



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

**Incorporação de macrófitas (*Eichhornia crassipes*) no substrato de produção de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd (Ingá-mirim) em viveiro.**

Estudante: Kainã de Sousa Ribeiro

Orientador: Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

Co-Orientador: Vitor Muller



Universidade de Brasília  
Faculdade de Tecnologia  
Departamento de Engenharia Florestal

Kainã de Sousa Ribeiro

**Incorporação de macrófitas (*Eichornia crassipes*) no substrato de produção de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd (Ingá-mirim) em viveiro.**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Departamento de Engenharia, como pré-requisito para a conclusão do curso de Engenharia Florestal na Universidade de Brasília.

Orientador: Prof. Dr. Anderson Marcos de Souza

Brasília – Abril de 2022

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me deu uma nova oportunidade de viver, restaurou minha saúde, minha alegria e esperança em dias melhores.

Agradeço ao meu melhor amigo e pai Lindom Johnson, que nunca me deixou desistir dos meus sonhos e sempre me ajudou com seus conselhos, companheirismo e por não ter me deixado sozinho, nem mesmo, por um minuto, nos piores momentos da minha vida. Ainda te darei muito orgulho meu pai.

Agradeço à minha mãe Márcia, minhas irmãs Jordana e Yamêe, por esse laço eterno que amo dividir com vocês, e em especial aos meus sobrinhos Clarice, Aurora e John, que trouxeram muita virtude e amor para as nossas vidas.

Agradeço à minha noiva Nathasha, pela ajuda na coleta de dados, na escrita do trabalho e em todos os momentos de dificuldade, além de sempre esperar o melhor de mim e estar do meu lado para que eu consiga alcançar meus sonhos. Sei que posso contar contigo em tudo meu amor.

Agradeço ao meu orientador Anderson Marcos, por seus conselhos, sua disponibilidade e principalmente por me ajudar no meu amadurecimento profissional.

Agradeço à empresa CORUMBÁ CONCESSÕES S.A por todo apoio e ajuda na execução deste trabalho, sendo a base de todo estudo.

Agradeço à empresa GETAF, aos engenheiros florestais Marcos Guimarães e Vitor Muller, por acreditarem em mim como profissional e por dividirem suas experiências como colegas de profissão. Vocês são exemplos do engenheiro florestal que eu almejo ser um dia.

Por fim, agradeço a Universidade de Brasília pelo acolhimento durante toda a graduação.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o crescimento de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd em viveiro florestal, utilizando diferentes tratamentos com resíduos de macrófitas aquáticas, *Eichhornia crassipes* (C. Mart.) e adubações incorporadas no substrato de produção de mudas. As macrófitas oferecem inúmeros benefícios para o meio ambiente aquático, porém, seu crescimento excessivo pode ser prejudicial, sendo necessário a utilização de técnicas de manejo e destinação adequada dos seus resíduos. Neste estudo foram utilizados os seguintes substratos como tratamentos: **T1**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada; **T2**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + NPK + Calcário Dolomítico + Yoorin Master; **T3**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + terra vermelha + areia lavada + NPK + Calcário Dolomítico + Yoorin Master; **T4**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + terra vermelha + areia lavada + NPK + Calcário Dolomítico + Yoorin Master + Vermiculita; **T5**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + terra vermelha + areia lavada + Vermiculita e **T6**: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + Vermiculita + NPK + Calcário Dolomítico + Yoorin Master. O experimento foi implantado segundo um delineamento inteiramente casualizado (DIC). Após 150 dias de desenvolvimento das mudas submetidas a cada um dos tratamentos, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura da parte aérea (H); diâmetro do coleto (DC); número de folhas (NF); comprimento da raiz pivotante (R); número de raízes secundárias (RS). Posteriormente foram avaliadas em laboratório as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea (MSPA); massa seca da raiz (MSR); massa seca total (MST), e as relações entre as variáveis, como a relação da altura da parte aérea com diâmetro do coleto (RHDC), relação da altura da parte aérea com a massa seca da parte aérea (RHMSPA), relação da massa seca da parte aérea com a massa seca da raiz (PMSPA/PMSR) e o índice de qualidade de Dickson ( $IQD = MST/(H/D+MAS/MSR)$ ). A incorporação de macrófita associada a suplementação de adubação produziu mudas com padrões satisfatórios de qualidade, com destaque ao tratamento 6 que apresentou valores superiores de parte aérea e radicular.

**Palavras-chave:** gestão de resíduos, substratos, índice de qualidade de Dickson.

## ABSTRACT

Aquatic macrophytes offer numerous benefits to the aquatic environment, but their excessive growth can be harmful, requiring the use of management techniques and proper disposal of their waste. Thus, the objective of this work was to evaluate the growth of *Inga laurina* (SW.) Willd seedlings in a forest nursery, using different treatments with macrophyte residues, *Eichhornia crassipes* (C. Mart.), and different fertilizations incorporated into the substrate. of seedling production. The following substrates were used as treatments: T1: crushed aquatic macrophyte (*E.crassipes*). T2: crushed aquatic macrophyte (*E.crassipes*) + NPK + Dolomitic Limestone + Yoorin Master. T3: crushed aquatic macrophyte (*E.crassipes*) + red soil + washed sand + NPK + Dolomitic limestone + Yoorin Master. T4: crushed aquatic macrophyte (*E.crassipes*) + red soil + washed sand + NPK + Dolomitic limestone + Yoorin Master + Vermiculite. T5: crushed aquatic macrophyte (*E.crassipes*) + red soil + washed sand + Vermiculite .T6: aquatic macrophyte (*E.crassipes*) crushed + Vermiculite + NPK + Dolomitic Limestone + Yoorin Master. The experiment was implemented in a completely randomized design (DIC). After 150 days of development of the seedlings submitted to each of the treatments, the following variables were evaluated: aerial part height (H); collar diameter (DC); number of leafs (NF); pivot root length (R); number of secondary roots (SR). Subsequently, the following variables were evaluated in the laboratory: aerial part dry mass (MSPA); root dry mass (MSR); total dry mass (MST), and the relationships between variables, such as the relationship between aerial part height and collar diameter (RHDC), aerial part height to aerial part dry matter weight (RHMSPA), relationship of the aerial part dry mass with the root dry mass (PMSPA/PMSR) and the Dickson quality index ( $IQD = MST/(H/D+MAS/MSR)$ ). The incorporation of macrophytes associated with supplementation of fertilization produced seedlings with satisfactory quality standards, with emphasis on treatment 6, which showed higher values of aerial part and root.

**Keywords:** waste management, treatments, Dickson quality index.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO GERAL .....	2
2.1 – Objetivos específicos.....	3
3. REFERENCIAL TEÓRICO .....	3
3.1 – Os reservatórios e a matriz energética.....	3
3.2 – Macrófitas Aquáticas.....	4
3.3 – O aproveitamento de resíduos na produção de mudas .....	7
3.4 – <i>Inga laurina</i> (SW.) Willd .....	9
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	10
4.1 – Local de implantação do experimento.....	10
4.2 – Obtenção e preparo das sementes.....	10
4.3 – Obtenção do resíduo da macrófita.....	11
4.4 – Implantação do experimento .....	12
4.5 – Delineamento experimental.....	13
4.6 – Obtenção dos dados.....	14
4.7 – Análise de dados .....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	19
6. CONCLUSÕES.....	26
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Disposição das sementes em recipientes utilizados como sementeiras. ....	11
Figura 2. Retirada das macrófitas do reservatório Lago Corumbá IV. ....	12
Figura 3. Processo de decomposição e secagem dos resíduos de macrófitas aquáticas. ....	12
Figura 4. Área interna do viveiro com cobertura por telas de sombreamento. ....	13
Figura 5. Disposição dos tratamentos para as mudas de <i>Inga laurina</i> (SW.) Willd. ....	14
Figura 6. Retirada do substrato e lavagem das raízes das mudas de <i>Inga laurina</i> (SW.) Willd. ....	16
Figura 7. Secagem da parte aérea e das raízes de plantas de <i>Inga laurina</i> em estufa de circulação de ar. ....	17
Figura 8. Pesagem das partes aéreas e raízes secas das mudas ....	17
Figura 9. Valores médios das variáveis morfológicas das mudas de <i>Inga laurina</i> aos 150 dias. A) Altura das mudas por tratamento. B) Número de folhas das mudas por tratamento. C) Diâmetro do coleto das mudas por tratamento. ....	21
Figura 10. A) Número de Raízes Secundárias por tratamento; B) Comprimento da Raiz Pivotal por tratamento; C) Massa Seca da Raiz por tratamento; D) Massa Seca da Parte Aérea por tratamento; E) Massa Seca Total por tratamento. ....	23
Figura 11. A) Índice da Relação da Altura da Parte Aérea pelo Diâmetro do Coleto por tratamento; B) Índice da Relação da Altura da Parte Aérea pela Massa Seca da Parte Aérea por tratamento; C) Índice da relação da Massa Seca da Parte Aérea pela Massa Seca da Raiz por tratamento; D) Índice de Qualidade de Dickson por tratamento. ....	25

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição dos tratamentos utilizados como substratos no experimento.....	13
Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis Altura, Diâmetro do Coleto e Número de Folhas. ....	20
Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis Número de Raízes Secundárias, Comprimento da Raiz Pivotante, Massa Seca da Raiz, Massa Seca da Parte Aérea e Massa Seca Total. ....	21
Tabela 4. Resumo da análise de variância para os índices de qualidade de mudas.....	25

## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação (1) – Índice de Qualidade de Dickson	18
----------------------------------------------	----

## 1. INTRODUÇÃO

A produção de energia elétrica no Brasil ganhou grande importância entre os anos de 1950 a 1960, onde foi estabelecido pelo governo do Presidente Juscelino Kubitschek, um processo amplo de industrialização baseado no Plano de Metas (1956 – 1961), priorizando a produção energética através da construção de usinas hidrelétricas. Os reservatórios e usinas hidrelétricas (UHE) se destacam como matriz energética por se caracterizarem como fonte de energia renovável.

