



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA REGIÃO TOCANTINA DO MARANHÃO  
PRÓ-REITORIA DE GESTÃO E SUSTENTABILIDADE ACADÊMICA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL – BACHARELADO

**GABRIEL RÊGO DA SILVA**

**SUBSTRATOS ELABORADOS COM RESÍDUOS ORGÂNICOS E SOLOS DO  
BIOMA CERRADO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MOGNO AFRICANO**

IMPERATRIZ – MA

2022

**GABERIEL RÊGO DA SILVA**

**SUBSTRATOS ELABORADOS COM RESÍDUOS ORGÂNICOS E SOLOS DO  
BIOMA CERRADO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MOGNO AFRICANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, para aprovação e posterior desenvolvimento do Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Florestal.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alinne da Silva.

Imperatriz – MA

2022

S586s

Silva, Gabriel Rêgo da

Substratos elaborados com resíduos orgânicos e solos do bioma cerrado para a produção de mudas de mogno africano. / Gabriel Rêgo da Silva. – Imperatriz, MA, 2022.

51 f.; il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Florestal) – Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão – UEMASUL, Imperatriz, MA, 2022.

1. Mogno africano. 2. Resíduos orgânicos. 3. Cerrado maranhense. 4. Imperatriz - MA. I. Título.

CDU 631.879:674.031.746.413(812.1)

Ficha elaborada pelo Bibliotecário: **Mateus de Araújo Souza CRB13/955**

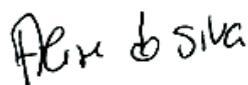
**GABRIEL RÊGO DA SILVA**

**SUBSTRATOS ELABORADOS COM RESÍDUOS ORGÂNICOS E SOLOS DO  
BIOMA CERRADO PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE MOGNO AFRICANO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao  
Centro de Ciências Agrárias da Universidade  
Estadual da Região Tocantina do Maranhão -  
UEMASUL, como requisito para obtenção do  
título de Bacharel em Engenharia Florestal.

Aprovado em: 22/08/2022

BANCA EXAMINADORA



---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Alinne da Silva**  
**Doutora em Energia nuclear na agricultura e ambiente**  
**Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL**  
**(Orientadora)**



---

**Prof. Dr. Járison Cavalcante Nunes**  
**Doutor em Agronomia**  
**Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL**  
**(Membro)**



---

**Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ivaneide de Oliveira Nascimento**  
**Doutora em Agroecologia**  
**Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL**  
**(Membro)**

Aos meus pais pelo amor, incentivo, força e apoio incondicional.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela vida e saúde, por sempre me guiar na minha jornada pessoal e, agora, profissional, pelas oportunidades concedidas e pelos desafios futuros que com certeza superarei.

À minha mãe Marcia Patrícia e meu Pai Fernando, por serem as pessoas que mais me incentivaram desde o início dessa jornada para ser Engenheiro Florestal.

Aos familiares e amigos que contribuíram de forma direta ou indireta para a realização desse sonho.

À Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão - UEMASUL, pela oportunidade de cursar graduação, por toda contribuição ao meu aprendizado e pelas experiências marcantes que me proporcionou ao longo do curso.

Ao ex Prof. Me. Aldemir Lucena Junior pela disponibilização da área experimental da Fazenda Jacuba para a realização deste trabalho.

À Prof<sup>a</sup> e amiga. Dra. Alinne da Silva, onde no caminho do curso se tornou uma inspiração, me abriu várias oportunidades e compartilhou tantos conhecimentos e conselhos que levarei para a vida.

A todos aqueles professores e funcionários da UEMASUL e do Centro de Ciências Agrárias que doaram seu tempo e esforço para proporcionar o melhor ensino e serviço possível.

Aos estudantes do curso de Engenharia Florestal da UEMASUL, em especial à turma de 2017.2, pela troca de experiências e vivências ao longo da graduação.

Aos meus colegas de turma e amigos Fernanda, Naum, Gustavo, Romário, Marcelo, Danielly, Larissa, Natasha, Leonel, Amanda, Igor, Paula, Laechson e Irislane pela parceria, amizade, compartilhamento de conhecimento e trabalhos e companheirismo.

A todos aqueles que, mesmo não tendo citado seus nomes aqui, mas que direta ou indiretamente contribuíram para essa conquista em minha vida.

Muito obrigado!

## RESUMO

O mogno africano (*Khaya Senegalensis*), também conhecido popularmente como “ouro verde”, tem despertado interesse dos investidores do setor florestal. A madeira dessa espécie possui elevado valor comercial, especialmente no mercado internacional, e grande potencial de uso devido a sua alta densidade e durabilidade. Os resíduos orgânicos disponíveis na região Oeste do Maranhão são abundantes, devido às atividades agropecuárias. Estes podem ser utilizados na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais, porém há necessidade de demonstrar a eficiência técnica quando combinados com solos da região. Neste contexto, o projeto teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes composições de substratos na qualidade de mudas de mogno africano. O projeto foi realizado em um viveiro florestal, localizado em Porto Franco, na região Oeste do Maranhão, região Nordeste do Brasil. Foram avaliados cinco substratos formulados com diferentes combinações de esterco bovino (EB) e casca de arroz carbonizada (CAC) em solo de textura arenosa (NQ) e argiloso (LV), e o substrato comercial. O delineamento estatístico utilizado foi em blocos casualizados, com 11 tratamentos e sete repetições. O desenvolvimento das mudas de mogno africano foi avaliado por meio de parâmetros morfológicos e pelos valores de Índice de Qualidade de Dickson (IQD) e Robustez (IR). As médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, em nível de 5% de probabilidade. As mudas de mogno africano obtidas em substratos com proporções que variam de 30 a 70% de solo argiloso ou arenoso, 15 a 30% de esterco bovino e 15 a 20% de casca de arroz carbonizada apresentaram os melhores resultados para os indicadores morfológicos, teores de nutrientes e padrões de qualidade. Os tratamentos com 100% solo argiloso e arenoso, e o tratamento com substrato comercial proporcionaram mudas com baixo índice de qualidade em relação aos demais tratamentos. A combinação de materiais orgânicos com solos obtidos do bioma cerrado apresentou os melhores resultados comparados aos tratamentos que utilizaram apenas solo, independente da textura, e ao substrato comercial. Estes resultados podem servir como base para silvicultores da região, que produzem mudas de mogno africano.

**Palavras-chave:** *Khaya senegalensis*. Oeste do Maranhão. Resíduos orgânicos.

## ABSTRACT

African mahogany (*Khaya Senegalensis*), also popularly known as “green gold”, has aroused the interest of investors in the forestry sector. The wood of this species has high commercial value, especially in the international market, and has great potential for use due to its high density and durability. Organic waste available in the western region of Maranhão is abundant, due to agricultural activities. These can be used in the composition of substrates for the production of seedlings of forest species, but there is a need to demonstrate the technical efficiency when combined with soils in the region. In this context, the project aimed to evaluate the effect of different substrate compositions on the quality of African mahogany seedlings. The project was carried out in a forest nursery, located in Porto Franco, in the western region of Maranhão, northeast region of Brazil. Five substrates formulated with different combinations of cattle manure (EB) and carbonized rice husk (CAC) in sandy (NQ) and clayey (LV) textured soil and the commercial substrate were evaluated. The statistical design used was in randomized blocks, with 11 treatments and seven replications. The development of African mahogany seedlings was evaluated using morphological parameters and the Dickson Quality Index (DQI) and Robustness (RI) values. The means were compared using the Scott-Knott test, at a 5% probability level. African mahogany seedlings obtained in substrates with proportions ranging from 30 to 70% of clayey or sandy soil, 15 to 30% of bovine manure and 15 to 20% of carbonized rice husk presented the best results for the morphological indicators, of nutrients and quality standards. The treatments with 100% clayey and sandy soil, and the treatment with commercial substrate provided seedlings with a low quality index in relation to the other treatments. The combination of organic materials with soils obtained from the Cerrado biome presented the best results compared to treatments that used only soil, regardless of texture, and commercial substrate. These results can serve as a basis for foresters in the region, who produce African mahogany seedlings.

**Keywords:** *Khaya senegalensis*. West of Maranhao. Organic waste.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Localização da área experimental, onde está localizado o viveiro florestal, localizada no município de Porto Franco, Maranhão, Brasil.....	25
<b>Figura 2</b> – Viveiro florestal construído para produção de mudas de mogno africano. ....	26
<b>Figura 3</b> - Sementes de mogno africano coletadas em árvores matrizes no município de Açailândia, MA. ....	27
<b>Figura 4</b> - Sementes de mogno africano germinadas, após 21 dias de incubação.....	28
<b>Figura 5</b> – Distribuição dos tratamentos contendo as diferentes misturas de substratos florestais em blocos casualizados.....	30
<b>Figura 6</b> - Sementes do mogno africano semeadas nos diferentes substratos florestais. ....	31
<b>Figura 7</b> – Mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio e seccionadas em parte área e raiz. ....	32
<b>Figura 8</b> - Valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos.. ....	35
<b>Figura 9</b> – Valores médios de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) (A), altura (B) e diâmetro (C) das mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos.....	37
<b>Figura 10</b> - Valores médios de (A) índice de qualidade de Dickson (IQD) e (B) índice de robustez (IR) em mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos .....	40

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Composição química e granulométrica de amostras de solo de textura argilosa e arenosa, coletadas entre 20 e 30 cm de profundidade, e dos materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos,.....	28
<b>Tabela 2</b> - Proporção do solo Latossolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico e materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos.....	29
<b>Tabela 3</b> - Valores médios de densidade global e porosidade total de substratos compostos por diferentes proporções de solo com textura argilosa e arenosa, esterco bovino e casca de arroz carbonizada e o no substrato comercial.....	33

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos.....</b>	<b>14</b>
<b>3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Mogno africano.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Fisiologia e botânica .....</b>	<b>16</b>
<b>3.3 Clima.....</b>	<b>17</b>
<b>3.4 Importância econômica.....</b>	<b>18</b>
<b>3.5 Substratos.....</b>	<b>21</b>
<b>3.6 Índices que determinam a qualidade de mudas.....</b>	<b>23</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>25</b>
<b>4.1 Caracterização da área experimental.....</b>	<b>25</b>
<b>4.2 Coleta e avaliação da viabilidade das sementes .....</b>	<b>26</b>
<b>4.3 Preparo e composição dos tratamentos .....</b>	<b>28</b>
<b>4.3.1 Delineamento Experimental .....</b>	<b>29</b>
<b>4.4 Parâmetros de avaliação .....</b>	<b>31</b>
<b>4.5 Análise dos dados.....</b>	<b>32</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>33</b>
<b>5.1 Densidade e porosidade.....</b>	<b>33</b>
<b>5.2 Análise do teor de nutrientes das mudas.....</b>	<b>35</b>
<b>5.3 Avaliação de variáveis morfológicas.....</b>	<b>37</b>
<b>5.4 Análise do índice de robustez (IR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD) .....</b>	<b>40</b>
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>42</b>
<b>7 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O aumento da demanda por madeira tem fomentado o setor florestal no Brasil, o que promoveu aumento significativo de áreas com plantios comerciais de espécies nobres (FRANÇA et al., 2016). O mogno africano (*Khaya senegalensis* A. Juss), principal substituto do mogno-brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.), também conhecido popularmente como “Ouro Verde”, é atualmente uma das madeiras nobres mais rentáveis para investidores e produtores rurais (FRANÇA et al., 2016; GRUPIONI et al., 2018).

Sua rentabilidade é justificada pelo alto valor comercial da madeira, especialmente no mercado internacional, devido a sua alta densidade e durabilidade. A madeira é utilizada em diferentes finalidades como movelaria, laminação, instrumentos musicais, construção naval e arquitetura de interiores (GRUPIONI et al., 2018).

