de retenção de água. Assim, provavelmente, nos tratamentos com maior densidade houve um aumento da proporção de microporos e portanto uma maior capacidade de retenção de água, favorecendo a produção de massa seca pelas plantas.

**Tabela 5.** Coeficientes de correlação simples de Person entre os atributos físicos do substrato e as variáveis avaliadas nas mudas de mamoeiro.

	DS	DP	Pt	CRA
Altura	0,253	-0,203	-0,420	0,533
Diâmetro	0,382	-0,160	-0,542	0,627*
NF	0,678*	0,340	-0,317	0,174
NP	0,077	-0,332	-0,410	0,733
IAF	0,582	0,519	-0,028	0,046
MSF	0,525	0,005	-0,525	0,347
MSR	0,177	-0,353	-0,524	0,703*
MSC	0,304	-0,263	-0,565°	0,511
MST	0,399	-0,168	-0,567°	0,484
MSPA	0,419	-0,141	-0,562°	0,447
IQD	0,383	-0,220	-0,603°	0,659*

DS: Densidade aparente; DP: densidade de partículas; Pt: porosidade total; CRA: capacidade de retenção de água; NF: número de folhas; NP: número de plantas; IAF: índice de área foliar; MSR: massa seca de raízes; MSC: massa seca de caule; MST: massa seca total; MSPA: massa seca da parte aérea; IQD: índice de qualidade de Dickson.

\* e °: Significativo ao nível de 5% e 10%, respectivamente, pelo teste t.

Os teores de Ca, pH e capacidade de retenção de água do substrato se correlacionaram positivamente com o crescimento e qualidade das mudas de mamoeiro, enquanto os teores de sódio e a porosidade total se correlacionaram de forma negativa.

## 6. CONCLUSÕES

Mudas de mamoeiro do grupo formosa podem ser produzidas com substrato contendo 30% de resíduo de mineração de caulim ou vermiculita + 45% de solo + 25% de esterco bovino.

A substituição de 30% do volume de solo por resíduo de mineração de caulim ou de vermiculita, proporcionou produção de massa seca e a qualidade de mudas de mamoeiro formosa semelhantes quando produzidas em substrato padrão.

## REFERÊNCIAS

ABRANTES, D. S.; NOBRE, R. G.; SOUZA, L. de P.; GOMES, E. M.; SOUZA, A. dos S.; SOUSA, F. F. de. Produção de mudas enxertadas de goiabeira irrigadas com águas salinizadas sob adubação nitrogenada. **Revista Espacios**, Vol. 38 (Nº 31), Pág. 6.2017.

ADX.BuildingSolutions.Disponível em: <http://www.adxdepot.com.au/image/data/Data%20Sheets/Vermiculite%20Fact%20File.pdf> .Acesso em: 10 jan. 2019.

ALBANO, F. G.; MARQUES A. S.; MARQUES, A. S.; CAVALCANTE, I. H. L. Substrato alternativo para produção de mudas de mamoeiro formosa (cv.Cauliman). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.42, n.4, p.388–395, 2014.

ALVES, A. S. de.; OLIVEIRA, L. S. B. de.; ANDRADE, L. A. de.; GONSALVES, G. S.; SILVA, J. M. de. Produção de mudas de angico em diferentes tamanhos de recipientes e composição de substratos. **Revista Verde, Mossoró**, v. 7, n. 2, p. 39-44, Abr./Jun. 2012.

AMORIM, D. A. de.; ROZANE, D. E.; SOUZA, H. A. de.; MODESTO, V. C.; NATALE, W. Adubação nitrogenada e potássica em goiabeiras ‘paluma’: efeito na produtividade e na qualidade dos frutos para industrialização. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 37, n. 1, p. 201-209, Mar. 2015.

AMORIM, E. G. Elaboração alternativa de produtos a partir de resíduos alimentares. **Veredas Favip**, v. 7, n. 1, 2014.

AMORIM, O. Uso Da Enxertia Na Propagação Da Mangueira. **Relatório**. Universidade Federal De Viçosa. Viçosa-MG, p.1-33, 2017.

