

UFRRJ
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS

DISSERTAÇÃO

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NA RESTAURAÇÃO
FLORESTAL: PLANTIO DE *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC EM
VASOS E NO CAMPO**

Raissa Nascimento dos Santos

2022



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS
AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NA RESTAURAÇÃO
FLORESTAL: PLANTIO DE *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC EM
VASOS E NO CAMPO**

Raissa Nascimento dos Santos

Sob a Orientação da Professora
Eliane Maria Ribeiro da Silva

e Coorientação do professor
Marcos Gervasio Pereira

Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestra em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

Seropédica, RJ
Fevereiro de 2022

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S237a Santos, Raissa Nascimento dos, 1994-
Adubação orgânica e fosfatada na restauração
florestal: plantio de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC
em vasos e no campo / Raissa Nascimento dos Santos. -
Rio de Janeiro, 2022.
40 f.

Orientadora: Eliane Maria Ribeiro da Silva.
Coorientador: Marcos Gervasio Pereira.
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Ciências Ambientais e
Florestais, 2022.

1. Fostato natural. 2. Nutrição mineral. 3.
Vermicomposto. I. da Silva, Eliane Maria Ribeiro ,
1956-, orient. II. Pereira, Marcos Gervasio, 1965-
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Ciências Ambientais e Florestais. IV. Título.

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

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE FLORESTAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS**

RAISSA NASCIMENTO DOS SANTOS

Dissertação submetida como requisito para obtenção do grau de **Mestra em Ciências Ambientais e Florestais**, no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Silvicultura e Manejo Florestal.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 24 / 02 / 2022

Eliane Maria Ribeiro da Silva. PhD. Embrapa Agrobiologia
(Orientadora)

Eduardo Vinícius da Silva. Prof. Dr. UFRRJ

Alexander Silva de Resende. Dr. Embrapa Agrobiologia



Emitido em 2022

TERMO Nº 344/2022 - PPGCAF (12.28.01.00.00.00.27)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 04/04/2022 14:30)

EDUARDO VINICIUS DA SILVA
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptSil (12.28.01.00.00.00.31)
Matricula: 1917684

(Assinado digitalmente em 07/04/2022 14:07)

ELIANE MARIA RIBEIRO DA SILVA
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 511.084.027-04

(Assinado digitalmente em 04/04/2022 14:16)

ALEXANDER SILVA DE RESENDE
ASSINANTE EXTERNO
CPF: 035.567.497-18

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ufrrj.br/documentos/> informando seu número:
344, ano: 2022, tipo: TERMO, data de emissão: 04/04/2022 e o código de verificação: d9a65d7d83

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre comigo, e pela pessoa de Jesus, a quem renderei louvores por toda a minha vida.

A minha família, meus pais Luciene e Roberto, por continuarem a acreditar em mim; à minha avó Eunice por sempre ter me apoiado e à minha irmã Luana.

Agradeço ao meu namorado Wilbert por estar sempre ao meu lado, seja me apoiando, ajudando ou me dando bronca. Obrigada por continuar expressando todo seu carinho por mim, ser meu ombro amigo e por sempre estar disposto a me ajudar! E por falar em ajuda, obrigada por me acompanhar durante toda a realização deste estudo e me auxiliar no que eu precisava.

Aos meus gatos, em especial: Bilbo Baggins, Jerôniminho, Conceição, Juliette, Washington, Batata; e a todos os demais por sempre me aguardarem chegar em casa e por me fazer companhia sempre! E também à Mônica (*In Memoriam*); Martin (*In Memoriam*); Jenny (*In Memoriam*) e a todos os demais que já passaram e se sentiram amados por mim, muito obrigada pelo companheirismo!

A Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao Instituto de Florestas por estarem realizando o curso de Engenharia Florestal.

A orientadora Eliane Maria Ribeiro da Silva e coorientador Marcos Gervasio Pereira, pelas orientações e paciência ao longo desses três anos, que me garantiram lições tanto na vida acadêmica como no pessoal. Agradeço também pela oportunidade de fazer parte do Laboratório de Gênese e Classificação dos Solos (LGCS) durante minha graduação e mestrado, espaço no qual me fez me sentir realizada dentro da Universidade.

Ao Instituto Luísa Pinho Sartori (ILPS) pelas mudas de *Tabebuia cassinoides* doadas para a realização deste estudo.

Agradeço à Prefeitura de Nilópolis e ao Parque Natural Municipal de Gericinó pela autorização e disponibilização da área para mais um estudo.

Ao professor Marco Aurélio Passos Louzada, pela oportunidade de realizarmos mais um trabalho em conjunto, obrigada pelos ensinamentos desde 2010!

Aos professores membros da banca, Alexander Resende e Eduardo Vinícius pelo aceite de avaliar este trabalho.

A minha amiga Stephany, por toda a ajuda no início do experimento, além da ajuda mútua em relação aos dramas e desesperos que só a gente passou, conseguimos hein?

Ao Júlio, pela ajuda na realização das análises químicas.

Agradeço aos amigos Paulo Victor, Mariana Ribeiro e Savana por escutarem meus desabafos e a amizade de vocês ao longo desses anos.

RESUMO GERAL

SANTOS, Raissa Nascimento dos. **Adubação orgânica e fosfatada na restauração florestal: plantio de *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC em vasos e no campo.** 2022. 40 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Floresta, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2022.

O número de espécies nativas ameaçadas de extinção é crescente ao longo dos anos no Brasil. A *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. (caixeta), possui grande apelo econômico devido à boa trabalhabilidade de sua madeira, que resultou na diminuição de sua população, levando a espécie a integrar o grupo de ameaçada de extinção. As espécies florestais possuem exigências nutricionais distintas, sendo assim, estudos envolvendo a determinação de doses adequadas de adubos orgânicos e minerais junto às respostas da planta surgem como alternativa para otimizar a recomendação das quantidades de nutrientes a serem aplicadas. O primeiro capítulo deste estudo, teve como objetivo avaliar o efeito da adubação orgânica e fosfatada no crescimento e desenvolvimento da *T. cassinoides* em ensaio de vaso. No segundo capítulo, objetivou-se avaliar o efeito da adubação orgânica e fosfatada no crescimento e desenvolvimento da *T. cassinoides*, além da taxa de sobrevivência em condições de campo. Ambos os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado em período de 180 dias. Foram utilizados como fontes de adubação, o vermicomposto (AO), fertilizante organomineral (AOM) e três diferentes doses de fosfato natural (FN) reativo (80P, 40P, 160P). Essas fontes de adubação foram comparadas com tratamento no qual não houve adubação (T). Foi observado padrão de crescimento linear das plantas em vaso e quadrático em campo. Constatou-se que AO estimula maior crescimento e desenvolvimento de *T. cassinoides* em vaso e campo. Os tratamentos fosfatados beneficiam o crescimento de *T. cassinoides* somente em campo. A adubação fosfatada via fosfato natural reativo beneficia principalmente o diâmetro do coleto da *T. cassinoides*. Além disso, a adubação orgânica reduz a taxa de mortalidade no campo e estimula a produção de material reprodutivo.

Palavras-chave: Mata Atlântica, Nutrição mineral, Vermicomposto, Fosfato natural

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, Raissa Nascimento dos. **Organic and phosphate fertilization in forest restoration: planting of *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC in pots and in the field.** 2022. 40 p. Dissertation (Master in Environmental and Forestry Sciences). Forest Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2022.

The number of native species threatened is a growing threat over the years in Brazil. *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. (caixeta), has great economic appeal due to the good workability of its wood, which resulted in the decrease of its population, leading the species to integrate the endangered group. Forest species have different nutritional requirements, so studies involving the determination of adequate doses of organic and mineral fertilizers along with plant responses emerge as an alternative to optimize the recommendation of the amounts of nutrients to be apply. The first chapter of this study aimed to evaluate the effect of organic and phosphate fertilization on the growth and development of *T. cassinoides* seedlings in pot conditions, as well as the effect of treatments on the chemical attributes of the pot substrate. In the second chapter, the objective was to evaluate the effect of organic and phosphate fertilization on the growth and development of *T. cassinoides* seedlings, in addition to the survival rate under field conditions. Both experiments were carried out in a completely randomized design over a period of 180 days. Vermicompost (AO), organomineral fertilizer (AOM) and three different doses of reactive natural phosphate (NP) (80P, 40P, 160P) were used as fertilizer sources. These sources of fertilization were compared with treatment in which there was no fertilization (T). Linear growth pattern of seedlings in pots and quadratic in field was observed. It was found that AO stimulates greater growth and development of *T. cassinoides* in pots and in the field. Phosphate treatments benefit the growth of *T. cassinoides* seedlings only in the field. Phosphorus availability via reactive natural phosphate increases in soils/substrates with lower pH values, mainly benefiting the stem diameter of *T. cassinoides* seedlings. In addition, organic fertilization reduces the mortality rate in the field and stimulates the production of reproductive material.