Devido à capacidade adaptativa e à madeira resistente, o plantio de mogno africano tem demonstrado bons resultados em todo o território nacional, em diversas condições edafoclimáticas (RIBEIRO et al., 2017). Em razão disso, o cultivo dessa espécie cresceu significativamente no Brasil (REIS, 2019). De acordo com o último censo agropecuário, a área de floresta plantada com mogno africano foi superior a 37 mil hectares, sendo a maioria localizada na região Norte e Nordeste do País (IBGE, 2017).

Nesse contexto, é crescente a demanda por mudas de mogno africano com alto padrão de qualidade. Mudanças de qualidade são definidas como aquelas que são capazes de resistir às condições bióticas e abióticas adversas, que podem ocorrer após o plantio (CARNEIRO, 1995; GOMES; PAIVA, 2006). A produção de mudas consideradas de boa qualidade depende de vários fatores, dentre eles a composição dos substratos utilizados na fase de viveiro (MARANHO; PAIVA, 2012; ARAÚJO et al., 2020). A iniciação radicular e o enraizamento, o acúmulo de biomassa e os indicadores de qualidade estão diretamente relacionados às características químicas, físicas e biológicas do substrato (DELARMELINA, 2014; ARAÚJO et al., 2020).

Para se produzir mudas de boa qualidade, deve - se então adotar tecnologia ou métodos mais eficientes, em via de produção, pensando em um possível baixo custo (MESQUITA et al., 2015). Vários fatores tem influência no desenvolvimento das mudas, entre esses o volume do recipiente, fertilização, irrigação, manejo adequado, entre outros.

A qualidade de mudas é fator determinante para o estabelecimento inicial de uma floresta (RUDEK; GARCIA; PERES, 2013). Geralmente, para a determinação da qualidade de mudas de espécies florestais são utilizados parâmetros morfológicos, como diâmetro do coleto,

altura da parte aérea, análise do desenvolvimento do sistema radicular, proporção entre a parte aérea e radicular, além das análises nutricionais (RUDEK; GARCIA; PERES, 2013).

O Estado do Maranhão, localizado na região Nordeste do Brasil, ocupa posição de confluência entre os biomas Amazônia Legal, Cerrado e Caatinga (CATUNDA; DIAZ, 2019). Nesse contexto, o Cerrado domina a paisagem natural do Maranhão, ocupando 64,1% do território do estado. Inserida neste bioma, a região Oeste do Maranhão destaca-se devido à dinâmica econômica dos setores direta e indiretamente articulados à pecuária, cultivo de grãos e plantios de espécies florestais (IMESC, 2020).

Os substratos comerciais disponíveis para a fase de viveiro apresentam custo elevado, o que tem levado os produtores de mudas florestais a utilizar terra de subsolo e materiais orgânicos disponíveis no local. Por essa razão, há necessidade de gerar resultados que demonstrem a eficiência técnica de misturas de materiais orgânicos com solos representativos da região para composição de substratos.

Portanto, o presente estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar o crescimento e a qualidade de mudas de mogno africano produzidas em substratos florestal, obtidos de diferentes misturas de materiais orgânicos com solos de textura arenosa e argilosa na Região Oeste do Maranhão.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar diferentes combinações de resíduos orgânicos com solo de textura arenosa e argilosa para a composição de substratos florestais.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Avaliar a combinação de materiais orgânicos e solos de diferentes texturas que proporcione a obtenção de mudas de mogno africano de boa qualidade;
- Avaliar os teores de nutrientes nas folhas do mogno africano obtidas em substratos elaborados com diferentes combinações de materiais orgânicos e solo;
- Disponibilizar referências técnicas para Silvicultores de mudas de mogno africano da região;

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Mogno africano

A espécie *Khaya Senegalensis*, pertencente à família botânica Meliaceae, vem de regiões da África Ocidental, onde ocorre naturalmente na Costa do Marfim, Gana, Angola, Togo, Benin, Nigéria e Camarões (FALESI et al., 1999). Os indivíduos que fazem parte do gênero *Khaya* apresentam complexa classificação taxonômica, principalmente aquelas encontradas no leste da África e Congo, em função da grande similaridade entre as espécies (FRANÇA, 2014; REIS et al., 2019).

Oficialmente apenas seis espécies do gênero são reconhecidas: *Khaya grandifoliola*, *Khaya anthoteca*, *Khaya ivorensis*, *Khaya senegalensis*, *Khaya nyasica* e *Khaya madagascariensis* (GUIMARÃES et al., 2004; FRANÇA 2014). No Brasil, as principais espécies e mais difundidas comercialmente do gênero *Khaya*, são a *K. senegalensis*, *K. anthoteca*, e *K. ivorensis* (FALESI et al., 1999; GUIMARÃES et al., 2004; PINHEIRO et al., 2011).

Em consequência do insucesso e inviabilidade de técnicas de controle biológico, químico e no controle da broca dos ponteiros (*Hypsipyla grandella*), que ataca a gema apical do mogno nativo brasileiro, uma das alternativas viáveis seria a inserção de espécies com características similares em propriedades organolépticas da madeira, adaptação edafoclimática e proximidade familiar evolutiva. Diante tal necessidade, foi avaliado e verificado que dentro do grupo das meliáceas, especificamente no gênero *Khaya*, poderiam ser identificadas espécies de alto potencial para suprimento da demanda deixada pelo mogno nativo. Com isto, o mogno africano ganhou mercado, sendo intensificado a inserção de espécies deste gênero no Brasil, aderindo periodicamente novos produtores, principalmente da espécie *Khaya ivorensis*, e constituindo assim, uma importante alternativo para substituição do mogno nativo, que além de oferecer resistência ao ataque de pragas, fornecem madeira de ótima qualidade (ABPMA, 2020).

No Brasil as espécies de mogno africano, a *K. senegalensis* e *K. ivorensis* são as mais cultivadas, devido às propriedades físicas da sua madeira, retorno financeiro e ao embelezamento da madeira, que se assemelha ao mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.). Outro ponto favorável a ser ressaltado, está na rápida adaptação das espécies ao território brasileiro, favorecido pela similaridade edafoclimática com seu território de origem (PINHEIRO et al., 2011).

A espécie foi introduzida inicialmente no norte brasileiro por meio de sementes doadas ao pesquisador Ítalo Falesi no ano de 1976, porém apenas em 1989 as árvores oriundas do plantio dessas sementes se reproduziram e permitiram a difusão da espécie no país. Sua boa adaptabilidade no Brasil, inclusive quanto à produção de mudas, e pelo bom e rápido crescimento, garantiu o sucesso do seu elevado valor econômico da madeira no mercado internacional, e cada vez mais é utilizado para reflorestamento de áreas (REIS et al., 2019; ITTO, 2021).

Estima-se cerca de 37 mil hectares de área plantada em solo brasileiro em 2018, o que credencia o Brasil, como um dos grandes produtores do gênero *Khaya* (REIS et al., 2019). Contudo, estes plantios ainda não atingiram a idade de corte, bem como, não há uma produção em larga escala. Apenas o manejo de desbaste tem sido conduzido, seja para amortizar custos, como para abertura de espaçamento nos plantios e, conseqüentemente, movimentação da madeira no mercado financeiro (BALBINO et al., 2011; SANTOS et al., 2018).

### 3.2 Fisiologia e botânica

Nativo da África, o gênero *Khaya*, pertence ao Reino Plantae, Filo Tracheophyta, Classe Magnoliopsida, Ordem Sapindales e Família Meliaceae (IUCN, 2018), compondo um importante grupo de espécies de elevado potencial madeireiro.

De maneira geral, as árvores de mogno africano atingem grandes dimensões, com altura variando de 30 a 35 metros, podendo chegar à altura superior a 60 metros e o tronco pode atingir 2 metros de diâmetro e, geralmente, possuem sapopemas na base, para garantir a sustentação (RIBEIRO et al., 2017).

É uma espécie monóica, com flores femininas e flores masculinas (LEMMENS, 2008). Entretanto, ambas as flores, masculinas e femininas, são muito semelhantes em aparência (LEMMENS, 2008). O tronco tem a superfície da casca escamosa e de cor marro ao cinza, a coloração da casca interna varia de rosa a vermelho, com listras brancas. As folhas são paripenadas e compostas por três a cinco pares de folíolos (PRACIAK et al., 2013).

Flores pequenas com até 40,00 cm dispostas em inflorescências do tipo panículas axilares, pétalas são livres, elípticas; estames são fundidos em tubo; geralmente dez anteras (OPUNI-FRIMPONG, 2008). O ovário é súpero e flores masculinas apresentam ovário rudimentar e as femininas possuem anteras menores e não deiscentes (OPUNI-FRIMPONG, 2008).

Os frutos ficam em cápsulas eretas e lenhosas, aproximadamente globosas, com

diâmetro variando entre 6,00 a 9,00 cm. As sementes de cor castanho-acinzentado, possui formato de disco ou ligeiramente quadrangular, achatada, de cor marrom, estreitamente alada (OPUNI-FRIMPONG, 2008).

A época de floração do mogno africano é de julho a janeiro, com a maioria das árvores estando com flor entre setembro e dezembro (PRACIAK et al., 2013). Os frutos logo aparecem entre janeiro e março e se dispersam pelo vento entre fevereiro e maio, não atingindo longas distâncias da árvore materna (PRACIAK et al., 2013).

Carvalho et al. (2010), após testes físico-mecânicos, verificaram que a madeira de mogno africano apresentou densidade aparente e básica considerada média, avaliação regular para cavilha, porém característica boa para utilização na indústria moveleira. Albuquerque et al. (2013), ao avaliar a ecofisiologia de plantas jovens de mogno africano, concluíram que são moderadamente tolerantes ao déficit hídrico, viabilizando plantios comerciais em áreas sujeitas a períodos moderados de estiagem. Silva et al. (2008) relataram o potencial da espécie para uso em sistemas agroflorestais na Amazônia, mesmo sendo pouco difundida entre os produtores rurais e ainda carente de estudos.

Castro et al. (2008) relataram que em sistemas silvipastoris no Pará o mogno africano pode alcançar altura de fuste de 12 metros e DAP de 22 centímetros aos 7 anos de idade. Plantios em Minas Gerais têm sido mais produtivos, atingindo valores de altura média de 3 m.ano<sup>-1</sup> e DAP médio de 4 cm.ano<sup>-1</sup>, próximo aos 5 anos de idade.

### 3.3 Clima

A *Khaya Senegalensis* é uma planta heliófila, porém tolerante a sombra durante a fase jovem (BATISTA, 2010), sendo ainda classificada como espécie pioneira ou secundária tardia e emergente enquanto posição sociológica (DENSLOW, 1987), regenerando em clareiras abertas na floresta (SWAINE; WHITMORE, 1988). Lemmens (2008), no seu estudo sobre essa espécie, levantou várias tendências de crescimento em condições de plantio. O autor conclui que o mogno africano pode ser considerado espécie de crescimento médio, exigente de luz e com propriedades de desrama natural (galhos mortos se desprendem do fuste sozinhos).

Dependendo das condições edafoclimáticas, espécies pertencentes ao gênero *Khaya* são indicadas para o plantio no Brasil pois, possuem um rápido desenvolvimento podendo em alguns casos até superar o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) (PINHEIRO et al., 2011). Por apresentar essa boa adaptação ao território brasileiro e por ser uma espécie que tolera grande variação climática, o seu cultivo vem aumentando de modo significativo (CASAROLI et al.,

2018).

Em razão dessas características climáticas, do solo e do desenvolvimento tecnológico, o Brasil apresenta grande competitividade no mercado de produtos florestais (ROSSI et al., 2014), e oferece um alto retorno financeiro num período relativamente longo (BARROS et al., 2015).

Competitividade explicada pelo menor custo da produção de madeira, em razão do rápido crescimento das plantações florestais, concomitante às condições edafoclimáticas favoráveis, e ao melhoramento genético (ROSSI et al., 2014).