ANDRADE, A. L. S.; SOUSA, A. A. P. de.; OLIVEIRA, D. F. de.; MEDEIROS, A. C.de.; MARACAJA, P. B. Mineração de caulim no município de Equador-RN Brasil: andragogia e percepção ambiental. **Revista Brasileira De Gestão Ambiental**, Pombal, v. 9, n. 1, p. 27-47, jan./DEZ. 2015.

ANJOS, C. M. DOS.; NEVES, G. A. Utilização do resíduo de caulim para a produção de blocos solo-cal. **Revista Eletrônica De Materiais E Processos** , Campina Grande, v. 6, n. 2, p. 91-96, 2011.

ARAÚJO, A. C. de.; OLIVEIRA, V. E. Alves.; ARAÚJO, A. C. de .; PEREIRA, W. E.; PINHEIRO, S.M. G. **Utilização do rejeito de caulim na composição de substratos para produção de mudas de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.)**. IN: VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROECOLOGIA, 2013, Porto Alegre/RS. Anais. Porto Alegre, 2013.p.

ARAÚJO, A. C. de.; DANTAS, A. C. de.; LAURENTINO, M. K.; PEREIRA.; ESFRAIN, W.; IBRAHIM, A, M. A. Utilização de substratos orgânicos na produção de mudas de mamoeiro, **Revista Brasileira de Agroecologia** . V.8,N.1: 210-216 (2013)

BALLESTER-OLMOS, J.F. Substratos para el cultivo de plantas ornamentales. Valencia: Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, **Hojas Divulgadoras**, n.11, 44 p., 1992.

BERTOLINO, L. C.; TOREM, M. L.; SCORZELLI, R. B.;ROSSI, A. M. Caracterização mineralógica e beneficiamento do caulim de prado (BA). **Revista Holos**, Rio de Janeiro, v. 05, n. 1, p. 83-92, 2012.

**Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 32, n. 2, p. 201-210, 2014.

BONATTI, V. F. B.; MOREIRA, E. R.; SOUSA, P.T. de. Substratos orgânicos na produção de mudas de mamão. Sunrise Solo. **Tecnol.& cien.agropec.**; joao pessoa, n. 3, p. 31-35, set. 2017.

BRASIL MINÉRIOS. **Vermiculita**. Disponível em: <http://www.brasilmine-rios.com.br/b2c/loja/Pagina.do?action=home&idLoja=1775> . Acesso em: 10 jan. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 399 p.

CALDEIRA, M. V.; DELAMELINA, W. M.; PERONE. L.; GONSALVES. E. O. de.; SILVA, A. G. da. Lodo De Esgoto E Vermiculita Na Produção De Mudas De Eucalipto. **Pesq. Agropec. Trop**, Goiânia, v. 43, n. 2, p. 155-163, abr./jun. 2013.

CAMPOS, G. N. F. **Clonagem De *Cnidocolus Phyllacanthus* (Faveleira)**, 2013. 45p. Dissertação (Mestrado em ciências florestais) - Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2013.

CASTRO, R. J. S.; SOARES, R. A. L.; BRUNO, R. L. A.; SILVA, J. A. L.; SOUZA, V. C. Estudo do efeito do feldspato e resíduo de caulim na produção de revestimento cerâmico. **Revista Cerâmica Industrial**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 30-36, jan./Fev. 2015.

CAVALCANTE, L. F.; VIEIRA, M. D. S.; SANTOS, A. F. D.; OLIVEIRA, W. M. D.; NASCIMENTO, J. A. M. D. Água salina e esterco bovino líquido na formação de mudas de goiabeira cultivar ‘Paluma’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p. 251-261, 2010.

CNA. Capítulo 10: **Fruticultura**. In: Balanço 2016. Perspectivas 2017. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. 203 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim Hortigranjeiro / Companhia Nacional de Abastecimento**. v. 3, n. 4, abril 2017.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; SANTOS, L. C. R. dos.; Vieira, L. C. R. Crescimento de mudas de mamoeiro conduzidas em diferentes ambientes protegidos, recipientes e substratos na região de Aquidauana, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Maringá, Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 463-470, 2010.

COSTA, E. LEAL, P. A. M.; SANTOS, L.C.R.; VIEIRA, L.C.R. Crescimento de mudas de mamoeiro conduzidas em diferentes ambientes protegidos, recipientes e substratos na região de Aquidauana, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 3, p. 463-470, 2010.

