



**USO DE *BIOCHAR* NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS  
PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS FLORESTAIS**

EDITE SANTOS SIQUEIRA

Macaíba/RN  
Fevereiro de 2022



EDITE SANTOS SIQUEIRA

**USO DE *BIOCHAR* NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO  
DE MUDAS FLORESTAIS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Sementes, Propagação e Fisiologia de Espécies Florestais).

Orientador:

Prof. Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco

Coorientadores:

Dr. Fernando dos Santos Araújo

Dr<sup>a</sup>. Cibele dos Santos Ferrari

Macaíba/RN

Fevereiro de 2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN  
Sistema de Bibliotecas - SISBI  
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Setorial Prof. Rodolfo Helinski -  
Escola Agrícola de Jundiá - EAJ - Macaíba

Siqueira, Edite Santos.

Uso de biochar na composição de substratos para produção de mudas de espécies florestais / Edite Santos Siqueira. - 2022.

64 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Unidade Acadêmica Especializada em Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais. Macaíba, RN, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco.

Coorientadora: Profa. Dra. Cibele dos Santos Ferrari.

Coorientador: Prof. Dr. Fernando dos Santos Araújo.

1. Resíduos orgânicos -Dissertação. 2. Substrato alternativo -  
Dissertação. 3. Carvão vegetal - Dissertação. 4. Carbono pirogênico -  
Dissertação. I. Pacheco, Mauro Vasconcelos. II. Ferrari, Cibele dos  
Santos. III. Araújo, Fernando dos Santos. IV. Título.

RN/UF/BSPRH

CDU 631.53.03

Elaborado por Elaine Paiva de Assunção - CRB-15/492

**USO DE *BIOCHAR* NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE  
MUDAS FLORESTAIS**

Edite Santos Siqueira

Dissertação julgada para obtenção do título de Mestre em Ciências Florestais (Área de Concentração em Ciências Florestais - Linha de Pesquisa: Sementes, Propagação e Fisiologia de Espécies Florestais) e aprovada pela banca examinadora em 11 de fevereiro de 2022.

**Banca Examinadora**

---

Prof. Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco  
EAJ/UFRN  
Presidente

---

Prof. Dr. Antelmo Ralph Falqueto  
Universidade Federal do Espírito Santo - UFES  
Examinador externo à instituição

---

Dr. Givanildo Zildo da Silva  
Universidade Federal de Jataí - UFJ  
Examinador externo à instituição

Macaíba/RN  
Fevereiro de 2022



*À minha mãe Maria de Fátima Santos, pela minha formação pessoal, pelo apoio e incentivo incondicional.*

*À minha namorada, Amanda Larissa Dias Pacheco, por todo amor, companheirismo e apoio.*

*À minha grande amiga, Pomy de Cassia Peixoto Kim (in memória) por todo incentivo e apoio em minha vida acadêmica e pessoal.*

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

---

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), ao Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais (PPGCFL) e à Escola Agrícola de Jundiá (EAJ) pela oportunidade de formação no mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro para realização desse projeto de pesquisa (Projeto Universal 437955/2018-4).

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Aos docentes do PPGCFL, pela contribuição e ensinamentos durante o curso.

Aos funcionários da EAJ, por toda ajuda durante o meu período na instituição, em especial ao Sr. Marcos da horta e ao Cláudio motorista que me auxiliaram em atividades e na resolução de pequenos problemas do dia a dia, o meu muito obrigada.

Aos amigos que fiz durante o curso e me ajudaram de diversas formas para que esse trabalho pudesse ser feito: Jessica Sabrina, Maria Luiza, Denys, Ana Beatriz, Cheila, Maria Kely, Viviane, Maria Eduarda, Francisca Adriana e Sthefany, o meu mais sincero obrigada, sem vocês tudo seria mais difícil.

Aos colegas de curso e aos do Laboratório de Sementes Florestais, pelos conhecimentos e momentos compartilhados.

Ao Laboratório de Tecnologia da Madeira, em especial ao professor Dr. Alexandre Pimenta, pela concessão do uso dos equipamentos do laboratório, à Daniele e Joice pela ajuda nas análises do material.

Ao meu orientador, professor Dr. Mauro Vasconcelos Pacheco, pela oportunidade de desenvolver o trabalho em seu laboratório, pelas contribuições e todo conhecimento compartilhado.

Aos meus coorientadores Dr. Fernando dos Santos Araújo e Dr<sup>a</sup>. Cibele dos Santos Ferrari, pelas contribuições e apoio na realização do trabalho.

Aos meus amigos Paulo, Sarah, Ana Cecília, Jhullyson, Arthur, por todo companheirismo e ajuda durante todo o percurso, que mesmo distante sempre se fizeram presentes.

À minha mãe, por acreditar que a educação transforma e fazer de tudo para me proporcionar a melhor possível.

À minha namorada, por me apoiar em todos os caminhos que me permito seguir.

Muito obrigada!

## RESUMO

---

### USO DE *BIOCHAR* NA COMPOSIÇÃO DE SUBSTRATOS PARA A PRODUÇÃO DE MUDAS DE FLORESTAIS

O *biochar* é um resíduo orgânico proveniente da indústria madeireira potencialmente apropriado para compor substratos usados na produção de mudas florestais, pois é rico em carbono e possui características físico-químicas capazes de diminuir a lixiviação dos nutrientes, promover maior retenção de água, contribuir para o aumento da porosidade e areação do solo. Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar o efeito da adição de *biochar* na composição de substratos para a produção de mudas das espécies florestais nativas da Caatinga de *Tabebuia aurea*, *Handroanthus impetiginosus* e *Pityrocarpa moniliformis*. O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado, constituído por oito tratamentos contendo as seguintes proporções volumétricas de biochar: areia (25%) + vermiculita (25%) + pó de coco (50%); areia (25%) + pó de coco (30%) + vermiculita (25%) + *biochar* (20%); areia (25%) + pó de coco (20%) + vermiculita (25%) + *biochar* (30%); areia (25%) + vermiculita (25%) + *biochar* (50%); substrato comercial Tropstrato® (100%); substrato comercial Tropstrato® (80%) + *biochar* (20%); substrato comercial Tropstrato® (70%) + *biochar* (30%); substrato comercial Tropstrato® (50%) + *biochar* (50%). As variáveis avaliadas foram: porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência, taxa de crescimento, diâmetro do coleto, altura, número de folhas, relação altura/diâmetro do coleto, massa seca do sistema radicular, massa seca da parte aérea, massa seca total, relação massa seca da parte aérea/sistema radicular, relação altura da parte aérea/massa seca da parte aérea e o índice de qualidade de Dickson. Não houve diferença significativa para porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência para as três espécies estudadas nos diferentes substratos utilizados. A adição de 30% de *biochar* ao substrato comercial é uma alternativa viável para produção de mudas de *T. aurea*, enquanto a adição de 20% de *biochar* ao substrato comercial foi o ideal para produção de mudas de *H. impetiginosus* e *P. moniliformis*. O uso de *biochar* na composição de substrato é uma alternativa viável e ambientalmente sustentável para produção de mudas florestais nativas da Caatinga.

**Palavras-chave:** resíduos orgânicos, substrato alternativo, carvão vegetal, carbono pirogênico.



## ABSTRACT

---

### USE OF *BIOCHAR* IN THE COMPOSITION OF SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF FOREST SEEDLINGS

Biochar is an organic waste from the wood industry potentially suitable for composing substrates used in the production of forest seedlings, because it is rich in carbon and has physicochemical characteristics capable of reducing the leaching of nutrients, promote greater water retention, contribute to the increase of porosity and aeration of the soil. Thus, the objective of this work is to evaluate the effect of the addition of biochar in the composition of substrates to produce seedlings of native forest species of the Caatinga of *Tabebuia aurea*, *Handroanthus impetiginosus* e *Pityrocarpa moniliformis*. The experiment was conducted in a completely randomized design, consisting of eight treatments and four repetitions each. The mixture of the substrate was constituted in the proportions: sand (25%) + coconut fiber (50%) + expanded vermiculite (25%); sand (25%) + coconut fiber (30%) + expanded vermiculite (25%) + *biochar* (20%); sand (25%) + coconut fiber (20%) + expanded vermiculite (25%) + *biochar* (30%); sand (25%) + expanded vermiculite (25%) + *biochar* (50%); commercial substrate Tropstrato® (100%); commercial substrate Tropstrato® (80%) + *biochar* (20%); commercial substrate Tropstrato® (70%) + *biochar* (30%); commercial substrate Tropstrato® (50%) + *biochar* (50%). The variables evaluated were emergency percentage, emergence speed index, growth rate diameter the neck, height of the aerial part, height of the aerial/diameter the neck ratio, number of leaves, root system dry mass, shoot dry mass, total dry mass, shoot dry mass/root system ratio and Dickson Quality Score. There was no significant difference for percentage of emergence and emergence speed index. for the three species studied in the different substrates used. The addition of 30% of biochar to the commercial substrate is a viable alternative to produce of *T. aurea* seedlings, while the addition of 20% of biochar to the commercial substrate was ideal to produce seedlings of *H. impetiginosus* and *P. moniliformis*. The use of biochar in the substrate composition is a viable and environmentally sustainable alternative to produce native forest seedlings in the Caatinga.

**Keywords:** organic waste, alternative substrate, charcoal, pyrogenic carbon.

## SUMÁRIO

---

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>4</b>
2.1. Objetivo Geral .....	4
2.2. Objetivos Específicos.....	4
<b>3. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>6</b>
3.1. Produção de mudas .....	6
3.2. Substratos para produção de mudas .....	7
3.3. <i>Biochar</i> .....	9
3.4. <i>Tabebuia aurea</i> .....	11
3.5. <i>Pityrocarpa moniliformis</i> .....	12
3.6. <i>Handroanthus impetiginosus</i> .....	13
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>16</b>
4.1. Instalação do experimento .....	19
4.2. Variáveis avaliadas.....	20
4.3. Análise dos dados .....	21
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>23</b>
5.2 <i>Tabebuia aurea</i> .....	23
5.3 <i>Handroanthus impetiginosus</i> .....	28
5.4 <i>Pityrocarpa moniliformis</i> .....	34
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>40</b>

## LISTA DE TABELAS

---

- Tabela 1:** Análise química para determinação de macronutrientes e micronutrientes dos substratos utilizados para produção de mudas de *Tabebuia aurea*, *Handroanthus impetiginosus* e *Pityrocarpa moniliformis*..... 18
- Tabela 2:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore em diferentes substratos. .... 23
- Tabela 3:** Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *T. aurea* cultivadas em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 25
- Tabela 4:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 26
- Tabela 5:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos. .... 28
- Tabela 6:** Altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/ massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura. .... 30
- Tabela 7:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura. .... 33
- Tabela 8:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos. .... 34
- Tabela 9:** Altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/ massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 36
- Tabela 10:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura. .... 38

## LISTA DE ABREVIATURAS

---

**A** – Areia

**ANOVA** – Análise de Variância Paramétrica

**B** – *Biochar*

**C** – Carbono

**Ca** – Cálcio

**Cu** – Cobre

**DC** – Diâmetro do coleto

**DIC** – Delineamento Inteiramente Casualizado

**Fe** – Ferro

**H** – Altura

**H/DC** – Relação altura/diâmetro do coleto

**IBGE** – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

**IQD** – Índice de Qualidade de Dickson

**IVE** – Índice de Velocidade de Emergência

**K** – Potássio

**Mg** – magnésio

**Mn** – Manganês

**MSPA** – Massa seca da parte aérea

**MSPA/MSR** – Relação massa seca da parte aérea/raiz

**MSR** – Massa seca da raiz

**MST** – Massa seca total

**N** – Nitrogênio

**P** – Fósforo

**PC** – Pó de Coco

**SC** – Substrato Comercial

**V** – Vermiculita

**Zn** – Zinco

## LISTA DE FIGURAS

---

- Figura 1:** Etapas de obtenção de biochar e areia para produção de mudas florestais, com trituração do biochar nas peneiras de mesh 40 mm (A), 20 mm (B) e 30 mm (C); além de areia peneirada (D) e lavada (E)..... 16
- Figura 2:** Análise química imediata do *biochar*. Mufla com os cadinhos posicionados para realização da análise de materiais voláteis. .... 18
- Figura 3:** Implantação do experimento. A: utilização de duas sementes por tubete; B: Tratamentos após o DIC, identificados e separados. C: Viveiro Florestal da UAECIA/EAJ protegido (50% de sombreamento)..... 19
- Figura 4:** Avaliações da produção de mudas em diferentes substratos. A: emergência de sementes de *Tabebuia aurea*; B: medição da altura com auxílio de régua milimetrada; C: medição do diâmetro do coleto com auxílio de paquímetro digital; D: retirada do substrato e separação da parte aérea e raiz. .... 20
- Figura 5:** Curva de crescimento de diâmetro, altura e número de folhas de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura.. .... 24
- Figura 6:** Mudanças de *T. aurea* cultivadas em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 25
- Figura 7:** Curva de crescimento de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura.29
- Figura 8:** Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 32
- Figura 9:** Curva de crescimento de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura. .... 35
- Figura 10:** Mudanças de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura..... 37

# ***Introdução***

---

## 1. INTRODUÇÃO

---

O aperfeiçoamento dos sistemas de produção de mudas de espécies florestais é fundamental no processo de recuperação de áreas degradadas, uma vez que a obtenção de mudas de boa qualidade possibilita maiores chances de sucesso do plantio em campo (LUSTOSA FILHO et al., 2015). Um dos fatores determinantes para o desenvolvimento de mudas é o uso de substratos adequados as necessidades nutricionais exigidas por cada espécie (LUSTOSA FILHO et al., 2015). A combinação de diferentes materiais para a composição do substrato pode garantir o incremento de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cloro (Cl), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), molibdênio (Mo), níquel (Ni) e zinco (Zn) que são elementos essenciais para o crescimento da planta (CHAVES et al., 2006; LUSTOSA FILHO et al., 2015).

Como o substrato é um dos principais insumos utilizados na produção de mudas (KRATZ et al., 2013) seu custo impacta muito o valor final das mudas. Os substratos comerciais provenientes de materiais orgânicos a base de casca de árvore, turfa, pó de coco, palha de arroz e outros materiais como vermiculita acrescidos de fertilizantes químicos (ARAÚJO et al., 2017) possuem um alto custo que está diretamente ligado a obtenção desses materiais o que acaba encarecendo a produção de mudas (ARAÚJO et al., 2017; LUSTOSA FILHO et al., 2015).

Por essa razão, alternativas mais baratas e sustentáveis têm sido investigadas. O aproveitamento de resíduos orgânicos para produção de mudas é uma alternativa para diminuir os custos e os impactos ambientais negativos gerados pelo descarte de resíduos (ARAÚJO et al., 2017).