Keywords: Natural phosphate, Atlantic Forest, mineral nutrition, vermicompost

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Fase de triagem das mudas de melhor qualidade de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. para a realização do experimento..... 5
- Figura 2. Precipitação total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C), obtidas da estação meteorológica da Ecologia Agrícola localizada em Seropédica, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: INMET (2021). 15
- Figura 3. Experimento de vasos devidamente instalados em delineamento inteiramente casualizados e mantidos a pleno sol no Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A e B correspondem a diferentes visões do experimento instalado..... 16
- Figura 4. Incremento em diâmetro a altura do coleto (A), altura (B) e número de folhas (C) de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. implementadas em vasos durante 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada. 18
- Figura 5. Altura das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada. 19
- Figura 6. Diâmetro a altura do coleto (A) e número de folhas (B) das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada. 19
- Figura 7. Massa seca da raiz (MSR) das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada. 20
- Figura 8. Concentração de clorofila a e clorofila b em função da área foliar (cm²) em folhas de mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. 180 dias após o transplântio em vasos. 20
- Figura 9. Análise de componentes principais (PCA) correlacionando os teores de macro e micronutrientes em mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em relação à folha, caule e raiz (A) e em relação aos tratamentos (B) 180 dias após o transplântio em vasos. 21

Figura 10. Menor e maior altura das mudas de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: AO, adubação orgânica; 160P, dobro da adubação fosfatada.	22
Figura 11. Aspectos fitossanitários observados nas mudas de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. produzidas em vasos ao longo do experimento. A: ataque observado no mês 0 e tratado com óleo de nym. B: aspecto observado a partir do mês 3 até o fim do experimento, presente em algumas mudas para todos os tratamentos.	22
Figura 12. Massa seca radicular das mudas de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC produzidas em tubetes, antes da instalação das mudas em vaso.	23
Figura 13. Precipitação total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C), obtidas da estação meteorológica da Vila Militar localizada no município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: INMET (2021).	34
Figura 14. Incremento de diâmetro a altura do coleto (A) e altura (B) de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. em ensaio de campo durante 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.	35

LISTA DE TABELA

Tabela 1. Caracterização química e densidade do vermicomposto utilizado no experimento para o crescimento de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC.....	6
Tabela 2. Análise química e granulométrica dos componentes do substrato utilizado para o crescimento e desenvolvimento de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC no ensaio de vasos. ...	15
Tabela 3. Valores médios iniciais (erro padrão) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) no dia do transplantio das mudas para vasos.....	17
Tabela 4. Incremento em altura (H), diâmetro a altura do coleto (DC) e número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e concentração de clorofila a e b nas mudas de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. produzidas em vaso ao fim do experimento, 180 dias após transplantio.	18
Tabela 5. Análise química e granulométrica (erro padrão) nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm da área experimental localizada no Parque Natural Municipal de Gericinó, Nilópolis, RJ	33
Tabela 6. Valores médios iniciais (erro padrão) para altura (H) e diâmetro do coleto (DC) no dia de plantio das mudas em campo.	35
Tabela 7. Incremento total de altura (H) e diâmetro a altura do coleto (DC) e ocorrência de flor e fruto nas mudas de <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. produzidas em vaso ao fim do experimento, 180 dias após plantio.....	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. HIPÓTESE GERAL	2
3. OBJETIVO	2
3.1 Geral	2
3.2 Específicos	2
4. REVISÃO DE LITERATURA	2
4.1 <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC. (caixeta)	2
4.2 Adubação orgânica e fosfatada no plantio de espécies florestais	3
5. MATERIAL E MÉTODOS GERAL	4
5.1 Caracterização das mudas	5
5.2 Caracterização geral dos tratamentos	5
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	6
CAPÍTULO I: ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC EM ENSAIO DE VASO	11
RESUMO	12
ABSTRACT	13
1. INTRODUÇÃO	14
2. MATERIAL E MÉTODOS	14
2.1 Caraterização e delineamento do experimento em vasos	14
2.2 Mensurações e análise de planta	16
3. RESULTADOS	17
4. DISCUSSÃO	23
5. CONCLUSÕES	24

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPITULO II: ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE <i>Tabebuia cassinoides</i> (LAM.) DC EM CONDIÇÕES DE CAMPO	29
RESUMO	30
ABSTRACT	31
1. INTRODUÇÃO	32
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1 Caraterização e delineamento do experimento em campo	33
2.2 Mensurações realizadas	34
3. RESULTADOS	35
4. DISCUSSÃO	36
5. CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	37

1. INTRODUÇÃO GERAL

O número de espécies nativas ameaçadas de extinção é crescente ao longo dos anos no Brasil. Essa situação se agrava no bioma Mata Atlântica, que possui alta diversidade de espécies endêmicas capazes de promoverem diversos usos madeireiros e não madeireiros (RIBEIRO et al., 2011; SILVA et al., 2018). Durante anos, a exploração de muitas dessas espécies foi conduzida de maneira insustentável, resultando na diminuição de suas populações, bem como, das áreas de vegetação nativa (CAMPOS et al., 2019). Um exemplo destas espécies é a *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. (caixeta), que possui grande apelo econômico devido às características anatômicas e boa trabalhabilidade de sua madeira (BERNHARDT, 2003) o que resultou na diminuição de sua população levando a espécie, a entrar no grupo de ameaçada de extinção (CNCFLORA, 2012). Apesar disso, a *T. cassinoides*, possui fisiologia adaptativa, se estabelecendo principalmente em áreas que apresentam drenagem impedida, originando grandes formações de florestas paludosas denominadas caixetais (RACHWAL e CURCIO, 2001).

As espécies florestais apresentam exigências nutricionais distintas, não existindo recomendações específicas para cada espécie, sendo a maioria, baseadas em estudos prévios com significativas adaptações (LIMA et al., 2018). A determinação de doses adequadas de adubos orgânicos e fertilizantes junto às respostas da planta surgem como alternativa para otimizar a recomendação das quantidades de nutrientes a serem aplicadas ao substrato usado no plantio de espécies florestais (CRUZ et al., 2012). Nesse sentido, as características e quantidades de adubos devem depender das necessidades nutricionais da espécie utilizada, da fertilidade do solo, da forma de reação dos adubos com o solo, da eficiência dos adubos e de fatores de ordem econômica (GONÇALVES, 1995; SMETHURST, 2010).

Dentre os principais adubos utilizados no plantio de espécies florestais, destacam-se os de origem orgânica (PASCUAL et al., 2018). Os adubos orgânicos atuam como principal fonte de matéria orgânica para espécies florestais (ARTUR et al., 2007). De acordo com Oliveira et al. (2014) os adubos orgânicos são utilizados com frequência na formulação de substratos, devido à contribuição nos atributos físico-químicos. Além de estimular os processos microbianos no solo, a aplicação de adubos orgânicos no solo traz vantagens, como melhorias físicas no solo, atuando no aumento do espaço poroso, maior aeração do solo e retenção de água, contribuindo para maior crescimento das plantas (TEJADA et al., 2016). Além disso, melhora os atributos químicos, fertilidade do solo, impacta no aumento populacional e diversificação de microrganismos no solo e acaba representando uma alternativa de redução dos custos com fertilizantes sintéticos (WU et al., 2013).

Em meio aos adubos orgânicos empregados como fonte de matéria orgânica, destaca-se o vermicomposto, ressaltando o uso desse adubo orgânico para espécies florestais (SILVA et al., 2020; ECKHARDT et al., 2021). O vermicomposto, quando presente na superfície do solo, favorece uma série de reações químicas e biológicas, apresentando propriedades capazes de exercer efeito condicionante (PEREIRA, 1997).