O Brasil é um dos maiores construtores de barragens mundiais, sendo o segundo país que gera mais energia hidrelétrica no mundo, atrás apenas da China. Possui cerca de 1.361 usinas hidrelétricas implantadas no território nacional, responsáveis por 61,25% da matriz energética brasileira (ANEEL 2019).

Os reservatórios brasileiros se caracterizam por ações antrópicas dos recursos naturais e desequilíbrio do ecossistema. Surge então um ambiente favorável para o desenvolvimento de um grande grupo de organismos denominado macrófitas aquáticas, que crescem em águas interiores e salobras, estuário e águas costeiras (POMPÊO; MOSCHINI-CARLOS, 2003; TUNDISI; MATSUMURA-TUNDISI, 2008; THOMAZ; ESTEVES, 2011).

As macrófitas aquáticas apresentam crescimento explosivo e podem cobrir todo espelho d'água ou fundo de lagos e reservatórios, gerando impactos no abastecimento público, na geração de energia elétrica, na recreação e esportes náuticos. Essas plantas aquáticas se tornaram um problema para os reservatórios brasileiros, formando maciços, fato que geralmente não é observado em seus habitats naturais, ou seja, em áreas alagáveis (THOMAZ, 2002). Portanto, se faz necessário a aplicação de técnicas de manejo, sendo empregadas a longo ou a curto prazo, sendo este último, a simples remoção da vegetação (POMPÊO, 2008). Uma vez realizado o manejo das macrófitas é necessário selecionar um destino sustentável para os seus resíduos.

A cadeia de produção de mudas de espécies arbóreas tem buscado novas alternativas de aproveitamento de resíduos na incorporação dos substratos de produção de mudas. Para a produção de mudas, a composição adequada do substrato é fundamental para o desenvolvimento da planta (DELARMELINA et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2017). Nesta composição são testados diferentes resíduos orgânicos, insumos para adubação, bem como produtos tecnologicamente desenvolvidos, visando a otimização do uso da água, a absorção de macro e micro-nutrientes e o estabelecimentos de associações

que possam favorecer o desenvolvimento das mudas nos viveiros, como as associações micorrízicas.

O substrato pode ser enriquecido com a utilização de compostos orgânicos, melhorando o desenvolvimento da muda, o qual está diretamente ligado às características físicas, químicas e biológicas do substrato (DELARMELINA et al., 2014). De acordo com Farias (2016), a utilização de macrófitas aquáticas pode constituir uma alternativa sustentável na incorporação de substratos para a produção de mudas. Em especial a espécie de macrófita aquática *Eichhornia crassipes*, conhecida popularmente como aguapé ou mururé, amplamente distribuída em ambientes aquáticos no território nacional, pode ser utilizada como alternativa sustentável de fonte de matéria orgânica para a produção de mudas de espécies florestais.

É recorrente a busca por soluções e alternativas que causem menores riscos e impactos ambientais, sendo necessárias melhores técnicas de reaproveitamento de recursos, e melhores gerenciamentos destes recursos. De acordo com Fonseca et al. (2002), para a escolha de um substrato devem ser observadas as suas características físicas e químicas, a espécie escolhida para plantio, e os aspectos econômicos.

O aproveitamento de qualquer tipo de resíduo na cadeia de produção de mudas, requer a geração de protocolos específicos, principalmente no que se refere à escolha da melhor dosagem de incorporação no substrato, e a resposta das espécies em estudo acerca do seu crescimento e desenvolvimento, bem como a influência da incorporação dos resíduos nos parâmetros de qualidade da muda produzida no viveiro.

Neste sentido, visando contribuir para o manejo da espécie macrófita *Eichhornia crassipes* no reservatório de Corumbá IV, no Município de Alexânia, Estado de Goiás, este trabalho não utilizou tratamento testemunha (sem macrófita incorporada ao substrato) devido à necessidade da empresa em proporcionar uma destinação adequada aos resíduos de macrófitas.

## 2. OBJETIVO GERAL

Avaliar o crescimento de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd em viveiro, com a utilização de diferentes tratamentos com resíduos de macrófitas, *Eichhornia crassipes* (C. Mart.), e diferentes adubações incorporadas no substrato de produção de mudas.

## 2.1 – Objetivos específicos

- Avaliar se diferentes tratamentos de incorporação de macrófitas influenciam nas características morfológicas de crescimento;
- Determinar os índices de qualidade de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd a partir da incorporação de resíduos de macrófita;
- Verificar a possibilidade de utilização deste tipo de resíduo na produção de mudas de Ingá;
- Recomendar o melhor tratamento que proporcione o melhor crescimento de mudas com os melhores padrões de qualidade.

## 3. REFERENCIAL TEÓRICO

### 3.1 – Os reservatórios e a matriz energética

A água tem importância mundial conforme a Declaração Universal dos Direitos da Água de 1992, redigida pela ONU, ou seja:

“Artigo 2º: A água é a seiva do nosso planeta. Ela é a condição essencial de vida de todo o ser vegetal, animal ou humano. Sem ela, não poderíamos conceber como é a atmosfera, o clima, a vegetação, a cultura ou a agricultura. O direito à água é um dos direitos fundamentais do ser humano: o direito à vida, tal qual é estipulado no Artigo 3 da Declaração dos Direitos do Homem.”

O Brasil tem grande potencial energético de fontes renováveis. Mais de 34.000 km<sup>2</sup> foram já inundados para a construção de barragens (BERMANN, 2007). Historicamente, a hidroeletricidade é considerada a principal fonte de geração do sistema elétrico brasileiro, apresentando múltiplos atributos, como fonte de energia renovável, economicamente competitiva, com emissões consideradas desprezíveis e flexibilidade operativa entre oferta e demanda.

De acordo com os dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (NOS, 2022), a região Centro-Oeste se enquadra no subsistema Sudeste/Centro-Oeste, com Energia Armazenada (EAR) atual de 57,55%. Nessa região encontram-se as principais bacias hidrográficas e as principais hidrelétricas do país: a) Bacia do Rio Grande: composta por quatro importantes reservatórios, ou seja, Mascarenha de Moraes, Furnas, Marimondo e Água Vermelha; b) Bacia do Rio Paraíba do Sul: tem como principal reservatório o Paraibuna, responsável por 2,23% da EAR do subsistema; c) Bacia do Rio Paranaíba: possui seis importantes reservatórios: Batalha, Simão, Itumbiara, Emborcação, Nova Ponte e Serra do Facão; d) Bacia do Rio Paranapanema: possui três importantes

reservatórios: Chavantes, Jurumirim e Capivara; e) Bacia do Rio São Francisco; tem Três Marias, como seu principal reservatório, que é responsável por 1,15% de EAR do subsistema; f) Bacia do Rio Tietê: possui três importantes reservatórios: Billings, Barra Bonita e Três Irmãos; g) Bacia do Rio Tocantins: tem Serra da Mesa como seu principal reservatório, que é responsável por 17,25 % da EAR do subsistema e h) Bacia do Rio Paraná: Ilha Solteira é o seu principal reservatório, embora existam outros reservatórios importante como o do Lago Corumbá IV (NOS, 2022).

A obra de instalação da usina hidrelétrica de Corumbá IV, localizada no centro-leste do estado de Goiás, a 50 km de Brasília, no Distrito Federal, teve início em 2001.

O Rio Corumbá faz parte do sistema de reservatórios da Bacia Hidrográfica do Rio Paraná. É afluente dos rios Paranaíba, pela margem direita, e dos rios Descobertos e São Bartolomeu. O reservatório da Usina Hidrelétrica Corumbá IV, com capacidade de, aproximadamente, 3,7 trilhões de litros d'água, ocupa cerca de 173 km<sup>2</sup> e possui potencial médio de 127 Megawatts (MW), que garante energia para cerca de 250 mil habitantes do Distrito Federal (CORUMBÁ CONCESSÕES S.A., 2021).

### 3.2 – Macrófitas Aquáticas

As macrófitas aquáticas (macro = grande; fita = planta) são plantas que durante o processo evolutivo migraram do ambiente terrestre para o aquático, onde desenvolveram muitas adaptações morfológicas e anatômicas necessárias à vida na água, essencialmente para a flutuação, tais como caules ocos, cutícula fina, tecidos esponjosos (aerênquima), pelos hidrofóbicos, e flores que de uma maneira geral, são postas fora da água (SCREMIN-DIAS et al., 1999).