Existem várias atividades geradoras de resíduos orgânicos, dentre elas, a indústria de produção de carvão vegetal. No processo de fabricação do carvão vegetal são produzidos cerca de 15% de um resíduo sem valor comercial conhecido como moinha de carvão (BENITES et al., 2009). Esse resíduo pode ser utilizado na agricultura como um condicionador de solo chamado de biocarvão ou *biochar*. O biochar é capaz de reter água e nutrientes em sua matriz e liberá-los de forma equilibrada para a muda (MAIA et al., 2021). Essas propriedades são desejáveis uma vez que podem diminuir os custos com irrigação e fertilização (PIMENTA et al., 2019).

Estudos sobre a utilização do *biochar* na composição de substratos para a produção de mudas tem se intensificado nos últimos 13 anos (GÓMEZ-LUNA et al., 2009, 2012; DRAKE et al., 2015; FERNÁNDEZ-UGALDE et al., 2017; GAO et al., 2017; LIN et al., 2017; ZHANG et al., 2017; ZHOU et al., 2017; RAMLOW et al., 2018; ZHANG et al., 2019; MAIA et al., 2021).

Os estudos disponíveis mostraram que a dição de biochar na composição do substrato aumentou a condutividade hidráulica e o fornecimento de água para a planta, bem como o aumento nas concentrações de C e N.

O desempenho de mudas de *Tachigali vulgaris* em substratos com doses crescentes de *biochar*, proporcionaram incremento significativo na altura, número de folhas, diâmetro do coleto, massa seca radicular e massa seca da parte aérea, gerando mudas de melhor qualidade quando (Barros et al. 2016). Porém, em outro estudo realizado por Sass et al. (2018) não se observou diferenças em relação à qualidade de mudas de *Eucalyptus dunnii* quando adicionado o *biochar* no substrato.

Como a eficiência da utilização do e *biochar* na produção de mudas ainda precisa ser mais estudada e diante do exposto, objetivou-se com esse estudo avaliar o incremento de *biochar* na composição de substratos para a produção de mudas de *Tabebuia aurea*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Handroanthus impetiginosus*.



## ***Objetivos***

---

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. Objetivo Geral

- Avaliar o efeito da adição de *biochar* na composição de substratos para a produção de mudas de *Tabebuia aurea*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Handroanthus impetiginosus*.

### 2.2. Objetivos Específicos

- Avaliar a qualidade das mudas produzidas em diferentes níveis de incremento de *biochar*,
- Identificar qual a melhor composição de substrato para o desenvolvimento das mudas.
- Avaliar a qualidade das mudas a partir dos parâmetros morfológicos.

# ***Revisão de Literatura***

---

### 3. REVISÃO DE LITERATURA

---

#### 3.1. Produção de mudas

No setor florestal, o sucesso na formação inicial dos povoamentos florestais depende diretamente da qualidade das mudas produzidas em viveiros (GOMES et al., 2002). A classificação de qualidade das mudas baseia-se em duas premissas: aumento da sobrevivência após o plantio e a redução da manutenção inicial do povoamento, devido ao crescimento inicial (CARNEIRO, 1995).

Várias técnicas são utilizadas para a obtenção de mudas de boa qualidade como: a seleção genética, uso de sementes de alto vigor, o tipo de recipiente, ambientes protegidos compatíveis para o desenvolvimento inicial, controle da irrigação, adubação suplementar e substrato adequado (NICCHIO et al., 2020). A escolha do substrato é considerada um dos principais fatores para produção de mudas, agregando maiores chances de sucesso em campo. A obtenção de mudas de melhor qualidade para a implantação de povoamentos florestais está diretamente ligada à maior produtividade e à qualidade final do produto (TRAZZI et al., 2013). Segundo Gomes et al. (2002), os parâmetros morfológicos são os mais utilizados para determinação do padrão de qualidade, dentre eles: altura, diâmetro do colo, número de folhas, massa seca da parte aérea e radicular, massa seca total e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

A altura (H) é um dos atributos morfológicos mais utilizados para caracterização de mudas e os principais fatores que influenciam na diferenciação da altura é o fator nutricional, disponibilidade de água, adensamento e o sombreamento (GOMES e PAIVA, 2011).

O diâmetro do coleto (DC) é um parâmetro usado para classificar a aptidão das mudas florestais para o plantio em campo, uma vez que valores superiores de DC estão relacionados a maior taxa de sobrevivência e crescimento no campo (GOMES e PAIVA, 2011).

A relação altura e diâmetro do coleto (H/DC) indica o equilíbrio no desenvolvimento da parte aérea, uma vez que a relação H/DC seja muito elevada as mudas podem apresentar dificuldade de se manter eretas em campo, podendo levar ao tombamento e morte após o plantio (JOSÉ et al., 2005). É recomendado que mudas de boa qualidade devam apresentar valores de relação H/DC inferiores a 10; quanto menor o valor, maior é a capacidade de sobrevivência em campo (ARAUJO et al., 2018)

O número de folhas é um parâmetro que mede o crescimento da planta, tendo a relação entre a área foliar e a fotossíntese. É importante observar-se a morfologia dessas e não apenas a contagem do número de folhas, tendo em vista que a expansão das folhas

permite maior captação de luz, conseqüentemente, melhor desenvolvimento (ARAUJO et al., 2018).

A massa seca da parte aérea (MSPA) indica a rusticidade da muda, enquanto que a massa seca da raiz (MSR) está diretamente ligada a sobrevivência e o desenvolvimento inicial das mudas no plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2011). Ainda segundo Gomes e Paiva (2011), a MSR é tida como um dos principais e mais relevantes atributos para estimar a sobrevivência em campo, porém é importante ressaltar que valores de MSR elevado podem ser atribuídos a lignificação das raízes, assim como a maior espessura, devido à uma permanência longa, incompatível a capacidade do recipiente, assim, para o melhor entendimento desses parâmetros, a avaliação de sua relação MSPA/MSR. Essa relação deve ser menor que 2,0 para que o sistema radicular possua tamanho suficiente para suprir adequadamente o fornecimento de água para a parte aérea (JOSÉ et al., 2005).

O IQD é o cálculo que considera a robustez e o equilíbrio da distribuição da biomassa na planta, ponderando os resultados dos parâmetros morfológicos de altura, diâmetro e biomassa. Segundo Caldeira et al. (2013) o IQD varia de acordo com a espécie, o tipo de substrato e recipiente utilizado, o manejo empregado na produção e principalmente a idade em que a muda foi avaliada, não sendo viável utilizar esse índice como comparativo entre espécies diferentes e quanto maior o valor, melhor a qualidade da muda.

### 3.2. Substratos para produção de mudas

Substrato é definido como um material ou mistura de materiais que são empregados para o desenvolvimento de mudas, podendo ser de origem animal, vegetal ou mineral, cujas funções consistem na sustentação da planta, retenção de água ou fornecimento de nutrientes. (STURION, 1981). O tipo de substrato pode influenciar bastante no desenvolvimento das mudas, dependendo de suas características físico-químicas e biológicas podendo ser considerado um bom substrato ao proporcionar melhores condições de umidade, disponibilidade de água e nutrientes (BARRETO et al., 2018). Os substratos podem ser diferenciados como orgânicos ou minerais que podem ser inertes ou quimicamente ativos (PINTO et al., 2016).

Os substratos classificados como orgânicos, possuem origem em resíduos vegetais que passam pelo processo de decomposição podendo adsorver ou liberar nutrientes para o meio (BARRETO et al., 2018). Aqueles classificados como minerais são derivados de materiais quimicamente inativos ou inertes, a exemplo da argila expandida, perlita, lã de rocha, espuma fenólica e a vermiculita (BARRETO et al., 2018).

Os substratos comerciais tendem a conter em sua composição atributos que favorecem o desenvolvimento da muda, porém a escolha desse material tende a aumentar os

custos de produção (IBRAHIM et al., 2019). Diante disso, a elaboração de um substrato para a produção de mudas deve-se basear na seleção de materiais leves e porosos, com características físicas, químicas e biológicas necessárias para o bom desenvolvimento da muda e as matérias primas devem estar disponíveis, em volumes suficientes e com baixo custo de aquisição e transporte (KÄMPF, 2001).

O arranjo dos materiais empregados influencia diretamente no suprimento de nutrientes, água disponível e oxigênio, e conseqüentemente no crescimento e desenvolvimento das plantas (CUNHA et al., 2006). A matéria prima utilizada para a mistura, bem como a proporção de cada componente, deve ser elaborada objetivando o melhor ajuste das propriedades físicas, uma vez que as químicas, em geral, podem ser complementadas com adubação e manejo de irrigação (WENDLING et al., 2002).

A vermiculita é um dos componentes mais presentes entre as misturas de substratos. É um silicato hidratado de alumínio, magnésio e ferro (MARCOS e RODRÍGUEZ, 2014), podendo ser encontrado no mercado em diferentes tipos granulométricos (extrafina, fina, média e grossa). A vermiculita expandida é bastante utilizada na composição dos substratos por ser um mineral praticamente inerte, de estrutura variável, muito leve, constituído de lâminas ou camadas justapostas, com grande aeração, alta capacidade de troca catiônica e principalmente ter a capacidade de absorver até cinco vezes o seu volume em água (MARCOS e RODRÍGUEZ, 2010).

A fibra de coco já foi amplamente testada e é utilizada com sucesso na produção de mudas de espécies florestais, em cultivo de frutíferas e ornamentais (CORREIA et al., 2003; LACERDA et al., 2006). É uma matéria prima proveniente do desfibramento industrial das cascas do coco, é um material leve, de porosidade elevada, boa capacidade de retenção de água, cerca de três a quatro vezes o seu peso, alta estabilidade física, pois se decompõe muito lentamente, alta característica de molhabilidade, isto é, não repele a água entre uma irrigação e outra, o que traz grandes vantagens no manejo da irrigação para o produtor (CARRIJO et al., 2002).

Outro componente geralmente presente na formulação de substratos para a produção de mudas é a areia lavada. A principal vantagem do uso da areia é o baixo custo, fácil disponibilidade, sua estabilidade estrutural, característica de boa drenagem, inatividade química e facilidade de limpeza (ANDRIOLO, 1996).

A crescente demanda por substratos tem intensificado a prospecção de componentes alternativos. Nesse sentido, a utilização de resíduos orgânicos provenientes da agropecuária surge como alternativa tanto para a mitigação dos impactos gerados pelo descarte desse material, é o caso do que já vem acontecendo com os subprodutos cascas de pinus, casca de arroz, bagaço de cana, compostos orgânicos, serragem para a substituição da terra de subsolo (KRATZ et al., 2013).

A viabilidade do uso de diferentes resíduos orgânicos na composição de substratos para a produção de mudas em viveiros tem sido objeto de várias pesquisas que visam oferecer alternativas de baixo custo e sustentável. Pesquisadores brasileiros tem demonstrado a aplicabilidade de vários descartes da agroindústria na produção de mudas florestais, incluindo os produtos da secagem dos grãos de café (MENEGHELLI et al., 2016), casca de arroz carbonizada, palha de café *in natura* e lodo de esgoto (CALDEIRA et al., 2013), bagaço de cana (DUTRA et al., 2013), serragem da fabricação de celulose (TOLEDO et al., 2015), resíduos da produção da agroindústria de banana (FERREIRA et al., 2015), e a moinha da produção do carvão vegetal (BARROS et al., 2019).

Apesar de bons resultados em relação as alternativas de substratos utilizando resíduos, o assunto ainda é complexo quando a oferta desses materiais é diversa e as possibilidades de combinações entre eles é grande (TOLEDO et al., 2015), tornando-se necessário mais pesquisas que comprovem a eficácia do uso desses resíduos como opções viáveis e de baixo custo para a produção de mudas, uma vez que os substratos comercializados atualmente podem não acompanhar a demanda, bem como terem um aumento de preços significativo (KRATZ et al., 2013).

### 3.3. *Biochar*

*Biochar* e Carvão vegetal são essencialmente o mesmo material, sendo um empregado para fins agronômicos e o outro para siderurgia, churrasqueira, aquecedores entre outros, respectivamente (KOOKANA et al., 2011).

O *biochar* é o produto da pirólise de qualquer fonte de matéria orgânica, a partir da decomposição térmica na ausência ou mínima presença de oxigênio atmosférico em temperaturas que variam de 300° C a 1000° C (ZHANG et al., 2018). Esse processo transforma a matéria orgânica em três estados: gasoso, líquido e sólido, e suas proporções variam de acordo com a matéria prima e as condições de pirólise utilizadas (KARAOSMANOĞLU et al., 2000). Isso vem sendo uma opção para a destinação de vários resíduos que são produzidos em larga escala em todo o mundo, a exemplos do lodo de esgoto, esterco, biomassa de colheita e o material residual da própria indústria de carvão (ZHANG et al., 2018). Ainda segundo o mesmo autor, a pirólise rápida favorece a produção de líquido, que pode ser armazenado e transportado mais facilmente e a baixo custo do que a forma sólida da biomassa, entretanto, a pirólise lenta tem se mostrado mais apropriada para a produção de *biochar* para o uso agronômico, pois favorece a produção na forma sólida e maximiza o rendimento do carvão.

A temperatura na produção do *biochar* influencia principalmente na produtividade, pH, recalcitrância e materiais voláteis (ZHAO et al., 2018). Além de rico em carbono, também

possui alta capacidade de troca catiônica, resultado da ação do carbono pirogênico no solo, promove a diminuição da lixiviação dos nutrientes e a maior retenção de água no substrato, garantindo maior eficiência na utilização dos nutrientes e redução dos custos com adubação (LEHMANN e JOSEPH, 2012). Os fatores acima citados podem promover o aumento significativo da raiz, aumentando ainda mais o crescimento e a produtividade, além disso, sua combinação com solo rico em nutrientes ou aliado com fertilizantes potencializa o desenvolvimento das plantas (LIMA et al., 2016).

A aplicação de *biochar* pode diminuir o pH do solo (PETTER e MADARI, 2012) por conter minerais em sua composição, destacando-se o potássio, cálcio, fósforo e sódio (MADARI et al., 2009). A adição de *biochar* na composição do substrato para a produção de mudas melhorou a qualidade das de *Eucalyptus grandis* (SILVA et al. (2017), e *Tectona grandis* (REZENDE et al. 2016). Testes com o *biochar* demonstram a capacidade para aumentar a composição da comunidade biológica do solo (GROSSMAN et al., 2010), Steiner et al., (2008) indicaram que, a aplicação do *biochar* aumentou a respiração basal em cerca de 30,1% de CO<sub>2</sub> nas 35 horas e Liang et al. (2010) constatou um aumento da biomassa microbiana em 125%.

O *biochar* apresenta características físicas e químicas que melhoram as propriedades do solo, aumentando a porosidade, a condutividade elétrica do solo e a atividade microbiana (BAIAMONTE et al., 2015; LAIRD et al., 2010; OGUNTUNDE et al., 2004). É possível observar a alteração a resistência à tração dos solos, pois a adição de *biochar* em solos ricos em argila pode reduzir essa resistência possibilitando o alongamento e proliferação da raiz no solo, a mineralização de nutrientes, além de permitir que as sementes germinem mais rapidamente, uma vez que a impedância mecânica é um dos fatores que dificultam a emergência da semente (LEHMANN e JOSEPH, 2012). As propriedades físicas e químicas do *biochar* são variadas e dependentes da temperatura de pirólise e dos parâmetros do processo em que foi produzido, como tempo de resistência e temperatura do forno, e o tipo de matéria-prima utilizada (BRUUN et al., 2011; JOSEPH et al., 2010), com isso as proporções dos elementos presentes em sua composição podem ser diferentes, por exemplo, o *biochar* proveniente de palha apresenta teor maior de potássio quando comparado ao proveniente da madeira (UZOMA et al., 2011).