Segundo Albuquerque et al. (2013), o mogno africano, na fase juvenil, pode desenvolver maior tolerância ao déficit hídrico que outras espécies da família Meliaceae, devido à sua capacidade de reduzir a abertura estomática, preservando o maior teor de água nas folhas, viabilizando plantios comerciais em áreas sujeitas a períodos de estiagem. Toleram condições de déficit hídrico acentuado, por período de quatro a seis meses, porém nesse período a planta paralisa seu crescimento (SÉRVULO et al., 2017).

As estimativas de precipitação pluviométrica média anual variam entre 1.200,00 mm a 1.800,00 mm, com estação seca de três a cinco meses no ano (OPUNI-FRIMPONG et al., 2016). No Brasil, o mogno africano tem se mostrado bem adaptado dentro dos seguintes parâmetros: altitude (entre 100 e 1.200 metros), índice pluviométrico (de 1.200 a 2.400 mm/ano) e distribuição, de Santa Catarina ao Pará. Sua faixa de adaptação ao clima é mais abrangente do que a da Teca e do Cedro Australiano, também é menos exigente em fertilidade de solo (ROSSI et al., 2014).

### **3.4 Importância econômica**

Esta espécie florestal, popularmente conhecida como mogno africano, apresenta relevante interesse econômico, tendo suas plantações comerciais basicamente exploradas nos países de ocorrência natural, nos países asiáticos e sul-americanos (MOURA et al., 2017; JÚNIOR et al., 2019).

A madeira do gênero *Khaya* é dura, pesada, durável e possui desenhos de grande beleza, o que justifica seu uso na fabricação de mobiliário, bem como na decoração de interiores (SMIDERLE et al., 2016). Possui coloração avermelhado o que justifica o seu uso em movelarias, construção civil, naval e para fins ornamentais, que são mais rentáveis do que os

direcionados a energia e celulose, tornando ainda mais atraente este segmento de produção (BARROS et al., 2015).

Devido à demanda por madeira de reflorestamento para serraria, tem aumentado a procura por espécies alternativas, que detenham características tecnológicas desejáveis (BRIGHENTI; MULLER, 2014). O setor florestal brasileiro está em plena expansão e com um aumento gradativo de investidores florestais optando pelo cultivo de espécies de madeira nobre. O mogno africano (*Khaya* spp.) é uma espécie que vêm se destacando na preferência dos empresários como opção no investimento florestal (RIBEIRO et al., 2017).

A espécie destaca-se pelo rápido crescimento, melhor desrama natural e caule mais retilíneo (PINHEIRO et al., 2011). Associados à sua produtividade, precocidade, rusticidade e resistência ao ataque da broca do mogno-brasileiro (*Hypsipyla grandella* Zeller), tem despertado o interesse de empresários do ramo madeireiro, bem como de investidores (Reis et al., 2019).

Devido a restrição imposta pelo governo em 2011 sobre o corte e comercialização do mogno brasileiro, os plantios de mogno africano se expandiram em todo o território. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano, em 2012 existiam aproximadamente 10 mil hectares plantados com a espécie em diferentes estados (LOPES et al., 2012). Porém, o cultivo ainda é recente, com os indivíduos mais antigos prestes a completar 40 anos de idade no estado do Pará (REIS et al., 2019).

De acordo com Nikiema e Pasternak (2008), a madeira de *K. senegalensis*, conhecida como mogno de zonas secas, é utilizada para carpintaria, marcenaria, móveis, construção naval e lâminas decorativas. É também adequada para construção, pavimentação, acabamento interno, carrocerias de veículos, brinquedos, fabricação de dormentes, peças torneadas e madeira para celulose. Tradicionalmente, na África, a madeira é usada na produção de canoas esculpidas no próprio tronco da árvore, além de empregos em utensílios domésticos e na fabricação de tambores.

Por possuir madeira nobre de grande potencial econômico para comercialização interna e externa esse crescimento do setor brasileiro de florestas ocupa uma área de 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas e é responsável por 91% de toda a madeira produzida para fins industriais no país (IBÁ, 2016).

Segundo a *International Tropical Timber Organization* (ITTO) em 2012, o Panamá exportou madeira serrada de *Khaya* spp. pelo valor médio de US\$ 267/m<sup>3</sup>. Portanto, esse valor é, até o momento, o único publicado para o comércio de *Khaya* proveniente de plantios comerciais fora dos locais de origem (ITTO, 2013).

Ribeiro et al. (2017), relata que no ano de 2017 os preços de mercado da madeira oriunda de plantios ainda eram muito especulativos, isso se devia ao fato de que no mercado internacional à madeira proveniente de florestas tropicais naturais da África, em especial da República do Gana é quem ditava os valores de exportação. Anteriormente tinha-se apenas um único registro publicado no ano de 2012 pela ITTO (ITTO, 2012), relacionado ao comércio de madeira serrada de *Khaya* spp. em plantios no Panamá, informando o valor médio de US\$ 267,00 por metro cúbico.

A produção de madeira em tora industrial tropical (“toras”) em países membros totalizaram 294,1 milhões de m<sup>3</sup> em 2019, ligeiramente mais do que no ano anterior, com a Indonésia, Índia, Vietnã, Brasil e Tailândia respondem por cerca de 73% do total da produção (ITTO, 2020).

Nesse cenário, o mogno tem um valor de mercado, aproximadamente, 15 vezes maior que o eucalipto; chega a atingir, no final do seu ciclo produtivo, um retorno líquido acima de R\$23 mil ha/ano (RIBEIRO et al., 2017), e altamente valorizada no mercado internacional com aproximadamente US\$ 1 mil/m<sup>3</sup> de toras nativas em 2017 (RIBEIRO et al., 2017).

O excelente preço alcançado por sua madeira, cerca de € 1.100,00/m<sup>3</sup> de tábuas serradas, com espessuras variando entre 25 a 100 mm, com largura de 15 cm e comprimento de 2,5 metros (ITTO, 2021). Entretanto, os preços pagos no mercado internacional são referentes a madeira proveniente de florestas tropicais naturais. Assim, preços de mercado da madeira oriunda de plantios ainda são especulados.

A Associação Brasileira de Produtores de Mogno Africano – ABPMA, tem reunido esforços para intensificar a inserção do mogno africano nas mais diversas aplicações e usos da madeira. Para afirmação das propriedades da madeira, foram realizados diferentes testes de qualidade e potenciais usos, com material vegetal proveniente de uma área de plantio de 18 anos de idade, localizado no estado do Pará. As toras utilizadas foram processadas de forma mecânica e distribuídas aos profissionais em forma de tábuas para formação de subprodutos de interesse econômico (REIS et al., 2019).

De acordo com Reis et al. (2019), das árvores cortadas no estado do Pará se deu em diferentes vertentes do ramo moveleiro. Trabalhos belíssimos foram feitos utilizando raízes esculpidas de árvores de mogno-africano. A ABPMA também trabalhou em parceria com renomados designers brasileiros para produção de móveis, utilizando a madeira do mogno-africano, também plantada no estado do Pará. Criações de diferentes peças foram feitas e muitas destas foram agraciadas com prêmios na categoria de uso de madeiras alternativas, recebendo destaque em mídias específicas.

### 3.5 Substratos

Existem vários materiais que podem ser utilizados como substratos, dentre eles podemos citar os produtos orgânicos, o solo nativo, areia e substratos comerciais. O substrato, tem o papel de prover suporte às plantas e propiciar condições químicas e estruturais adequadas para o desenvolvimento inicial das raízes e da parte aérea (GONÇALVES et al., 2012; TRIGUEIRO; GUERRINI, 2014).

A mortalidade, o desenvolvimento, a frequência dos tratos culturais e o incremento inicial das mudas são avaliações necessárias e imprescindíveis para o êxito de qualquer empreendimento florestal, estando diretamente relacionado com o padrão de qualidade das mudas por ocasião do plantio definitivo no campo (FONSECA, 2000; GOMES et al., 2001)

A produção de um bom substrato vai garantir a planta boas condições de desenvolvimento e sobrevivência no campo, para tanto conhecer as características e composições do substrato se faz importante no âmbito quantitativo e qualitativo, análises como acúmulo de massa seca em diferentes partes da planta, e descrever eventos fisiológicos tais como, partição da massa seca sobre a composição mineral em raízes, caules e folhas das plantas e o seu conhecimento em cada estágio de desenvolvimento fornece informações importantes ao programa de adubação da cultura, seja pela informação da quantidade total acumulada pela planta, seja pela identificação de períodos de maior demanda nutricional.

Os principais parâmetros morfológicos empregados para avaliar a qualidade de mudas de espécies florestais são de simples visualização e podem ser facilmente mensuráveis, dentre eles podemos citar o diâmetro do coleto (DC), comprimento do sistema radicular (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa seca das raízes (MSR) e massa seca da parte aérea (MSPA). As mudas que apresentam diâmetros do coleto maiores apresentam equilíbrio do crescimento da parte aérea, principalmente quando se existe um maior endurecimento delas. Para se definir um valor do diâmetro do coleto que demonstre com fidelidade o real padrão de qualidade das mudas isso dependerá da espécie, do local, do método e das técnicas de produção (GOMES, 2001).

Para Gomes (2001) a utilização da altura das mudas de espécies florestais é um excelente parâmetro, além de ser muito fácil a sua determinação para qualquer espécie e em todo o tipo de viveiro. O acompanhamento do crescimento da parte aérea da planta pode gerar curvas de crescimento em relação ao tempo, fornecendo bom indicador de evolução da cultura com que

se está trabalhando, principalmente quando as condições de manejo são bem caracterizadas (FONSECA, 2000).

Apesar de ser um método destrutivo, a massa de matéria seca da parte aérea, deve ser considerado em estudos científicos, pois é uma boa indicação de resistência das mudas florestais (CARNEIRO, 1976). O crescimento em altura da parte aérea das mudas é também o responsável por sua massa de matéria seca, visto a influência exercida sobre tais. O sistema radicular, que inclui a massa seca de raiz e a fibrosidade, tem sido reconhecido como um dos melhores e mais importantes parâmetros para a sobrevivência e estabelecimento das mudas no campo (GOMES, 2001).

Em algumas ocasiões os produtos comerciais da indústria não fornecem em sua totalidade os nutrientes necessários para o bom desenvolvimento das mudas, necessitando assim de ser incorporado com outras substâncias químicas. Em contrapartida, os substratos orgânicos acabam se tornando mais viáveis para a produção de mudas. Segundo Tucci et al. (2009) apenas o solo também não é capaz de proporcionar a planta um bom desenvolvimento inicial. Material do subsolo, de modo geral, apresenta baixa disponibilidade de nutrientes e acidez elevada, necessitando de fertilização e correção (TUCCI et al., 2009). Levando então a necessidade da formulação de um bom substrato.

Nem sempre o viveirista pode efetuar grandes investimentos em substrato para a produção de mudas. Por isso, algumas pesquisas têm se dedicado em estudar a utilização de substratos orgânicos na produção em larga escala de espécies florestais rentáveis (VIEIRA et al., 2015).

Os adubos orgânicos são as fontes de nutrientes de uso mais frequente na composição de substratos, têm atuação relevante na melhoria dos seus atributos físicos e estimulam os processos microbianos (ARTUR et al., 2007).

A casca de arroz vem sendo utilizada como componente de substrato, e após passar pelo processo de carbonização pode ser combinada com outros materiais para formulação de um substrato de melhor qualidade (KRATZ et al., 2012). Tendo como característica uma baixa densidade, o que irá proporcionar ao substrato uma maior drenagem pois aumenta a macroporosidade desse substrato, assim também se faz necessário ser incorporada com elementos de maior microporosidade (COUTO et al., 2003). Podendo ser utilizada para melhorar as propriedades físico-hídricas de substratos (KLEIN et al., 2002).