COSTA, E.; LEAL, P. A. M.; SANTOS, L. C. R. dos.; VIEIRA, L. C. R. Crescimento de mudas de mamoeiro conduzidas em diferentes ambientes protegidos, recipientes e substratos na região de Aquidauana, Estado do Mato Grosso do Sul. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 463-470, 2010.

DANTAS, J. L. L.; LUCENA, R.L S.; VILAS BOAS, S. ARAÚJO. Avaliação Agronômica De Linhagens E Híbridos De Mamoeiro. Rev. Bras. **Frutic., Jaboticabal** - SP, v. 37, n. 1, p. 138-148, Março 2015.

DE BOODT, M.; VERDONCK, O.; CAPPAERT, I. Method for measuring the water release curver of organic substrates. **Acta Horticultural, Wageningen**, n.37, p.2055-2062,1974.

DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL – DNPM - **Sumário Mineral Brasileiro 2007**. Brasília: Departamento Nacional da Produção Mineral, 2007(a). Disponível: <[www.dnpm.gov.br](http://www.dnpm.gov.br)> . Acesso em 10 jan 2019.

DIAS, J. M. M.; FELISMINO, D. C.; MOTOIKE, S. Y.; SIQUEIRA, D. L.; BRUCKNER, C.  
H. **Propagação da goiabeira.** Disponível em:

[http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras\\_William/Livrogoi-aba\\_pdf/16\\_propagacaogoiaba.pdf](http://www.nutricaoodeplantas.agr.br/site/ensino/pos/Palestras_William/Livrogoi-aba_pdf/16_propagacaogoiaba.pdf). Acesso em: 18 MAR. 2019

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of White spruce and White pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle** , v.36, p.1-6, 1960.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2º ed. Rio de Janeiro-RJ, p.230,2011.

EMBRAPA- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Panorama da cultura do mamoeiro no Brasil: principais problemas da cadeia produtiva**. Disponível em: <https://www.todafruta.com.br/wp-content/uploads/2018/06/MAMAQ.pdf>. Acesso em: 24 MAR. 2019.

FÉLIX, V. S. E CAVALCANTI, W. C., A Adoção Da Variável Ambiental Para A Materialização Da Sustentabilidade Em Empresas Do Setor Extrativistas Localizadas No Cariri E Seridó Paraibano. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 02, p.346-360,2012.

FERREIRA, F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciencia e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1039-1042,2011.

FONTENO, W. C. Problems and considerations in determining physical properties of horticultural substrates. Substrates in Horticulture. **Acta Horticulture**, v.342, p.197-204, 1993.

FRANÇA, S. C. A., ARRUDA, G. M., UGARTE, J. F. O. **Utilization of vermiculite on the treatment of water contaminated with organic compounds**. In: Proceedings of ENPROMER 2005 - 2nd Mercosur Congress on Chemical Engineering, 2005. Angra dos Reis: V. 1. p. 1-9.

GUEDES, W. A.; ARAÚJO, R. H. C.R.; ROCHA, J. L.; LIMA, J. F. de.; DIAS, G. A. D.; OLIVEIRA, Á. M. F.de.; LIMA, R. F. de.; OLIVEIRA, L. M. Production of Papaya Seedlings Using *Spirulina platensis* as a Biostimulant Applied on Leaf and Root. **Journal of Experimental Agriculture International**, v.28, n.1:p.1-9, 2018.

GUEDES, W. A.; ROCHA, R. H. C.; ARAÚJO, J. L. de ; LIMA, J. F. ; DIAS, G. A. ; OLIVEIRA, A. M. F. ; LIMA, R. F. ; OLIVEIRA, L. M. . Production of Papaya Seedlings Using *Spirulina platensis* as a Biostimulant Applied on Leaf and Root. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 28, p. 1-9, 2018.

HASHEM, F. S., AMIN, M. S., EL-GAMAL, S. M. A. Chemical activation of vermiculite to produce highly efficient material for Pb<sup>2+</sup> and Cd<sup>2+</sup>-removal. **Applied Clay Science**, v. 115, p. 189-200, 2015.

HOFFMANN, G. Verbindliche Methoden Zur Untersuchunh Von TKS und Gartnerischen. Erden: Mitteilungen der VDLUFA, **Helf**, v.6,p.129-153,1970.