O ciclo de vida das macrófitas engloba tanto a reprodução assexuada pela propagação de rizomas ou estolões, que garante maior êxito no crescimento, quanto a reprodução sexuada por autopolinização ou polinização cruzada. Esses vegetais contribuem para a dinâmica e estruturação da grande maioria dos sistemas aquáticos, estando presentes em ambientes variados sendo eles de água salobra ou de água doce e apresentando grande capacidade de adaptação (ESTEVES, 1998). Possuem formas de vida variadas, relacionadas a sua distribuição, profundidade da água e adaptações. De acordo com a forma de vida, as macrófitas aquáticas são classificadas em grupos considerados essenciais que determinam a estrutura de uma comunidade de macrófitas aquáticas (PEDRALLI, 1990).

Segundo estudos de Esteves (1998) e Pedralli (1990) é possível classificar as macrófitas aquáticas de acordo com sua forma biológica, ou seja:

- Anfíbia: macrófitas capazes de viver em área alagada e fora da água, geralmente modificando a morfologia da fase aquática para a terrestre, quando o nível de água abaixa;
- Emergente: macrófitas enraizadas no sedimento, com uma parte submersa e outra emersa;
- Flutuante fixa: macrófitas enraizadas no sedimento, possuindo folhas flutuantes;
- Flutuante livre: macrófitas não enraizadas no sedimento, podendo ser levadas pela correnteza, pelo vento ou até mesmo por animais;
- Submersa fixa: macrófitas enraizadas no sedimento, com caules e folhas submersos, e geralmente emergem folhas para fora da água;
- Submersa livre: macrófitas não enraizadas no fundo, totalmente submersas, e geralmente emergem somente as flores;
- Epífitas: macrófitas que ocorrem sobre outras plantas aquáticas.

As macrófitas aquáticas enraizadas têm a habilidade de assimilar nutrientes presentes no sedimento, e as macrófitas aquáticas flutuantes retiram nutrientes diretamente da massa de água. Sendo assim, o nutriente que anteriormente ficaria preso no sedimento, através do efeito de bombeamento do sedimento para a coluna de água, por intermédio das macrófitas aquáticas enraizadas, rapidamente retorna ao ecossistema aquático, seja através da excreção, ou da sua liberação após a decomposição da planta aquática e suas frações (ESTEVES, 1998).

As macrófitas aquáticas são produtores primários e fornecem habitat e refúgio para o perifiton, zooplâncton, outros invertebrados, peixes e rãs (ARAÚJO-LIMA et al., 1986; MESCHIATTI et al., 2000; PETR, 2000; BORNETTE & PUIJALON, 2009). Além disso, desempenham funções-chave nos ciclos biogeoquímicos, como na produção de carbono orgânico e na mobilização de fósforo, influenciando diretamente a hidrologia e a dinâmica dos sedimentos, através de seus efeitos sobre o fluxo de água dos ecossistemas de água doce (DEMARTY & PRAIR, 2009; ESTEVES & SUZUKI, 2010). Portanto, as macrófitas aquáticas possuem algumas características importantes para o meio ambiente, isto é: apresentam folhas largas e finas, aumentando a superfície de contato para a fixação de CO<sub>2</sub>; produzem substâncias alelopáticas (BORNETTE & PUIJALON, 2009),

forneem material de importância econômica para a sociedade e protegem margens do corpo d'água contra erosão.

Apesar de oferecerem inúmeros benefícios para o meio ambiente, as macrófitas aquáticas podem causar diversos problemas ambientais e prejuízos, especialmente para a geração de energia elétrica, devido ao seu crescimento excessivo, principalmente em reservatórios eutrofizados, caracterizados pela riqueza de nutrientes, em especial o nitrogênio e o fósforo, causando crescimento excessivo de algas e de plantas aquáticas, tendo como consequência a diminuição do oxigênio dissolvido na água, a perda de biodiversidade, a piora da qualidade da água e o aumento da incidência de cianobactérias (ESTEVES, 1998). Dessa forma, um ambiente aquático eutrofizado permite o crescimento excessivo de macrófitas que gera vários impactos negativos, como: impedimento à navegação, assoreamento dos reservatórios, gerando prejuízos econômicos nas hidrelétricas, redução das taxas de trocas gasosas entre o ambiente aquático e a atmosfera pela redução da turbulência das águas e; aumento das taxas de evapotranspiração.

A espécie *Eichhornia crassipes*, da família Pontederiaceae, conhecida popularmente por Aguapé, é nativa da América do Sul Tropical e foi introduzida em todos os continentes (POTT & POTT, 2000). As sementes podem sobreviver submersas por aproximadamente 15 anos. Esta espécie reproduz facilmente por via vegetativa, rizomas ou pequenos fragmentos, causando inúmeros problemas devido sua rápida proliferação, principalmente em locais perturbados. Considerando que os reservatórios de água são locais perturbados, é necessário um manejo adequado da área para garantir a eficiência no controle dos indivíduos dessa espécie.

Nos planos de manejo dos reservatórios é necessário monitorar periodicamente as macrófitas, identificando as espécies, sua área de ocupação e os focos iniciais de proliferação. Segundo Agostinho et al. (2003), o nível de controle das plantas deve ser avaliado em relação ao uso dos reservatórios. Portanto, os planos de manejo podem incluir procedimentos manuais, mecânicos, biológicos, químicos ou até mesmo a combinação de mais de um método de controle, ou seja:

- Controle Manual: Necessita de mão de obra intensa na remoção dos indivíduos e a eficiência depende da quantidade de planta a ser retirada. Esta técnica foi considerada por Pompêo (2017), como o primeiro estágio de manejo antes que as espécies cresçam explosivamente nos reservatórios.

- Controle Mecânico: consiste na utilização de maquinários que podem colher, dragar, empurrar, rebocar, picar ou realizar duas ou mais funções dessas conjuntamente.
- Controle Biológico: consiste na introdução de espécies que se alimentam de plantas aquáticas ou constituem seus agentes patogênicos. O cuidado na aplicação dessa técnica é fundamental, considerando que eventuais erros podem ser mais duradouros em comparação aos outros métodos de controle (MARCONDES et al., 2003)
- Controle Químico: consiste no emprego de herbicidas; porém esta técnica requer bastante conhecimento para que os herbicidas sejam utilizados de forma segura e eficaz (MARCONDES et al., 2003). Importante destacar que a aplicação de herbicidas tem elevado custo para aplicação em grandes corpos d'água (AGOSTINHO et al., 2003).

Nos controles manuais e mecânicos é fundamental a destinação correta da biomassa.

### 3.3 – O aproveitamento de resíduos na produção de mudas

A produção de mudas com qualidade e diversidade suficiente é uma das fases fundamentais para o estabelecimento de bons povoamentos com espécies florestais nativas (GONÇALVES et al., 2000). Para garantir mudas de boa qualidade existem alguns fatores que influenciam, sendo eles: qualidade da semente, tipo de recipiente, adubação, manejo das mudas e substrato (GONÇALVES et al., 2000).

O substrato tem influência significativa no desenvolvimento das mudas e são vários os materiais que podem ser utilizados na sua composição original. Segundo Gomes & Silva (2004), a escolha do substrato deve considerar as características físicas e químicas exigidas pela espécie a ser plantada e os aspectos econômicos, pois, além de propiciar adequado crescimento à planta, o material utilizado na composição do substrato deve ser abundante na região e ter baixo custo.

Do ponto de vista físico, o substrato deve permitir adequado crescimento das raízes, reter água, possibilitar aeração e agregação do sistema radicular, além de não favorecer o desenvolvimento de doenças e plantas daninhas. Em relação à composição química, o substrato deve oferecer todos os nutrientes necessários ao crescimento da planta em quantidade adequada e no momento demandado pela planta. Para que exista bom aporte de nutrientes pela planta é necessário pH compatível (próximo a

neutralidade), boa capacidade de troca catiônica (CTC) e boa condutividade elétrica (baixa salinidade).

Segundo Fonseca (1988), a fonte orgânica é responsável pela retenção de umidade na composição do substrato para o crescimento de plântulas. Portanto, a matéria orgânica é um dos componentes fundamentais dos substratos, e tem a finalidade de aumentar a capacidade de retenção de água e nutrientes para as mudas, além de aumentar a porosidade e reduzir a densidade aparente e global do meio. Entre os materiais frequentemente utilizados como substrato é possível citar: esterco bovino (CAVALCANTI et al., 2002), cama de frango e moinha de café (ANDRADE NETO et al., 1999), húmus de minhoca (LIMA et al., 2001), composto orgânico (TRINDADE et al., 2001) e casca de arroz carbonizada (LUCAS et al., 2003).

De acordo com Gomes & Silva (2004) e Fonseca (2001), ao escolher um substrato, além de observar as suas características físicas e químicas, é necessário observar o baixo custo e a disponibilidade do material na região. Ao observar a grande disponibilidade de macrófitas aquáticas, em especial a espécie *E. crassipes*, amplamente distribuída em reservatórios aquáticos, podemos perceber uma relação de necessidade de manejo dessa espécie para funcionamento adequado do reservatório e aproveitamento deste material orgânico como fonte alternativa e sustentável de para a produção de mudas florestais.