O esterco bovino pode ser empregado como um adubo orgânico, já que é fonte de nutriente principalmente N e P, podendo ser uma fonte incorporada aos substratos durante o processo de produção de mudas (ARTHUR et al., 2007). Entre os adubos orgânicos, o esterco

bovino é o mais usado e tem levado a bons resultados na produção de mudas de espécies florestais (CARVALHO FILHO et al., 2004). A utilização desse adubo não se dá apenas por conta da liberação de nutrientes. Substratos com elevado teor de matéria orgânica asseguram elevado número de espaços porosos, além de baixa densidade aparente (CARNEIRO; VIEIRA, 2020)

Jeyanny et al. (2009), ao estudarem o efeito da deficiência de macronutrientes no crescimento e vigor de mudas de *Khaya ivorensis* concluíram que a falta de N, P, K, Ca e Mg nas mudas manifesta um efeito visual dos sintomas de deficiência nutricional, além de interferir no crescimento e na concentração de nutrientes nos tecidos das plântulas. Destacou-se a importância do magnésio para o crescimento da muda e do potássio, que afeta diretamente o conteúdo de nutrientes nos tecidos da plântula.

Nos estádios iniciais de germinação, o fósforo (P) é o macronutriente mais aplicado na produção de espécies florestais tanto nas mudas quanto no estabelecimento em campo, e entre todos os demais é o que apresenta maior deficiência nos solos tropicais, como os solos de cerrado (CABRAL et al., 2016). O P é altamente móvel na planta, participa de compostos vitais em processos e estruturas que propiciam o desenvolvimento das plantas, como fotossíntese, respiração, armazenamento e transferência de energia, divisão celular, no crescimento das células e em vários outros processos da planta. Sua ausência pode acarretar retardo no desenvolvimento da planta, uma vez que é fundamental na produção de energia metabólica (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O nitrogênio (N), é um macronutriente importante no crescimento inicial das mudas e é responsável por compor as principais moléculas e estruturas da planta, como clorofila, ácidos nucleicos, proteínas, dentre outros, sendo altamente móvel na planta, translocado entre tecidos velhos para a formação de novas estruturas (MALAVOLTA, 1981). Bissani et al. (2004) relataram que a deficiência deste nutriente influencia nos processos vitais na planta, comprometendo as taxas fotossintéticas e afetando diretamente o crescimento. Há diversos estudos sobre a nutrição mineral de N e P. Entretanto, em espécies florestais ainda são escassos os estudos, sobretudo as espécies exóticas como mogno-africano (BRIGHENTI; MULLER, 2014; PEREZ et al., 2016).

### **3.6 Índices que determinam a qualidade de mudas**

Para se determinar um alto padrão nas definições de qualidades de mudas, vários testes podem ser aplicados para essa comprovação. O índice de qualidade de Dickson (IQD), assim

como o índice de lignificação e robustez, é considerado como indicador de qualidade de mudas. No IQD, a vitalidade das mudas e o equilíbrio da distribuição da biomassa são levados em consideração (LIMA FILHO et al., 2019). Muitos autores consideram o IQD como o principal indicador do padrão de qualidade das mudas. Isso pelo fato da fórmula do IQD ser levado em consideração a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das plântulas, que combina variáveis de crescimento e relações biométricas (DICKSON, 1960; BINOTTO; LÚCIO; LOPES, 2010; SIQUEIRA et al., 2018). Binotto, Lúcio e Lopes (2010) observaram que as variáveis de massa seca seguidas do diâmetro do colo do caule são as variáveis mais fortemente correlacionadas ao índice IQD.

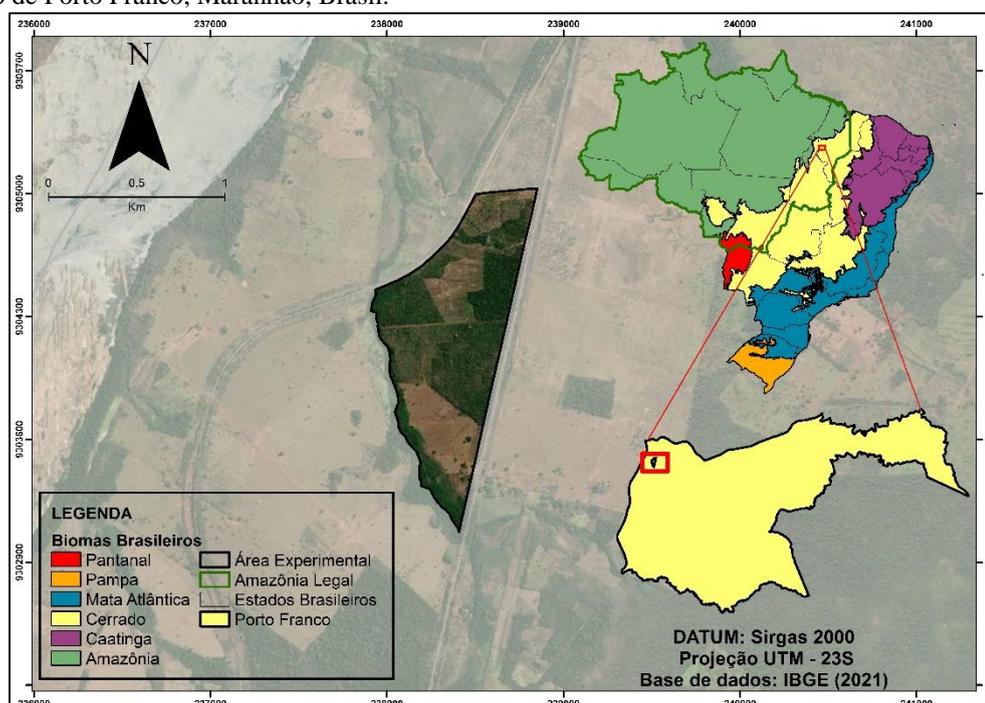
Já o Índice de robustez, pode ser também bastante vantajoso em relação aos demais, pois não necessita – se de métodos destrutivos as mudas para a sua fundamentação, algo que pode ser benéfico por conta de sua facilidade (HAASE, 2008). Esse índice é calculado pela relação do diâmetro do colo da muda em função da altura da parte aérea.

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi realizado em um viveiro florestal, localizado no município do Porto Franco, no oeste do estado do Maranhão, região nordeste do Brasil, entre as coordenadas geográficas latitude 6°17'23,78"S e longitude 47°21'54,47"O (Figura 1), altitude de 162 m. O local do projeto está inserido no bioma Cerrado Maranhense.

**Figura 1** – Localização da área experimental, onde está localizado o viveiro florestal, localizada no município de Porto Franco, Maranhão, Brasil.



Fonte: Autor (2022).

Na região predomina o clima tropical úmido (Aw) (KÖPPEN, 1948). Esta região é caracterizada pela ocorrência de chuvas com regimes de duas estações bem definidas. A estação chuvosa concentra-se entre os meses de dezembro a maio, com uma média anual de 1500 mm de precipitação. O período da estação seca é de junho a novembro, com média de 17 mm mensais.

Um viveiro foi construído na área da fazenda para a realização do controle ambiental das mudas de mogno africano. O viveiro possui área de 40 m<sup>2</sup>, coberto com telas com capacidade de interceptação de 50% da luz, da marca Sombrite®, (Figura 2). A temperatura e a umidade registradas no viveiro durante o experimento foram, em média 31,4 °C e 72 %,

respectivamente.

**Figura 2** – Viveiro florestal construído para produção de mudas de mogno africano.



**Fonte:** Autor (2021).

#### **4.2 Coleta e avaliação da viabilidade das sementes**

As sementes de mogno africano foram coletadas aleatoriamente de vinte árvores matrizes de 15 a 20 anos, em uma área de 60 ha, localizadas no município de Açailândia, MA (Figura 3). As sementes foram submetidas à avaliação de grau de pureza e taxa de germinação, no Laboratório de Semente da Universidade Estadual da Região Tocantina do Maranhão, conforme Instrução Normativa nº 42 de, de 13 de outubro de 2009, descrita pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA, 2009).

**Figura 3** - Sementes de mogno africano coletadas em árvores matrizes no município de Açailândia, MA.



**Fonte:** Autor (2020).

As sementes foram desinfestadas em solução de hipoclorito de sódio ( $\text{NaClO}$ ), com 1% de cloro ativo durante 1 minuto. Logo após, as sementes foram distribuídas em 8 caixas de germinação de sementes com 12 repetições, sobrepostas a uma camada de papel toalha, onde foram mantidas em ambiente controlado a luz e temperatura constante de  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Foi adicionada água destilada equivalente a 2,5 vezes o peso seco do papel (g), a cada 24 horas (BRASIL, 2009). Após 21 dias, observou-se um alto grau de pureza e germinação (100%) entre as sementes analisadas (Figura 4).

**Figura 4** - Sementes de mogno africano germinadas, após 21 dias de incubação.



Fonte: Autor (2020).

### 4.3 Preparo e composição dos tratamentos

Para a composição dos tratamentos, foi utilizado dois solos da região oeste do Maranhão, casca de arroz carbonizada e esterco bovino curtido. Foi utilizado também substrato comercial como tratamento controle. Os solos foram coletados em áreas não antropizadas e classificados no local como Latossolo Vermelho (LV) (6°17'17.49"S e 47°21'52.23"O), textura argilosa e Neossolo Quartzarênico (NQ) (6° 9'35.64"S e 47°21'55.75"O), textura arenosa (SANTOS, 2018). O solo foi coletado na camada subsuperficial, entre 20 e 30 cm de profundidade, seco ao ar, peneirado em malha de 2 mm e submetido a análises para caracterização química e granulométrica, conforme metodologia de Teixeira et al. (2017) (Tabela 1).

**Tabela 1** - Composição química e granulométrica de amostras de solo de textura argilosa e arenosa, coletadas entre 20 e 30 cm de profundidade, e dos materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos, onde \*LV: Latossolo Vermelho; Neossolo Quartzarênico; EB: esterco bovino curtido; CAC: casca de arroz carbonizada.

Características		LV	NQ	EB	CAC
pH em água		6,1	5,2	6,00	6,5
P Mehlich	mg.dm <sup>-3</sup>	1,5	0,5	780	135
Matéria orgânica	g.dm <sup>-3</sup>	18	9,0	205	248
Ca	cmol <sub>c</sub> .dm <sup>-3</sup>	5,2	0,3	14,4	2,8
Mg		1,4	0,1	5,4	1,0

K		0,39	0,06	11,7	2,8
Al		0,1	0,8		
H+Al		2,8	2,2		
SB		6,99	0,46	371	114
CTC		7,09	1,26		
V	%	71	17		
Areia total		325	800		
Silte	g.dm <sup>-3</sup>	100	50		
Argila		575	150		

Fonte: Autor (2022)

O esterco bovino curtido foi coletado no curral da própria fazenda onde está localizada a área experimental, foi seco ao ar e submetido a peneiramento em malha de 2 mm. A casca de arroz foi adquirida de uma usina de beneficiamento de arroz da região, e foi carbonizada na fazenda. O substrato florestal comercial, recomendado para a produção de mudas de espécies florestais, foi adquirido no comércio local. Segundo o fabricante, sua composição inclui: vermiculita, turfa de esfagno, casca de arroz, fibra de coco e casca de pinus.

#### 4.3.1 Delineamento Experimental

O delineamento estatístico foi em blocos casualizados, com onze tratamentos e sete repetições, totalizando 77 unidades experimentais. Cada material foi pesado e misturado manualmente até completa homogeneização, conforme os tratamentos. As combinações de substratos, descritas na tabela 2, foram utilizadas para preencher os sacos de polietileno com capacidade para um dm<sup>3</sup>. Cada saco foi batido três vezes contra o chão, a fim de adensar as partículas. Após o preenchimento dos sacos plásticos, o substrato foi submetido à saturação por água e mantidos em repouso para drenar a água excedente (Figura 5). Em três amostras de cada tratamento, uma amostra indeformada em um anel metálico foi coletada para determinar a densidade global e a porosidade total de cada substrato (TEIXEIRA, 2017).

**Tabela 2** - Proporção do solo Latossolo Vermelho, Neossolo Quartzarênico e materiais orgânicos utilizados para a composição dos substratos, onde: \*LV: Latossolo Vermelho; NQ: Neossolo Quartzarênico; EB: esterco bovino; CAC: casca de arroz carbonizada.