O *biochar* ainda possui uma característica muito importante, seu potencial sequestro de carbono no solo, se tornando assim, um aliado na redução das mudanças climáticas devido a capacidade de diminuir as concentrações de CO<sub>2</sub> da atmosfera (LEHMANN e JOSEPH, 2012). Existem duas vias principais em que o *biochar* influencia no ciclo global de carbono. A primeira é que se o *biochar* for proveniente de um material que de outra forma teria oxidado a curto e médio prazo e o produto resultante seja rico em carbono estável, este ficará numa condição de menor oxidação. A segunda é a utilização de produtos gasosos e líquidos



provenientes da pirólise que podem ser utilizados como combustíveis compensando a utilização dos fósseis (LEHMANN et al., 2006). Para avaliar o sequestro de carbono através do *biochar*, devem ser considerados alguns fatores, como o tempo presente no solo, a taxa de emissão, a quantidade que pode ser adicionada ao solo e a eficiência da produção (WOOLF et al., 2010). De acordo com Lehmann (2007), o sequestro de carbono pode ser explicado pela maior aeração e diminuição da anaerobiose, o que possibilitaria a maior estabilização de C no solo, assim a produção do *biochar* pode contribuir para a mitigação das mudanças climáticas a curto e a longo prazo.

O fator dominante para a melhoria no desenvolvimento das plantas e o aumento na fertilidade do solo após a aplicação do *biochar* ainda precisam ser mais estudados com base nos diferentes tipos de matéria prima utilizados na produção do *biochar* e a dosagem a ser aplicada (WANG e WANG, 2019).

### 3.4. *Tabebuia aurea*

A família botânica Bignoniaceae Juss. é composta por árvores, arbustos e lianas, com folhas compostas e opostas, flores com corola gamopétala e zigomorfa, androceu formado por quatro estames e um estaminódio, gineceu bicarpelar e bilocular, com inúmeros óvulos por lóculo, e frutos que se apresentam no formato de cápsula (LOHMANN, 2004).

O gênero *Tabebuia* Gomes ex DC. faz parte do grupo ecológico das secundárias tardias, o cultivo desse gênero se intensificou quando começou a ser utilizado para fins ornamentais e de arborização de ruas e parques. Suas espécies podem ser discriminadas conforme a coloração da flor produzida, em: amarela, roxa, branca e rosa (LORENZI, 2008). A maioria das espécies do gênero produzem uma grande quantidade de sementes, no entanto, a viabilidade delas é curta, o que pode estar atrelada ao maior teor de lipídeos na composição química dessas sementes (HARRINGTON, 1972; OLIVEIRA et al., 2006).

*Tabebuia aurea* é popularmente conhecida como craibeira, para-tudo, caraibeira, caroba-do-campo, cinco-em-rama e ipê-amarelo-do-cerrado, é uma espécie que ocorre no Brasil, Argentina, Bolívia, Paraguai e Peru (CARVALHO, 2003). No Brasil, ocorre na Amazônia, no Cerrado e no Pantanal mato-grossense, sendo uma espécie nativa do bioma Caatinga, não endêmica, que sobrevive tanto em áreas bem drenadas quanto em áreas de alagamento sazonal, essa plasticidade ao estresse hídrico aliada ao rápido crescimento garantem a espécie a indicação para utilização em programas de restauração florestal (LORENZI, 2008). Ainda de acordo com este autor, a espécie pode alcançar de 10 a 20 m de altura na Caatinga e de 4 a 6 m no Cerrado, sua madeira é pouco pesada (densidade 0,76g/cm<sup>3</sup>), dura, grã, irregular, extremamente flexível e de baixa resistência ao apodrecimento. A espécie possui importância madeireira, sendo ela utilizada na construção

civil (fabricação de portas, janelas e batentes), produção de carvão, fabricação de móveis, carpintaria e cabos de ferramentas (PAES et al., 2013).

Estudos etnobotânicos com *T. aurea* mostram que ela vem sendo utilizada como anti-inflamatório, analgésico e antiofídico na medicina tradicional. O extrato da casca do caule reduz a hiperalgesia e a lesão neuronal induzida pela picada de serpentes do gênero *Bothrops* (MALANGE et al., 2019; REIS et al., 2014). Na medicina popular, os brotos e a entrecasca do caule são utilizados para o tratamento de vitiligo, manchas na pele e antisséptico (MACEDO e FERREIRA, 2004), além do chá das folhas que é utilizado para o tratamento de anemia e doenças no fígado (OLIVEIRA JUNIOR e CONCEIÇÃO, 2010).

### 3.5. *Pityrocarpa moniliformis*

*Pityrocarpa moniliformis* popularmente conhecida como catanduva ou angico-de-bezerro, é uma árvore de porte médio podendo chegar a 10 metros de altura, pertencente à família das Leguminosas é uma espécie nativa do bioma Caatinga, ocorrendo em todo o Nordeste brasileiro, sendo mais abundante na região do Vale do Rio São Francisco. Espécie pioneira, decídua, heliófita, produz uma elevada quantidade de sementes que apresentam dormência por impermeabilidade do tegumento à água, causa mais comum de dormência nas espécies dessa família (AZERÊDO et al., 2016; CARVALHO, 2003). Possui madeira de textura média, pesada e grã-reversa, de resistência mecânica média e boa durabilidade natural, utilizada em pequenas obras de construção civil, marcenaria, fabricação de carvão e cabos de ferramentas (LORENZI, 2002).

A espécie é indicada para composição de programas de reflorestamento com fins preservacionistas devido as suas características de rápido crescimento e rusticidade, na recuperação de solos degradados e combate a erosão ajudando no desenvolvimento de outras espécies (BENEDITO et al., 2011; LORENZI, 2002). Fornece forragem de qualidade para bovinos, caprinos e ovinos, além de apresentar alto valor apícola (MAIA, 2004). A espécie também se destaca como uma planta melífera, e apesar da elevada importância econômica e ambiental atribuída, ela é pouco cultivada em larga escala, fato que pode ser atribuído ao baixo conhecimento sobre o manejo, bem como a divulgação das potencialidades da espécie (BENEDITO et al., 2011).

O potencial farmacológico da espécie vem sendo estudado e foi observado um alto teor de antioxidantes presente nas folhas, cascas e frutos, que podem ser utilizados no combate e inibição do crescimento de células cancerígenas (ALVES et al., 2014). Em estudo realizado por Silva et al. (2011) observou que em partes da planta contém altos níveis de componentes fenólicos que podem ser utilizados na manutenção e estabilidade oxidativa da matriz alimentar, de cosméticos e para a preparação de fármacos utilizando seus bioativos.

Além das substâncias com potencial terapêutico, as sementes de *P. moniliformis* possuem potencial larvicida, seus metabólitos secundários possuem propriedades eficazes no combate de vetores de *Aedes aegypti* L., transmissores de doenças como dengue, chikungunya, zika e febre amarela (FARIAS et al., 2010).

### 3.6. *Handroanthus impetiginosus*

O gênero *Handroanthus* Mattos inclui espécies em sua maioria arbóreas, possui uma ampla ocorrência distribuída em várias regiões, comumente encontrada nos Biomas brasileiros Amazônia, Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica e no Pantanal, o gênero é amplamente conhecido pela beleza de suas flores que podem ser em cores rosadas, brancas ou amarelas, que se destacam por aparecem quando as árvores se apresentam no período decíduo das folhas, no inverno ou no início da primavera (LEITE et al., 2017; LORENZI, 2008; SILVA et al., 2015).

*Handroanthus impetiginosus* popularmente conhecida como ipê-roxo, piúva, pau-d'arco a espécie pertence à família Bignoniaceae, nativa do Brasil, de porte arbóreo podendo atingir alturas que variam de 20 a 35 metros, considerada uma árvore de grande longevidade, pode tolerar sombra no estágio inicial de seu desenvolvimento e faz parte do extrato superior da floresta (AMADO et al., 2015; LORENZI, 2002). A espécie ainda dispõe de uma característica interessante em virtude da sua capacidade de alterar sua fisiologia de acordo com as condições ambientais, atributo de total importância para os projetos de reflorestamento, principalmente na recuperação de áreas degradadas, além de ser amplamente utilizada na arborização urbana e paisagismo em geral (CARVALHO, 2003; LORENZI, 2008).

A sua madeira é pesada, apresentando dureza ao corte, além de ser resistente a organismos que se alimentam de madeira (xilófagos) o que lhe confere alta qualidade e valor madeireiro, podendo ser utilizada para diversas finalidades, mas as principais são na marcenaria e construção civil (LORENZI, 2008), no entanto, esse tem sido um dos principais fatores pelo qual a espécie sofre com a exploração desenfreada, sendo essenciais a implantação de práticas que visem a sua conservação (FONSECA-FILHO et al., 2016).

Na medicina popular, a espécie é amplamente utilizada para o tratamento de diversas infecções bacterianas e fúngicas, febre, sífilis, malária e tripanossomíase (CASTRO, 2018). Também é relatado que *H. impetiginosus* possui ação antisséptica, anti-inflamatória, analgésica e antineoplásica, onde a casca é utilizada na forma de infusão, gargarejo, macerato, extrato fluido e como pó para o tratamento (DANTAS et al., 2018). Além de compostos relevantes para a indústria a exemplo do lapachol, ácido tânico, bem como corantes usados para tingimento de algodão e seda (LORENZI, 2002).



## ***Material e Métodos***

---

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

---

### Local da pesquisa

A pesquisa foi conduzida na Unidade acadêmica especializada em Ciências agrárias (UAECIA) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) (5°54'01" S e 35°21'28" W) em Macaíba, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. O clima na região segundo a classificação de Koppen é do tipo Aw tropical chuvoso.

### Obtenção das sementes

As sementes utilizadas para o estudo foram fornecidas pelo Laboratório de Sementes Florestais da UAECIA/UFRN e estavam armazenadas em sacos plásticos a temperatura constante de 20 °C. Foram utilizados os lotes de sementes coletadas em 10 árvores matrizes das espécies *Tabebuia aurea*, *Pityrocarpa moniliformis* e *Handroanthus impetiginosus*.

### Obtenção, preparo e caracterização dos substratos

O *biochar* foi adquirido de um revendedor local, posteriormente triturado com auxílio de uma forrageira e homogeneizado para melhor distribuição das granulometrias obtidas nesse processo (Figura 1 A-C). A areia utilizada foi cedida pela EAJ, passou pelo processo de lavagem para retirada de impurezas (Figura 1 D e E). O substrato comercial (Topstrato®) continha casca de pinus, vermiculita, nitrato de potássio, superfosfato simples e turfa. O substrato comercial, a vermiculita expandida e o pó de coco foram obtidos em lojas de produtos agrícolas.

**Figura 1:** Etapas de obtenção de *biochar* e areia para produção de mudas florestais, com trituração do *biochar* nas peneiras de mesh 40 mm (A), 20 mm (B) e 30 mm (C); além de areia peneirada (D) e lavada (E).



Fonte: autor, 2021

A análise química imediata do *biochar* foi obtida através da determinação de materiais voláteis, teor de cinzas e carbono fixo. As análises foram realizadas no Laboratório de Tecnologia da Madeira da UAECIA/EAJ.

Para determinação do material volátil, a mufla foi pré-aquecida a 900 °C. Através de uma balança analítica, foi determinado a massa dos cadinhos e adicionado  $3 \pm 0,2$  g de *biochar*, posteriormente os cadinhos foram inseridos na parte mais externa da mufla (Figura 2) com a porta aberta por 3 min. Em seguida os cadinhos foram levados ao interior da mufla e com a porta fechada e permaneceram por mais 7 min. Por fim retirou-se os cadinhos da mufla e transferidos para o dessecador por 1 h até que esfriassem e sua massa foi determinada em balança analítica.

O teor de cinzas foi avaliado após completada a etapa anterior, os cadinhos então foram transferidos para dentro da mufla pré-aquecida a 600 °C e lá permaneceram por mais 6 h, posteriormente a esse período os cadinhos foram retirados e colocados para esfriar em dessecador por 1 h.

As amostras foram avaliadas em triplicatas. Os cálculos para obtenção dos valores de materiais voláteis, teor de cinzas e carbono fixo foram obtidos de acordo com o procedimento ASTM D1762-84 por meio das seguintes equações:

$$\text{Material Volátil \%} = \frac{\text{massa}_{(\text{cadinho})} - \text{massa}_{(\text{seco}-950^{\circ}\text{C})}}{\text{massa}_{(\text{amostra})}}$$

$$\text{Teor de Cinzas \%} = \frac{\text{massa}_{(\text{resíduo-pós-600}^{\circ}\text{C})} - \text{massa}_{(\text{cadinho})}}{\text{massa}_{(\text{amostra})} * 100}$$

$$\text{CarbonoFixo \%} = 100 - (\text{MaterialVolátil\%} - \text{TeorDeCinzas\%})$$

Análise química imediata do *biochar* revelou que o mesmo possui 20,75% de materiais voláteis 10,42% de teor de cinzas e 89,67% de carbono fixo.

**Figura 2:** Análise química imediata do *biochar*. Mufla com os cadinhos posicionados para aclimação e realização da análise de materiais voláteis.



Fonte: autor, 2021

Para a realização das análises dos substratos, foram enviadas para o laboratório da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte S/A (EMPARN) – CNPJ: 08.510.158/0001/13 amostras contendo 1L de cada substrato para determinação de macronutrientes e micronutrientes. O resultado da análise dos substratos está descrito na Tabela 1.

**Tabela 1:** Análise química para determinação de macronutrientes e micronutrientes dos substratos utilizados para produção de mudas de *Tabebuia aurea*, *Handroanthus impetiginosus* e *Pityrocarpa moniliformis*.

Tratamentos	Macronutrientes g.kg <sup>-1</sup>					Micronutrientes mg.kg <sup>-1</sup>				
	N	P	K	Ca	Mg	Na	Zn	Cu	Fe	Mn
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	2,52	0,31	0,83	0,79	17,97	0,34	19	8	5725	60
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	1,68	0,63	0,91	7,88	16,02	0,34	150	10	5412	76
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	1,68	0,42	1,06	11,65	9,10	0,39	23	7	3725	39
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	1,96	0,82	1,09	24,97	17,25	0,37	14	7	3375	35
T5 (100% SC)	5,04	3,35	2,72	10,61	7,47	0,85	59	24	6362	149
T6 (80% SC; 20% B)	3,64	4,19	3,26	17,67	6,95	0,90	85	22	7875	135
T7 (70% SC; 30% B)	3,08	2,50	3,26	18,65	4,55	0,87	42	19	4450	106
T8 (50% SC; 50% B)	4,76	2,11	2,72	24,75	3,92	0,85	45	15	2700	72

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial; N= Nitrogênio; P= Fósforo; K= Potássio; Ca= Cálcio; Mg= Magnésio; Na= Sódio; Zn= Zinco; Cu= Cobre; Fe= Ferro; Mn= Manganês.