Os adubos fosfatados também possuem sua relevância, uma vez que o fósforo (P) está diretamente associado ao desenvolvimento e crescimento inicial das plantas, promovendo a formação inicial do sistema radicular e aumento da eficiência da utilização e absorção de água e nutrientes pela planta (ETESAMI, 2020; MALAVOLTA, et al., 1997). Além disso, o P é essencial para o crescimento celular, desempenhando função-chave na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular e na transferência da informação genética (TAIZ e ZEIGAR, 2013).

A falta de estudos acerca da *T. cassinoides* é grande, principalmente quanto às suas exigências nutricionais. Além disso, existe uma dificuldade de coleta de sementes e obtenção de mudas, uma vez que seu ambiente natural, os caixetais, são de difícil acesso em decorrência de lâmina d'água ao longo da maior parte do ano, além da ocorrência restrita, que hoje, se encontram altamente fragmentados, localizados principalmente em Unidades de Conservação (UC) (SANTOS et al., 2021). Com isso, são necessários estudos sobre a espécie, principalmente quanto a métodos que facilitem seu crescimento e desenvolvimento de forma saudável e que garanta seu sucesso em campo.

2. HIPÓTESE GERAL

A adubação orgânica promove maior crescimento e melhor desenvolvimento da *T. cassinoides* em ensaios tanto em vaso quanto em campo em decorrência da sua ocorrência natural em ambientes de altos teores de matéria orgânica.

3. OBJETIVO

3.1 Geral

Avaliar diferentes fontes de adubação no crescimento e desenvolvimento da *T. cassinoides* em condições experimentais de vaso e campo.

3.2 Específicos

Avaliar o efeito da adubação orgânica por meio do vermicomposto no crescimento e desenvolvimento da *T. cassinoides* em condições de vaso e campo em período de 180 dias.

Avaliar o efeito da adubação fosfatada por meio do fosfato natural reativo no crescimento e desenvolvimento da *T. cassinoides* em condições de vaso e campo em período de 180 dias.

Avaliar o efeito da adubação orgânica e fosfatada na taxa de sobrevivência das plantas de *T. cassinoides* em ensaio de campo.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. (caixeta)

Conhecida como caixeta, a *T. cassinoides* (família Bignoniaceae) é uma espécie arbórea, pioneira e nativa da Mata Atlântica. Além disso, possui características semidecídua, heliófita e higrófila, podendo atingir até 13 metros de altura (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003). A espécie pode ser encontrada desde a faixa litorânea de Santa Catarina até Pernambuco, sendo registrada principalmente em áreas alagadas ou úmidas (LORENZI, 2008; CARVALHO, 2003).

A *T. cassinoides* apresenta melhor desenvolvimento em áreas que apresentam variação do lençol freático, ocupando áreas de solos orgânicos e solos hidromórficos (ZILLER, 1992; RACHWAL e CURCIO, 2001). Devido a essa característica, a caixeta compõe formações florestais chamados de Florestas Paludosas ou “caixetais” apresentando densidade superior a 89% com baixa diversidade de espécies lenhosas e alta diversidade de epífitas (NOLASCO, 2000; CASTRO e SHIROTA, 2003). Os caixetais apresentam ocorrência localizada, forma

descontínua e restrita próximo ao litoral devido as mais variadas características que fazem que essa formação florestal seja um ambiente singular e de máxima importância ambiental, seja devido aos recursos hídricos quanto às mais diversas fontes de abrigo a fauna e à biodiversidade característica (CASTRO, 2002). A *T. cassinoides* também apresenta importância econômica, porém a exploração dessa espécie arbórea sempre foi realizada em cunho predatório (CASTRO, 2002). No estado do Rio de Janeiro esse tipo de vegetação encontra-se restrito a determinadas áreas, restando cerca de 2% de sua área original (CÂMARA, 1991).

A *T. cassinoides* possui crescimento rápido, madeira leve de fácil trabalhabilidade, e tais características fazem com que ela seja uma excelente opção para a confecção de lápis, brinquedos, artesanatos, instrumentos musicais, pequenas caixas, entre outros (BERNHARDT, 2003). Desde o início do século passado sua exploração começou principalmente para a produção de tamancos e artefatos musicais, em um segundo momento passou a ser para a produção de lápis (DIEGUES e VIANA, 2000). Segundo Viana et al. (1996), a *T. cassinoides* possui características que favorecem seu manejo sustentável, como por exemplo, a dominância no espaço sob outras espécies; porte médio, favorecendo a colheita; madeira com alto valor agregado e um dos principais fatores que é a sua alta capacidade de regeneração por brotação nas cepas.

A madeira da *T. cassinoides* entre as décadas de 50 e 60 era a única utilizada na fabricação de lápis no país (CASTRO, 2002). No início dos anos 70 começou o declínio no uso de sua madeira devido ao aumento da demanda interna e externa de lápis, levando ao aumento da utilização da madeira de pinus devido a sua facilidade de aquisição (NOLASCO, 2000). A exploração desenfreada da *T. cassinoides* levou muitas de suas populações ao desaparecimento ou ao abandono devido à baixa produtividade (SEBBENN et al., 2001). A *T. cassinoides* atualmente se encontra na lista das espécies ameaçadas de extinção da flora brasileira e o estado de São Paulo é o único a apresentar legislação que regulamenta seu manejo (MARTINELLI e MORAES, 2013).

4.2 Adubação orgânica e fosfatada no plantio de espécies florestais

Um dos principais fatores para a implantação de povoamentos florestais é a qualidade da muda, que está diretamente ligada à produtividade e à qualidade do produto, devido a isso, tem-se pensado em formas de se melhorar a qualidade e reduzir os custos de plantio (TRAZZI et al., 2013). A utilização de materiais renováveis como fonte de nutrientes, além de ser uma interessante solução para destinação dos resíduos, pode também ser uma saída efetiva para a redução dos altos custos de insumos necessários para restauração florestal (TRAZZI et al., 2013).

A utilização de adubos orgânicos e fertilizantes químicos como meio de adubação tem efeitos positivos e negativos sobre o crescimento da planta e no solo (HAN et al., 2016). A adubação orgânica tem vários benefícios para a planta devido ao fornecimento equilibrado de nutrientes, incluindo micronutrientes, aumento da disponibilidade de nutrientes do solo devido ao aumento da atividade microbiana do solo, entretanto pode apresentar diferentes composições de nutrientes dependendo de seus materiais orgânicos, em comparação com os fertilizantes químicos (HAN et al., 2016). Os fertilizantes sintéticos de modo geral são relativamente baratos, têm alto teor de nutrientes e são rapidamente absorvidos pelas plantas, porém, seu uso de forma inadequada pode resultar em uma série de problemas, como perda de nutrientes, contaminação de águas superficiais e subterrâneas, acidificação ou basificação do solo por exemplo (CHEN, 2006).

Os adubos orgânicos são uma das fontes de nutrientes de uso mais frequente na composição de substratos, esses compostos orgânicos são utilizados como importante fonte de

matéria orgânica e nutrientes para a formulação de um substrato adequado, pois aumentam a disponibilidade de nutrientes para a planta, estimulam o desenvolvimento de microrganismos benéficos, proporcionam aumento da capacidade de retenção de água e de nutrientes, melhoram o arejamento e a agregação do substrato às raízes das plantas (TRAZZI et al., 2013). Segundo Kiehl (1985), os adubos orgânicos ainda possuem efeito sobre o poder tampão do solo ao manter o pH quando há mudanças bruscas no meio, além de favorecer a troca catiônica, complexar e solubilizar alguns metais tóxicos às plantas e ter influência na temperatura do solo.

Segundo a legislação brasileira, os adubos orgânicos são classificados em três categorias: adubos orgânicos simples, composto e fertilizante organomineral, estando o vermicomposto inseridos nos fertilizantes orgânicos simples (KIEHL, 1985). O vermicomposto, proporciona melhoria nos atributos físico-químicos do substrato, além de estimular a atividade microbiana (PEREIRA, 1997), porém, esse tipo de adubação que é uma prática milenar, vem perdendo prestígio devido a utilização da adubação mineral (BLAISE et al., 2005). Os fertilizantes organominerais (OM) vêm se destacando na adição de matéria orgânica ao solo e na fertilização das culturas, contribuindo para o aumento da disponibilidade de fósforo no substrato, a partir do fornecimento de fenóis, advindos da liberação residual de ácidos húmicos (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011). O uso do fertilizante organomineral reduz os custos com adubação e permite o suprimento de nutrientes minerais e matéria orgânica ao solo (TEJADA et al., 2002).