Freire et al. (2015) avaliaram o uso benéfico das macrófitas na composição de substratos para produção de mudas de *Tabebuia aurea* (Manso) Benth & Hook (Bignoniaceae), e verificaram que o esterco bovino foi o melhor substrato dentre os demais testados. Alves & Freire (2017) constataram que a produção de mudas de *Handroanthus impertiginosus* (Mart. ex DC) Mattos (Bignoniaceae) é potencializada com a adição de compostos orgânicos, como casca de arroz carbonizada e pó-de-coco, ao solo.

O aguapé é rico em nutrientes fundamentais e requisitados em diversos processos fisiológicos durante o desenvolvimento das plantas (GOULART et al., 2017), como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) (FARIAS et al., 2013). O aguapé pode aumentar o conteúdo de NPK no solo e o uso do aguapé seco ao sol pode restaurar de forma significativa a quantidade de nitrogênio e fósforo em solos esgotados nutricionalmente (BONDOC, 2019).

Lima et al. (2020) avaliaram a macrófita aquática *E. crassipes* (aguapé) como fonte eficiente de matéria orgânica, quando comparada com o esterco de caprino na composição de substrato para a produção de mudas de espécies arbóreas nativas da Caatinga, e obtiveram resultados satisfatórios. Para o comprimento da parte aérea e

comprimento radicular, a espécie *Libidibia ferrea* var. *ferrea*, conhecido popularmente como jucá, apresentou maior desenvolvimento nos tratamentos onde os substratos continham aguapé triturado. Além disso houve maior número de folhas, número de folíolos, massa seca da parte aérea e massa seca da parte subterrânea nos tratamentos que continham aguapé triturado. Tais informações validam o aguapé como fonte eficiente de matéria orgânica para a produção de mudas.

### 3.4 – *Inga laurina* (SW.) Willd

*Inga laurina* (SW.) Willd, conhecida popularmente como ingá-mirim, é uma leguminosa da família Fabaceae e subfamília Mimosoideae, que ocorre em todos os estados do Brasil (LORENZI, 2008). Possui importância para a flora brasileira devido ao seu valor ornamental e florestal, pois seus frutos são fonte de alimentos para animais silvestres (SOUZA & LORENZI, 2005), além de serem consumidos pelo homem.

Essa espécie é considerada também ideal para a arborização urbana, pois, além de apresentar excelente adaptação ao meio urbano, possui a característica de manter suas folhas durante o período de seca. A contribuição da vegetação urbana é significativa no que se refere a melhoria da qualidade do ambiente, já que a arborização nas ruas, praças, jardins e parques acrescentam vários benefícios: resfriamento do ambiente, proteção contra a ação dos ventos, alimentação e abrigo para a avifauna, conforto térmico, beleza paisagística com importantes ganhos estéticos, culturais e ambientais (GODOY, 1995), entre outros.

A importância de espécies arbóreas da família Fabaceae na recuperação de ambientes degradados é amplamente reconhecida, devido à capacidade de nodulação para fixação biológica do nitrogênio (ADAMS et al., 2010; CHER et al., 2011).

*Inga laurina* (SW.) Willd apresenta de 10 a 20 metros de altura, copa ampla e baixa, e tronco com 60 cm de diâmetro médio. As folhas são compostas, a floração ocorre de agosto a dezembro, e a frutificação a partir de novembro. Seus galhos são resistentes, não se rompendo facilmente pelo vento, e suas raízes não são superficiais.

As análises biométricas dos frutos, além de detectarem a variabilidade genética de populações de uma mesma espécie, contribui com informações sobre as relações dessas espécies com os fatores ambientais (CARVALHO et al., 2003). A propagação da espécie ocorre por meio da germinação da semente entre dez e quinze dias após a semeadura. As sementes não suportam longos períodos de armazenamento. Pode ocorrer viviparidade, que é fenômeno comum em algumas espécies recalcitrantes, devido ao elevado teor de

água das sementes ou à baixa concentração de substâncias inibidoras presentes no fruto ou na própria semente (FONSECA & FREIRE, 2003). De acordo com Alves et al. (2005), o ponto de maturidade fisiológica, onde as sementes alcançam o máximo de vigor e viabilidade. É acompanhado por visíveis mudanças no aspecto externo e na coloração dos frutos e das sementes.

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1 – Local de implantação do experimento

A pesquisa foi realizada no viveiro da empresa Corumbá Concessões S.A., localizado na zona rural da cidade de Alexânia, Goiás, próximo à BR – 060, cujas coordenadas UTM (Projeção Universal Transversal de Mercator) estão na Zona 22S a S 8.217.723 metros e, E 790.057 metros. O clima da região é predominantemente Aw (Köppen-Geiger), com inverno seco e verão com precipitação média anual de 1.467 mm e temperatura média de 21,52°C (Climate-Data.org).

##### 4.2 – Obtenção e preparo das sementes

Para escolha da espécie *Inga laurina* (SW.) Willd, levou-se em consideração o fato desta ser uma espécie típica de áreas úmidas, encontradas em matas ciliares e matas de galeria, com grande potencial para recuperação de áreas degradadas e atrair fauna nativa. As sementes utilizadas no experimento foram coletadas entre os meses de dezembro e fevereiro em áreas aleatória de Brasília/DF, e levadas para o viveiro Corumbá Concessões S.A., onde foi realizado o beneficiamento. As vagens foram abertas e retiradas as sementes, sendo lavadas em peneira para retirada da polpa, e posteriormente colocadas para secar à sombra em local com circulação de ar durante um dia.

Após a secagem, as sementes foram levadas para semeio em sementeiras (Figura 1), e cobertas por uma camada de areia de, aproximadamente, um centímetro altura. Após o período de 15 dias, as plântulas, com os primeiros pares de folhas não cotiledonares abertos, foram retiradas cuidadosamente da sementeira, e repicadas para os tubetes com capacidade volumétrica de 127 cm<sup>3</sup>.



Figura 1. Disposição das sementes em recipientes utilizados como sementeiras.

#### 4.3 – Obtenção do resíduo da macrófita

Com o auxílio do barco “420 Series Harvesters” foi realizado o recolhimento da biomassa de macrófitas do lago Corumbá IV (Figura 2). O material coletado foi transportado por uma esteira mecânica até um caminhão do tipo basculante que conduziu o material até a Unidade de Compostagem de Agupés – UCA, para trituração e decomposição (Figura 3).

Após trituração, as macrófitas foram depositadas em leiras distribuídas pelo galpão da UCA. Cada leira tinha, aproximadamente, 7 metros de largura, 1,60 metros de comprimento e 0,62 metros de altura. Após 10 dias de decomposição, em descanso, o material perdeu bastante água e diminuiu cerca de 60% do seu volume. Nos primeiros 40 dias do processo de compostagem, a temperatura média das leiras foi de, aproximadamente, 40° C. Do quadragésimo ao sexagésimo dia, quando o material finalizou o processo de decomposição, a temperatura caiu significativamente para 26°C. Quando a temperatura ficou estabilizada, o material passou pelo o processo de secagem, e foram observados alguns aspectos característicos da compostagem, ou seja, cor, textura, cheiro e umidade.

Após os processos de compostagem e secagem, o material apresentava cor escura, textura granulada e solta, livre de umidade saturada e pronto para ser utilizado no substrato de mudas.



Figura 2. Retirada das macrófitas do reservatório Lago Corumbá IV.



Figura 3. Processo de decomposição e secagem dos resíduos de macrófitas aquáticas.

#### 4.4 – Implantação do experimento

O cultivo das mudas repicadas para os tubetes ocorreu no dia 14/03/19. Todas as etapas do cultivo foram realizadas em casa de vegetação com tela de sombreamento de 50% de filtragem de luz. Os tubetes, com capacidade volumétrica de 127 cm<sup>3</sup> cada, foram colocados em bandejas dispostas no chão coberto por brita (Figura 4). A irrigação foi realizada por colaboradores, com o auxílio de um regador (5 litros), duas vezes ao dia. Durante todo o período do experimento não foi realizada qualquer tipo de adubação de cobertura.



Figura 4. Área interna do viveiro com cobertura por telas de sombreamento.

#### 4.5 – Delineamento experimental

O experimento foi implantado segundo um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 6 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1. Composição dos tratamentos utilizados como substratos no experimento.

<b>Tratamentos</b>	<b>Composição</b>
<b>T1</b>	Macrófita aquática
<b>T2</b>	Macrófita + NPK + Calcário + YOORIN
<b>T3</b>	Macrófita + Terra + Areia + NPK + Calcário + YOORIN
<b>T4</b>	Macrófita + Terra + Areia + NPK + Calcário + YOORIN + Vermiculita
<b>T5</b>	Macrófita + Terra + Areia + Vermiculita
<b>T6</b>	Macrófita + Vermiculita + NPK + Calcário + YOORIN

Cada tratamento foi composto por 10 repetições de 4 (quatro) mudas, totalizando 240 mudas em todo experimento. A descrição dos tratamentos com suas respectivas composições e modos de preparo foi:

- T1: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada como substrato do tratamento;
- T2: macrófita aquática (*E. crassipes*) triturada + NPK (04-14-08) (2 kg) + Calcário Dolomítico (2 kg) + Yoorin Master Fosfatado (500 g);

- T3: macrófita aquática (*E.crassipes*) triturada (50 kg) + terra vermelha para jardim peneirada (50 kg) + areia lavada peneirada (50 kg) + NPK (04-14-08) (2 kg) + Calcário Dolomítico (2 kg)+ Yoorin Master Fosfatado (500 g);
- T4: macrófita aquática (*E.crassipes*) triturada (50 kg) + terra vermelha para jardim peneirada (50 kg) + areia lavada peneirada (50 kg) + NPK (04-14-08) (2 kg) + Calcário Dolomítico (2 kg)+ Yoorin Master Fosfatado (500 g) + Vermiculita (25 kg);
- T5: macrófita aquática (*E.crassipes*) triturada (50 kg) + terra vermelha para jardim peneirada (50 kg) + areia lavada peneirada (50 kg) + Vermiculita (25 kg);
- T6: macrófita aquática (*E.crassipes*) triturada (50 kg) + Vermiculita (25 kg) + NPK (04-14-08) (2 kg) + Calcário Dolomítico (2 kg)+ Yoorin Master Fosfatado (500 g).