HOLANDA, A. C. de. **Estrutura da comunidade arbustivo-arbórea e suas interações com o solo em uma área de caatinga**, 2012. 165 fls. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural do Pernambuco, Recife-Pe. 2012.

IBGE. SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática, 2016. Disponível em: Acesso em: 05 jul. 2018.

JAVED, M. S.; RANDHAWA, M. A.; BUTT, M. S.; NAWAZ, H. Effect of calcium lactate and modified atmosphere storage on biochemical characteristics of guava fruit. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. 4. 2015.

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

KÖPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Económica. México. 1948. 479p.

LEITE, M. J. H.; BAKKE, O. A. Uso de coprodutos da extração de vermiculita na produção de mudas de faveleira (*Cnidioscolus quercifolius* Pohl.). **HOLOS**, n. 34, Vol. 03,2018.

LUZ, A. B. da. **Argila – Caulim**. Acesso em: 13 MAR. 2019.

MARCOS, C., RODRÍGUEZ, I. Exfoliation of vermiculites with chemical treatment using hydrogen peroxide and thermal treatment using microwaves. **Applied Clay Science**, v. 87, p. 219–227, 2013.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 3.ed London: Elsevier, 2012. 643p.

MARTINS, C. C.; MACHADO, C. G.; CALDAS, I. G. R.; VIEIRA, I. G. Vermiculita como substrato para o teste de germinação de sementes de barbatimão. **Ciência Florestal**, v.1, n.3, p.421-427, 2011.

MEDEIROS, E. V. et al. Superfosfato triplo e substrato alternativo na produção de mudas de mamoeiro. **Biosci. J.**, v.25, n.2, p.55-62, 2009.

MELETTI, L. M. M. **Propagação de frutíferas tropicais**. Guaíba: Agropecuária, 2014. 239p.

MENDONÇA, V.; RAMOS, J. D.; ARAÚJO NETO, S. E.; PIO, R.; GONTIJO, T. C. A.; JUNQUEIRA, K. P. Substratos e quebra de dormência da semente na formação do porta enxerto de gravioleira cv. RBR. **Revista Ceres**, Viçosa, v.49. p. 657-668. 2002.

MESQUITA, E. F.de.; CHAVES, L. H. G.; FREITAS, B. V.; SILVA, G. A.; SOUSA, M. V. R.; ANDRADE, R. Produção de mudas de mamoeiro em função de substrato contendo esterco bovino e volumes de recipientes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.07, n.1, p.58-65, 2012.

MONTE, M. B. M., BARROS, F. S., POLIDORO, J. C. **Inovação tecnológica no uso de minerais industriais na agricultura** - Projeto AGROMIN/CT-Mineral, CETEM/MCTI, Rio de Janeiro, 2004.

MORAIS, T. L.; COSTA, A. C.; MENEZES, M. de.; SOUZA, M. E. de. Produção de mudas de mamoeiro em função de diferentes substratos. **Rev. Cultivando o saber**, Mato grosso - MT, v.10, n. 4. 408-420, Fev/ Dez. 2017.

MULLER, N. G.; FASOLO, D.; PINTO, F. P; BERTÊ, R.; MULLER, F. C. Potencialidades fitoquímicas do melão (*Cucumis melo* L.) na região Noroeste do Rio Grande do Sul – Brasil. Santo Ângelo-Brasil; URI Departamento de Ciências da Saúde, **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 194-198, 2013

NEGREIROS, J. R. S.; BRAGA, L. R.; ÁLAVARES, V. S.; BRUCKENER, C. H. Diferentes substratos na formação de mudas de mamoeiro do grupo Solo. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, n.1, p.101-103, 2005.

NEGREIROS, J. R. S.; BRAGA, L. R.; ÁLVARES, V. S.; BRUCKNER, C. H. Diferentes substratos na formação de mudas de mamoeiro do grupo solo. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.11, n.1, p.101-103, 2005.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.1017.

OLIVEIRA, F. T.de. **Desenvolvimento De Porta-Enxertos De Goiabeira Sob Influência De Fontes Orgânicas, Recipientes E Fosfato Natural**. Tese (Doutorado Em Fitotecnia). Agência de Águas do Estado da Paraíba. Manual de fiscalização do uso dos recursos hídricos do Estado da Paraíba, João Pessoa – PB, AESA, 2012. P. 94 CDU 556.18.