As fontes fosfatadas são as mais utilizadas na adubação brasileira (CECONI et al., 2006). Isso deve-se ao fato de que os solos brasileiros são carentes em fósforo (P), em consequência do seu material de origem e da forte interação do P com o solo (RAIJ, 1991), assim o fósforo pode ser considerado o nutriente mais limitante da produção de biomassa dos solos tropicais (NOVAIS e SMYTH, 1999).

O fósforo disponível às plantas é encontrado em baixas concentrações na solução do solo, sendo um macronutriente exigido em menor quantidade pelas plantas, porém, sua baixa disponibilidade no solo faz com que seja aplicado em grandes quantidades em adubações realizadas em várias culturas no Brasil (RAIJ, 1991). Isso ocorre em detrimento da baixa dinâmica que o P apresenta nos solos brasileiros, sendo intensificadas em solos com predominância de Fe e Al (MALAVOLTA, 2006; RAIJ, 1991).

A absorção do P pelas raízes das plantas ocorre a partir do processo de difusão, razão pela qual a absorção do nutriente depende do volume de solo explorado pelas raízes, e à limitação da absorção desse nutriente pela planta, como resposta às baixas concentrações de P no solo (ROSSI et al., 2020). A partir do momento que o P é absorvido pela planta, ele é incorporado em compostos orgânicos como açúcares fosfatados, fosfolipídios e nucleotídeos (MALAVOLTA, et al., 1997).

O fósforo é um macronutriente que apresenta um papel estrutural e regulatório na fotossíntese, no metabolismo de açúcares, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, no alargamento das células e na transferência da informação genética (VANCE et al., 2003). O P também atua diretamente na formação inicial e no desenvolvimento do sistema radicular, no crescimento da planta, aumenta a eficiência da utilização de água pela planta, bem como a absorção e a utilização de todos os outros nutrientes (MALAVOLTA, et al., 2006).

5. MATERIAL E MÉTODOS GERAL

O estudo consta de dois capítulos. O primeiro, aborda a produção de *T. cassinoides* em vaso, realizada no Instituto de Agronomia (IA) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no período de dezembro de 2019 a junho de 2020. O segundo capítulo, consistiu no

plantio, condução e avaliação das plantas oriundas dos vasos, em área de reflorestamento do Parque Natural Municipal de Gericinó (PNMG), município de Nilópolis – RJ, de dezembro de 2020 a junho de 2021.

5.1 Caracterização das mudas

As mudas de *T. cassinoides* utilizadas no estudo foram doadas pelo viveiro Instituto Luísa Pinho Sartori (ILPS) localizado em Silva Jardim. Segundo o viveirista, as mudas foram produzidas por semeadura indireta em tubetes de 280 cm³, utilizando substrato comercial por período de aproximadamente dois anos. Uma triagem das mudas (Figura 1) foi realizada a fim de separar as mudas de melhor qualidade, levando em consideração, o porte, rusticidade, desenvolvimento do sistema radicular além dos aspectos fitossanitários.



Figura 1. Fase de triagem das mudas de melhor qualidade de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. para a realização do experimento.

5.2 Caracterização geral dos tratamentos

Foram selecionadas 90 mudas, divididas em seis tratamentos e avaliadas quanto a diferentes adubações em condições de vaso e em campo. Foi adotado como tratamento testemunha (T), aquele no qual não recebeu nenhum tipo de adubação. Além disso, foi utilizado vermicomposto como adubação orgânica (AO), fertilizante organomineral (AOM) e três diferentes doses de fosfato natural (FN) reativo, como adubação química. As doses de AOM, bem como FN, foram baseadas em função do teor de fósforo (P), registrado em 3 L de AO (Tabela 1). Assim, a adubação fosfatada, correspondeu a dose igual (80P), metade (40P) e o dobro (160P), das registradas em AO.

A utilização de 3 L por planta foi definida em função da disponibilidade e resultados satisfatórios observados na literatura para espécies florestais nativas (LIMA FILHO et al., 2021). Dessa forma, a aplicação de 3 L planta⁻¹ de AO, correspondeu a 183,15 g planta⁻¹ de fertilizante organomineral, e 82,10; 41,05; 164,20 g planta⁻¹ de FN reativo. A caracterização química do vermicomposto (Tabela 1), foi realizada conforme USEPA (2008).

Tabela 1. Caracterização química e densidade do vermicomposto utilizado no experimento para o crescimento de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC.

Atributo	Ca	Mg	N	P	K	Cu	Zn	Mn	Fe	Ni	Pb	Cr	Cd	Densidade
	g kg ⁻¹						mg kg ⁻¹						g ml ⁻¹	
Valor	17,1	11,4	38,4	6,2	2,8	16,2	145,9	666,7	429,4	3,4	27,0	15,5	0,6	0,56
	7	9	8	2	9	7	8	3	6	3	7	1	3	

O AOM possui em sua composição NPK (03-13-06), 8% de carbono orgânico, 4% de Ca, 4% de S e formado por matéria orgânica, sulfato de amônio, cloreto de potássio, fosfato monoamônico, superfosfato simples e triplo e turfa. Já o FN reativo, 29% de P na forma de P₂O₅ e 33% de cálcio (Ca).

O vermicomposto, foi obtido na Embrapa Agrobiologia em processo que consistiu inicialmente na raspagem do curral, na qual, o esterco foi coletado e transferido para tanques com declividade, na qual se iniciou o processo de cura, que consistiu na adição diária de água e revolvimento do material a cada dois dias. Devido a declividade dos tanques houve a saída do chorume. Após o processo de cura, o material foi transferido para um minhocário na qual iniciou-se o processo de humificação. Em seguida, foi realizado o processo de solarização, na qual o vermicomposto foi retirado do tanque, peneirado e seco ao ar livre. Por fim, o vermicomposto foi armazenado em recipientes plásticos, pronto para o uso.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Soil fertility and uptake of nutrients by sugarcane fertilized with filter cake. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, p. 1004–1013, 2011.

ARTUR, A. G.; CRUZ, M. C. P.; FERREIRA, M. E.; BARRETTO, V. C. M.; YAGI, R. Esterco bovino e calagem para formação de mudas de guanandi. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 843-850, 2007.

BERNHARDT, R. **Análise qualitativa e quantitativa do crescimento da caxeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. – em florestas manejadas, no Município de Iguape/SP** [Dissertação]. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 61p, 2003.

BLAISE, D.; SINGH, J.V.; BONDE, A.N.; TEKALE, K.U.; MAYEE, C. D. Effects of farmyard manure and fertilizers on yield, fibre quality and nutrient balance of rainfed cotton (*Gossipium hirsutum*). **Biores. Technol.**, v. 96, p. 345-349, 2005.

CÂMARA, I. G. **Plano de ação para a Mata Atlântica**. Fundação SOS Mata Atlântica, São Paulo, 1991. 152p.

CAMPOS, J. L. A.; FEITOSA I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Population Ecology of Plant Species Subjected to Extractivism: Collection and Data Analysis Methods. In: ALBUQUERQUE U.; DE LUCENA R.; CRUZ DA CUNHA L.; ALVES R. (eds) **Methods**

and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology. Springer Protocols Handbooks. Humana Press, New York, NY. 2019.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira.** Colombo: EMBRAPA-CNPQ; Brasília, DF: EMBRAPA A-SPI, 2003. 640p.

CASTRO, R. C. F. **Análise econômica do manejo da caxeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC. na região do Vale do Ribeira-SP: um estudo de caso** [Dissertação]. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 117p, 2002.

CASTRO, R. C. F.; SHIROTA, R. Análise econômica do manejo da caxeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.: um estudo de caso. **Florestar Estatístico**, v.6, p.23–3, 2003.

CECONI, D. E.; POLETTO, I.; BRUN, E. J.; LOVATO, T. Crescimento de mudas de açoite-cavalo (*Luehea divaricata* Mart.) sob influência da adubação fosfatada. **Cerne**, v. 12, p. 292-299, 2006.

CHEN, J. H. **The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility.** 2006. Disponível em: https://www.fftc.org.tw/htmlarea_file/activities/20110719102200/7.pdf

CNCFlora. ***Tabebuia cassinoides* em Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia cassinoides](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia%20cassinoides)>. Acesso em 24 julho 2021.