## Desenho experimental

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), com oito tratamentos e quatro repetições de 20 mudas cada. Os tratamentos foram constituídos de oito misturas de substratos, distribuídos da seguinte forma: (T1) areia (25%) + pó de coco (50%) + vermiculita expandida (25%); (T2) areia (25%) + pó de coco (30%) + vermiculita expandida (25%) + *biochar* (20%); (T3) areia (25%) + pó de coco (20%) + vermiculita expandida (25%) + *biochar* (30%); (T4) areia (25%) + vermiculita expandida (25%) + *biochar* (50%); (T5) Tropstrato® (100%); (T6) Tropstrato® (80%) + *biochar* (20%); (T7) Tropstrato® (70%) + *biochar* (30%); (T8) Tropstrato® (50%) + *biochar* (50%).

### 4.1. Instalação do experimento

Os experimentos com as espécies *T. aurea*, *H. impetiginosus* e *P. moniliformis* foram instalados nos dias 30 de maio, 12 de julho e 30 de julho de 2021 respectivamente. Para a semeadura de cada uma das três espécies foram colocadas duas sementes por recipientes (Tubetes 290 cm<sup>3</sup>) contendo o substrato de cada tratamento (Figura 3 A). Posteriormente, foi realizado o raleio das mudas deixando-se apenas a mais vigorosa. Durante a condução do experimento as mudas foram irrigadas diariamente por um sistema de aspersão durante 1 h, uma vez ao dia e sempre pela parte da manhã. Quando necessário, foram removidas as plantas espontâneas manualmente. Essa etapa foi conduzida em ambiente protegido (50% de sombreamento) no Viveiro Florestal da UAECIA/UFRN (Figura 3 B).

**Figura 3:** Implantação do experimento. A: utilização de duas sementes por tubete; B: Tratamentos após o DIC, identificados e separados. C: Viveiro Florestal da UAECIA/EAJ protegido (50% de sombreamento).



A



B



C

Fonte: autor, 2021.

## 4.2. Variáveis avaliadas

### Emergência de plântulas

Após a semeadura e início da emergência, foi realizada a contagem do número de sementes emergidas, foram consideradas como emergidas as plântulas que apresentavam os dois cotilédones totalmente abertos e normais, a contagem se encerrou quando houve a estabilização na contagem, dados coletados para obtenção da porcentagem de emergência (Figura 4).

**Figura 4:** Avaliações da produção de mudas em diferentes substratos. A: emergência de sementes de *Tabebuia aurea*; B: medição da altura com auxílio de régua milimetrada; C: medição do diâmetro do coleto com auxílio de paquímetro digital; D: retirada do substrato e separação da parte aérea e raiz.



Fonte: autor, 2021.

### Índice de velocidade de emergência

Foi determinado mediante a contagem diária do número de plântulas emergidas calculado conforme a fórmula proposta por Maguire (1962) descrita abaixo:

$$IVE = (G1 N1) + (G2 N2) + \dots + (Gn Nn)$$

Onde IVE é o Índice de Velocidade de Emergência, G1, G2 e Gn é o número de plântulas emergidas no primeiro, segundo e último dia respectivamente, N1, N2 e Nn é o número de dias de semeadura, primeiro dia, segundo dia e último dia respectivamente.

### Parâmetros morfológicos

Foram avaliados o diâmetro do coleto ao nível do solo; número de folhas, altura da parte aérea; relação da altura da parte aérea e o diâmetro do coleto, a massa seca radicular e a massa seca da parte aérea mensalmente aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura (Figura 4).

- diâmetro do coleto ao nível do solo (mm): foi medido com o auxílio de um paquímetro digital;
- número de folhas: foi determinado por contagem das folhas;
- altura da parte aérea: foi determinado com auxílio de uma régua milimetrada, mensurado a altura da parte aérea a partir da base do colo até a gema apical da planta,
- massa seca radicular e a massa seca da parte aérea e a massa seca total: foram avaliados aos 120 dias após a semeadura. A parte aérea e radicular das plantas foram seccionados com o auxílio de tesoura de poda. As raízes foram lavadas em água corrente para a remoção do substrato residual (Figura 4). Em seguida, acondicionados em sacos de papel tipo Kraft e colocadas em estufa com circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C, até atingirem peso constante e pesadas em balança analítica de precisão. A massa seca total foi obtida pela soma das massas secas da parte aérea e radicular. A taxa de sobrevivência das mudas também é registrada para cada substrato ao final de cada experimento.
- índice de qualidade de Dickson (IQD): Foi calculado através das variáveis peso de matéria seca total (MST), dividido pela razão da altura (H) e diâmetro do coleto (D) mais a soma da razão do peso de matéria seca da parte aérea (MSA) e peso da matéria seca da raiz (MSR), conforme a fórmula abaixo:

$$IQD = \frac{MST_{(g)}}{\left[ \frac{H_{(cm)}}{DC_{(mm)}} \right] + \left[ \frac{MSPA_{(g)}}{MSR_{(g)}} \right]}$$

Assim, por meio do IQD é possível ter uma avaliação mais holística do desempenho da planta e do estágio ideal do crescimento da planta para o plantio. O valor mínimo do IQD considerado satisfatório para uma muda foi de 0,20.

-Relação H/DC (Altura da parte aérea/diâmetro do coleto); Relação MSPA/MSR (Massa seca da parte aérea/massa seca do sistema radicular) e Relação H/MSPA (Altura da parte aérea/massa seca da parte aérea): foram obtidas através divisão entre os dois parâmetros especificados anteriormente.

#### 4.3. Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando o teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. Estas análises foram realizadas utilizando-se o programa estatístico ASSISTAT Versão 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016) para cada espécie estudada.

## ***Resultados e Discussão***

---

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.2 *Tabebuia aurea*

A porcentagem de emergência e o IVE das sementes de *T. aurea* não diferiu ( $p>0,05$ ) entre os substratos (Tabela 3).

**Tabela 2:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore em diferentes substratos.

Tratamentos	Emergência (%)	IVE
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	72 a	1,73 a
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	73 a	1,85 a
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	65 a	1,56 a
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	77 a	1,82 a
T5 (100% SC)	70 a	2,03 a
T6 (80% SC; 20% B)	81 a	2,17 a
T7 (70% SC; 30% B)	66 a	1,78 a
T8 (50% SC; 50% B)	85 a	2,19 a
C.V %	0,09	0,11

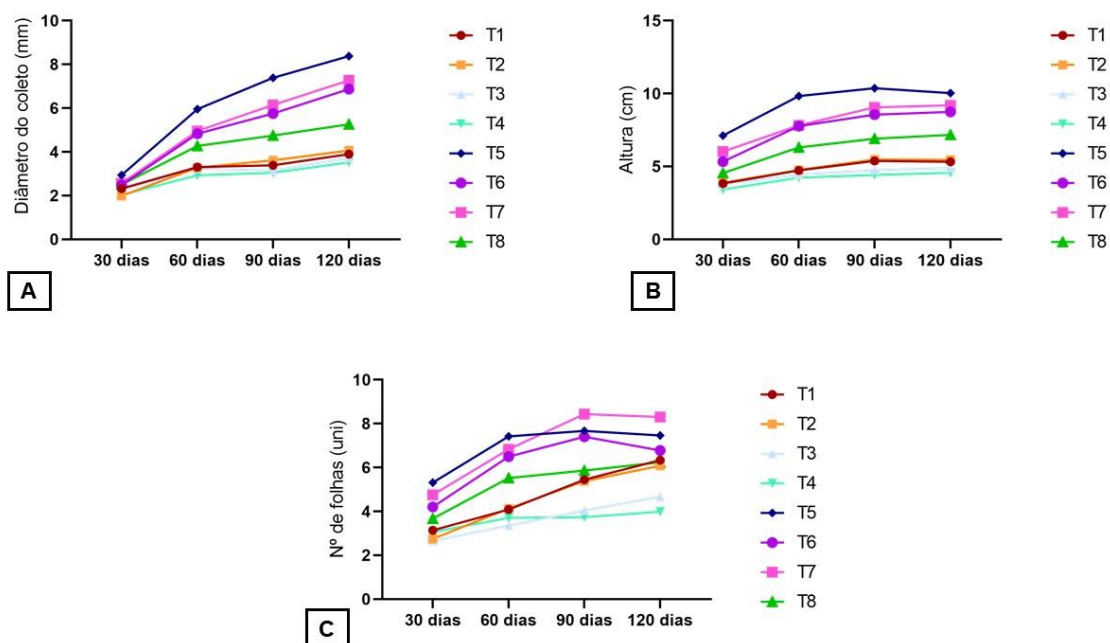
Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Apesar de não haver diferença significativa, a porcentagem de emergência em todos os substratos pode ser considerada elevada (>65%), indicando que ambos apresentaram condições satisfatórias para promover a germinação das sementes, pois segundo Caldeira et al., (2013) as características físicas do substrato, como a boa capacidade de aeração, retenção e disponibilidade de água estão diretamente relacionados com a emergência de sementes e o desenvolvimento inicial do sistema radicular e parte aérea das plântulas.

As taxas de crescimento do diâmetro do coleto, altura e número de folhas das mudas foi maior nos substratos T5, T7 e T6, enquanto os piores desempenhos foram observados nos substratos T1, T2 e T3 (Figura 5 A, B e C).

**Figura 5:** Curva de crescimento de diâmetro, altura e número de folhas de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura.



Em que A = Diâmetro do coleto. B = Altura. C = Número de folhas.

Com relação ao número de folhas, as mudas produzidas nos substratos T5 e T7 obtiveram as melhores taxas, porém deve-se salientar que o substrato T5 após 60 dias se manteve estável. Enquanto as piores taxas foram atribuídas aos substratos T3 e T4. Essas diferenças possivelmente estão atribuídas a disponibilidade de nutrientes presentes nesses substratos, principalmente o P. A deficiência de P pode resultar em menor quantidade de folhas e a menor expansão delas, acarretando conseqüentemente uma menor captação da radiação fotossinteticamente ativa e a deficiência no desenvolvimento (RIPLEY et al., 2004).

A altura, diâmetro do coleto e o número de folhas das mudas foram melhores nos substratos T5, T6 e T7. A relação altura/diâmetro não diferiu entre os substratos, mas a relação altura/massa seca da parte aérea foi melhor nos substratos T5 e T7. fornecendo maior quantidade de nutrientes e melhor retenção de água para o desenvolvimento das mudas em relação aos demais substratos, principalmente pelas maiores concentrações de N, P e K, (Tabela 4).

**Tabela 3:** Valores médios de altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *T. aurea* cultivadas em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	F	H/DC	H/MSPA
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	4,87 e	3,71 d	4,03 c	1,31 a	12,82 b
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	5,47 d	4,06 d	5,39 b	1,35 a	16,51 b
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	5,28 d	3,90 d	5,52 b	1,35 a	18,37 b
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	4,57 e	3,51 d	3,75 c	1,29 a	18,99 b
T5 (100% SC)	9,93 a	8,32 a	7,55 a	1,19 a	5,38 a
T6 (80% SC; 20% B)	8,74 b	6,90 b	7,39 a	1,26 a	12,96 b
T7 (70% SC; 30% B)	9,08 b	7,21 b	8,36 a	1,25 a	6,75 a
T8 (50% SC; 50% B)	7,18 c	5,25 c	5,87 b	1,36 a	10,16 b
CV%	6,25	5,08	8,59	6,48	36,0

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Na Figura 6, é possível observar as diferenças na morfologia das mudas produzidas em cada substrato. As mudas produzidas nos substratos T5, T6, T7 e T8 apresentam um maior volume das raízes em relação aos demais substratos, possivelmente esse fato está atrelado as maiores concentrações de P (Tabela 1). Também é possível observar que as folhas das mudas produzidas nos substratos T1, T2 e T3 eram menos expandidas e o baixo volume de raízes em comparação aos demais. Esse fato pode estar atribuído as baixas concentrações de P, uma vez que uma das características visuais de deficiência de P é o estreitamento das folhas (SANTI et al., 2006).

As piores médias de H e DC foram observadas quando utilizados os substratos que não diferiram estatisticamente entre eles. O menor desempenho das mudas cultivadas nos substratos T1, T2, T3 e T4 está atrelado a sua composição nutricional (Tabela 1), pois apresentam as menores concentrações de N, P, K, Na, Cu e Mn.

As mudas produzidas nos diferentes substratos obtiveram valores satisfatórios de H/DC, visto que elas apresentaram valores abaixo de 2 e não apresentaram sinais de estiolamento (Figura 6). Segundo Araujo et al (2018), mudas de boa qualidade devem apresentar H/DC inferior a 10, pois quanto menor a H/DC maior será a capacidade de sobrevivência da muda em campo. Pinto et al. (2020) avaliaram a produção de mudas de *T. aurea* produzidas em vasos com diferentes substratos e não observaram diferença significativa na relação H/DC com valor médio de 4,3 entre os substratos estudados, valor superior ao encontrado no presente trabalho.

**Figura 5:** Mudas de *T. aurea* cultivadas em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.



Fonte: autor, 2021.

Em estudo realizado por Freire et al. (2015) avaliando a qualidade de mudas de *Tabebuia aurea* em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura, observou-se que o melhor resultado foi utilizando solo mais esterco bovino, expresso em valores de 24,09 cm (H), 3,08 mm (DC) e 8,11 (H/DC). Apesar da altura ter sido superior a encontrada no presente trabalho, o diâmetro do coleto e a relação H/DC foram inferiores, o que implica em um crescimento desproporcional e menor qualidade, visto que a altura quando analisada isoladamente não é um bom indicativo de qualidade, segundo Gomes e Paiva (2011).

A relação H/MSPA foi melhor nas mudas produzidas nos substratos T5, T7 e T8 (Tabela 4). (5,38, 6,75 e 10,16 respectivamente). De acordo com Gomes et al. (2002), valores de H/MSPA menores que 10 são desejáveis e expressam que as mudas possuem maior rusticidade e, por tanto, maior capacidade de sobrevivência em campo.

A massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR) e massa seca total (MST) das mudas foram melhores no substrato T5. (Tabela 5). Na Figura 6 os maiores volumes de raízes estão nas mudas produzidas nos substratos T5, T6, T7 e T8, fato que pode estar relacionado as maiores concentrações de P na composição (Tabela 1). O P é um



elemento que possui efeito sobre o sistema radicular, acelerando a formação das raízes e é essencial para seu funcionamento, em condições de deficiência ocorre alterações em níveis estruturais e metabólicos, influenciando assim na absorção de água e de íons (SULIEMAN e TRAN, 2015)

**Tabela 4:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamentos	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	0,27 d	0,37 d	0,64 d	0,73 a	1,23 d
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	0,33 d	0,44 d	0,78 d	0,75 a	1,33 d
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	0,42 d	0,48 d	0,90 d	0,88 a	1,56 d
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	0,26 d	0,33 d	0,59 d	0,79 a	1,25 d
T5 (100% SC)	1,94 a	2,29 a	4,24 a	0,83 a	4,39 a
T6 (80% SC; 20% B)	0,89 c	1,21 c	2,10 c	0,70 a	2,34 c
T7 (70% SC; 30% B)	1,35 b	1,76 b	3,11 b	0,77 a	3,25 b
T8 (50% SC; 50% B)	0,75 c	1,15 c	1,91 c	0,65 a	2,06 c
CV%	33,04	24,81	27,66	12,9	20,63

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ( $P > 0,05$ ).