OLIVEIRA, L. S. B. de.; A, L. A. de.; SOUSA, A. A.; de .; GONÇALVES, G. S. Substrato e volume de recipiente na produção de mudas de jatobá (*Hymenaea courbaril* L.). **Nativa Pesquisas Agrárias e Ambientais**, v. 02, n. 02, p. 103-107, abr./jun. 2014.

ONO, E. O.; GRANA Júnior, J. F.; RODRIGUES, J. F. Reguladores vegetais na quebra de dormência apical do mamoeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Joboticabal, v.26, n.2, p. 348-350, 2014.

PARAÍBA. Agência de Águas do Estado da Paraíba. **Manual de fiscalização do uso dos recursos hídricos do Estado da Paraíba, João Pessoa – PB**, AESA, 2012. p. ? CDU 556.18 (094). Disponível em: [http://www.aesa.pb.gov.br/fiscalizacao/arquivos/Manual\\_FiscalizacaoVersao\\_Final.pdf](http://www.aesa.pb.gov.br/fiscalizacao/arquivos/Manual_FiscalizacaoVersao_Final.pdf)>. Acesso em 12 Jun. 2014

PAULA, R.F. **Vermiculita**. In: DNPM vol 34. Sumário Mineral. Brasília, 2014. 152 p., cap Vermiculita, p. 122-123.

PERALTA, M. M. C. **Tratamento químico de uma vermiculita visando seu uso em compósitos de polipropileno**. 2009. 77 p. Dissertação em Engenharia. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: Fealq, 1997. 183 p.

PEREIRA, W. E.; SOUSA, G. de .; ALENCAR, M. L. de .; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, G. L. da . Crescimento de mudas de mamoeiro em substratos contendo caulim. **Revista Verde**, (Mossoró – RN – Brasil) v.3, n1. p 27-35 de abril/junho de 2008.

PEREIRA, W. E.; SOUSA, G. G.; ALENCAR, M. L.; MENDONÇA, R. M. N.; SILVA, G. L. Crescimento de mudas de mamoeiro em substratos contendo caulim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 3, n. 1, p. 27-35, 2008.

PONTES, J. C., LIRA, W. S. E LIMA, V. L. A. **Aplicação de técnicas de produção mais limpa no de rocha e sua contribuição para a saúde do trabalhador**. IN: LIRA, W. S. &

CÂNDIDO, G. A. *Gestão Sustentável dos Recursos Naturais: uma Abordagem Participativa*. Campina Grande: EDUEPB, 2013.

REETZ, E. R.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; DRUM, M.; **Anuário Brasileiro da Fruticultura** 2015. 104 p. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2015.

REIS, E. **Vermiculita no Brasil-Situação Atual**. Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT)/Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE), 2002.

RESENDE, M.; CURI, N.; KER, J. C. & REZENDE, S. B. Mineralogia de solos brasileiros: Interpretação e aplicações. Lavras, Universidade Federal de Lavras, **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.** Recife, v.7, n.1, p.58-65, 2012.

ROCHA, E.; AGUIAR, S.; ARAUJO, V.; DUARTE, W.; MAGALHÃES, M. Elaboração e caracterização de sobremesa láctea à base de frutas tropicais. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 19, n. 129, p. 12-14, 2005.

ROCHA, R. H. C.; LIMA, J. F.de.; LIMA, J. F.de.; FORTUNATO, T. C. S. de.; JUNIOR, F. J. M.de.; GUEDES, W. A.; ALMEIDA, R. S.de. Biomassa e fisiologia de mudas de mamoeiro produzidas sob adubação foliar com *Spirulina platensis*. **Revista Científica**, Jaboticabal, v.45, n.4, p.398–405, 2017.

RODRIGUES R. D., FREIRE A. L. O., NETO J. H. N. Uso de rejeitos de mineração e materiais orgânicos na composição de substrato para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). **Revista Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 11 , n. 1, p. 016-027, jan/jun. 2014.

RODRIGUES, M. J.S da.; OLIVEIRA, E. R. M. de.; GIRARDI, E. AUGUSTO.; LEDO, C. A.S. DA.; ROLIM, H. O. **Potencial de uso agrícola do rejeito de caulim**. 2013. 100 f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solos e Água). Centro de Ciências Agrárias. Universidade Federal da Paraíba, Areia.