CRUZ, C. A. F.; PAIVA, H. N.; CUNHA, A. C. M. C. M.; NEVES, J. C. L. Produção de mudas de canafístula cultivadas em latossolo vermelho amarelo álico em resposta a macronutrientes. **Cerne**, v. 18, p. 87-98. 2012.

DIEGUES, A. C.; VIANA, V. M. **Alternativas de manejo sustentável de recursos naturais do Vale do Ribeira/SP – Mata Atlântica.** São Paulo: USP, NUPAUB, 2000, 273p.

ECKHARDT, D. P.; SANTANA, N. A.; SOUZA, E. L.; FERREIRA, P. A. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; MARTIN, J. D.; JACQUES, R. J. S. Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. **Ciência Rural**, v. 51, e20200600, 2021

ETESAMI, H. Enhanced phosphorus fertilizer use efficiency with microorganisms. In: Meena R. (eds) **Nutrient dynamics for sustainable crop production.** Springer, Singapore. 2020

GONÇALVES, J. L. M. Recomendações de adubação para *Eucalyptus*, *Pinus* e espécies típicas da Mata Atlântica. **Documentos Florestais**, Piracicaba, p. 1-23, 1995.

HAN, S. H.; AN, J. Y.; HWANG, J.; KIM, S. B.; PARK, B. B. The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system. **Forest science and technology**, v. 12, p. 137-143. 2016.

IRVING, M. D. A.; MATOS, K. Gestão de parques nacionais no Brasil: projetando desafios para a implementação do Plano Nacional Estratégico de Áreas Protegidas. **Floresta e Ambiente**, v. 13, p. 89-96. 2012.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. São Paulo: Ceres, 1985. 492p

LIMA FILHO, P.; GOMES, R. F.; RIBEIRO, J. G.; ABREU, A. H. M.; SANTOS, F. A. M.; LELES, P. S. S. Biosolids as planting fertilization of tree species of the Atlantic forest and concentration of nutrients in soil layers. **Bosque**, v. 41, p. 43-51, 2021.

LIMA, R. D. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; DA SILVA, R. K. S.; FREIRE, M. D. S.; FREIRE, C. S. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, v.119, p. 415-426, 2018.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras. Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Editora Plantarum, Nova Odessa, São Paulo, 2008, 352 p.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2 ed., Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.

MARTINELLI, G.; MORAES, M. A. **Livro vermelho da flora do Brasil**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2013, 1100 p.

NOLASCO, A. M. **Resíduos da colheita e beneficiamento da caixeta – *Tabebuia cassinoides* (Lam.) DC.: caracterização e perspectivas** [Tese]. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2000. 171 p.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, L. C.; COSTA, E.; OLIVEIRA SOBRINHO, M. F.; BINOTTI, F. F. S.; MARUYAMA, W. I.; ALVES, A. C. Esterco bovino e fibra de coco na formação de mudas de baruzeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 1, p. 42-51, 2014.

PASCUAL, J. A.; CEGLIE, F.; TUZEL, Y. Organic substrate for transplant production in organic nurseries. A review. **Agron. Sustain. Dev**, v. 38, 2018.

PEREIRA, J. E. **Minhocas - Manual Prático sobre Minhocultura**. São Paulo / SP Ed. Nobel, 1997.

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R. Atributos pedológicos e ocorrência de caixeta no litoral paranaense, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 59, p. 153-163, 2001.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

RIBEIRO, M. C.; MARTENSEN, A. C.; METZGER, J. P.; TABARELLI, M.; SCARANO, F. R.; FORTIN, M. The Brazilian atlantic forest: a shrinking biodiversity hotspot. In: Zachos FE & Habel JC (Eds.). Biodiversity hotspots. Heidelberg: Springer, p. 405-434, 2011.

SANTOS, R. N.; CABREIRA, W. V.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, R. C.; LIMA, S. S.; LOUZADA, M. A. P.; SANTOS, G. L.; SILVA, A. C. R. Community Ecology of Soil Fauna Under Periodically Flooded Forest and Anthropic Fields. **Floresta e Ambiente**, 28, e20200052, 2020.

SEBBENN, A. M.; SEOANA, C. E. E.; KAGEYAMA, P. Y.; LACERDA, C. M. B. Estrutura genética em populações de *Tabebuia cassinoides*: implicações para o manejo florestal e a conservação genética. **Revista do Instituto Florestal**, v.13, p.99-113, 2001.

SILVA, A. P. T.; MEDEIROS, P. M.; JÚNIOR, W. S. F. Does Forest Scarcity Affect the Collection and Use of Firewood by Rural Communities? A Case Study in the Atlantic Forest of Northeastern Brazil. **Econ Bot**, v. 72, p. 71–80, 2018.

SILVA, S. J.; FRANCISCO, J. P.; BARROS, F. C. F.; LENA, B. P.; NASCENTES, A. L.; LOPES, A. D.; SILVA, L. D. B. Vermicompost and Sewage Sludge-Based Substrates as Alternative for the Forest Seedlings Production. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, p. 163-181, 2020.

SMETHURST, P. J. Forest fertilization: trends in knowledge and practice compared to agriculture. **Plant and Soil**, The Hague, v. 335, p. 83-100, 2010.

TEJADA, M.; BENITEZ, C.; GONZALEZ, J. L. Nitrogen mineralization in soil with conventional and organomineral fertilization practices. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 33, p. 19-20, 2002.

TEJADA, M.; MORGADO, B. R.; GÓMEZ, I.; ANDREU, L. F.; BENÍTEZ, C.; PARRADO, J. Use of biofertilizers obtained from sewage sludges on maize yield, **European Journal of Agronomy**, v. 78, p. 13-19, 2016.

TRAZZI, P. A.; CALDEIRA, M. V. W.; PASSOS, R. R.; GONÇALVEZ, E. O. Substratos de origem orgânica para produção de mudas de teca (*Tectona grandis* Linn. F.). **Ciência Florestal**, v. 23, p. 401-409, 2013.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Acid digestion of sediments, sludges and soils**. EPA method 3050. 14p. 2008

VANCE, C. P.; UHDE-STONE, C.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v. 157, p. 423-447, 2003.

VIANA, V. M.; AZEVEDO, T. R.; MARQUESINI, M. Perspectivas para a certificação sócio-ambiental (Selo verde) e manejo da caixeta (*Tabebuia cassinoides*). **Florestar Estatístico**, v.3, p. 19-20, 1996.

WU, Y. P.; LI, Y. F.; ZHENG, C. Y.; ZHANG, Y. F.; SUN, Z. J. Organic amendment application influence soil organism abundance in saline alkali soil. **Eur. J. Soil Biol**, v. 54, p. 32–40, 2013.

ZILLER, S. **Análise fitossociológica de caixetais** [Dissertação]. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1992, 90 p.

CAPÍTULO I

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC EM ENSAIO DE VASO

RESUMO

Devido às condições alagadiças em seu ambiente natural (caixetais), a dificuldade de obtenção de mudas e sementes da *T. cassinoides* é grande. Nesse sentido, são fundamentais os estudos que priorizem sua propagação bem como seu estado de conservação. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da adubação orgânica e fosfatada no crescimento e desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* em condições de vaso em período de 180 dias. Os tratamentos utilizados foram: testemunha (T), vermicomposto como adubação orgânica (AO), fertilizante organomineral (AOM), adubação fosfatada (80P); meia dose de adubação fosfatada (40P) e dobro de dose de adubação fosfatada (160P). O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições com três mudas cada, totalizando 90 mudas. As variáveis mensuradas foram: medições da altura (H), diâmetro do coleto (DC), além da contagem do número de folhas (NF) até os 180 dias de experimento. Além disso, ao fim do experimento, avaliou o efeito dos tratamentos sobre os teores de clorofila a e b presentes nas folhas, além da área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca da raiz (MSR). Foram observados padrão linear significativo para o desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* para todos os tratamentos. AO propiciou melhores resultados para o incremento de H, DC, NF, além de AF, MSPA e MSR. Em contraponto, as adubações fosfatadas, bem como o tratamento T não propiciaram resultados significativos para o desenvolvimento das mudas. Já a AOM, gerou resultados superiores aos observados pela adubação fosfatada e T, porém, inferiores ao tratamento AO. Houve baixa variação das concentrações de clorofila a e b entre os tratamentos. AO e AOM intensificaram o desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* ao longo dos 180 dias. Constatou-se que a adubação orgânica estimula maior crescimento e desenvolvimento de *T. cassinoides* conduzidas em vasos.