A composição de cada tratamento foi misturada manualmente. A Figura 5 mostra a disposição de cada tratamento no local do experimento.



Figura 5. Disposição dos tratamentos para as mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd.

#### 4.6 – Obtenção dos dados

As seguintes variáveis morfológicas das mudas foram avaliadas após 150 dias:

##### **Altura Parte Aérea (H)**

A medição da altura da parte aérea foi realizada com uma régua métrica, graduada com precisão de 0,1 centímetro, sendo considerada a altura da muda a partir do nível do substrato do tubete em relação ao ponto máximo da parte aérea da muda.

### **Diâmetro do Coleto (DC)**

A medição do diâmetro do coleto foi realizada com paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, ao nível do substrato.

### **Número de Folhas (NF)**

*Inga laurina* (SW.) Willd apresenta folhas compostas com dois a três pares de folíolos. Com base nesses conhecimentos foi realizado a contagem do número de folhas presente em cada muda.

Após analisadas as variáveis morfológicas, todas as mudas do experimento foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Sementes e Biotecnologia Florestal, localizado no Centro de Referência em Conservação da Natureza e Recuperação de Áreas Degradadas (CRAD) da Universidade de Brasília – UNB. As plantas foram extraídas dos tubetes e por meio da remoção manual retirou-se cuidadosamente os substratos das raízes (Figura 6).



Figura 6. Retirada do substrato e lavagem das raízes das mudas de *Inga laurina* (SW) Willd.

Finalizado esse procedimento, dividiu-se as plantas em parte aérea e raiz para que fosse realizado a avaliação dos seguintes parâmetros:

#### **Comprimento da Raiz Pivotante (R)**

Mensurado com o auxílio de uma régua métrica graduada, com precisão de 0,1 centímetro, tomando por base toda a região não aérea da planta (área de divisão da raiz e parte aérea) até a extremidade da raiz principal.

#### **Número de Raízes Secundárias (RS)**

Foi realizado a contagem das raízes axiais (secundárias) de cada indivíduo.

Para verificar a massa seca da parte aérea e da raiz, as amostras da parte aérea e das raízes das plantas foram colocadas em papel pardo e expostas à temperatura de 70° C, em estufa de circulação da marca DeLeo, do Laboratório de Tecnologia de Sementes e Biotecnologia Florestal, por 72 horas até atingirem peso constante (Figura 7).



Figura 7. Secagem da parte aérea e das raízes de plantas de *Inga laurina* (SW.) Willd em estufa de circulação de ar.

### Massa Seca da Parte Aérea (MSPA) e Massa Seca da Raiz (MSR)

A massa seca da parte aérea e das raízes foi mensurada pesando separadamente a parte aérea, utilizando uma balança de precisão 0,01 gramas, do Laboratório de Tecnologia de Sementes e Biotecnologia Florestal (Figura 8).]



Figura 8. Pesagem das partes aéreas e raízes secas das mudas

Para quantificar a massa seca radicular e a massa seca da parte aérea foram selecionadas 5 mudas (repetições) por tratamento.

A determinação da altura da parte aérea, do diâmetro do coleto, do número de folhas, do comprimento da raiz pivotante, do número de raízes secundárias, bem como a massa seca da parte aérea e radicular são indicadores utilizados para a avaliação da qualidade de mudas produzidas em viveiro. Quando tais parâmetros são combinados na

forma de índices, maior precisão é conferida à avaliação da qualidade (GOMES et al., 2002).

Os índices avaliados a partir dos parâmetros morfológicos foram:

### **Massa Seca Total (MST)**

É o somatório da massa seca da parte aérea e da massa seca de raízes, em gramas:  $PMSPA+PMSR=PMST$ .

### **Relação da Altura da Parte Aérea com o Diâmetro de Coleta (RHDC)**

Índice determinado pela relação da altura da parte aérea pelo seu diâmetro de coleta (H/DC), onde quanto menor o valor do índice, maior a capacidade de sobrevivência e estabelecimento da muda no campo.

### **Relação da Altura da Parte Aérea com a Massa Seca da Parte Aérea (RHMSPA)**

Índice obtido pela razão entre a altura da parte aérea e a massa seca da parte aérea (H/PMSPA). Este índice é utilizado para predizer o potencial de sobrevivência da muda no campo, onde quanto menor o seu valor, mais lenhificada é a muda e maior sua chance de sobrevivência. Para o cálculo deste índice foram escolhidos os maiores valores de altura obtidos de cada tratamento.

### **Massa Seca da Parte Aérea com a Massa Seca da Raiz (PMSPA/PMSR)**

Índice obtido pela razão entre a massa seca da parte aérea e a massa seca da raiz (PMSPA/PMSR). Este índice é ideal se apresentar valor igual ou mais próximo de 2,0.

### **Índice de Qualidade de Dickson (IQD)**

Utilizado para avaliar a qualidade das mudas, pois considera tanto a robustez quanto o equilíbrio da distribuição de biomassa na muda (Fonseca et al., 2002):

$$IQD = \frac{MST(g)}{\frac{H(cm)}{DC(mm)} + \frac{MSPA(g)}{MSR(g)}} \quad (1)$$

em que:

MST = massa seca total, g;

H = altura da parte aérea, cm;

DC = diâmetro do coleta, mm;

MSPA = massa seca da parte aérea, g;

MSR = massa seca da raiz, g.

#### 4.7 – Análise de dados

Os dados biométricos foram submetidos a análise de variância (ANOVA) e as médias de cada tratamento foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas pelo *software* Sisvar e os gráficos foram feitos no Excel.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise de variância apresentada na Tabela 2 mostra que as variáveis altura, diâmetro do coleto e número de folhas foram significativas. O coeficiente de variação foi abaixo de 10% para todas as variáveis, indicando baixa variação nos valores das repetições dentro dos tratamentos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis Altura, Diâmetro do Coleto e Número de Folhas.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>H</b>	<b>DC</b>	<b>NF</b>
<b>QM Tratamento</b>	5	36,071*	0,75*	2,095*
<b>QM Erro</b>	54	1,78	0,052	0,15
<b>CV (%)</b>		9,26	6,68	6,92
<b>Média</b>		14,43	3,42	5,63

QM = Quadrado médio; FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; H = Altura da parte aérea (cm); DC = Diâmetro do coleto (cm); NF = Número de folhas (unidade); CV = Coeficiente de variação; Média = Média geral; \* = significativo a 5%.

De acordo com Carneiro (1995), a altura e o diâmetro do coleto são variáveis importantes para a sobrevivência e desenvolvimento das plantas após o plantio em campo. Embora estas variáveis sejam utilizadas como parâmetros morfológicos de avaliação na aquisição de mudas para plantio em viveiro, é difícil estabelecer uma altura mínima ou um diâmetro mínimo de avaliação, já que as espécies florestais apresentam características genéticas e ecológicas que influenciam o seu desenvolvimento durante a fase de produção no viveiro florestal.

Os valores médios para as variáveis altura, número de folhas e diâmetro de coleto submetidos ao teste de Tukey a 5%, estão apresentados na Figura 9.

Os valores médios obtidos para a variável altura tiveram variação de 4,7 cm entre as mudas, apresentando o tratamento 6, mudas com os maiores valores de altura (17,1 cm), e o tratamento 1, os menores valores médios (11,8 cm). Considerando que o tratamento 1 utilizou apenas o resíduo de macrófita sem qualquer tipo de insumo de adubação, a variação de 5 cm comparando com o tratamento de maior valor médio, pode ser considerada baixa, uma vez que os outros tratamentos foram enriquecidos e suplementados com insumos ricos em macronutrientes.

As mudas aos 150 dias no viveiro apresentaram 6 folhas nos tratamentos 6 e 4, e 5 folhas nos demais tratamentos, o que evidencia baixa variação entre os tratamentos, e mostrando que a suplementação nessa variável não gerou variação considerável nos valores médios observados entre os tratamentos.

O número de folhas é importante para estudos ecofisiológicos de culturas agrícolas e florestais, em que o número de folhas acumuladas na haste principal é uma excelente medida de desenvolvimento vegetal, e está associada à evolução da área foliar da planta, que determina a interceptação da radiação solar usada na fotossíntese (HODGES, 1991).