Identificação dos tratamentos	Proporção de solos e materiais orgânicos		
	LV	EB	CAC

T1	100	0	0
T2	70	15	15
T3	50	30	20
T4	30	45	25
T5	10	60	30
T6	Substrato florestal comercial		
	NQ	EB	CAC
T7	100	0	0
T8	70	15	15
T9	50	30	20
T10	30	45	25
T11	10	60	30

Fonte: Autor (2022).

**Figura 5** – Distribuição dos tratamentos contendo as diferentes misturas de substratos florestais em blocos casualizados.



Fonte: Autor, (2021).

Como as sementes apresentaram viabilidade germinativa em níveis elevados, a semeadura ocorreu utilizando-se uma semente por unidade experimental (Figura 6), A irrigação foi mantida três vezes ao dia, a cada seis horas.

**Figura 6** - Sementes do mogno africano semeadas nos diferentes substratos florestais.



**Fonte:** Autor (2021).

As sementes germinaram 10 dias após a semeadura, ocorrendo uniformemente em todos os tratamentos testados. A irrigação foi mantida três vezes ao dia com intervalos de 6h, com água obtida em um poço artesiano, acrescentando-se um volume de água correspondente a 30% do peso do solo por irrigação.

#### 4.4 Parâmetros de avaliação

Após 30 dias do plantio, iniciou-se o período de avaliação das mudas, em intervalos de 15 dias, totalizando seis registros. As características morfológicas avaliadas foram altura (H), em cm, determinada com régua graduada da superfície do solo até a gema apical (ou terminal) e diâmetro de colo (DC), em mm, determinado com paquímetro digital. Foram avaliadas índice de robustez (H/DC) conforme Benincasa (2003) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) conforme (DICKSON et al., 1960). Com os resultados de altura e diâmetro foi calculada a taxa de crescimento relativo (TCR) conforme Benincasa (2003).

Assim, os índices de robustez e qualidade de Dickson são definidos pelas seguintes fórmulas matemáticas:

$$IR = \frac{H}{DC} \quad (1)$$

$$IQD = \frac{MST}{IR + \frac{MSPA}{MSR}} \quad (2)$$

Após 105 dias da semeadura, realizou-se a análise destrutiva das mudas para a obtenção da biomassa. As mudas foram retiradas do substrato, seccionadas em parte aérea (folhas e caule) e raízes (Figura 7). As raízes foram lavadas em água corrente sobre uma peneira de malha de 1 mm, para a captura das raízes que se desprenderam.

**Figura 7** – Mudanças de mogno africano aos 105 dias após o plantio e seccionadas em parte aérea e raiz.



**Fonte:** Autor (2021).

As amostras foram levadas para análise no laboratório de mudas e sementes da UEMASUL. O material vegetal foi levado à estufa de circulação forçada de ar a 65 °C até peso constante. Após secagem, foi pesado em balança analítica com precisão de 0,0001g para a obtenção de massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Foram determinadas a matéria seca total (MST), relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o peso de matéria seca das raízes (MSPA/MSR). Foi realizada a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio nas folhas, obtidas no terço médio das mudas de todos os tratamentos, coletadas aos 108 dias após a semeadura (TEIXEIRA et al., 2017).

#### 4.5 Análise dos dados

Para garantir as suposições da análise de variância (ANOVA), os resultados foram primeiramente verificados quanto à normalidade e homocedasticidade usando os testes de Shapiro- Wilk ( $p < 0,05$ ) e Bartlett ( $p < 0,05$ ), respectivamente. Uma vez atendidas essas premissas, os resultados foram analisados por ANOVA por meio do software R versão 3.5.2 e,

no caso de diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Densidade e porosidade

Os valores médios de densidade e porosidade total dos substratos formulados variaram de acordo com a textura do solo e a quantidade de resíduos orgânicos, especialmente influenciados pela CAC (Tabela 3). Substratos compostos com 100% de solo (T1 e T7) apresentaram os maiores valores de densidade ( $0,87$  e  $0,91 \text{ g.cm}^{-3}$ ). Os substratos compostos por 10% solo, 60% EB e 30% CAC e o substrato comercial (T5, T11 e T6) variaram de  $0,32$  a  $0,38 \text{ g.cm}^{-3}$ . Nesses substratos, a porosidade variou de 84 a 89%, com os maiores valores em relação aos demais tratamentos.

A densidade em substratos compostos por 70% solo, 15% EB e 15% CAC (T2 e T8), 50% solo, 30% EB e 20% CAC (T3 e T9) e 30% solo, 45% EB e CAC 25% (T4 e T10) variou entre  $0,51$  e  $0,59 \text{ g.cm}^{-3}$ , e a porosidade entre 67 e 74%. Os substratos florestais, considerados adequados para a produção de mudas na fase de viveiro, devem apresentar valores de densidade entre  $0,40$  e  $0,50 \text{ g.cm}^{-3}$  e porosidade entre 75 e 85% (BUNT, 1973).

A densidade do substrato é influenciada pela textura do solo, natureza e quantidade de matéria orgânica, tamanho e disposição das partículas, densidade dos materiais utilizados, porosidade total e sua distribuição, embalagem e pressão aplicada ao encher os recipientes (OTHMAN et al., 2019; HAASE, 2021). A adição de CAC, que possui grande leveza e volume, promoveu diminuição da densidade e aumento da porosidade nos substratos avaliados neste estudo. No entanto, 30% de CAC na composição tornou o substrato muito poroso, com drenagem excessiva e torrão solto. Portanto, esse resultado indica que substratos com proporções superiores a 30% de CAC podem se tornar inviáveis para o viveirista, pois demandam maior frequência e quantidade de água para irrigação.

**Tabela 3** - Valores médios de densidade global e porosidade total de substratos compostos por diferentes proporções de solo com textura argilosa e arenosa, esterco bovino e casca de arroz carbonizada e o no substrato comercial, onde T1: solo 100% argiloso; T2: 70% solo argiloso, 15% esterco bovino (EB), 15% casca de arroz carbonizada (CAC); T3: 50% solo argiloso, 30% EB, 20% CAC; T4: 30% solo argiloso, 45% EB, 25% CAC; T5: 10% solo argiloso, 60% EB, 30% CAC; T6: substrato comercial; T7: solo 100% arenoso; T8: 70% solo arenoso, 15% EB, 15% CAC; T9: 50% solo arenoso, 30% EB, 20% CAC; T10: 30% solo arenoso, 45% EB, 25% CAC; T11: 10% solo arenoso, 60% EB, 30% CAC.

Tratamentos	Densidade ( $\text{g.dm}^{-3}$ )	Porosidade (%)
T1	$0,87 \pm 0,02$ a	$45,9 \pm 2,4$ c

T2	0,56±0,07b	71,3±4,6b
T3	0,53±0,05b	72,8±6,2b
T4	0,51±0,09b	74,3±6,5b
T5	0,37±0,03c	89,0±4,3 a
T6	0,32±0,04c	85,1±3,9 a
T7	0,91±0,09 a	43,7±3,0c
T8	0,55±0,04b	67,3±2,7b
T9	0,57±0,03b	68,6±3,4b
T10	0,59±0,04b	69,5±4,8b
T11	0,38±0,03c	84,4±1,8 a

As médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ).

**Fonte:** Autor (2022).

Normalmente, substratos de baixa densidade, como materiais incinerados, aumentam a macroporosidade das misturas e reduzem a capacidade de retenção de água do substrato (CALDEIRA et al., 2013; FARIA et al., 2013). Segundo os autores, a baixa densidade desse resíduo é uma característica importante para aumentar a porosidade total do substrato, a fim de permitir maior drenagem da água de irrigação.

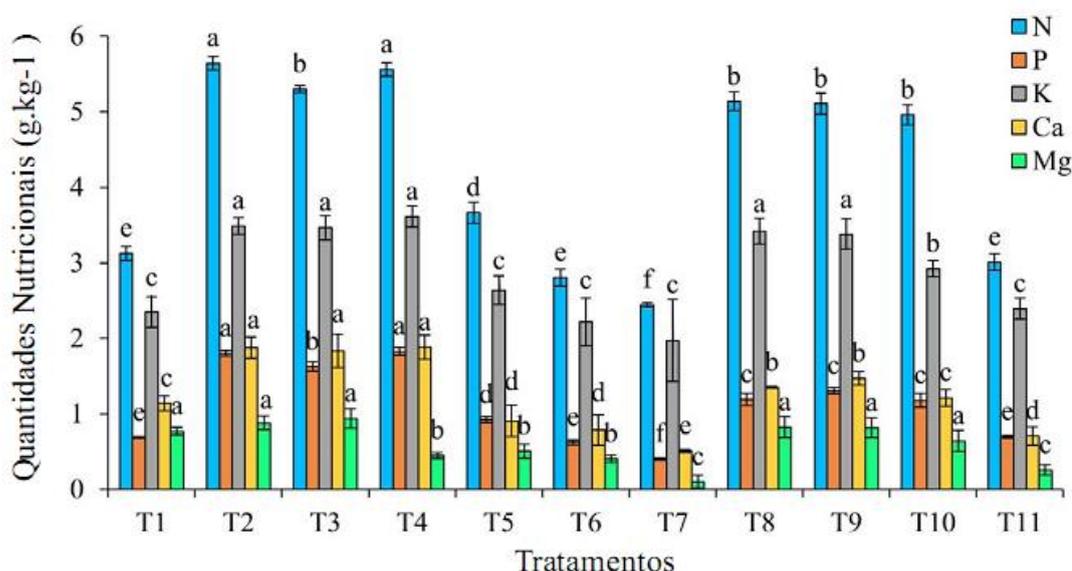
Em contrapartida, a adição de EB à mistura promoveu aumento da densidade do substrato e diminuição da porosidade, por ser um material mais denso. Steffen et al. (2010), avaliaram a eficiência de diferentes substratos constituídos por casca de arroz carbonizada e húmus de esterco bovino, e relataram que o húmus apresentou maior densidade e retenção de água. Assim, os substratos que proporcionaram valores de densidade e porosidade mais próximos dos considerados adequados foram T2, T3, T4, T8, T9 e T10.

Embora a estabilidade do torrão não tenha sido avaliada, o substrato T1, quando seco, tornou-se muito coeso, e os substratos T5, T7, T8, T9, T10 e T11 não formaram torrões firmes, o que dificulta o manuseio e transporte das mudas pelos viveiristas. A utilização de tubetes para produção de mudas em viveiros florestais pode melhorar várias etapas do processo como transporte mais barato das mudas para o campo, maior facilidade de manuseio e melhores condições ergonômicas para os trabalhadores florestais (DIONISIO et al., 2021).

## 5.2 Análise do teor de nutrientes das mudas

Os valores médios dos teores de N, P, K, Ca e Mg nas folhas do terço médio das mudas de mogno africano, aos 105 dias após o plantio, apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 8). O manejo eficiente da nutrição mineral da planta em fase de viveiro e da fertilidade do solo são fatores determinantes na produtividade das espécies florestais para obtenção de plantas vigorosas em campo (ARAÚJO et al., 2020). A deficiência dos elementos essenciais geralmente influencia em processos vitais na planta, comprometendo as taxas fotossintéticas e afetando diretamente o crescimento (BISSANI et al., 2004).

**Figura 8** - Valores médios de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) na parte aérea de mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos. As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ). T1: solo 100% argiloso; T2: 70% solo argiloso, 15% esterco bovino (EB), 15% casca de arroz carbonizada (CAC); T3: 50% solo argiloso, 30% EB, 20% CAC; T4: 30% solo argiloso, 45% EB, 25% CAC; T5: 10% solo argiloso, 60% EB, 30% CAC; T6: substrato comercial; T7: solo 100% arenoso; T8: 70% solo arenoso, 15% EB, 15% CAC; T9: 50% solo arenoso, 30% EB, 20% CAC; T10: 30% solo arenoso, 45% EB, 25% CAC; T11: 10% solo arenoso, 60% EB, 30% CAC.