RODRIGUES, R. D.; FREIRE, A. L. O. de.; NETO, J. H. N. do.; Uso de rejeitos de mineração e materiais orgânicos na composição de substrato para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.). **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 11, n. 1, p. 16-27, jan./jun.. 2014.

ROZANE, D. E. Goiaba tem nova matriz de custo de produção. In: **AGRIANUAL 2011: anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP, 2011. p. 302-306.

SA, F. V.da.; NOBRE, R. G.; SILVA, L.A. de.; MOREIRA, R. C.L.; PAIVA, E. P. de Tolerance of guava rootstocks under salt stress. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1072-1077, 2016.

SÁ, F.V.S. da.; BRITO, M. E. B.; MELO, A. S. de.; NETO, P. A. N.; FERNADES, P. D.; FERREIRA, I. B. Produção de mudas de mamoeiro irrigadas com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1047–1054, 2013.

SÁ, F. S.V da.; PEREIRA, F. H. F.; LACERDA, F.H. D.; SILVA, A. B da.; Crescimento inicial e acúmulo de massa seca de cultivares de mamoeiro submetidas à salinidade da água em cultivo hidropônico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 8, n. 3, p. 435-440,2013.

SAMPAIO, R. A.; RAMOS, S. J.; GUILHERME, D. O.; COSTA, C. A.; FERNANDES, L. A. produção de mudas de tomateiro em substratos contendo fibra de coco e pó de rocha. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.4, p.499-503, 2008.

SANTANA, A. A. **Enraizamento de estacas de goiabeira, cultivar ‘chinesa’, com o uso de ácido indolbutírico, sob câmara de nebulização**. 2014. 29f.Monografia (Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária) Universidade de Brasília,2014.

SANTO ÂNGELO-BRASIL; URI Departamento de DUPRÉ MINERALS.**WHAT IS VERMICULITE**. Disponível em [www.dupreminerals.com/en/vermiculite/introduction](http://www.dupreminerals.com/en/vermiculite/introduction). Acesso em: 10 jan. 2019.Rio grande do Sul- BRASIL.

SANTOS, D. B. dos.; COELHO,E. F.; SIMÕES, W. L.; JÚNIOR, J. A. S.; FILHO, M. A. C.; BATISTA, R. O. Influência do balanço de sais sobre o crescimento inicial e aspectos fisiológicos de mamoeiro. **REVISTA Magistra**, Cruz das Almas – BA, V. 27, N. 1, p. 44 – 53, Jan./Mar. 2015.

SEBRAE. Agronegócio: fruticultura. **Boletim de Inteligência**. 2015. Disponível em:<<http://www.sebraemercados.com.br/wpcontent/uploads/2015/11/Panoramado-mercado-de-fruticultura-no-Brasil.pdf>> Acesso em: 09 jan. 2019.

SILVA, A. C.; VIDAL, M.; PEREIRA, M. G. Impactos ambientais causados pela mineração e beneficiamento de caulim. **Revista Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 54. p.133-136. 2001.

SILVA, D.G. de. **Uso de substratos alternativos no desenvolvimento de mudas de jabuticaba**. 2014. 32f. Monográfica (em Agronomia) - Centro Universitário de Goiás, Goiás. 2014.

SILVA, E. M. da. **Tolerância de porta-enxerto de goiabeira à salinidade da água de irrigação sob adubação nitrogenada**. Dissertação (Pós-Graduação em Horticultura Tropical) - Universidade Federal de Campina Grande. 98p. Pombal, 2015.

SILVA, W. L. da.; BRITO, A.S. dos, BRITO, C. F. B.MESQUITA,N.L.S.;SILVA,Y.C.P. DESENVOLVIMENTO DE MARACUJAZEIRO EM RECIPIENTES E SUBSTRATOS A BASE DE RESÍDUO DE VERMICULITA. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.7, n.2, p.53-60, 2016.

SILVA, R. F.; MARCO, R. de.; ALMEIDA, H. S.; GROLLI, A. S. Proporcoes de vermicomposto e vermiculita na produção de mudas de timbuava e angico vermelho. **Revista holos**, v. 08, n. 33, p. 32-41, 2017.