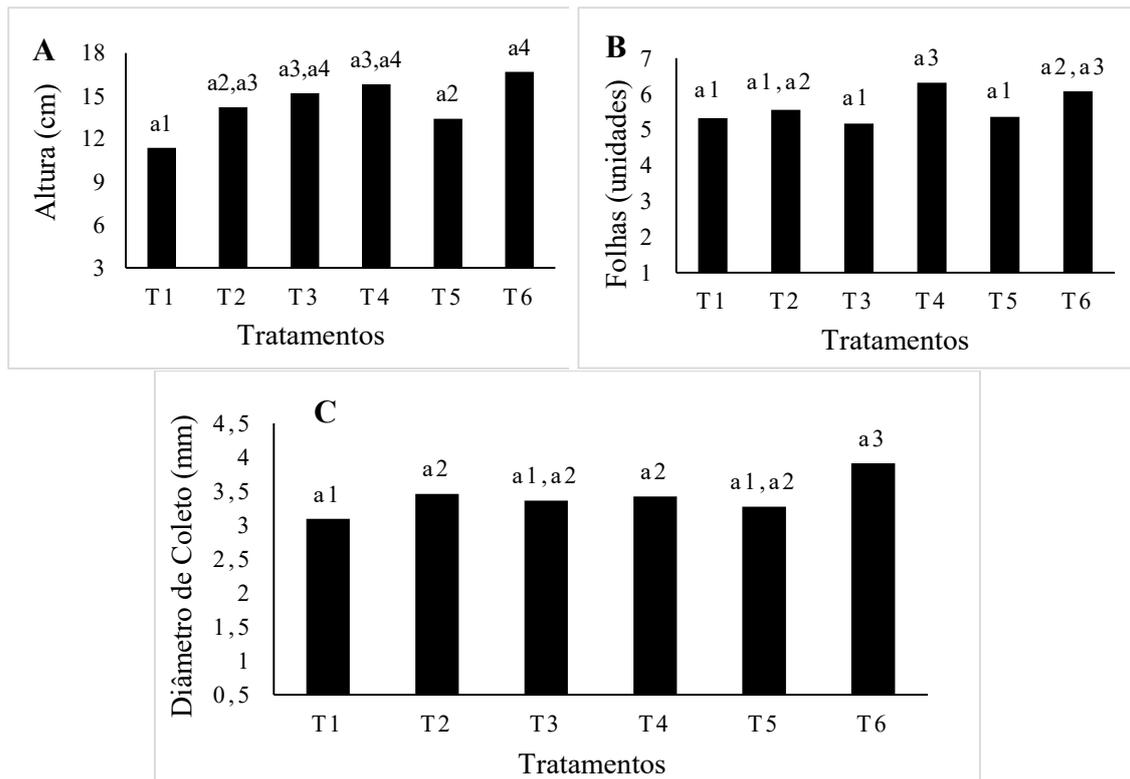


Figura 9. Valores médios das variáveis morfológicas das mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd aos 150 dias. A) Altura das mudas por tratamento. B) Número de folhas das mudas por tratamento. C) Diâmetro do coleto das mudas por tratamento.

Os valores médios obtidos para a variável diâmetro de coleto apresentaram variação de 0,8 cm entre os tratamentos. O tratamento 1 apresentou os menores DC (3 cm), e o tratamento 6, os maiores valores (3,8 cm). Essa diferença nos valores de DC pode mostrar a influência significativa nas mudas quando levadas para o campo, onde as mudas dos tratamentos com menores DC podem ser mais propícias à tombamento, tortuosidade e estiolamento. A suplementação com insumos de adubação nos substratos, gerou maiores valores de DC, diferentemente do encontrado na variável altura.

LIMA et al. (2020) estudaram a espécie *Libidibia ferrea* var. *ferrea* e verificaram maiores valores para as variáveis Altura, Diâmetro do Coleto e Número de Folhas das plantas submetidas aos tratamentos com macrófitas (*E. crassipes*) trituradas em sua composição.

Os dados obtidos da avaliação do sistema radicular das mudas estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da análise de variância para as variáveis Número de Raízes Secundárias, Comprimento da Raiz Pivotante, Massa Seca da Raiz, Massa Seca da Parte Aérea e Massa Seca Total.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>NRS</b>	<b>CRP</b>	<b>MSR</b>	<b>MSPA</b>	<b>MST</b>
<b>QM Tratamento</b>	5	144,81*	0,86*	3,08*	1,61*	7,35*
<b>QM Erro</b>	24	2,19	0,39	0,37	0,6	1,79
<b>CV (%)</b>		2,59	3,62	28,44	27,36	26,9
<b>Média</b>		57,17	17,34	2,14	2,84	4,98

QM = Quadrado médio; FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; NRS = Número de raízes secundárias (unidades); CRP = Comprimento da raiz pivotante (cm); MSR = Massa seca das raízes (g); MSPA = Massa seca da parte aérea (g); MST = Massa seca total (g); CV = Coeficiente de variação; Média = Média geral; \* = significativo a 5%;

A avaliação detalhada das variáveis morfológicas do sistema radicular e massa seca mostrou que os tratamentos apresentaram diferenças significativas ao nível de 5% de significância. O coeficiente de variação para as variáveis morfológicas foi inferior a 4% e para as variáveis massa seca variou de 26,9 a 28,44%.

A raiz é o órgão da planta que tem duas funções principais: servir como meio de fixação no solo e absorção de água, compostos nitrogenados, além de outras substâncias minerais como os macro e micronutrientes (HARPER et al., 2009). A Figura 10 apresenta os valores médios para cada tratamento após a aplicação do teste de Tukey a 5%, das variáveis morfológicas do sistema radicular e massa seca das mudas. As colunas seguidas da mesma letra e número não se diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

O número de raízes secundárias variou entre os tratamentos em 22 raízes, sendo que os tratamentos T4 (68 raízes) e o tratamento T2 (46 raízes) apresentaram os maiores números. Observa-se para essa variável, maior número de raízes nos tratamentos suplementados com insumos contendo macronutrientes e vermiculita. Como o crescimento de raízes necessita maior disponibilidade de oxigênio (aeração), a incorporação de vermiculita pode ter contribuído para aos valores encontrados nos tratamentos 4 e 6, já que quando utilizada tem como função melhorar a aeração do substrato e a retenção de umidade (KÄMPF, 2000). A vermiculita também apresenta baixa densidade, composição uniforme, estéril, grande capacidade fertilizante e possibilita a mecanização do sistema.

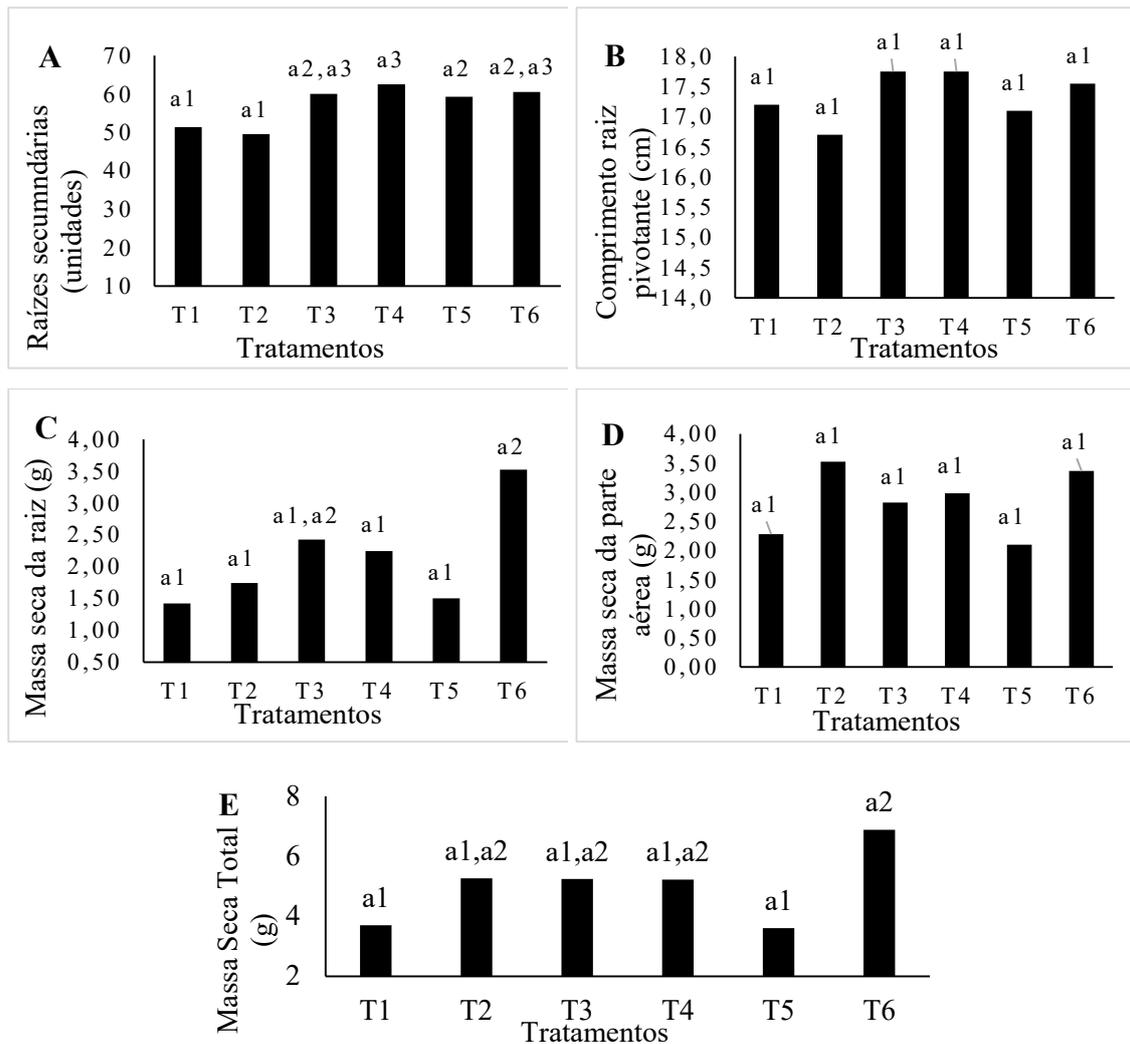


Figura 10. A) Número de Raízes Secundárias por tratamento; B) Comprimento da Raiz Pivotante por tratamento; C) Massa Seca da Raiz por tratamento; D) Massa Seca da Parte Aérea por tratamento; E) Massa Seca Total por tratamento.