Fonte: Autor (2022).

Os teores de N nas folhas de mogno africano produzidas nos tratamentos T6, T1 e T7, correspondentes ao substrato comercial e a 100% de solo arenoso e argiloso, respectivamente, estão abaixo do valor crítico para essências florestais na fase de viveiro, pois os valores médios observados variaram em 2,44 e 3,12 g.kg<sup>-1</sup>. Nos substratos T5 e T11, compostos por 10% de solos argilosos e arenosos e 90% de resíduos orgânicos, também apresentaram baixos valores de N foliar. Embora esses substratos fossem compostos por resíduos orgânicos, além da matéria

orgânica presente no solo (Tabela 1), o N disponibilizado pode ter sido perdido por lixiviação, já que em T5 e T11 a porosidade foi de 89 e 84,4%, respectivamente (Tabela 3).

Os teores de N observados nos tratamentos citados acima foram inferiores aos verificados por Souza et al. (2010), que relataram  $5,10 \text{ g kg}^{-1}$  em mudas de mogno africano cultivadas em solo com  $43,44 \text{ g.dm}^{-3}$  de matéria orgânica. Enquanto isso, esse valor foi semelhante aos encontrados nos substratos T2, T3, T4, T8, T9 e T10, a média foi de  $5,28 \text{ g kg}^{-1}$ . O N e o K são os nutrientes mais requisitados durante a fase inicial de crescimento e desenvolvimento do mogno (SOUZA et al., 2020).

Em relação aos teores de P, os tratamentos que utilizaram 100% de solo (T1 e T7), 10% de solo (T5 e T11) e substrato comercial (T6) apresentaram teores foliares inferiores a  $1,0 \text{ g.kg}^{-1}$ , estatisticamente inferiores aos demais tratamentos. Embora os substratos tenham sido formulados com solos com baixa disponibilidade de P, 1,5 e 0,5 mg (Tabela 2), nenhum tratamento promoveu sintomas de deficiência foliar. No entanto, a adição de resíduos orgânicos aos solos promoveu maior teor de P foliar, que variou de 1,18 a  $1,83 \text{ g.kg}^{-1}$  em T2, T3, T4, T8, T9 e T10. Esses resultados foram semelhantes aos verificados por Gonçalves et al. (2005), e por Perez et al. (2016), que encontraram média de  $1,7 \text{ g.kg}^{-1}$ , ambas nas folhas de mudas de mogno africano, e também não relataram sintomas de deficiência.

O mogno africano é uma espécie que apresenta baixa eficiência de utilização de P (TUCCI et al., 2011; SEABRA et al., 2018), aliado ao fato de serem produzidos em solos caracterizados pela baixa disponibilidade de P nas formas assimiláveis pelas plantas. Esta condição se deve à presença de óxidos de Fe e Al, e íons Al trocáveis em altas concentrações nos solos intemperizados do Cerrado brasileiro (NOVAIS et al., 2007).

O K foliar variou de  $1,97 \text{ g.kg}^{-1}$  (T7) a  $3,61 \text{ g.kg}^{-1}$  (T4). Pérez et al. (2016), estudaram os efeitos de doses de potássio no crescimento de plantas jovens de mogno africano, concentração foliar de K relacionada de  $8,05 \text{ g.kg}^{-1}$  aos 180 dias de idade, no tratamento sem adubação, e com  $0,1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$  de K no solo. O estágio inicial de desenvolvimento do mogno demanda baixas quantidades de potássio, concordando com os resultados apresentados neste estudo, mesmo os tratamentos com baixo K nos tecidos foliares não apresentaram sintomas de deficiência.

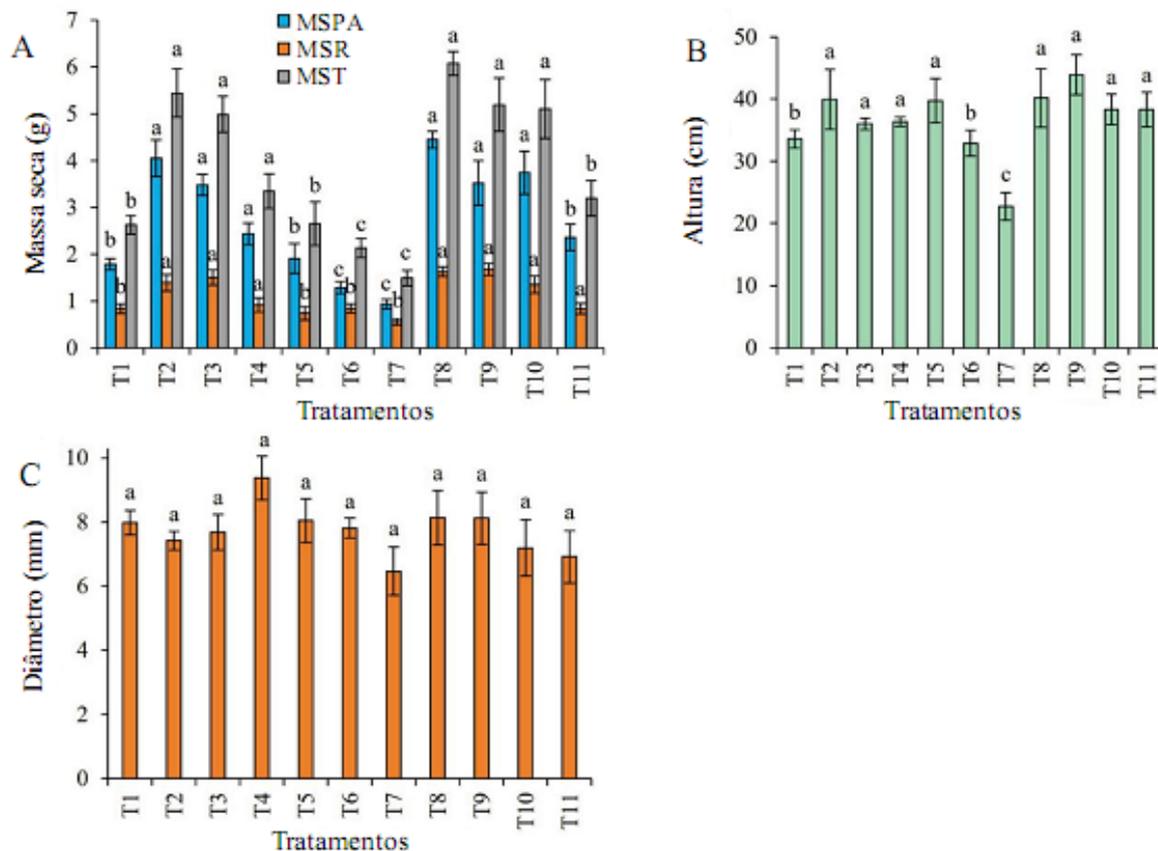
Os teores foliares de Ca e Mg nas mudas de mogno africano em fase de viveiro foram adequados, exceto nas mudas obtidas no T7 (100% solo arenoso), que apresentou média inferior a  $0,5 \text{ g.kg}^{-1}$  de Ca e  $0,3 \text{ g.kg}^{-1}$  de Mg. O solo arenoso possui baixa disponibilidade de Ca e Mg trocável ( $0,3$  e  $0,1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$ ), e no T7 não foi incorporado resíduos orgânicos, reforçando a importância da matéria orgânica na composição de substratos para produção de mudas de

mogno. O Ca está relacionado à integridade da membrana e da parede celular das plantas, e o Mg é necessário para a fotossíntese (SOUZA et al., 2020; SOUZA et al., 2010).

### 5.3 Avaliação de variáveis morfológicas

A disponibilidade de nutrientes, drenagem adequada e retenção de umidade, promovidas pela adição de resíduos orgânicos à terra, influenciaram as características morfológicas de crescimento das mudas de mogno africano. A combinação de 70% de solo e 30% de resíduos orgânicos (T2 e T8), 50% de solo e 50% de resíduos orgânicos (T3 e T9) e 30% de solo e 70% de resíduos orgânicos (T4 e T10) proporcionou mudas de mogno africano com maior biomassa total (Figura 9A).

**Figura 9** – Valores médios de massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) (A), altura (B) e diâmetro (C) das mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos. As médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Scott Knott ( $p < 0,05$ ). T1: solo 100% argiloso; T2: 70% solo argiloso, 15% esterco bovino (EB), 15% casca de arroz carbonizada (CAC); T3: 50% solo argiloso, 30% EB, 20% CAC; T4: 30% solo argiloso, 45% EB, 25% CAC; T5: 10% solo argiloso, 60% EB, 30% CAC; T6: substrato comercial; T7: solo 100% arenoso; T8: 70% solo arenoso, 15% EB, 15% CAC; T9: 50% solo arenoso, 30% EB, 20% CAC; T10: 30% solo arenoso, 45% EB, 25% CAC; T11: 10% solo arenoso, 60% EB, 30% CAC.



Fonte: Autor (2022)

Os resultados observados indicam que essas combinações de substratos promoveram maior formação de pecíolo, folhas e caule, componentes de massa seca e desenvolvimento radicular (MSR), devido à disponibilidade de nutrientes, drenagem adequada e retenção de umidade, promovida pela adição de resíduos orgânicos ao solo. O maior valor de MST reflete a maior qualidade das mudas produzidas, pois garantem a maior área de superfície para as plantas explorarem os nutrientes e a água do solo (OTHMAN et al., 2019; ARAÚJO et al., 2020).

O acúmulo de biomassa é um indicador da rusticidade de mudas de espécies florestais, pois os maiores valores representam mudas mais lignificadas, o que reflete maior resiliência em ambientes com condições edafoclimáticas adversas (GOMES; PAIVA, 2006; REYES et al., 2014). A resposta ao estímulo mecânico é chamada de higmomorfogênese (JAFFE, 1973), que fortalece as plântulas durante sua fase de ferrugem. A lignificação dos tecidos tem sido relacionada ao desempenho e sobrevivência das mudas no campo (DRANSKI; MALAVASI; MALAVASI, 2015). Mesmo apresentando alta rusticidade, é imprescindível uma infraestrutura mínima em condições de proteger as mudas contra ataques de roedores e formigas.

A massa seca da raiz pode prever a sobrevivência e o crescimento inicial de mudas no

plantio em campo. Quanto mais abundante o sistema radicular, maiores as chances de sobrevivência (GOMES; PAIVA, 2006). A distribuição equilibrada entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz possibilita um desenvolvimento adequado das mudas, diminuindo os riscos de queda das plantas no campo (DIONISIO et al., 2021).

Observou-se que, ao retirar as mudas do recipiente, o substrato de T5, T7, T8, T9, T10 e T11 se desfez, as raízes finas foram danificadas e descolaram da muda. Isso ocorreu porque esses substratos não formaram torrões firmes. Não houve perda de raízes, pois as mudas foram retiradas do recipiente sobre uma peneira.

O solo de textura argilosa e arenosa sem adição de matéria orgânica (T1 e T7), o substrato composto por 10% de solo e 90% de resíduos orgânicos (T5 e T11) e o substrato comercial (T6) proporcionaram os menores valores de parte aérea e biomassa radicular e, conseqüentemente, MST. Esses resultados corroboram Araújo et al. (2020), que observaram que as características morfológicas de crescimento de mudas de mogno africano, na fase de viveiro, foram influenciadas pela disponibilidade de nutrientes no substrato.

A produção de massa seca da planta é indicativa da intensidade de crescimento, que está relacionada à nutrição mineral e características físicas (SOUZA et al., 2010; SILVA et al., 2012; SEABRA et al., 2018). Segundo os autores, a adição de resíduos orgânicos tem a característica de proporcionar condições físicas e químicas mais favoráveis para o desenvolvimento das mudas. Substratos com maior porosidade total promovem melhor qualidade do sistema radicular e, conseqüentemente, geram mudas com maior parte aérea e massa seca radicular (SILVA et al., 2012).