Palavras-chave: Clorofila, Caixeta, Fosfato natural, Vermicomposto

ABSTRACT

Due to the swampy conditions in its natural environment (caixetais), the difficulty of obtaining seedlings and seeds of *T. cassinoides* is great. In this sense, studies that prioritize its propagation as well as its state of conservation are essential. The objective of this work was to evaluate the effect of organic and phosphate fertilization on the growth and development of *T. cassinoides* seedlings in pot conditions in a period of 180 days. The treatments used were: control (T), vermicompost as organic fertilizer (AO), organomineral fertilizer (AOM), phosphate fertilizer (80P); half dose of phosphate fertilization (40P) and double dose of phosphate fertilization (160P). The experimental design used was completely randomized, with six treatments and five replications with three seedlings each, totaling 90 seedlings. The variables measured were: measurements of height (H), stem diameter (SD), in addition to counting the number of leaves (NL) up to 180 days of experiment. Furthermore, at the end of the experiment, it evaluated the effect of treatments on the chemical attributes of the pot substrate, as well as the chlorophyll a and b contents present in the leaves. A significant linear pattern was observed for the development of *T. cassinoides* seedlings for all treatments. AO provided better results for the increase of H, ST, NL. In contrast, the phosphate fertilizations, as well as the T treatment, did not provide significant results for the development of seedlings. AOM, on the other hand, generated results superior to those observed by phosphate and T fertilization, however, inferior to the AO treatment. There was little variation in chlorophyll a and b concentrations between treatments. However, the treatments affected the concentrations of N, P and K remnants in the substrate. AO and AOM intensified the development of *T. cassinoides* seedlings throughout the 180 days. It was found that organic fertilization stimulates greater growth and development of *T. cassinoides* produced in pots.

Keywords: Chlorophyll, Pot trial, Natural phosphate, Vermicompost

1. INTRODUÇÃO

O rápido crescimento, bem como as boas características da madeira da *T. cassinoides*, intensificou sua exploração no início do século passado (DIEGUES e VIANA, 2000) levando a espécie a crescente ameaça, se encontrando hoje na lista de espécies em risco de extinção (CNCFLORA, 2012). Nesse sentido, são fundamentais os estudos que priorizem sua conservação bem como propagação.

A dificuldade de obtenção de mudas e sementes da *T. cassinoides* é grande, devido às condições alagadiças em seu ambiente natural (caixetais), a coleta destas se torna por muitas vezes uma atividade inviável, principalmente devido a característica recalitrante de suas sementes, levando à perda rápida de sua viabilidade e não permitindo seu armazenamento por muito tempo (KANO et al., 1978). Contudo, uma das principais características da *T. cassinoides* é a sua alta capacidade de regeneração por brotação nas cepas (VIANA et al., 1996). Nesse sentido, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa visando a produção de mudas.

Devido a característica de presença de raízes aéreas (CARVALHO, 1994), além da *T. cassinoides* encontrar-se principalmente em áreas sob solos de textura arenosa (RACHWAL e CURCIO, 2001; SANTOS et al., 2021) é imprescindível a escolha de um recipiente de grande volume, como um vaso e um substrato arenoso. Além disso, é fundamental conhecer suas exigências nutricionais das espécies florestais. Contudo, essas espécies possuem exigências distintas, não existindo recomendações específicas de adubação para cada espécie (LIMA et al., 2018). O vermicomposto vem apresentando resultados positivos na produção de mudas de espécies florestais (SILVA et al., 2020; ECKHARDT et al., 2021). Além disto, este produto contém teores elevado de matéria orgânica, além de macro e micronutrientes que podem melhorar a capacidade de armazenamento e de infiltração da água no solo, aumentando a resistência dos agregados, redução da erosão e estimulação da atividade microbiana (PEREIRA, 1997).

O uso de fertilizante fosfatado adicionado ao substrato, tem sido utilizado para melhor desenvolvimento das mudas, sendo o rendimento máximo do vegetal obtido pela escolha da dose exata a ser utilizada (SANTOS et al., 2008). Uma alternativa de fertilizante fosfatado, são os fosfatos naturais (FN), que, embora possuam solubilização mais lenta no solo em comparação aos fertilizantes solúveis, são uma alternativa de menor custo por terem menos processos industriais (NOVAIS et al., 2007).

Os FN, apresentam uma baixa solubilidade em água, se dissolvem lentamente na solução do solo e tendem a aumentar a disponibilidade do P para as plantas ao longo do tempo (KUMARI e PHOGAT, 2008). Segundo Lopes (1999) os FN, em geral, apresentam baixa eficiência agrônômica para culturas de ciclo curto e anual, porém, em longo prazo, sua eficiência tende a aumentar, sendo seu efeito residual geralmente maior em comparação as fontes solúveis. Nesse sentido, esta fonte de P vem se mostrando eficiente, porém deve-se observar sua eficácia mediante a alguns fatores como, o ciclo da cultura, forma de aplicação, pH do solo e afins (LOPES, 1999).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização e delineamento do experimento em vasos

O estudo foi conduzido na área experimental do Instituto de Agronomia da UFRRJ, no município de Seropédica-RJ, localizado nas coordenadas geográficas 22 ° 45' S e 43 ° 69' W. Os vasos permaneceram instalados por um período de 6 meses (180 dias), entre dezembro de 2019 a junho de 2020. Nesse período, a precipitação média mensal foi de 122,46 mm e

temperatura média mensal de 24,23 °C (Figura 2). Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é Aw (tropical com inverno seco e verão chuvoso).

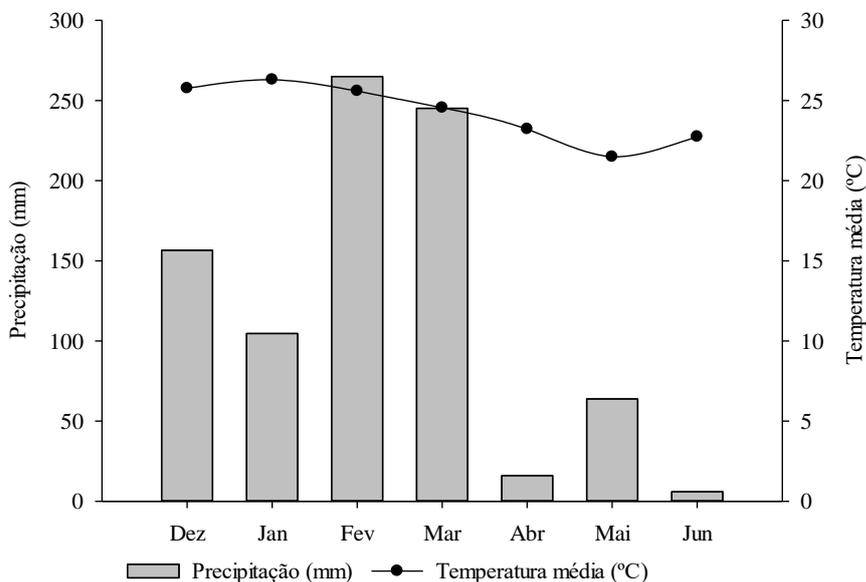


Figura 2. Precipitação total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C), obtidas da estação meteorológica da Ecologia Agrícola localizada em Seropédica, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: INMET (2021).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições com três mudas cada, totalizando 90 mudas. Como apresentado no material e métodos gerais, os tratamentos consistiram em: testemunha (T); adubação orgânica (AO); fertilização organomineral (AOM); adubação fosfatada (80P); meia dose de adubação fosfatada (40P) e dobro de dose de adubação fosfatada (160P).

O substrato utilizado constituiu da mistura de dois tipos de materiais. O primeiro, coletado do horizonte superficial de textura arenosa de um Planossolo (M1) e o segundo, de um horizonte Bt de textura argilosa, coletado neste mesmo perfil (M2), na proporção volumétrica de 4:1 respectivamente (Tabela 2). Optou-se por utilizar o com substrato de textura arenosa, devido à ocorrência natural de *T. cassinoides* em áreas de solos de textura arenosa (FOWLER et al., 1998; RACHWAL e CURCIO, 2001; SANTOS et al., 2021). O adubo orgânico, organomineral e as doses de fósforo, foram incorporados ao substrato durante o processo de mistura dos componentes.