A relação MSPA/MSR das mudas foi semelhante nos diferentes substratos variando de 0,65 a 0,89. Levando-se em consideração o valor de referência encontrado na literatura que indicam que mudas de boa qualidade devem ter valores de MSPA/MSR menores que 2 (CALDEIRA et al., 2013), assim pode-se afirmar que as mudas de *T. aurea* produzidas em todos os substratos avaliados apresentam boa qualidade conforme este índice. Segundo Caldeira et al. (2013), a relação MSPA/MSR é menor em ambientes de menor fertilidade, podendo ser considerada estratégia da planta para retirar o máximo de nutrientes naquela condição.

Os valores de IQD variaram entre 1,23 e 4,39 sendo o maior valor atribuído ao substrato T5. Freire et al. (2015) em estudo avaliando a qualidade de mudas de *Tabebuia aurea* em diferentes substratos, utilizando o mesmo tipo de recipiente e idade de avaliação do presente trabalho, obteve em seu melhor substrato o valor de 1,14 (IQD), valor inferior aos aqui encontrados.

Segundo Araujo et al. (2018), os vários parâmetros morfológicos utilizados no IQD, permitem inferir consideravelmente a qualidade das mudas ainda no viveiro. Visto isso, o substrato T5 foi superior aos demais seguido do substrato T7 com valores de 4,39 e 3,25 respectivamente, sendo os substratos que proporcionaram maior qualidade as mudas de *T. aurea*.

A superioridade do T5 decorre dos maiores teores de N, Cu e Mn, sendo a maior concentração de N entre os substratos utilizados. O Nitrogênio é um dos nutrientes mais exigidos pelas plantas, uma vez que atua como estrutural nas moléculas dos aminoácidos, proteínas, enzimas, pigmentos e produtos secundários, além de estimular o crescimento vegetativo (MAFFEIS et al., 2000). Em estudo realizado por Viégas et al. (2004), com camucamuzeiro, os tratamentos que mais afetaram a produção de MST foram os com deficiência de N, corroborando com os resultados aqui obtidos onde os piores resultados foram atribuídos aos substratos com menor teor de N (T1, T2, T3 e T4).

A utilização do substrato T5 é o recomendável para a produção de mudas de *T. aurea*, promovendo o melhor desenvolvimento entre os substratos utilizados. A adição de 30% de *biochar* no substrato comercial para essa espécie ainda é uma alternativa viável para a utilização desse resíduo e diminuição dos custos com o substrato comercial, uma vez que no geral foi o segundo melhor resultado, com alguns parâmetros não diferindo significativamente do substrato comercial (T5).

### 5.3 *Handroanthus impetiginosus*

A porcentagem de emergência e o IVE não foram influenciados significativamente ( $p \leq 0,05$ ) pelos substratos utilizados (Tabela 6). As médias do IVE variaram entre 2,56 e 4,21.

Analisando a porcentagem de emergência, os valores observados ficaram entre 62,5% e 83,75%, podendo ser considerada em todos os substratos elevada (>65%). Segundo Silva et al. (2011), a disponibilidade de água fornecida por um substrato é fundamental para que as sementes possam emergir, pois nessas condições os processos metabólicos são ativados, resultando no desenvolvimento do eixo embrionário. Visto isso, todos os substratos estudados proporcionaram condições físicas para o crescimento inicial das mudas. De acordo com Caldeira et al. (2013), as sementes necessitam de um substrato com boa aeração, retenção e disponibilidade de água para germinar.

Para parâmetros avaliados mensalmente, foi observado que as mudas produzidas nos substratos T5 e T6 apresentaram as melhores taxas de crescimento em diâmetro (Figura 7 A), mantendo-se acentuado aos 90 e 120 dias após a semeadura, diferentemente dos demais substratos.

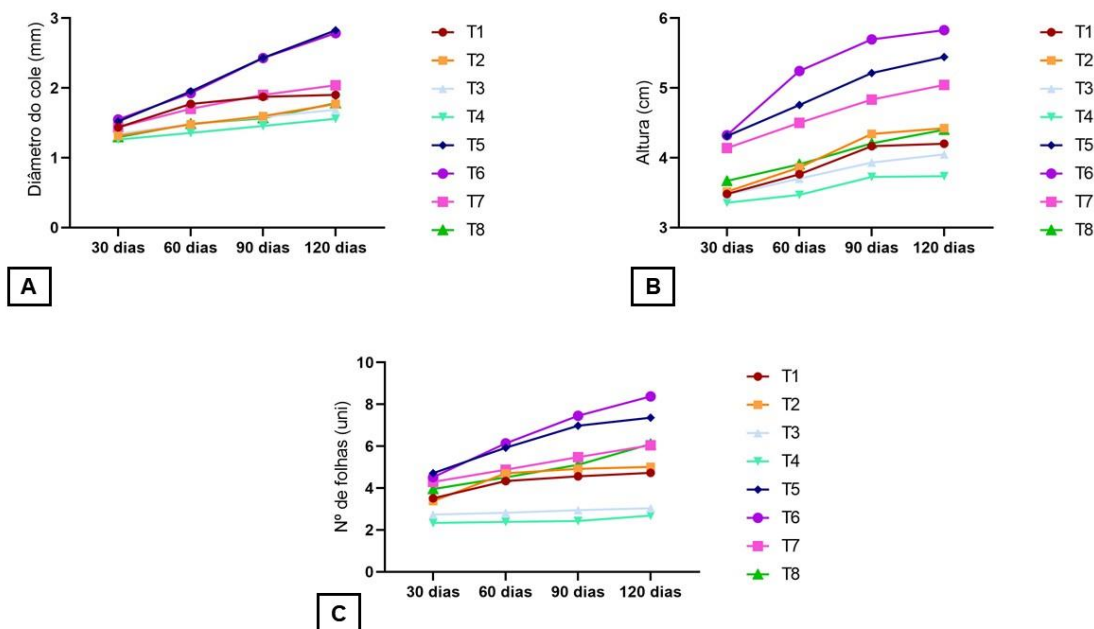
**Tabela 5:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos.

Tratamentos	Emergência (%)	IVE
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	70 a	4,21 a
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	65 a	2,52 a
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	70 a	3,35 a
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	70 a	2,78 a
T5 (100% SC)	65 a	2,65 a
T6 (80% SC; 20% B)	62 a	2,56 a
T7 (70% SC; 30% B)	83 a	3,32 a
T8 (50% SC; 50% B)	72 a	3,96 a
C.V. %	15,24	23,38

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

**Figura 6:** Curva de crescimento de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura.



Em que A = Diâmetro do coleto. B = Altura. C = Número de folhas.

Com relação à altura, as mudas produzidas nos substratos T6, T5 e T7 respectivamente, foram as que obtiveram as melhores taxas de crescimento. As piores taxas foram atribuídas aos substratos T3 e T4 (Figura 7 B).

O substrato comercial (T5) possui a maior concentração de N entre os substratos estudados, enquanto a adição de 20% biochar ao substrato comercial (T6) proporcionou os maiores teores de P e a adição de 30% de biochar ao substrato comercial T7 as maiores concentrações de K entre os substratos avaliados (Tabela 1). Maia et al. (2011) que substratos com maiores concentrações de macronutrientes N, P e K influenciava de forma positiva o crescimento em altura e diâmetro do coleto das plantas de *Jatropha curcas*. Para *T. aurea* a composição nutricional desses substratos foram as que proporcionaram o melhor desempenho em altura e diâmetro do coleto.

As mudas produzidas nos substratos T6 e T5 respectivamente, foram as que apresentaram as melhores taxas de crescimento em relação ao número de folhas (Figura 7 C). As piores taxas para esse parâmetro também foram atribuídas aos substratos T3 e T4 possivelmente devido as condições nutricionais (Tabela 1), principalmente pelos baixos teores de P em suas composições, segundo Ripley et al. (2004) afeta diretamente o número de folhas e a expansão delas.

Quando avaliada a altura das mudas de *H. impetiginosus*, as médias variaram de 3,74 e 5,82 cm aos 120 dias após a semeadura (Tabela 7). Os substratos que proporcionaram as melhores médias foram os substratos T5, T6 e T7 que não diferiram estatisticamente entre si, diferindo dos demais, que proporcionaram mudas de menor porte.

**Tabela 6:** Altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/ massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	F	H/DC	H/MSPA
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	4,19 b	1,90 a	4,72 c	2,22 a	13,67 b
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	4,41 b	1,77 a	5,06 c	2,49 a	21,01 c
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	4,04 b	1,69 a	2,97 d	2,39 a	24,62 c
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	3,74 b	1,56 a	2,65 e	2,40 a	29,47 d
T5 (100% SC)	5,45 a	2,82 a	7,33 a	1,92 a	8,98 a
T6 (80% SC; 20% B)	5,82 a	2,78 a	8,05 a	2,10 a	8,62 a
T7 (70% SC; 30% B)	5,03 a	2,04 a	6,47 b	2,47 a	14,41 b
T8 (50% SC; 50% B)	4,42 b	1,78 a	6,13 b	2,48 a	16,56 b
CV%	8,97	12,01	18,49	7,22	18,67

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A altura das mudas é uma variável amplamente utilizada para avaliar a qualidade de mudas, contudo, indica-se que essa característica seja avaliada em conjunto com outras variáveis para melhor compreensão dos resultados (GOMES e PAIVA, 2011). Alves e Freire (2017), estudando o desenvolvimento inicial de *H. impetiginosus* em diferentes substratos, obtiveram valores entre 4,20 e 8,32 para altura das mudas, sendo o melhor valor atribuído ao substrato comercial Plantmax®, porém, diferentemente do presente trabalho a avaliação ocorreu aos 210 dias após a semeadura.

Quanto ao diâmetro do coleto (DC), não houve diferença significativa entre os substratos utilizados. Davide e Botelho (2015) sugerem um valor padrão para o diâmetro do coleto de 3 mm para espécies florestais nativas na fase de expedição. Nesse sentido, T5 e T6 foram os substratos cujas plantas tiveram desempenho mais próximo ao estipulado por esse autor. Valores semelhante aos encontrados por Alves e Freire (2017), que obtiveram valores de 3,56 para o DC utilizando 100% substrato comercial (Plantmax®) como o melhor resultado e 2,61 utilizando 70% solo e 30% casca de arroz carbonizada como o segundo melhor resultado aos 210 dias após a semeadura. Apesar das diferenças metodológicas, obtivemos valores próximos aos encontrado por Alves e Freire (2017) em menor tempo, 120 dias após a semeadura.

Com relação ao número de folhas, as médias variaram entre 2,65 e 8,05 dependendo do substrato utilizado, sendo os melhores resultados atribuídos aos substratos T5 e T6 quando comparados aos demais, resultado que pode ser observado na Figura 8. O substrato comercial (T5) entre as composições aqui estudadas foi o que obteve os maiores teores de N, Cu e Mn, já a adição de 20% de biochar no substrato comercial (T6) se destacaram com os maiores teores de P, K, Na, Zn e Fe. Possivelmente essas características nutricionais foi o que possibilitou os melhores desempenhos para mudas de *H. impetiginosus* nos parâmetros acima avaliados. Destacando os macronutrientes N, P e K que estão diretamente ligados ao crescimento em diâmetro, altura e número de folhas.

Analisando-se as médias da relação altura/diâmetro do coleto (H/DC), em mudas de *H. impetiginosus*, não houve diferença significativa entre os substratos estudados. A relação H/DC expressa o equilíbrio de crescimento da planta, sendo uma das principais variáveis morfológicas utilizados para determinação da qualidade de mudas de espécies florestais (GOMES e PAIVA, 2011). Birchler et al. (1998) recomendam que mudas de boa qualidade devam apresentar valores dessa relação inferiores a 10 e quanto menor esse valor, melhor. Pode-se afirmar que existe uma ampla variação entre os dados obtidos para essa relação,

que depende da espécie, dos tipos de constituintes utilizados para a composição do substrato, do teor de nutrientes, entre outros que influenciam no crescimento das mudas (GOMES et al., 2002). Ainda é possível inferir que houve equilíbrio no desenvolvimento da parte aérea entre as mudas produzidas nos diferentes substratos.

Analisando os resultados para a relação H/MSPA (Tabela 7) observa-se que as mudas produzidas nos substratos T5 e T6 estão dentro do valor de referência para essa relação, que é até 10, quanto menor o coeficiente obtido, maior será a qualidade da muda.

A variação dos parâmetros morfológicos em relação às mudas produzidas em cada substrato pode ser observada na Figura 8, destacando-se aquelas que cresceram nos substratos T5 e T6, as quais foram superiores aos demais tanto visivelmente quanto estatisticamente, resultado esse que pode estar atrelado às maiores concentrações de N, P e K encontradas nesses substratos (Tabela 1). Também é possível observar na Figura 8 que as mudas produzidas nos substratos T1, T2, T3 e T4 as folhas estão amareladas, fato que pode ser atribuído às baixas concentrações de N e P presentes nesses substratos (Tabela 1), a clorose foliar e amarelamento são sintomas semelhante da deficiência de N e P (SANTI et al., 2006).

**Figura 7:** Mudanças de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.



Fonte: autor, 2021.

Analisando a Tabela 8, verifica-se que os substratos T5 e T6 são os melhores em relação a MSPA, MSR, MST e a relação MSPA/MSR em comparação aos demais substratos estudados (Tabela 8).

**Tabela 7:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex. DC Mattos) em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamento	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
T1 (25% A; 50% FC; 25% V)	0,31 b	0,72 c	1,04 b	0,43 b	0,91 a
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	0,21 b	0,59 c	0,80 c	0,35 b	0,68 a
T3 (25% A; 30% B; 20% FC; 25% V)	0,16 b	0,47 d	0,63 c	0,35 b	0,62 a
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	0,13 b	0,32 d	0,45 c	0,40 b	0,59 a
T5 (100% SC)	0,65 a	1,14 a	1,79 a	0,55 a	1,48 a
T6 (80% SC; 20% B)	0,72 a	1,23 a	1,96 a	0,58 a	1,53 a
T7 (70% SC; 30% B)	0,35 b	0,87 b	1,22 b	0,40 b	0,90 a
T8 (50% SC; 50% B)	0,26 b	0,68 c	0,95 b	0,39 b	0,77 a
CV%	33,21	22,26	24,63	15,92	19,35

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Pode-se verificar que as composições de substratos T5 e T6 resultaram em maior MSR, indicando a influência de sua composição química (Tabela 1). De acordo com Carneiro (1995), a MSR é um indicativo do potencial de sobrevivência e estabelecimento das mudas em campo. Já a relação MSPA/MSR os melhores valores foram atribuídos aos substratos T6 e T5, essa relação tem o valor de referência encontrado na literatura até 2 (CALDEIRA et al., 2013), sendo possível inferir que todos os substratos ficaram dentro do valor estabelecido para essa relação.