Esta afirmação está de acordo com os resultados obtidos neste estudo, pois os tratamentos que proporcionaram maior MST foram aqueles que apresentaram valores de densidade e porosidade mais próximos aos considerados adequados por Bunt (1973). Além disso, embora as espécies das classes finais de sucessão apresentem menor taxa de crescimento e demanda de nutrientes, a proporção de resíduos orgânicos no solo influenciou essas características.

Todos os tratamentos proporcionaram crescimento em diâmetro superior a 4 mm (Figura 9B), medida geralmente utilizada pelos viveiristas para qualificar as mudas florestais para o plantio no campo. A altura é um dos parâmetros adotados para a classificação e seleção das plantas. No entanto, essa variável isolada pode não representar um bom indicador de qualidade, pois uma muda alta com diâmetro de caule reduzido pode tombar facilmente após o plantio.

Nenhuma das combinações de solo argiloso ou arenoso com resíduos orgânicos influenciou o diâmetro do colo das mudas de mogno africano, nos primeiros 105 dias em

condições de viveiro (Figura 9C). Todos os tratamentos proporcionaram crescimento em diâmetro superior a 4 mm. Dias (2006) recomendam que uma muda considerada de boa qualidade tenha diâmetro de colo entre 3 e 10 mm.

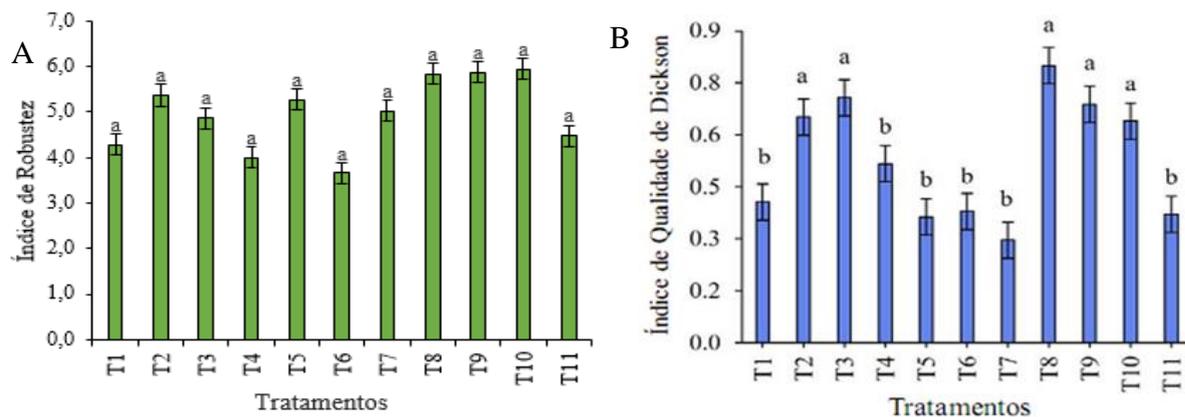
#### 5.4 Análise do índice de robustez (IR) e do índice de qualidade de Dickson (IQD)

Para avaliar a qualidade das mudas, empregou-se o índice de robustez (IR), obtido pela relação entre a altura (H) e o diâmetro do coleto (DC), e o índice de qualidade de Dickson (IQD) (Figura 10).

Com relação ao índice de robustez, verificou-se que os tratamentos apresentaram mudas robustas, já que os resultados variaram de 3,66 a 5,95 (Figura 10A). O valor considerado ideal deve ser menor que dez, para se considerarem mudas com adequado padrão de qualidade (BIRCHLER et al., 1998). A relação altura/diâmetro do coleto além de ser um indicador do padrão de qualidade das mudas, é o mais indicado para determinar a capacidade de sobrevivência no campo (BIRCHLER et al., 1998). Todos os tratamentos foram capazes de produzir mudas com viabilidade para o plantio no campo.

O IQD também representa um indicador para a avaliação da qualidade das mudas (FONSECA, 2002). O valor de IQD ideal deve estar acima de 0,20, e valores de IQD superiores a 1,0 indicam alta produção de MST e MSR em relação à parte aérea (MSPA) e à altura da planta (HT) (HUNT, 1990). Portanto, mudas com baixo IQD implicam em maior índice de mortalidade, caso fossem transplantadas no campo, pois quanto maior a relação HT/MSPA, menos lignificada está a muda e, conseqüentemente, menor é a capacidade de sobrevivência (GOMES et al., 2003).

**Figura 10** - Valores médios de (A) índice de qualidade de Dickson (IQD) e (B) índice de robustez (IR) em mudas de mogno africano aos 105 dias após o plantio em diferentes substratos. Médias realizadas pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. T1: 100% de solo argiloso; T2: 70% de solo argiloso, 15% de esterco bovino, 15% de casca de arroz carbonizada; T3: 50% de solo argiloso, 30% de esterco bovino, 20% de casca de arroz carbonizada; T4: 30% de solo argiloso, 45% de esterco bovino, 25% de casca de arroz carbonizada; T5: 10% de solo argiloso, 60% de esterco bovino, 30% de casca de arroz carbonizada; T6: 100% substrato comercial. T7: 100% de solo arenoso; T8: 70% de solo arenoso, 15% de esterco bovino, 15% de casca de arroz carbonizada; T9: 50% de solo arenoso, 30% de esterco bovino, 20% de casca de arroz carbonizada; T10: 30% de solo arenoso, 45% de esterco bovino, 25% de casca de arroz carbonizada; T11: 10% de solo arenoso, 60% de esterco bovino, 30% de casca de arroz carbonizada.



Fonte: Autor (2022).

O IQD das mudas de mogno africano produzidas nos tratamentos T2, T3, T4, T8, T9 e T10 atingiram os maiores valores, sendo que todos os substratos apresentaram valores acima de 0,3 (Figura 10B). O IQD também representa um indicador de qualidade de plântulas, pois considera características importantes, como a robustez e o equilíbrio da distribuição da massa de plântulas (FONSECA, 2002).

Mudas com valores de IQD abaixo de 0,2 implicam em maior mortalidade quando transplantadas em condições de campo, pois quanto maior a relação altura/MS, menos lignificada ela é (GOMES et al., 2002). O índice de qualidade de Dickson (IQD), assim como o índice de robustez, é considerado como indicador de qualidade de mudas. No IQD, a vitalidade das mudas e o equilíbrio da distribuição da biomassa são levados em consideração (LIMA FILHO et al., 2019).

Muitos autores consideram o IQD como o principal indicador do padrão de qualidade das mudas. Isso porque o fato de na fórmula do IQD ser levado em consideração a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa das plântulas, que combina variáveis de crescimento e relações biométricas (DICKSON, 1960; BINOTTO; LÚCIO; LOPES, 2010; SIQUEIRA et al., 2018).

## **6 CONCLUSÃO**

As mudas de mogno africano obtidas em substratos com proporções que variam de 30 a 70% de solo argiloso ou arenoso, 15 a 30% de esterco bovino e 15 a 20% de casca de arroz carbonizada apresentaram os melhores padrões de qualidade. A combinação de materiais orgânicos com solos obtidos do bioma cerrado apresentou os melhores resultados comparados aos tratamentos que utilizaram apenas de solo, independente da textura, e ao substrato comercial. Estes resultados podem servir como base para silvicultores da região, que produzem de mudas de mogno africano.

## 7 REFERÊNCIAS

- ABPMA. A.; BRINK, M. (Ed.). Plant resources of Tropical Africa. Wageningen: PROTA
- ABPMA. Associação Brasileira dos Produtores de Mogno Africano. **Dr. Ulrich Gal e a *Khaya grandifoliola* no Brasil**. ABPMA, 2020. 21 p.
- ALBUQUERQUE, M. P. F. et al. Ecofisiologia de plantas jovens de mogno-africano submetidas a deficit hídrico e reidratação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 1, 2013. 16 p.
- ANEVAN, C. **Produção de mudas de eucalipto em diferentes substratos**. FAG - Faculdade Assis Gurgacz, Cascavel – PR, 2009.
- ARAÚJO, M. S. et al. Desenvolvimento inicial e nutrição de mudas de mogno-africano em resposta à adubação nitrogenada e fosfatada. **Scientia Forestalis**, v.48, n.125, 2020.
- ARTUR, Adriana Guirado et al. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 843-850, 2007.
- AZEVEDO, I. M. G.; ALENCAR, R. M.; BARBOSA, A. P.; ALMEIDA, N. O. Estudo do crescimento e qualidade de mudas de marupá (*Simarouba amara* Aubl) em viveiro. **Acta Amazônica**, v. 40, n. 1, p. 57-164, 2010.
- BALBINO, L. C. et al. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.46, p.1-12, 2011.
- BARROS, L. A. G. de; SILVA, P. F. R.; PANDOLFI, M. Viabilidade Econômica da Produção de Mogno-Africano da Região Sudeste (*KHAYA IVORENSIS*). In: **III SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da FATEC Taquaritinga**. 10 p. Outubro de 2015.
- BATISTA FILHO. **Mogno Africano, cultivo no estado de Minas Gerais**. Piracicaba: Casa do Produtor Rural; 2010.
- BELTRÃO, N. E. et al. **Estresses hipoxítico e anoxítico em plantas de mamoneira**. Congresso brasileiro de mamona, energia e ricinoquímica. Embrapa. 2009.
- BINOTO, A.F; LÚCIO, A.D.C; LOPES, S.J. Correlações entre variáveis de crescimento e índice de qualidade de Dickson em mudas florestais. **Cerne**, 16(4):457-464, 201.

BIRCHLER, R. et al. La planta ideal: revision del concepto, parametros definitorios e implementation practica. **Investigacion Agraria**, Sistemas y Recursos Forestales, v.7, n. 1, 109-121 p., 1998.

BUNT, A.C. Algumas características físicas e químicas de substratos de plantas em vaso sem loma e sua relação com o crescimento das plantas. **Acta Horticulturae**, 37(1):1954-1965, 1973.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília, DF: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

BRIGHENTI, A. M.; MULLER, M. D. Controle do capim-braquiária associado à nutrição com boro no cultivo do mogno-africano em sistema silvipastoril. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, n.4, p. 745-751, 2014.

CARNEIRO, J. G. A. **Determinação do padrão de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo**. 1976. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CALDEIRA, M. V. W. et al. Substratos alternativos na produção de mudas de *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, 37(1):31-39, 2013.

CARVALHO FILHO, J. L. S. et al. Produção de mudas de angelim (*Andira fraxinifolia* Benth.) em diferentes ambientes, recipientes e substratos. **Revista Ciência Agronômica**, v.35, p.61-67, 2004.

CARVALHO, A. M.; SILVA, B. T. B.; LATORRACA, J. V. F. Avaliação da usinagem e caracterização das propriedades físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Cerne** 2010; 16: 106-114.

CASAROLI, Derblai et al. Aptidão edafoclimática para o mogno-africano no Brasil. **Ciência Florestal**, v. 28, p. 357-368, 2018.

JUNIOR, Américo Wagner; COUTO, Marcelo; QUEZADA, Alberto. Efeito de diferentes substratos durante a aclimatização de plantas micropropagadas do porta-enxerto mirabolano 29C (*Prunus cerasifera* EHRH.) em casa de vegetação. **Current Agricultural Science and Technology**, v. 9, n. 2, 2003.

CRUZ, Cezar A. F. e. Efeito da adubação nitrogenada na produção de mudas de Sete-Cascas [*Samanea inopinata* (Harms) Ducke]. **Revista Árvore**, v. 30, n.4, 537-546 p. 2006.

DELARMELINA, W. M. et al. Diferentes Substratos para a Produção de Mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**. v.21, n.2, 224-233 p. 2014.

DENSLOW, Julie Sloan. Tropical rainforest gaps and tree species diversity. **Annual review of ecology and systematics**, p. 431-451, 1987.