Um sistema radicular com maior número de raízes secundárias proporciona um torrão mais resistente, o que impede o rompimento do mesmo no plantio, favorecendo a sobrevivência e o crescimento inicial da muda em campo (GOMES et al., 2003), além de proporcionar melhor sustentação da muda no coveamento, e maior abrangência da área de absorção de macro e micronutrientes.

Os valores médios do comprimento da raiz pivotante das mudas de ingá foram maiores nos tratamentos T3 e T4 (17,9 cm), os quais foram iguais estatisticamente. O tratamento 2 apresentou o menor valor (16,4 cm), porém não estatisticamente diferente dos demais tratamentos. Para essa variável, a diferença entre as mudas foi de 1,5 cm, mostrando que a suplementação não permitiu grande variação no tamanho da raiz

principal. A incorporação de terra e areia nos tratamentos 3 e 4, foi, provavelmente, responsável pelos maiores valores encontrados.

Mudas com raiz pivotante bem desenvolvida têm maior capacidade de buscar água mais profundamente no solo, garantindo melhor absorção de água até mesmo em épocas de ausência de chuva, podendo atingir até o lençol freático, isto em condição de crescimento em campo.

Aos 150 dias, as mudas apresentaram variação na massa seca de raízes igual a 2,08g entre os tratamentos de maior e de menor valor, o que corresponde a uma diferença de 65% da massa seca. O tratamento 6 apresentou maior valor médio (3,2 g) enquanto os tratamentos 1 e 5, os menores valores. Para essa variável é possível verificar como a suplementação do substrato com uma adubação inicial, influencia na formação do sistema radicular das mudas, e isto, por sua vez, traz benefícios no estabelecimento e desenvolvimento das mudas quando plantadas no campo e no futuro desenvolvimento do povoamento florestal.

De acordo com Carneiro (1995), os maiores valores para a massa seca de raiz são indicadores de maior porcentagem de sobrevivência da planta em campo, pois, a presença de raízes fibrosas permite maior capacidade de crescimento radicular e de formação de raízes novas, mais ativas, possibilitando maior resistência em condições extremas.

Os valores encontrados de massa seca de raiz refletem como o substrato influencia na formação do sistema radicular. Um bom substrato deve conter boa aeração; boa drenagem e boa capacidade de troca de cátions. Essas características foram mais encontradas no tratamento 6.

A massa seca da parte aérea das mudas apresentou variação de 1,43 g, enquanto a variabilidade da massa seca do sistema radicular foi igual a 2,08 g. Os tratamentos 6 e 2 apresentaram os maiores valores médios de massa seca de raízes enquanto o tratamento 5 apresentou o menor valor médio (2,1 g).

Os valores obtidos da massa seca total foram maiores no tratamento 6 (5,8 g) e menores no tratamento 5 (4,1 g). Para esta variável, as mudas apresentaram uma diferença de 1,7 g do tratamento de maior valor para o de menor, uma diferença de 29%.

A Tabela 4 apresenta a análise de variância dos valores encontrados para os índices de qualidade de mudas. Os diferentes tratamentos testados proporcionaram diferenças estatísticas também, nos índices calculados, onde todos eles apresentaram significância a 5% de probabilidade.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para os índices de qualidade de mudas.

FV	GL	RHDC	RHMSPA	MSPA/MSR	IQD
<b>QM Tratamento</b>	5	1,39*	8,26*	0,81*	0,78*
<b>QM Erro</b>	24	0,48	5,80	0,069	0,17
<b>CV (%)</b>		16,84	39,76	18,31	15,94
<b>Média</b>		4,14	6,05	1,43	2,6

QM = Quadrado médio; FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; RHDC = Relação altura pelo diâmetro do coleto; RHMSPA = Relação altura pela massa seca da parte aérea; MSPA/MSR = Relação massa seca da parte aérea pela massa seca da raiz (g); IQD = Índice de qualidade de Dickson; CV = Coeficiente de variação; Média = Média geral; \* = significativo a 5%.

A Figura 11 apresenta os valores médios para cada tratamento após a aplicação do teste de Tukey a 5%, das variáveis morfológicas dos índices de qualidade das mudas. As colunas seguidas da mesma letra e número não se diferem pelo teste de Tukey a 5%.

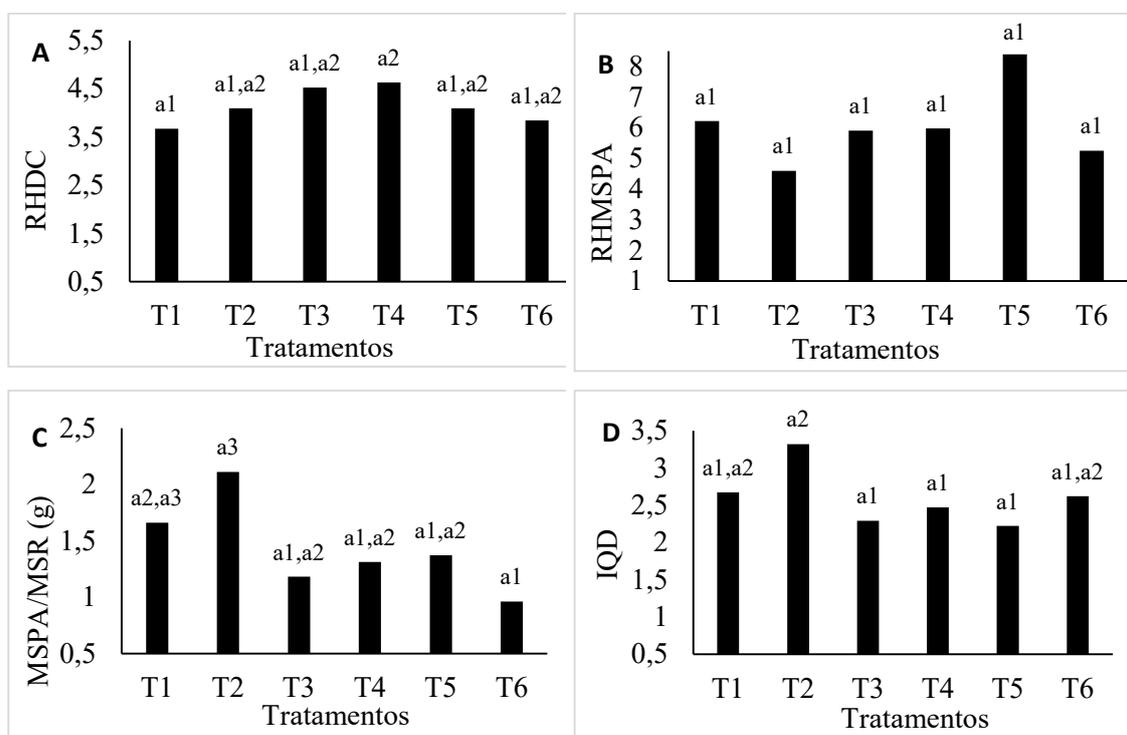


Figura 11. A) Índice da Relação da Altura da Parte Aérea pelo Diâmetro do Coleto por tratamento; B) Índice da Relação da Altura da Parte Aérea pela Massa Seca da Parte Aérea por tratamento; C) Índice da relação da Massa Seca da Parte Aérea pela Massa Seca da Raiz por tratamento; D) Índice de Qualidade de Dickson por tratamento.

Apesar de não serem medidos diretamente, e por serem utilizados várias variáveis para o seu cálculo, o coeficiente de variação dos índices de qualidade apresentaram valores inferiores a 19%, exceto para o RHMSPA, o qual apresentou um valor de 39,76%.

Os valores dos índices de qualidade das mudas quando submetidos ao teste de médias de Tukey a 5% de probabilidade, indicou que para o RHDC, os menores valores foram encontrados nos tratamentos 1 e 6 (3,52 e 3,60), indicando maior probabilidade de sobrevivência das mudas destes tratamentos quando plantadas no campo. A desproporcionalidade em relação à altura da parte aérea ao diâmetro de coleto, pode proporcionar no campo, o tombamento da muda, gerar tortuosidade no crescimento do caulículo ao longo do tempo, o que de certa forma, pode levar há um crescimento mais lento.

Para o índice RHMSPA, os menores valores foram encontrados nos tratamentos 2 e 6, indicando mudas mais lenhificadas, e de certa forma, quando levadas para o campo, poderem ter uma maior sobrevivência quando comparadas com as demais.