Os valores de IQD variaram entre 0,59 e 1,53, não sendo encontrada diferença significativa entre eles. De acordo com Pinto et al. (2018), o IQD é um índice importante pois leva em consideração vários parâmetros morfológicos como o coeficiente de robustez (H/DC) e o equilíbrio da distribuição de biomassa (MSPA/MSR), o que permite a predição considerável da qualidade das mudas ainda no viveiro, quanto maior for o valor desse índice melhor a qualidade da muda. Alves e Freire (2017) obtiveram valores entre 0,63 e 6,76 estudando o desenvolvimento inicial de *H. impetiginosus* aos 210 dias após a semeadura, sendo o melhor

valor atribuído ao substrato comercial (Plantmax). Apesar do valor obtido por esses autores ser maior que os encontrados no presente trabalho, vale ressaltar que o IQD é um índice bastante variado que muda conforme a espécie, o substrato utilizado e o tempo em que os parâmetros foram avaliados.

A adição de 20% de biochar ao substrato comercial (T6) possui as maiores quantidades P, K, Na, Zn e Fe entre os substratos avaliados, características essa que possivelmente proporcionaram um bom desempenho na produção de mudas de *H. impetiginosus*, sendo a composição recomendada para essa espécie.

#### 5.4 *Pityrocarpa moniliformis*

Não houve diferença significativa para a porcentagem de emergência e IVE para as sementes de *P. moniliformis* semeadas nos diferentes substratos avaliados (Tabela 9). Para o IVE, os valores variaram entre 10,82 e 15,25.

Com relação à porcentagem de emergência, foram observados valores que variam entre 67,0% e 86,0%, podendo ser considerada em todos os substratos uma porcentagem elevada (>65%). As características físicas de todos os substratos forneceram condições adequadas para a emergência das sementes e o estabelecimento inicial da muda no substrato.

**Tabela 8:** Emergência (%) e Índice de Velocidade de Emergência (IVE) de sementes de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos.

Tratamentos	Emergência (%)	IVE
T1 (25% A; 50% FC; 25% V)	73 a	15,25 a
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	81 a	15,22 a
T3 (25% A; 30% B; 20% FC; 25% V)	67 a	10,84 a
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	86 a	13,28 a
T5 (100% SC)	84 a	13,04 a
T6 (80% SC; 20% B)	76 a	11,43 a
T7 (70% SC; 30% B)	76 a	10,82 a
T8 (50% SC; 50% B)	70 a	11,20 a
C.V %	18,03	21,44

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

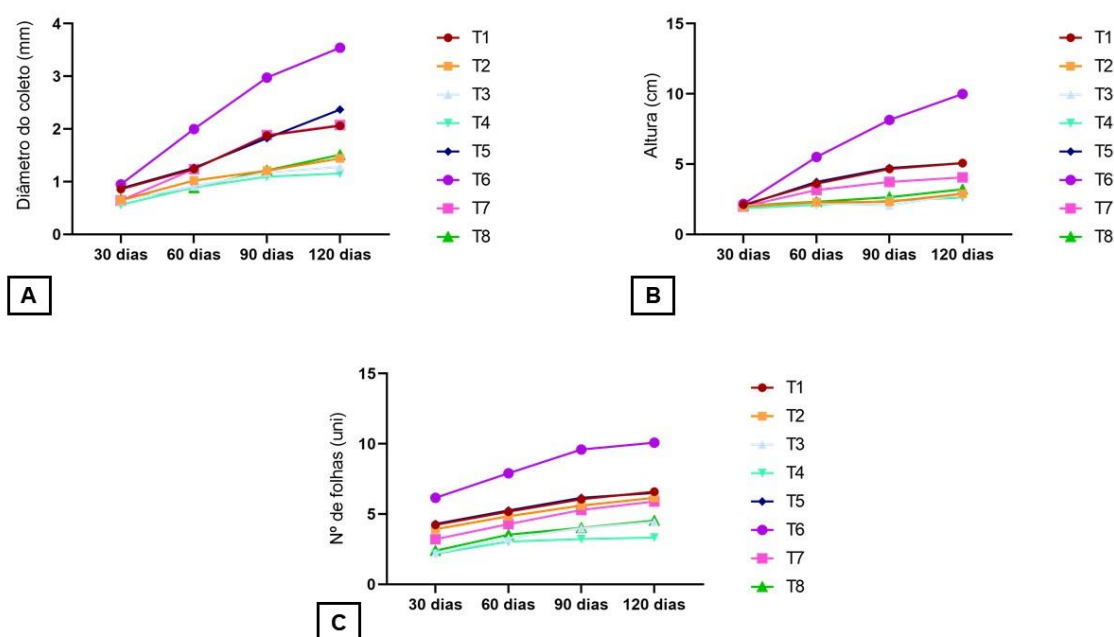
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação as avaliações mensais, foi observado que as mudas produzidas no substrato T6 foram as que apresentaram as melhores taxas de crescimento em diâmetro do



colete, altura e número de folhas (Figura 9 A, B e C). Ainda é possível observar um crescimento acentuado ao longo dos meses em relação aos demais substratos. Essa diferença expressiva em relação as mudas produzidas nos demais substratos, deve estar relacionada à preferência de *P. moniliformis* às características químicas presente na composição desse substrato, que possui as maiores concentrações de P, K, Na, Zn e Fe.

**Figura 8:** Curva de crescimento de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson produzidas em diferentes substratos aos 30, 60, 90 e 120 dias após a semeadura.



Em que A = Diâmetro do coleto. B = Altura. C = Número de folhas.

Com relação às variáveis de crescimento (Tabela 10), utilizando-se o substrato T6, foi possível observar incremento de 50,5% em altura, 66,3% em diâmetro do coleto e 63,7% em número de folhas com relação ao substrato comercial utilizado (T5). Resultado que pode ser explicado por esse substrato ter as maiores concentrações de P e K, além de boa quantidade de N, sendo o terceiro maior valor entre os substratos estudados. Esses macronutrientes influenciam diretamente no crescimento em altura, diâmetro do coleto e número de folhas (SANTI et al., 2006).

O diâmetro do coleto é uma das variáveis morfológicas mais utilizadas para prever o padrão de qualidade das mudas, quanto maior o diâmetro, melhor o equilíbrio da parte aérea, principalmente quando a rustificação é necessária antes do plantio em campo (GOMES e PAIVA, 2011). Visto isso, as mudas produzidas no substrato T6 possivelmente teriam melhores condições de sobrevivência e estabelecimento em campo quando comparadas àquelas produzidas nos demais substratos.

**Tabela 9:** Altura (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (F), relação altura/diâmetro (H/DC) e relação altura/ massa seca da parte aérea (H/MSPA) de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamento	H (cm)	DC (mm)	F	H/DC	H/MSPA
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	5,06 b	2,06 b	6,60 b	2,55 a	19,61 a
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	2,88 c	1,44 c	6,15 b	2,07 a	30,52 b
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	2,86 c	1,27 c	4,43 c	2,25 a	51,61 d
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	2,61 c	1,15 c	3,32 c	2,26 a	57,89 d
T5 (100% SC)	5,07 b	2,35 b	6,43 b	2,17 a	29,45 b
T6 (80% SC; 20% B)	10,02 a	3,54 a	10,09 a	2,82 a	10,19 a
T7 (70% SC; 30% B)	4,05 b	2,07 b	5,88 b	1,96 a	30,84 b
T8 (50% SC; 50% B)	3,19 c	1,51 c	4,53 c	2,12 a	40,95 d
CV%	21,81	10,21	20,89	25,12	21,22

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Não houve diferenças significativas para a relação H/DC entre todos os substratos analisados, o que indica equilíbrio no crescimento em altura com o diâmetro do coleto. Levando em consideração a classificação de Birchler et al. (1998), todas as mudas produzidas nos diferentes substratos apresentaram valores satisfatórios para essa relação, estando dentro do intervalo indicado.

O T6 e T1 na análise da relação H/MSPA foram os substratos que obtiveram os melhores valores, o T6 obteve o menor valor (10,19) sendo 34,6% menor que o substrato comercial T5. Valores elevados da relação H/MSPA indicam menor resistência das mudas aos estresses ambientais pós plantio em campo (DUTRA et al., 2013).

Na Figura 10 é possível observar a superioridade das mudas produzidas no substrato T6, destacando o maior volume de raízes. A adição de biochar ao substrato comercial (T6) proporcionou a maior concentração de P entre os substratos estudados, o P é o elemento que está diretamente ligado ao desenvolvimento do sistema radicular, acelerando a formação das raízes e na absorção de água e de íons (SULIEMAN e TRAN, 2015).

**Figura 9:** Mudanças de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.



Fonte: autor, 2021.

Com relação às variáveis MSPA, MSR, MST e IQD, o substrato que proporcionou melhor crescimento das mudas foi o T6, sendo superior aos demais substratos avaliados (Tabela 11). Na Figura 10, é possível observar a diferença entre a muda que foi produzida com o substrato T6 em relação aos demais substratos. Segundo Claussen (1996), os indivíduos com sistemas radiculares mais desenvolvidos apresentam maior capacidade de aclimação ao plantio em campo sob climas sazonais do que aqueles com sistemas radiculares reduzidos.

O IQD leva em consideração o conjunto dos principais parâmetros alométricos, com isso, é um dos indicadores de qualidade de mudas mais utilizados. Corroborando com os outros resultados citados acima, as mudas produzidas no substrato T6, foram as que proporcionaram o melhor crescimento inicial em comparação aos demais substratos, podendo-se inferir que são as mudas com melhor qualidade.

Para a variável relação MSPA/MSR, as mudas produzidas nos substratos T6 e T5 foram as que apresentaram os melhores valores. Apesar de diferirem estatisticamente dos demais substratos utilizados, é possível inferir que todos os substratos estudados estão dentro do valor de referência para essa relação, que é até 2 (CALDEIRA et al., 2013).

**Tabela 10:** Massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca do sistema radicular (MSR), massa seca total (MST), relação massa seca da parte aérea/raiz (MSPA/MSR) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de mudas de *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R. W. Jobson em diferentes substratos aos 120 dias após a semeadura.

Tratamento	MSPA	MSR	MST	MSPA/MSR	IQD
T1 (25% A; 50% PC; 25% V)	0,28 b	0,30 b	0,59 b	0,93 c	1,20 c
T2 (25% A; 20% B; 30% PC; 25% V)	0,09 c	0,09 d	0,19 c	0,98 b	1,08 c
T3 (25% A; 30% B; 20% PC; 25% V)	0,05 c	0,07 d	0,13 c	0,74 c	0,80 c
T4 (25% A; 50% B; 25% V)	0,04 c	0,06 d	0,11 c	0,72 c	0,77 c
T5 (100% SC)	0,18 b	0,11 d	0,29 c	1,57 a	1,71 b
T6 (80% SC; 20% B)	1,02 a	0,57 a	1,60 a	1,76 a	2,33 a
T7 (70% SC; 30% B)	0,13 c	0,15 c	0,28 c	0,93 c	1,08 c
T8 (50% SC; 50% B)	0,07 c	0,07 d	0,15 c	1,00 b	1,07 c
CV%	36,6	15,03	23,75	24,99	23,85

Em que: A= Areia lavada; B= *Biochar*; PC= Pó de coco; V= Vermiculita e SC= Substrato comercial.

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Para *Pityrocarpa moniliformis*, a adição de 20% de *biochar* ao substrato comercial trouxe benefícios que chegam a ser 2 vezes maiores que a utilização do substrato comercial puro, quando observado os resultados para altura, relação H/MSPA, MSPA, MSR e MST. Na Tabela 1 é possível observar que o T6 possui as maiores concentrações de P, K, Na e Fe, além de boa concentração de N. Possivelmente essa composição de substrato foi o que determinou o bom desempenho das mudas produzidas em relação aos demais substratos estudados.

## ***Conclusões***

---

## 6. CONCLUSÕES

---

Recomenda-se a adição de 30% de *biochar* na composição de substratos para produção de mudas de *Tabebuia aurea* e de 20% para as mudas de *Handroanthus impetiginosus* e *Pityrocarpa moniliformis*.

## ***Literatura Citada***

---

## 7. LITERATURA CITADA

- ALVES, F. J. B.; FREIRE, A. L. O. Crescimento inicial e qualidade de mudas de ipê-roxo (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC) Mattos) produzidas em diferentes substratos. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v.13, n.3, p.195–202, 2017. Disponível em: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/877/pdf>.
- ALVES, M. de J.; MOURA, A. K. S.; COSTA, L. M.; DE ARAUJO, verton J. F.; DE SOUSA, G. M.; COSTA, N. D. de J.; FERREIRA, P. M. P.; SILVA, J. D. N.; PESSOA, C.; DE LIMA, S. G.; CITO, A. M. das G. L. Teor de fenóis e flavonoides, atividades antioxidante e citotóxica das folhas, frutos, cascas dos frutos e sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth (Leguminosae - Mimosoideae). **Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromaticas**, v.13, n.5, p.466–476, 2014.
- AMADO, S.; FERREIRA, I. N. M.; FILHO, J. T. C. Comparação anatômica do lenho de *Handroanthus impetiginosus* e *Handroanthus avellanadae*. **Revista Anhanguera Goiânia**, v.16, n.1, p.34–41, 2015.
- ANDRIOLO, J. L. **O cultivo de plantas com fertirrigação**. 1. ed. Santa Maria: Editora UFMS, 1996.
- ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. de S.; GONÇALVES, E. de O.; ALMEIDA, K. N. S. de. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v.5, n.1, p.16–23, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>.
- ARAUJO, M. M.; NAVROSKI, M. C.; SCHORN, L. A.; TABALDI, L. A.; RORATO, D. G.; TURCHETTO, F.; ZAVISTANOVICZ, T. C.; BERGHETTI, Á. L. P.; AIMI, S. C.; TONETTO, T. da S.; GASPARIN, E.; KELLING, M. B.; ÁVILA, A. L. de; DUTRA, A. F.; MEZZOMO, J. C.; GOMES, D. R.; GRIEBELER, A. M.; SILVA, M. R.; BARBOSA, F. M.; LIMA, M. S. Caracterização e análise de atributos morfológicos e fisiológicos indicadores da qualidade de mudas em viveiro florestal. In: SCHORN, M. M. A. M. C. N. L. (org.). **Produção de sementes e mudas um enfoque a silvicultura**. 1. ed. Santa Maria, RS: Editora UFSM, 2018. p. 448.
- AZERÊDO, G. A.; PAULA, R. C.; VALERI, S. V. Germinação de sementes de *Piptadenia moniliformis* Benth. Sob estresse hídrico. **Ciencia Florestal**, v.26, n.1, p.193–202, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509821112>.
- BAIAMONTE, G.; DE PASQUALE, C.; MARSALA, V.; CIMÒ, G.; ALONZO, G.; CRESCIMANNO, G.; CONTE, P. Structure alteration of a sandy-clay soil by *biochar* amendments. **Journal of Soils and Sediments**, v.15, n. 4, p.816–824, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11368-014-0960-y>.
- BARRETO, M. C.; DIAS, A. L. F.; FIGUEIREDO, M. V. B. FARIAS, C. H. A. BARBOSA, M. R.; SANTOS, A. A.; ANDRADE, A. G. Aclimatização de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar em diferentes substratos. In: AMORMINO JÚNIOR, M. (org.). **Elementos da natureza e propriedades do solo**. Ponta Grossa: Atena, 2018. p. 8–16.
- BARROS, D. L.; REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T. Production of *Eucalyptus urograndis* plants cultivated with activated biochar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.14, n.2, p.2–7, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.5039/agraria.v14i2a5649>.
- BARROS, D. L.; REZENDE, F. A.; CAMPOS, A. T.; MAIA, C. M. B. F. Biochar of sawdust origin in passion fruit seedling production. **Journal of Agricultural Science**, v. 9, p. 200, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.5539/jas.v9n5p200>.