DIONÍSIO, L.F.S et al. Efeitos da poda e do volume de recipiente na qualidade de mudas de *Bertholletia excelsa* bonpl. (Lecythidaceae). **Pesquisa Acadêmica Europeia**, 9(2):1198- 1212, 2021.

DICKSON, A. et al. Avaliação da qualidade de mudas de abeto branco e pinheiro branco em viveiros. **Forest Chronicle**, 36(1):10- 13, 1960.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos. 5. ed. Revisada e ampliada**. Brasília, Distrito Federal: Embrapa, 2018. 355p.

FARIA, J. C. T. et al. Uso de resíduos orgânicos na produção de mudas de *Senna alata* (L.) Roxo. **Ecologia e Nutrição Florestal**, 1(3):133-146, 2013.

FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. **Mogno africano *Khaya ivorensis* A. Chev em sistema silvipastoril com leguminosa e revestimento natural do solo**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.52, 1999.

FONSÊCA, T. G. **Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sup>2</sup> na água de irrigação**. Piracicaba,2001, 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) -Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

FONSECA, E.P. et al. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4: 2002.

FRANÇA, Tâmara Suely Filgueira Amorim et al. Natural resistance of plantation grown African mahogany (*Khaya ivorensis* and *Khaya senegalensis*) from Brazil to wood-rot fungi

and subterranean termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 107, p. 88-91, 2016.

FRANÇA, T. S. F. A. Caracterização tecnológica das madeiras de duas espécies de mogno africano (*khaya ivorensis* a. chev. e *khaya senegalensis* (desr.) a. juss.). **Dissertação** (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, 105p. Jerônimo Monteiro, ES, 2014.

GOMES J.M., PAIVA H.N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. Viçosa: UFV; 2006.

GOMES, J. M. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de dosagens de N-P-K. 2001.166f. **Tese (Doutorado em Ciência Florestal)** – Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG.

GONÇALVES, J.F.C et al. Estado nutricional e área foliar específica de mogno e fava tonka sob dois ambientes de luz. **Acta Amazônica**. 35(1):23-27, 2005.

GONÇALVES, J. F. C. et al. Efeito do ambiente de luz no crescimento de plantas jovens de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Scientia Forestalis**, v.40, n.95, p.337-344, 2012.

GRUPIONI, Pedro Henrique et al. Indicadores econômicos na implantação do cultivo de mogno-africano no município de Cristalina–GO. **Agrarian Academy**, v. 5, n. 09, 2018.

GUIMARÃES, K. et al. **Limonóides isolados na família Meliaceae**. In: XXVI Reunião Anual sobre Evolução, Sistemática e Ecologia Micromoleculares, 2004.

HAASE, D. L. Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. **Tree planter's Notes**, Washington, v. 52, n. 2, p. 01, 2008.

HAASE, D. L. O alto custo do sistema polybag de baixo custo: Uma revisão dos sistemas de produção de mudas em viveiro. **Terra**, v. 5, n. 2, p. 01, 2021.

HUNT, G. A. Effect of styroblock design and cooper treatment on morphology of coniferseedlings. In: **target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations**, 1990, Roseburg. Proceedings [...]. Fort Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 218-222.

IBÁ. **Relatório da Indústria Brasileira de Árvores**. 2016. 72 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo agropecuário. 2017. Disponível em < <https://censos.ibge.gov.br/agro/2017/>>. Acesso em junho de 2021.

ITTO - International Tropical Timber Organization. *Annual review and assessment of the world timber situation [online]*. Yokohama: ITTO. 2013 set 15.

ITTO- International Tropical Timber Organization. **Yokohama, Japan. Prepared by the Division of Trade and Industry**, ITTO. p. 223. 2020. ISBN 978-4-86507-074-3.

ITTO. International Tropical Timber Organization. **Annual review and assessment of the world timber situation 2021**.

IUCN. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. **IUCN Red List**. Cambridge, 2018.

JAFFE, M.J. Tigmomorfogênese: A resposta do crescimento e desenvolvimento das plantas ao estímulo mecânico com referência especial à Bryoniadoica. **Planta**, p.143-156, 1973.

JEYANNY, V. et al. Effects of macronutrient deficiencies on the growth and vigour of *Khaya ivorensis* seedlings. **Journal of Tropical Forest Science**, p. 73-80, 2009.

JÚNIOR, L. L. F. et al. First Report of *Parasaissetia nigra* in *Khaya ivorensis* Seedlings in Brazil. 26(3): e20180156 <https://doi.org/10.1590/2179-8087.015618>. ISSN 2179-8087. **Floresta e Ambiente**. 2019.

KÖPPEN, W. 1948. **Climatologia: con un estudio de los climas de la terra**. México. Fondo Cult. Econ. 479p.

KLEIN, V. et al. Casca de arroz carbonizada como condicionador de substrato. In: FURLANI, A. M. C. **Caracterização, manejo e qualidade de substrato para produção de plantas**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2002. 95p.

KRATZ, D.; WENDLING, Ivar; PIRES, Patrícia Pereira. Miniestaquia de *Eucalyptus benthamii* x *E. dunnii* em substratos a base de casca de arroz carbonizada. **Embrapa Florestas- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2012.

LEMMENS, R. H. M. J. *Khaya ivorensis*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008.

LIMA FILHO, Pedro et al. Produção de mudas de *Ceiba speciosa* em diferentes volumes de tubetes utilizando o biossólido como substrato. **Ciência Florestal**, v. 29, p. 27-39, 2019.

LOPES, E. D; UCHÔAS, E. G; GOMES, J. M; COLLARES, R. A. Desempenho inicial no campo de mogno africano implantado em área de pastagem na região semi-árida do médio Vale do Jequitinhonha. In: **Anais II Simpósio de Integração Lavoura- Pecuária-Floresta**; 2012; Montes Claros. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais; 2012. p. 131-136.

MALAVOLTA, E. et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas** – Princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARANHO, Á. S. et al. Produção de mudas de *physocalymma scaberrimum* em substratos compostos por diferentes porcentagens de resíduo orgânico de açaí. **Floresta**. [S.l.], v. 42, n. 2, p. 399-408, maio 2012. ISSN 1982-4688.

MESQUITA, F.O.; CAVALCANTE, L.F.; NUNES, J.C.; LUNA SOUTO, A.G.; MEDEIROS, R.F.; RODRIGUES, R.M.; Formação de mudas de nim com aplicação de biofertilizante bovino submetido à drenagem e estresse salino; **Bioscience Journal**; v. 31; n. 1; p. 47-54; Janeiro/ Fevereiro; Uberlândia, 2015.

MOURA, Rebecca Silva et al. Danos em *Khaya ivorensis* provocado por *Trigona spinipes* na savana brasileira. **Acta Brasiliensis**, v. 1, n. 1, p. 40-42, 2017.

NIKIEMA, A.; PASTENAK, D. *Khaya senegalensis*. In: LOUPPE, D.; OTENGAMOAKO, A. A.; BRINK, M. (Ed.). **Plant resources of Tropical Africa**. Wageningen: PROTA Foundation, 2008.

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. 1017 p. Viçosa: SBCS, 2007.

OPUNI-FRIMPONG, E. *Khaya grandifoliola*. In: LOUPPE, D.; OTENG-AMOAKO,

OTHMAN, Y. et al. Cultura sem solo: Manejo do substrato de cultivo, água, nutrientes, salinidade, microrganismo e qualidade do produto. **Boletim Ambiental Fresenius**, v.28, n.4, p.3249-3260, 2019.

PEREZ, B. A. P.; VALERI, S. E. V.; DA CRUZ, M. C. P.; VASCONCELOS, R. T. Potassium doses for African mahogany plants growth under two hydric conditions. **African Journal of Agricultural Research**, Johannesburg, v.11, n.22, p.1973-1979, 2016.

PINHEIRO A. L.; COUTO, L.; PINHEIRO, D. T.; BRUNETTA, J. M. F. **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos africanos (*Khaya spp.*)**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011. 102 p.

PRACIAK, Andrew et al. (Ed.). **The CABI encyclopedia of forest trees**. Oxfordshire: CABI, 2013. 523 p.

REYES, J.T.S et al. Qualidade vegetal de três espécies de pinheiros no viveiro “Morelia”, estado de Michoacán. **Jornal Mexicano de Ciências Florestais**, v.5, n.26, p.98-111, 2014.

REIS, C. A. F. et al. **Mogno-africano (*Khaya spp.*): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil**. Brasília, DF :Embrapa. 378 p. ISBN 978-85-7035-923-0. 2019.

RIBEIRO, A. F.; SCOLFORO, A. C. e; SOARES, J. R. O Cultivo do Mogno Africano (*Khaya spp.*) e o Crescimento da Atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente [online]**. 2017, v. 24.

ROSSI, E.; SARTORETTO, L. M. Caracterização de três espécies florestais de importância econômica. **Unoesc & Ciência - ACET**, Joaçaba, v. 5, n. 2, p. 145-152, jul./dez. 2014.

RUDEK, A.; GARCIA, F. A.; PERES, F. Avaliação da qualidade de mudas de eucalipto pela mensuração da área foliar com o uso de imagens digitais. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, 2013.

SAMÔR, O. J. M. et al. Qualidade de mudas de angico e sesbânia, produzidas em diferentes recipientes e substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v.26, n.2, p.209-215, 2002.

SANTOS, Humberto Goncalves dos et al. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5.

ed., rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2018. 356 p.

SOUZA, Aline das Graças et al. Crescimento, nutrição e eficiência no transporte, absorção e uso de nutrientes no mogno africano. **Revista Ciência Agronômica**, v. 51, n. 2, 2020.

SOUZA, C. A. S. et al. Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazônica**, v.40, n.3, p. 515-522, 2010.

SEABRA, C. et al. Influência das limitações de fósforo no crescimento, partição de nutrientes e fisiologia de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Journal of Plant Nutrition**, v.41, n.3, p. 358-370, 2018.

SÉRVULO, A. C. O. et al. African Mahogany transpiration with granier method and water table lysimeter. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.21, n.5, p.322-326, 2017.

SILVA, P.T. E. et al. Principais espécies florestais utilizadas em sistemas agroflorestais na Amazônia. **Revista de Ciências Agrárias (Belém)**; v. 49, p. 127-144, 2008

SILVA, R. B. G. et al. Qualidade de mudas clonais de *Eucalyptus urophylla* x *E. grandis* em função do substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.3, p. 297-302, 2012.

SMIDERLE, O. J.; SOUZA, A. G. Production and quality of *Cinnamomum zeylanicum* Blume seedlings cultivated in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n.2, p.104-110, 2016.

SOUZA A.G.; SMIDERLE, O.J.; BIANCHI, V.J. Biometric Characterization and morphophysiological quality of Peach rootstock seeds using images of their plantlets vigor. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, v. 9, n. 2, p.001- 009, 2018.

STEFFEN, G. P. K. et al. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substrato para a produção de mudas de boca- de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n. 2, p.345-357, 2010.

SWAINE M. D; WHITMORE T. C. On the definition of ecological species groups in tropical

rain forests. **Vegetation**. v. 75, n. 1, p. 81-86, 1988

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. (Eds.). Porto Alegre: Artmed, 2013. 954 p.

TEIXEIRA, Paulo Cesar et al. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. 3. ed. rev. e ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2017, 573 p.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Utilização de lodo de esgoto na produção de mudas de aroeira pimenteira. **Revista Árvore**, Viçosa, v.38, n.4, p.657-665, Jul./Ago., 2014.

TUCCI, Carlos Alberto Franco et al. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica [online]**. v. 39, n. 2, 2009.

TUCCI, C. A. F. et al. Desenvolvimento de mudas de *Swietenia macrophylla* em resposta a nitrogênio, fósforo e potássio. **Floresta**, v.41, n.3, p.471-490, 2011.

VIEIRA, C. R.; WEBER, O. L. dos S. (2015). Avaliação de substratos na produção de mudas de mogno (*Swietenia Macrophylla* King). **Revista Brasileira Multidisciplinar**, v. 18, n.2, p. 153-166.