A relação da MSPA e MSR apresentou valores próximos de 2 nos tratamentos 2 e 1, porém, é necessário considerar para essa avaliação as variáveis relacionadas a morfologia das mudas, tanto da parte aérea quanto da raiz.

Os maiores valores do IQD foram registrados nas mudas dos tratamentos 2, 6 e 1, sendo tais valores estatisticamente iguais ao nível de 5% de significância

## 6. CONCLUSÕES

- Os tratamentos não proporcionaram grande variação nas variáveis associadas a parte aérea;
- A suplementação de adubação conjuntamente com a incorporação de vermiculita promoveram maiores valores para as variáveis do sistema radicular;
- A incorporação de macrófita mostrou ser possível na composição de substratos, desde que associada a suplementação de adubação, conjuntamente com um insumo que promova boa aeração e drenagem do substrato;
- O tratamento 6 (Macrófita + Vermiculita + NPK + Calcário + YOORIN) foi o que mais se destacou por apresentar valores superiores de parte aérea e radicular, bem mudas com melhores padrões de qualidade.
- Foi possível observar que todos tratamentos utilizados no estudo apresentaram resultados satisfatórios na produção de mudas de *Inga laurina* (SW.) Willd. Entretanto, os tratamentos foram destinados a uma única espécie florestal, desse modo, sugere-se a realização de estudos complementares com a utilização de variadas espécies de mudas nativas, para a adequação dos tratamentos citados.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A EPE e as transformações do setor energético brasileiro 2005-2016. Rio de Janeiro: **EPE**, 2016. Disponível em: [www.aben.com.br/Arquivos/459/459.pdf](http://www.aben.com.br/Arquivos/459/459.pdf)

ADAMS, M. A. et al. Woody legumes: a (re)view from the South. **Tree Physiology**, v. 30, p. 1072-1082, 2010. DOI: 10.1093/treephys/tpq061

ALVES, E.U.; SADER, R. BRUNO, R. L.A.; ALVES A.U. Maturação fisiológica de sabiá. **Revista Brasileira de Sementes**. 2005; 27(1): 1-8. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-3122200500010000>

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**, Patos, v. 13, n. 3, p. 195-202, jul. 2017.

ANDRADE NETO, A. de; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, P. T. G. Avaliação de substratos alternativos e tipos de adubação para a produção de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em tubetes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 2, p. 270-280, 1999.

BONDOC, C. Nutrient restoration capacity of *Eichhornia crassipes* compost on a nutrient-depleted soil. **International Journal of Environmental Science**, v. 8, n. 1, p. 30-35, 2019.

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

CARVALHO, J.E.U.; NAZARÉ, R.F.R.; OLIVEIRA, W.M. Características físicas e físico-químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p.326-328, 2003.

CAVALCANTI, N. B.; RESENDE, G. M.; BRITO, L. T. L. Emergência e crescimento do imbuzeiro (*Spondias tuberosa*) em diferentes substratos. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 49, n. 282, p. 97-108, 2002

CHAER, G. M. et al. Nitrogen-fixing legume tree species for the reclamation of severely degraded lands in Brazil. **Tree Physiology**, v. 31, p. 139-149, 2011. DOI: 10.1093/treephys/tpq11

**CORUMBÁ CONCESSÕES S. A., (2021).** Disponível em: <<http://corumbaconcessoes.com.br/informaçõestécnicasUHECorumbáIV>> Acesso em: 20 jan. 2022.

DELARMELINA, W.M.; CALDEIRA, M.V.W.; FARIA, J.C.T.; GONÇALVES, E.O.; ROCHA, R. L.F. Diferentes substratos para a produção de mudas de *Sesbania virgata*. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 224-233, abr. 2014.

EMBRAPA, **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Publicação Eletrônica | Garcia, F.C.P., Fernandes, J.M. 2010.

EPE - EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. *Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016*. Rio de Janeiro: **Empresa de Pesquisa Energética**, 2017.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2ª edição. Interciência: Rio de Janeiro – RJ. 1998

FARIAS, Paulo José Leite. **Água: bem jurídico econômico ou ecológico Brasília: Brasília jurídica** 2005.

FARIAS, W.M.; ANDRADE, L.A.; PEREIRA, E.D.; DIAS, B.O.; ALBUQUERQUE, M.B.; FRAGA, V.S. Propriedades físicas e químicas de substratos produzidos utilizando macrófitas aquáticas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 6, p. 3257-3270, mar. 2013.

FONSECA E. P.; VALÉRI S. A.; MIGLIORANZA. E.; FONSECA. NAN; COUTO L Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha*(L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, p.515-523, 2002.

Fonseca SCL, Freire HB. Sementes recalcitrantes: problemas na pós-colheita. **Bragantia** 2003; 62(2): 297-303. [dx.doi.org/10.1590/S0006-87052003000200016](https://doi.org/10.1590/S0006-87052003000200016)

FONSECA, E.P. Efeito de diferentes substratos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden em “Win-strip”. Viçosa, 1988. 81 f. **Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal)** - Universidade Federal de Viçosa.

FONSECA, T.G. Produção de mudas de hortaliças em substratos de diferentes composições com adição de CO<sub>2</sub> na água de irrigação. Piracicaba, 2001. 72 f. **Dissertação (Mestrado em Agronomia)** – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz.

- FREIRE, A.L.O.; RAMOS, F.R.; GOMES, A.D.V.; SANTOS, A.S.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. 38-45, dez. 2015.
- GODOY, A. L. P. Cidade e Meio Ambiente: o Planejamento da Arborização de Pirassununga/SP. Dissertação. Mestrado. Rio Claro, **IGCE/UNESP**, 2001.
- GOMES, J. M.; SILVA, A. R. Os substratos e sua influência na qualidade de mudas. In: BARBOSA, J. G.; MARTINEZ, H. E. P.; PEDROSA, M. W.; SEDIYAMA, M. A. N. **Nutrição e adubação de plantas cultivadas em substratos**. Viçosa: UFV, 2004, p. 190-225
- Gomes, J. M.; Couto, L.; Leite, H. G.; Xavier, A.; Garcia, S. L. R. Crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* em diferentes tamanhos de tubetes e fertilização N-P-K. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p. 113-127, 2003
- GONÇALVES, J.L.M.; SANTERELLI, E.G.; NETO, S.P.M.; MANARA, M.P. Produção de mudas de espécies nativas: substrato, nutrição, sombreamento e fertilização. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição fertilização florestal**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2000. p. 309-350.
- GOULART, L.M.L.; PAIVA, H.N.; LEITE, H.G.; XAVIER, A.; DUARTE, M.L. Produção de Mudas de Ipê- amarelo (*Tabebuia serratifolia*) em Resposta a Fertilização Nitrogenada. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 24, p. 1-9, 2017.
- HARPER, C. R.; TOWNSEND, M. B.; JOHN, L. (1 de janeiro de 2009). **Fundamentos em Ecologia**. [S.l.]: Artmed Editora. ISBN 9788536321684.
- HODGES, T.F. **Predicting crop phenology**. Boca Raton: CRC, 1991, 233p.
- KÄMPF, A.N. Seleção de materiais para uso como substrato. In: KÄMPF, A.N.; FERMINO, M.H. (Ed.). Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes. Porto Alegre: **Gênesis**, 2000. p.139-145
- LIMA, AYSLAN & MEIADO, MARCOS. (2020). **Aguapé como composição alternativa no enriquecimento nutricional de substratos para produção de mudas de espécies arbóreas da Caatinga**. 10.37572/EdArt\_2483012203.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil**. V.2. 2ª Ed. Editora Plantarum. Nova Odessa – SP. 368 p. 2002.

LUCAS, M. A. K.; SAMPAIO, N. V.; KOHN, E. T.; SOARES, P. F.; SAMPAIO, T. G. Avaliação de diferentes composições de substratos para a aclimação de mudas de morangueiro (*Fragaria x ananassa* Duch.). **Revista Ciência Rural**, Santa Maria, v. 8, n. 1, p. 16-23, 2003.

OLIVEIRA, M. K. T.; DOMBROSKI, J. L. D.; MEDEIROS, R. C. A.; FARIAS, R. M.; TOMCZAK, V. E. Uso de substratos orgânico-minerais na produção de mudas de *Erythrina velutina*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 37, n. 91, p. 235-242, jul. 2017.

PEDRALLI, G. Macrófitas Aquáticas: Técnicas e Métodos de Estudos. Estudos de Biologia. n. 26, Curitiba: **EDUCA**, 24p. 1990

SCHEER, M. B.; CARNEIRO, C.; SANTOS, K. G. Substratos à base de lodo de esgoto compostado na produção de mudas de *Paraptadenia rígida* (Benth.) Brenan. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 88, p. 637-644, 2010.

STURION, J. A.; GRAÇA, L. R.; ANTUNES, J. B. M. Produção de mudas de espécies de rápido crescimento por pequenos produtores. **Colombo: PR**, p.125-150, 2000.

TRINDADE, A. V.; MUCHOVEJ, R. M. C.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Crescimento e nutrição de mudas de *Eucaliptus grandis* em resposta a composto orgânico ou adubação mineral. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 276, n. 48, p. 181-194, 2001