SOARES FILHO, W. S. dos. Produção de mudas de citros com diferentes combinações copa e porta-enxerto em viveiro protegido. **Rev. Bras. Fruticultura.**, Jaboticabal - SP, v.38, n. 1. 187-201, Fevereiro 2016.

SOARES, T. A. **Rodas compactadas e aterradas na qualidade de acabamento de semeadura direta**. 2009.113 fls. Tese (Doutorado em Ciência do solo)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária , Jaboticabal-SP.2009.

SOUSA, M. N.A. de.; ALCHIERI, J. C. Atenção à saúde do trabalhador no processo de produção de caulim: uma revisão integrativa da literatura. **Revista Eletronica de Fainor**, Vitoria da Conquista, v. 4, n. 1, p. 20-37, jan./Dez. 2011.

STORCKL, C. R.; NUNES, G. L.; OLIVEIRA, B. B.; BASSOL, C. Folhas, talos, TANNER, Arnold O. (Ed.). **Vermiculite**. Estados Unidos: USGS, 2015. 2 p. Disponível em: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/vermiculite/mcs-2015-vermi.pdf> . Acesso em: 08 mar. 2019.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5.ed. Porto Alegre: Artemed, 2013. 954p.

TERRA, S. B.; FERREIRA, A. A. F.; PEIL, R. M. N.; STUMPF, E. R. T.; BECKMANN-CAVALCANTE, M. Z.; CAVALCANTE, Í. H. L. Alternative substrates for growth and

production of potted chrysanthemum (cv. Funny). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.33, p.465-471, 2011.

TRAJANO, E. V. A.; SANTOS, BAKKE, O.A.; VITAL, A. F. M.; SANTOS, Y.M.; QUARESMA, J. M.; SALVIANO, V. M. **Crescimento do pinhão manso em substratos com rejeitos de mineração do semiárido-PB**. In. IV Congresso Brasileiro de Mamona e I Simpósio Internacional de Oleaginosas Energéticas, Joao Pessoa, PB – 2014.

TRINDADE, A.V. & OLIVEIRA. J. R. P. **Propagação e plantio**. In: SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. O cultivo do mamão. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 1999. p.17-76. (Circular Técnica, 34).

UGARTE J. F. O.; SAMPAIO J. A.; FRANÇA S. C. A.; **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. 1<sup>a</sup>.ed. Rio de Janeiro: CETEM, p.677-698, 2005.

UGARTE J.F.O, SAMPAIO J. A.; FRANÇA S. C. A. **Rochas & Minerais Industriais: Usos e Especificações**. 2<sup>a</sup> ed. Rio de Janeiro: CETEM, p.865-887, 2008.

UNESP.**Vermiculita**.Disponívelem:<http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/silicatos/filos-silicatos/vermiculita.html>. Acesso em: 08 mar. 2019.

VARAGO, A. L. **Porta-enxertos clonais no crescimento, produtividade e qualidade de frutos de pessegueiro ‘BRS KAMPAI’** .Dissertação (Pós-Graduação em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Parana. 97p. Pato Branco, 2017

WANDERLEY, J. A.C.; FILHO, J. B.A. de.; OLIVEIRA, D.F. de.; SOUSA, J. S. da.; ALVEZ, L. S. de.; MARACAJA, P. B. Efeito de doses de caulim em solo sódico no desenvolvimento inicial da mamoneira ( *Ricinus communis*). **Revista Verde**, Mossoró, v. 5, n. 1, p. 26-38, jan./Mar. 2010.

WĘGRZYN, A.; CHMIELARZ, L.; ZJEŹDŹAŁKA, P.; JABŁOŃSKA, M.; KOWALCZYK, A.; ŻELAZNY, A.; VÁZQUEZ SULLEIRO, M.; MICHALIK, M.; Vermiculite-based catalysts for oxidation of organic pollutants in water and wastewater. **Acta Geodynamica et Geomaterialia**, v. 10, n. 3, p. 341–352, 2013.

YU, X.; WEI, C.; WU, H.; Effect of molecular structure on the adsorption behavior of cationic dyes onto natural vermiculite. *Separation and Purification Technology*, v. 156, p. 489–495, 2015.