BENEDITO, C. P.; RIBEIRO, M. C. C.; TORRES, S. B.; CAMACHO, R. G. V.; SOARES, A. N. R.; GUIMARÃES, L. M. S. Armazenamento de sementes de catanduva (*Piptadenia moniliformis* Benth.) em diferentes ambientes e embalagens. **Revista Brasileira de Sementes**, v.33, n.1, p.28–37, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222011000100003>.

BENITES, V. M.; TEIXEIRA, W. G.; REZENDE, M. E.; PIMENTA, A. S. Utilização de carvão e subprodutos da carbonização vegetal na agricultura: aprendendo com as Terras Pretas de Índio. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, I. W. (org.). **Terras pretas de índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus. 2009. p. 285–296.

BIRCHLER, T.; ROSE, R.; ROYO, A.; PARDOS, M. La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. **Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales**, v.7, n.1, p. 109–122, 1998.

BRUUN, E. W.; HAUGGAARD-NIELSEN, H.; IBRAHIM, N.; EGSGAARD, H.; AMBUS, P.; JENSEN, P. A.; DAM-JOHANSEN, K. Influence of fast pyrolysis temperature on *biochar* labile fraction and short-term carbon loss in a loamy soil. **Biomass and Bioenergy**, v.35, n.3, p. 1182–1189, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.008>.

CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; FARIA, J. C. T.; JUVANHOL, R. S. Alternative substrates in the production of seedlings of *Chamaecrista desvauxii*. **Revista Árvore**, v.37, n.1, p.31–39, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100004>.

CARNEIRO, J. G. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. 1. ed. Curitiba: UFPR/FUPEP, 1995.

CARRIJO, O. A.; LIZ, R. S.; MAKISHIMA, N. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.4, p.533–535, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-05362002000400003>.

CARVALHO, P. E. R. **Especies Arboreas Brasileiras**. 1. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2003.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. 3. ed. Brasília: Embrapa Florestas, 2010.

CHAPIN, F. S. The Mineral Nutrition of Wild Plants. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.11, n.1, p.233–260, 1980. Disponível em: <https://doi.org/10.1146/annurev.es.11.110180.001313>.

CHAVES, A. D. C. G.; SANTOS, R. M. S.; SANTOS, J. O.; FERNANDES, A. A. A importância dos levantamentos florístico e fitossociológico para a conservação e preservação das florestas. **Revista ACSA**, v.9, n.2, p.42–48, 2013. Disponível em: <http://www.cstr.ufcg.edu.br/acsa/>.

CHAVES, L. D. L. B.; CARNEIRO, J. G. D. A.; BARROSO, D. G. Crescimento de mudas de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth) brenan (angico -vermelho) em substrato fertilizado e inoculado com rizóbio. **Revista Arvore**, v.30, n.6, p.911–919, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000600006>.

CLAUSSEN, J. W. Acclimation abilities of three tropical rainforest seedlings to an increase in light intensity. **Forest Ecology and Management**, v.80, n.1–3, p.245–255, 1996. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0378-1127\(95\)03606-7](https://doi.org/10.1016/0378-1127(95)03606-7).

CORREIA, D.; ROSA, M. F.; NORÕES, E. R. V.; ARAUJO, F. B. Uso do pó da casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce.

**Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.557–558, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452003000300052>.

CUNHA, A. M.; CUNHA, G. M.; SARMENTO, R. A.; CUNHA, G. M.; AMARAL, J. F. T. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.207–214, 2006.

DANTAS, R. D. P.; OLIVEIRA, F. D. A.; CAVALCANTE, A. L. G.; PEREIRA, K. T. O.; OLIVEIRA, M. K. T.; MEDEIROS, J. F. Qualidade de mudas de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook. em dois ambientes e diferentes níveis de fertirrigação. **Ciência Florestal**, v.28, n.3, p.1253-2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509833370>.

DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. Fatores que afetam a qualidade de mudas destinadas aos projetos de restauração de ecossistemas florestais. In: DAVIDE, A. C.; BOTELHO, S. A. (org.). **Fundamentos e métodos de restauração de ecossistemas florestais: 25 anos de experiência em matas ciliares**. Lavras: UFLA, 2015. p. 181–274.

DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality Appraisal of White Spruce and White Pine Seedling Stock in Nurseries. **The Forestry Chronicle**, v.36, n.1, p.10–13, 1960. Disponível em: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.

DRAKE, J. A.; CARRUCAN, A.; JACKSON, W. R.; CAVAGNARO, T. R.; PATTI, A. F. Biochar application during reforestation alters species present and soil chemistry. **Science of The Total Environment**, v. 514, p. 359-365, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.02.012>.

DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q.; OLIVEIRA, J. C. Substratos alternativos e métodos de quebra de dormência para produção de mudas de canafístula. **Revista Ceres**, v.60, n.1, p.72–78, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-737X2013000100011>.

FARIAS, D. F.; CAVALHEIRO, M. G.; VIANA, M. P.; QUEIROZ, V. A.; ROCHA-BEZERRA, L. C. B.; VASCONCELOS, I. M.; MORAIS, S. M.; CARVALHO, A. F. U. Water extracts of Brazilian leguminous seeds as rich sources of larvicidal compounds against *Aedes aegypti* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.82, n.3, p.585–594, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0001-37652010000300006>.

FERNÁNDEZ-UGALDE, O.; GARTZIA-BENGOETXEA, N.; AROSTEGI, J.; MORAGUES, L.; ARIAS-GONZÁLEZ, A. Storage and stability of biochar-derived carbon and total organic carbon in relation to minerals in an acid forest soil of the Spanish Atlantic area. **Science of The Total Environment**, v. 587–588, p. 204-213, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.02.121>.

FERREIRA, M. C.; COSTA, S. M. L.; PASIN, L. A. A. Uso de Resíduos da Agroindústria de Bananas na Composição de Substratos para Produção de Mudas de Pau Pereira. **Nativa**, v.3, n.2, p.120–124, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.14583/2318-7670.v03n02a08>.

FOLEY, J. A.; RAMANKUTTY, N.; BRAUMAN, K. A.; CASSIDY, E. S.; GERBER, J. S.; JOHNSTON, M.; MUELLER, N. D.; O'CONNELL, C.; RAY, D. K.; WEST, P. C.; BALZER, C.; BENNETT, E. M.; CARPENTER, S. R.; HILL, J.; MONFREDA, C.; POLASKY, S.; ROCKSTRÖM, J.; SHEEHAN, J.; SIEBERT, S.; ZAKS, D. P. M. Solutions for a cultivated planet. **Nature**, v.478, n.7369, p.337–342, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature10452>.

FONSECA-FILHO, I. C.; BOMFIM, B. L. S.; FARIAS, J. C.; VIEIRA, F. J.; BARROS, R. F. M. Uso de recursos madeiros em duas comunidades rurais de Angical do Piauí/PI, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v.38, p.593–615, 2016. Disponível em:

<https://doi.org/10.5380/dma.v38i0.44477>.

FONSECA, E. P.; VALÉRI, S. V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N. A. N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515–523, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-67622002000400015>.

FREIRE, A. L. O.; RAMOS, F. R.; GOMES, A. D. V.; SANTOS, A. S.; ARRIEL, E. F. Crescimento de mudas de craibeira (*Tabebuia aurea* (Manso) Benth. & Hook) em diferentes substratos. **Agropecuária Científica No Semiárido**, v.11, n.3, p.45, 2015.

GAO, X.; DRIVER, L. E.; KASIN, I.; MASIELLO, C. A.; PYLE, L. A.; DUGAN, B.; OHLSON, M. Effect of environmental exposure on charcoal density and porosity in a boreal forest. **Science of The Total Environment**, v. 592, p. 316-325, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2017.03.073>.

GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. R. Parâmetros morfológicos na avaliação de qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.655–664, 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-67622002000600002>.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros Florestais: Propagação Sexuada - Série Didática**. 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

GÓMEZ-LUNA, B. E.; RIVERA-MOSQUEDA, M. C.; DENDOOVEN, L.; VÁZQUEZ-MARRUFO, G.; OLALDE-PORTUGAL, V. Charcoal production at kiln sites affects C and N dynamics and associated soil microorganisms in *Quercus* spp. temperate forests of central Mexico. **Applied Soil Ecology**, v. 41, p. 50-58, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2008.08.007>.

GÓMEZ-LUNA, B. E.; RUIZ-AGUILAR, G. M. L.; VÁZQUEZ-MARRUFO, G.; DENDOOVEN, L.; OLALDE-PORTUGAL, V. Enzyme activities and metabolic profiles of soil microorganisms at KILN sites in *Quercus* spp. temperate forests of central Mexico. **Applied Soil Ecology**, v. 52, p. 48-55, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2011.10.010>.

GROSSMAN, J. M.; O'NEILL, B. E.; TSAI, S. M.; LIANG, B.; NEVES, E.; LEHMANN, J.; THIES, J. E. Amazonian anthrosols support similar microbial communities that differ distinctly from those extant in adjacent, unmodified soils of the same mineralogy. **Microbial Ecology**, v.60, n.1, p.192–205, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00248-010-9689-3>.

HANSEN, M. C.; POTAPOV, P. V.; MOORE, R.; HANCHER, M.; TURUBANOVA, S. A.; TYUKAVINA, A.; THAU, D.; STEHMAN, S. V.; GOETZ, S. J.; LOVELAND, T. R.; KOMMAREDDY, A.; EGOROV, A.; CHINI, L.; JUSTICE, C. O.; TOWNSHEND, J. R. G. High-resolution global maps of 21st-century forest cover change. **Science**, v.342, n.6160, p.850–853, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1126/science.1244693>.

HARRINGTON, J. F. Seed storage and longevity. In: KOZLOWSKY, T. T. (org.). **Seed Biology**. 3. ed. New York: Academic Press, 1972. p. 145–245.

IBRAHIM, J. F. O. N.; SILVA-JUNIOR, I. V.; BARROS, F. C. Utilização do lodo de esgoto na produção de mudas e no cultivo do eucalipto (*Eucalyptus* spp). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v.1, n.1, p. 564–579, 2019.

JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi) para recuperação de áreas degradadas pela mineração de Bauxita. **Cerne**, v.11, n.2, p.187–196, 2005.

JOSEPH, S. D.; CAMPS-ARBESTAIN, M.; LIN, Y.; MUNROE, P.; CHIA, C. H.; HOOK, J.; VAN

ZWIETEN, L.; KIMBER, S.; COWIE, A.; SINGH, B. P.; LEHMANN, J.; FOIDL, N.; SMERNIK, R. J.; AMONETTE, J. E. An investigation into the reactions of *biochar* in soil. **Australian Journal of Soil Research**, v.48, n.6–7, p.501–515, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1071/SR10009>.

KÄMPF, A. N. Substratos para plantas: um desafio para a ciência do solo. **Revista Opinião**, v.26, n.1, p.5–16, 2001.

KARAOŞMANOĞLU, F.; İŞİGİGÜR-ERGÜDENLER, A.; SEVER, A. *Biochar* from the straw-stalk of rapeseed plant. **Energy and Fuels**, v.14, n.2, p.336–339, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ef9901138>.

KOOKANA, R. S.; SARMAH, A. K.; VAN ZWIETEN, L.; KRULL, E.; SINGH, B. Biochar application to soil: agronomic and environmental benefits and unintended consequences. **Advances in agronomy**, v.112, n1, p.103-143, 2011. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-385538-1.00003-2>.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A. C.; SOUZA, P. V. D. substratos renováveis na produção de mudas de *Eucalyptus Benthamii*. **Ciencia Florestal**, v.23, n.4, p.607–621, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509812345>.

LACERDA, M. R. B.; PASSOS, M. A. A.; RODRIGUES, J. J. V.; BARRETO, L. P. Características físicas e químicas de substratos à base de pó de coco e resíduo de sisal para produção de mudas de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth). **Revista Árvore**, v.30, n.2, p.163–170, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-67622006000200002>.

LAIRD, D. A.; FLEMING, P.; DAVIS, D. D.; HORTON, R.; WANG, B.; KARLEN, D. L. Impact of biochar amendments on the quality of a typical Midwestern agricultural soil. **Geoderma**, v.158, n.3–4, p.443–449, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2010.05.013>.

LEHMANN, J. Bio-energy in the black. **The Ecological Society of America**, v.5, n.7, p.381–387, 2007.

LEHMANN, J.; GAUNT, J.; RONDON, M. Biochar sequestration in terrestrial ecosystems - A review. **Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change**, v.11, n.2, p.403–427, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11027-005-9006-5>.

LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Biochar for Environmental Management. In: LEHMANN, J.; JOSEPH, S. (org.). **Biochar for Environmental Management: science and technology**. London: Earthscan, 2012. p. 1–09.

LEITE, D. M.; DAMASIO, J. F.; MELLO, V. S.; FERNANDES, L.; KARSBURG, I. V. Determinação do número cromossômico de *Handroanthus chrysotrichus* (Bignoniaceae). **Revista de Ciências Agroambientais**, v.15, n.1, p.90–94, 2017.

LIANG, B.; LEHMANN, J.; SOHI, S. P.; THIES, J. E.; O'NEILL, B.; TRUJILLO, L.; GAUNT, J.; SOLOMON, D.; GROSSMAN, J.; NEVES, E. G.; LUIZÃO, F. J. Black carbon affects the cycling of non-black carbon in soil. **Organic Geochemistry**, v.41, n.2, p.206–213, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.orggeochem.2009.09.007>.

LIN, Z.; LIU, Q.; LIU, G.; COWIE, A. L.; BEI, Q.; LIU, B.; WANG, X.; MA, J.; ZHU, J.; XIE, Z. Effects of different biochars on *Pinus elliotii* growth, N use efficiency, soil N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> emissions and C storage in a subtropical area of China. **Pedosphere**, v. 27, p. 248–261, 2017. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(17\)60314-X](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(17)60314-X).