Tabela 2. Análise química e granulométrica dos componentes do substrato utilizado para o crescimento e desenvolvimento de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC no ensaio de vasos.

Materiais do substrato	pH H ₂ O	Ca ⁺² -----cmol _c dm ⁻³	Mg ⁺² -----cmol _c dm ⁻³	Al ⁺³ -----dm ⁻³	Na ⁺ -----dm ⁻³	K ⁺ --mg dm ⁻³ --	P _{disp} g kg ⁻¹	COT g kg ⁻¹	Areia	Silte	Argila
M1	4,90	0,53	0,63	0,33	0,03	91,11	2,45	15,04	523,66	438,33	38
M2	5,89	2,83	2,33	0,00	0,03	83,29	1,28	21,28	377	350	273
Substrato	5,34	1,13	1,00	0,00	0,03	102,84	2,24	16,09	723,33	216,66	60

Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³: extrator KCl 1 mol L⁻¹; K⁺, Na⁺ e P_{disp}: extrator Mehlich 1. Abreviações: C1, componente arenoso oriundo de camada superficial de um Planossolo; C2, componente argiloso oriundo de um horizonte b argiloso; COT, carbono orgânico total; P_{disp}, fósforo disponível. Valores obtido a partir de três amostras.

O experimento foi conduzido em vasos com pequenos furos em sua base e capacidade máxima de 14 L, sendo 12 L, utilizados para preenchimento. Antes da introdução do substrato nos vasos, inseriu-nestes uma fina camada de brita com intuito de drenar a água oriunda da irrigação e chuva.

O experimento teve início com o transplântio das mudas de *T. cassinoides* dos tubetes para os vasos. Os vasos foram espaçados e mantidos a pleno sol (Figura 3). As mudas foram irrigadas com aproximadamente 1,5 L de água dia⁻¹. Quando necessário, as plantas espontâneas foram retiradas, para se evitar a competição. Dois e cinco meses após o início do experimento, foi realizada adubação de cobertura, com 10 g de uréia PA por vaso.



Figura 3. Experimento de vasos devidamente instalados em delineamento inteiramente casualizados e mantidos a pleno sol no Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. A e B correspondem a diferentes visões do experimento instalado.

2.2 Mensurações e análise de planta

Para avaliação do crescimento e desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* em vasos, foi levado em consideração o incremento ao longo dos meses. Para isso, durante o transplântio das mudas para os vasos (0 dias), foi realizada a contagem do número de folhas (NF) e medições da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) com o auxílio de fita métrica e paquímetro digital. Nas medições subsequentes (30, 60, 90, 120 e 180 dias), os valores obtidos, foram subtraídos pelo valor da mensuração anterior, obtendo-se o incremento mensal. Contudo, as mudas para todos os tratamentos iniciaram o experimento com parâmetros similares (Tabela 3).

Tabela 3. Valores médios iniciais (erro padrão) para altura (H), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF) no dia do transplantio das mudas para vasos.

Tratamentos	H (cm)	DC (mm)	NF
T	32,20 ^a (0,58)	8,69 ^a (0,40)	7,73 ^a (0,89)
AO	32,53 ^a (1,32)	9,16 ^a (0,44)	7,13 ^a (0,32)
AOM	31,30 ^a (0,79)	8,36 ^a (0,42)	6,73 ^a (0,44)
80P	31,93 ^a (0,93)	9,19 ^a (0,55)	6,53 ^a (0,35)
40P	31,63 ^a (0,91)	8,58 ^a (0,45)	6,57 ^a (0,43)
160P	30,17 ^a (1,16)	8,84 ^a (0,35)	6,87 ^a (0,49)

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Ao fim do experimento (180 dias), foram realizadas as leituras do teor de clorofila a e b, na parte apical da planta, na qual, está exposta à radiação solar. Foram realizadas três avaliações em cada folha. As determinações foram realizadas pelo medidor de clorofila eletrônico modelo CFL 1030 da marca Falker. Além disso, foram selecionadas as 30 mudas mais próximas da média (cinco por tratamento) para realização do desbaste e determinação da área foliar (AF), massa seca da raiz (MSR), caule (MSC) e folha (MSF).

Para determinação de AF, foi utilizado o dispositivo específico LICOR-3600. As folhas, caules e raízes foram secas em estufa a 50 °C por 72 h e pesadas em balança analítica para obtenção da massa seca da parte aérea (MSPA) e MSR. A obtenção da MSPA, foi realizado a partir da soma da MSC e MSF. Posteriormente, todo material foi moído e determinado os teores de macro e micronutrientes das folhas, caules e raízes pelo método 3050 (USEPA, 2008). As 60 mudas remanescentes foram utilizadas para realização do segundo capítulo (ensaio de campo).

2.3 Análise estatística

Após verificar a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e homocedasticidade pelo teste Brown-Forsythe, as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento inteiramente casualizados. As médias das variáveis foram avaliadas quanto ao teste F ($p < 0,05$) e comparadas pelo teste Tukey ($p < 0,05$). Os dados de H, DC e NF foram submetidos à análise de regressão. Os dados dos teores de macro e micronutrientes dos caules, folhas e raízes foram submetidos a análise de componentes principais (PCA) para avaliar a correlação quanto sua localidade na planta.

As análises estatísticas e confecção dos gráficos foram realizadas com auxílio do software Sigmaplot 14.0.

3. RESULTADOS

Nas análises de regressão, foram observados padrão linear significativo ($p < 0,05$) durante os 180 dias na qual as mudas se desenvolveram nos vasos, com valores do coeficiente de determinação (R^2) variando entre 0,96 a 0,99 para DC (Figura 4A); 0,94 a 0,97 para H (Figura 4B); e 0,88 a 0,95 para NF (Figura 4C). Para todos os atributos avaliados, no tratamento AO foi observado os melhores ajustes, enquanto, nas adubações fosfatadas (40P, 80P e 160P) e T os menores.

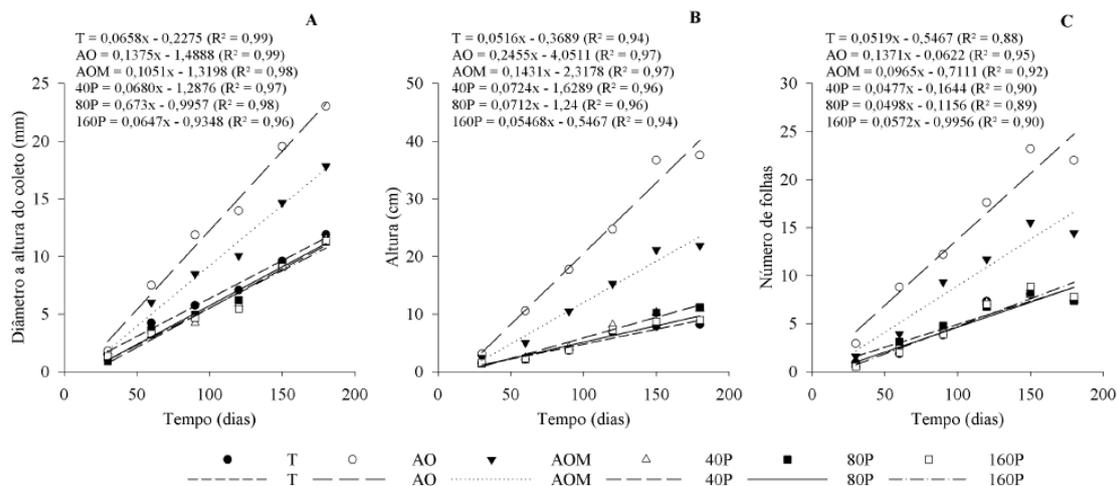


Figura 4. Incremento em diâmetro a altura do coleto (A), altura (B) e número de folhas (C) de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. implementadas em vasos durante 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Em decorrência do melhor ajuste linear observado no tratamento AO, ao fim do experimento, 180 dias após o transplântio, AO propiciou melhores resultados para o incremento de H, DC, NF, bem como a MSPA, MSR e concentrações de clorofila b para as mudas de *T. cassinoides* produzidas em vaso (Tabela 4). Contudo, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos para a concentração de Clorofila a. Em contraponto, as adubações fosfatadas, bem como o tratamento T não propiciaram resultados significativos para o desenvolvimento das mudas. Já a AOM, gerou resultados superiores aos observados pela adubação fosfatada e T, porém, inferiores ao tratamento AO.