LIMA, S. L.; MARIMON JUNIOR, B. H.; DA SILVA MELO-SANTOS, K.; REIS, S. M.; PETTER, F. A.; VILAR, C. C.; MARIMON, B. S. Biochar no manejo de nitrogênio e fósforo para a produção de mudas de angico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.51, n.2, p.120–131,

2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000200004>.

LOHMANN, L. G. Bignoniaceae. In: SMITH, N.; MORI, A. S.; HENDERSON, A.; STEVENSON, W. D.; HEALD, V. S. (org.). **Flowering Plants of the Neotropics**. Princeton: Princeton University Press, 2004. p. 51–53.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 4. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 1. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

LUSTOSA FILHO, J. F.; NOBREGA, J. C. A.; NOBREGA, R. S. A.; DIAS, B. O.; AMARAL, F. H. C.; AMORIM, S. P. do N. Influence of organic substrates on growth and nutrient contents of jatob (*Hymenaea stigonocarpa*). **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.26, p.2544–2552, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/ajar2015.9781>.

MACEDO, M.; FERREIRA, A. R. Plantas medicinais usadas para tratamentos dermatológicos, em comunidades da Bacia do Alto Paraguai, Mato Grosso. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.14, p.40–44, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0102-695x2004000300016>.

MADARI, B. E.; CUNHA, T. J. F.; NOVOTNY, E. H.; MILORI, D. M. B. P.; MARTIN, L.; BENITES, V. M.; COELHO, M. R.; SANTOS, G. A. Matéria orgânica dos solos antrópicos da Amazônia (Terra Preta de Índio): suas características e papel na sustentabilidade da fertilidade do solo. In: TEIXEIRA, W. G.; KERN, D. C.; MADARI, B. E.; LIMA, H. N.; WOODS, W. I. (org.). **As Terras Pretas de Índio da Amazônia: sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2009. p. 172–188. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/684554>.

MAFFEIS, A. R.; ARRUDA, S. R. L. V.; BRITO, J. O. Reflexos das deficiências de macronutrientes e boro no crescimento de plantas, produção e qualidade de óleo essencial em *Eucalyptus citriodora*. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 57, p. 87–98, 2000.

MAIA, C. M. B. F.; GUIOTOKU, M.; PEIXOTO, R. T. G.; VARGAS, L. M. P. Biochar e o eucalipto. **O eucalipto e a Embrapa: quatro décadas de pesquisa e desenvolvimento**, p. 589–610, 2021.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 1. ed. Leitura & arte, 2004.

MAIA, J. T. L. S.; GUILHERME, D. D. O.; PAULINO, M. A. D. O.; SILVEIRA, H. R. D. O.; FERNANDES, L. A. Efeito da omissão de macro e micronutrientes no crescimento de pinhão-mansão. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 2, p. 174-179, 2011.

MALANGE, K. F.; DOS SANTOS, G. G.; KATO, N. N.; TOFFOLI-KADRI, M. C.; CAROLLO, C. A.; SILVA, D. B.; PORTUGAL, L. C.; ALVES, F. M.; RITA, P. H. S.; PARADA, C. A.; RONDON, E. S. *Tabebuia aurea* decreases hyperalgesia and neuronal injury induced by snake venom. **Journal of Ethnopharmacology**, v.233, n.3, p.131–140, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2018.12.037>.

MARCOS, C.; RODRÍGUEZ, I. Expansion behaviour of commercial vermiculites at 1000°C. **Applied Clay Science**, v.48, n.3, p.492–498, 2010. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2010.02.012>.

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, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.clay.2013.11.008>.

MENEGHELLI, C. M.; LO MONACO, P. A. V.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, L. A. M.; KRAUSE, M. R. Waste of drying coffee beans as a substrate alternative in *Coffea conilon* seedlings. **Coffee Science**, v.11, n.3, p.329–334, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.25186/cs.v11i3.1086>.

NICCHIO, B.; CARDOZO, C. C.; VIEIRA, M. A. M. Efeitos de substratos na qualidade de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Pernambucana**, v.25, n.1, p.1–6, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.12661/pap.2020.001>.

OGUNTUNDE, P. G.; FOSU, M.; AJAYI, A. E.; VAN DE GIESEN, N. De. Effects of charcoal production on maize yield, chemical properties and texture of soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.39, n.4, p.295–299, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0707-1>.

OLIVEIRA, A. K. M.; SCHLEDER, E. D.; FAVERO, S. Caracterização morfológica, viabilidade e vigor de sementes de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex. S. Moore. **Revista Árvore**, v.30, n.1, p.25–32, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-67622006000100004>.

OLIVEIRA JUNIOR, S. R.; CONCEIÇÃO, G. M. Espécies vegetais nativas do Cerrado utilizadas como medicinais pela comunidade Brejinho, Caxias, Maranhão, Brasil. **Cadernos de Geociências**, v.7, n.2, p.140–148, 2010.

PAES, J. B.; MEDEIROS NETO, P. N.; LIMA, C. R.; FREITAS, M. F.; DINIZ, C. E. F. Effects of extractives and ash on natural resistance of four woods to xylophagous termites. **Cerne**, v.19, n.3, p.399–405, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0104-77602013000300006>.

PETTER, F. A.; MADARI, B. E. *Biochar*: Agronomic and environmental potential in Brazilian savannah soils. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.7, p.761–768, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662012000700009>.

PIMENTA, A. S.; OLIVEIRA M. N.; CARVALHO, M. A. B.; SILVA, G. G. C.; OLIVEIRA, E. M. M. Effects of biochar addition on chemical properties of a sandy soil from northeast Brazil. **Arabian Journal of Geosciences**, v.12, n.3, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4194-y>.

PINTO, A. V. F.; SILVA, M. A. M.; LEITE, A. V. L.; RODAL, M. J. N. Floristic and structure of the arboreal community of a regenerating fragment of Atlantic Forest, Igarassu, Pernambuco, Brazil. **Revista Agroambiente on-Line**, v.12, n.2, p.145–155, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v12i2.4871>.

PINTO, A. V. F.; ALMEIDA, C. C. S.; BARRETO, T. N. A.; PIMENTEL, D. J. O.; LEITE, M. J. H.; ALMEIDA, C. A. C.; GONZAGA, E. P.; PASSOS, M. A. A. Influência de substratos e recipientes na qualidade das mudas de *Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. e Hook.f. Ex S.Moore. In: LEITE, M. J.H.; PINTO, A. V. F.; BRANDÃO, C. F. L. S.; LANA, M. D. (org.). **Pesquisas florestais em foco**. 1. ed. Nova Xavantina: Editora Pantanal, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.46420/9786588319000cap3>.

PINTO, L. E. V.; SPÓSITO, T. H. N.; GODINHO, A. M. M.; BERNARDO F. M. Produção De Mudas Pré-Brotadas De Cana-De-Açúcar Em Função De Diferentes Substratos. **Colloquium Agrariae**, v.12, n.3, p.93–99, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5747/ca.2016.v12.nesp.000177>.

RAMLOW, M.; RHOADES, C. C.; COTRUFO, M. F. Promoting revegetation and soil carbon sequestration on decommissioned forest roads in Colorado, USA: a comparative assessment of organic soil amendments. **Forest Ecology and Management**, v. 427, p. 230–241, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.059>.

REIS, F. P.; SENNA BONFA, I. M.; CAVALCANTE, R. B.; OKOBA, D.; DE SOUZA VASCONCELOS, S. B.; CANDELORO, L.; OLIVEIRA F. W. F.; DUENHAS, A. M. C.; SILVA, V. J.; SANTA RITA, P. H.; CAROLLO, C. A.; TOFFOLI-KADRI, M. C. *Tabebuia aurea* decreases inflammatory, myotoxic and hemorrhagic activities induced by the venom of *Bothrops neuwiedi*. **Journal of Ethnopharmacology**, v.158, n.3. p.352–357, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2014.10.045>.

REIS, S. M.; MORANDI, P. S.; OLIVEIRA, B.; OLIVEIRA, E. A.; VALADÃO, M. B. X.; MARIMON, B. S.; MARIMON-JUNIOR, B. H. Influência do sombreamento no desenvolvimento inicial e eficiência no uso de nutrientes de *Dilodendron bipinnatum* Radkl (Sapindaceae). **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v.43, n.107, p.581–590, 2015.

REZENDE, F. A.; DOS SANTOS, V. A. H. F.; DE FREITAS, C. M. B. M.; MORALES, M. M. Biochar na composição de substratos para a produção de mudas de teca. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v.51, n.9, p.1449–1456, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2016000900043>.

RIPLEY, B. S.; REDFERN, S. P.; DAMES, J. Quantification of the photosynthetic performance of phosphorus-deficient Sorghum by means of chlorophyll-a fluorescence kinetics. **South African Journal of Science**, v.100, n.11, p.615-618, 2004.

SANCHEZ-MONEDERO, M. A.; CAYUELA, M. L.; ROIG, A.; JINDO, K.; MONDINI, C.; BOLAN, N. Role of biochar as an additive in organic waste composting. **Bioresource Technology**, v.247, p.1155–1164, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.09.193>.

SANTI, A.; CAMARGOS, S. L.; SCARAMUZZA, W. L. M. P.; SCARAMUZZA, J. F. Deficiências de macronutrientes em sorgo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 2, p. 228–233, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-70542006000200006>.

SASS, A. L.; SANTOS, D. E. C.; MAEDA, S.; MAIA, C. M. B. F. Efeito de carvão vegetal em substratos para a produção de mudas de eucalipto. In: Encontro brasileiro de silvicultura, 4., 2018, Brasília. **Embrapa; Colombo: Embrapa Florestas**, 2018. p. 55-59.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733–3740, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.5897/AJAR2016.11522>.

SILVA, G. H.; SANTOS, R. V.; LUCENA, R. J. Produção de mudas de *Handroanthus impetiginosus* (Mart. ex DC.) Mattos em substrato contendo co-produto de vermiculita. **Scientific Electronic Archives**, v.2, n.1. p.22–28, 2015.

SILVA, J. D. C.; LEAL, T. T. B.; ARAÚJO, R. M.; GOMES, R. L. F.; ARAÚJO, A. S. F.; MELO, W. J. Emergência e crescimento inicial de plântulas de pimenta ornamental e celosia em substrato à base de composto de lodo de curtume. **Ciencia Rural**, v.41, n.3, p.412–417, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782011000300008>.

SILVA, L. C. N. S. C. A.; SOUZA, R. M.; JOSÉ MACEDO, A.; SILVA, M. V.; SANTOS, C. M. T. Comparative analysis of the antioxidant and DNA protection capacities of *Anadenanthera colubrina*, *Libidibia ferrea* and *Pityrocarpa moniliformis* fruits. **Food and Chemical Toxicology**, v.49, n.9, p.2222–2228, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.06.019>.

SILVA, M. I.; MACKOWIAK, C.; MINOGUE, P.; REIS, A. F.; MOLINE, E. F. V. Potential impacts of using sewage sludge biochar on the growth of plant forest seedlings. **Ciência Rural**, v.47, n.1, p.1–5, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20160064>.

STEINER, C.; GLASER, B.; TEIXEIRA, W. G.; LEHMANN, J.; BLUM, W. E. H.; ZECH, W. Nitrogen retention and plant uptake on a highly weathered central Amazonian Ferralsol amended with compost and charcoal. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**, v.171, n.6, p.893–899, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/jpln.200625199>.

STURION, J. A. **Métodos de produção e técnicas de manejo que influenciam o padrão de qualidade de mudas de essências florestais**. 1. ed. Curitiba, p. 18, 1981.

SULIEMAN, S.; TRAN, L. P. *Phosphorus homeostasis* in legume nodules as na adaptive strategy to phosphorus deficiency. **Journal Plant Science**, v. 239, p. 36-43, 2015.

TOLEDO, F. H. S. F.; VENTURIN, N.; CARLOS, L.; DIAS, B. A. S.; VENTURIN, R. P.; MACEDO, R. L. G. Composto de resíduos da fabricação de papel e celulose na produção de mudas de eucalipto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.7, p. 711–716, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n7p711-716>.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVES, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v.23, n.3, p.401–409, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509810551>.

UZOMA, K. C.; INOUE, M.; ANDRY, H.; FUJIMAKI, H.; ZAHOOR, A.; NISHIHARA, E. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. **Soil Use and Management**, v.27, n.2, p.205–212, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2011.00340.x>.

VIÉGAS, I. J. M.; THOMAZ, M. A. A.; SILVA, J. F.; CONCEIÇÃO, H. E. O.; NAIFF, A. P. M. Efeito da omissão de macronutrientes e boro no crescimento, nos sintomas de deficiências nutricionais e na composição mineral de plantas de camucamuzeiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 26, n. 2, p. 315-319, 2004.

WANG, J.; WANG, S. Preparation, modification and environmental application of *biochar*: A review. **Journal of Cleaner Production**, v.227, p.1002–1022, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.04.282>.

WENDLING, I.; FERRARI, M.; GROSSI, F. **Curso intensivo de viveiros e produção de mudas**. Brasília: Embrapa florestas, 2002.

WOOLF, D.; AMONETTE, J. E.; STREET-PERROTT, F. A.; LEHMANN, J.; JOSEPH, S. Sustainable biochar to mitigate global climate change. **Nature Communications**, v.1, n.5, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/ncomms1053>.

ZANETTI, M.; CAZETTA, J. O.; MATTOS JÚNIOR, D.; CARVALHO, S. A. Uso de subprodutos de carvão vegetal na formação do porta-enxerto limoeiro “Cravo” em ambiente protegido. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.3, p.508–512, 2003. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0100-29452003000300037>.

ZHANG, G.; GUO, X.; ZHU, Y.; LIU, X.; HAN, Z.; SUN, K.; JI, L.; HE, Q.; HAN, L. The effects of different biochars on microbial quantity, microbial community shift, enzyme activity, and biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. **Geoderma**, v.328, n.3, p.100–108, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.05.009>.

ZHANG, R.; ZHAO, Y.; LIN, J.; HU, Y.; HÄNNINEN, H.; WU, J. Biochar application alleviates unbalanced nutrient uptake caused by N deposition in *Torreya grandis* trees and seedlings. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 319–326, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.09.040>.

ZHANG, R.; ZHANG, Y.; SONG, L.; SONG, X.; HÄNNINEN, H.; WU, J. Biochar enhances nut



quality of *Torreya grandis* and soil fertility under simulated nitrogen deposition. **Forest Ecology and Management**, v. 391, p. 321-329, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.02.036>.

ZHAO, B.; O'CONNOR, D.; ZHANG, J.; PENG, T.; SHEN, Z.; TSANG, D. C. W.; HOU, D. Effect of pyrolysis temperature, heating rate, and residence time on rapeseed stem derived *biochar*. **Journal of Cleaner Production**, v.174, p.977-987, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.013>.

ZHOU, G.; ZHOU, X.; ZHANG, T.; DU, Z.; HE, Y.; WANG, X.; SHAO, J.; CAO, Y.; XUE, S.; WANG, H.; XU, C. Biochar increased soil respiration in temperate forests but had no effects in subtropical forests. **Forest Ecology and Management**, v. 405, p. 339-349, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2017.09.038>.