Tabela 4. Incremento em altura (H), diâmetro a altura do coleto (DC) e número de folhas (NF), área foliar (AF), massa seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR) e concentração de clorofila a e b nas mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. produzidas em vaso ao fim do experimento, 180 dias após transplântio.

Tratamento	H	DC	NF	AF	MSPA	MSR	Clorofila a	Clorofila b
	Cm	mm	-	m ²	g	g	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
T	40,40 ^c (0,56)	20,59 ^c (0,80)	15,33 ^c (0,53)	0,13 ^{bc} (0,01)	40,12 ^c (14,54)	54,92 ^b (7,92)	38,19 ^a (1,74)	11,43 ^b (0,18)
AO	70,20 ^a (3,43)	32,18 ^a (1,01)	29,13 ^a (1,01)	0,40 ^a (0,04)	131,20 ^a (19,31)	121,07 ^a (27,15)	40,63 ^a (1,17)	16,67 ^a (0,18)
AOM	53,17 ^b (3,29)	26,16 ^b (0,76)	21,17 ^b (1,61)	0,25 ^b (0,11)	71,64 ^b (11,40)	57,75 ^b (5,32)	37,14 ^a (0,77)	11,17 ^b (0,13)
80P	42,80 ^c (1,98)	20,47 ^c (0,36)	14,00 ^c (0,49)	0,16 ^{bc} (0,07)	38,01 ^c (11,09)	34,06 ^c (6,49)	37,75 ^a (1,18)	11,55 ^b (0,24)
40P	42,80 ^c (0,79)	20,07 ^c (1,21)	13,87 ^c (1,41)	0,17 ^{bc} (0,08)	35,65 ^c (12,89)	38,0 ^c (7,43)	37,78 ^a (0,27)	11,47 ^b (0,09)
160P	39,10 ^c (0,90)	20,16 ^c (0,69)	14,67 ^c (0,37)	0,10 ^c (0,05)	27,17 ^c (8,35)	35,45 ^c (10,53)	37,13 ^a (1,02)	11,37 ^b (0,09)

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05). O número entre parênteses representa o erro padrão. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Os tratamentos AO e AOM intensificaram o desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* ao longo dos 180 dias. Para a variável H, foi observado incremento médio de 70,20 e 53,17 cm para AO e AOM respectivamente, valores 73,76% e 31,60% superiores a T (Figura 6). O mesmo padrão foi observado para os incrementos de DC, NF, nos quais, quando comparados a T, foi observado em AO e AOM valores 56,28% e 27,05% superiores, respectivamente, para DC (Figura 6A); e 90,01% e 38,09% superiores, respectivamente, para NF (Figura 6B).



Figura 5. Altura das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.



Figura 6. Diâmetro a altura do coleto (A) e número de folhas (B) das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Diferenças ainda mais significativas foram observadas para as variáveis MSPA e MSR, nas quais AO propiciou respectivamente valores de aproximadamente 3,3 e 2,2 vezes superiores às registradas em T. Contudo, para MSR, o tratamento T propiciou valores superiores aos que utilizaram adubação fosfatada (Tabela 4). Na figura 8, observa-se os resultados para MSR.



Figura 7. Massa seca da raiz (MSR) das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Apesar da baixa variação das concentrações de clorofila a e b entre os tratamentos, observa-se por meio da análise de regressão uma correlação com AF (Figura 8). Essa correlação foi melhor ajustada pelo modelo quadrático, com valores de R^2 de 0,82 e 0,96 para clorofila a e b, respectivamente. Contudo, para clorofila a, β_1 e β_2 não foram observadas diferenças significativas ($p > 0,05$).

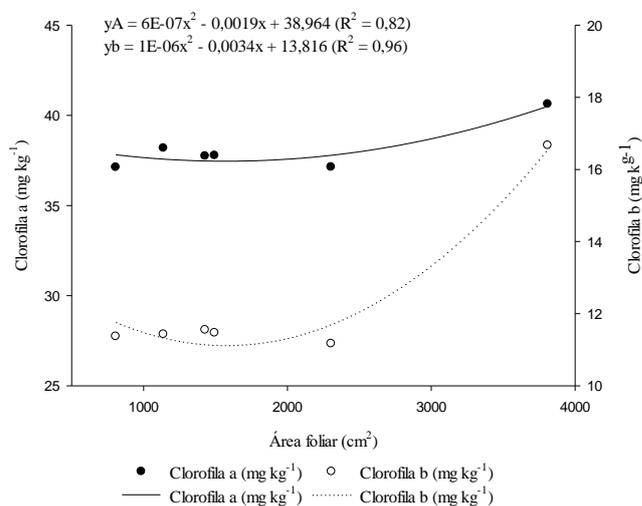


Figura 8. Concentração de clorofila a e clorofila b em função da área foliar (cm^2) em folhas de mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. 180 dias após o transplante em vasos.

A análise de PCA para a correlação entre os teores de macro e micronutrientes em função de sua localidade nas mudas de *T. cassinoides* explicou mais de 99% da variabilidade dos dados nos dois eixos (Figura 9A). Houve alta correlação entre Mn, Cu, Fe, Cd, K e P. Esses nutrientes foram eficientes em separar a raiz das demais partes da planta. Quando foram observadas as correlações dos demais nutrientes, nota-se que a folha favoreceu a correlação

positiva entre Ca e N, enquanto que o caule não favoreceu correlação com nenhum nutriente (Figura 9A).

Já a análise de PCA da correlação entre os teores de macro e micronutrientes em função dos tratamentos, foi explicada por 73,20% da variabilidade dos dados nos dois eixos (Figura 11B). Nota-se que a maioria dos macronutrientes (N, P, K e Mg) foram favorecidos por AO e AOM. Já os adubos fosfatados favoreceram Cd e Ca, enquanto T favoreceu Ni, Mn, Na e Fe (Figura 9B).

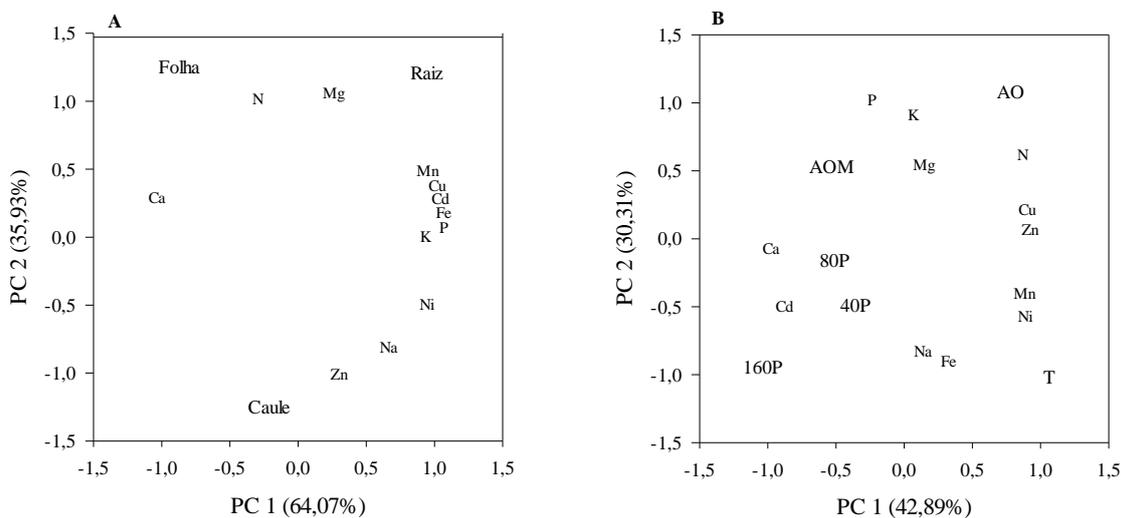


Figura 9. Análise de componentes principais (PCA) correlacionando os teores de macro e micronutrientes em mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em relação à folha, caule e raiz (A) e em relação aos tratamentos (B) 180 dias após o transplante em vasos.

Nas figuras 10 à 12 é possível observar ademais ilustrações do experimento em conduzido em vasos.



Figura 10. Menor e maior altura das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em função de diferentes adubações implementadas em vasos após 180 dias. Abreviações: AO, adubação orgânica; 160P, dobro da adubação fosfatada.

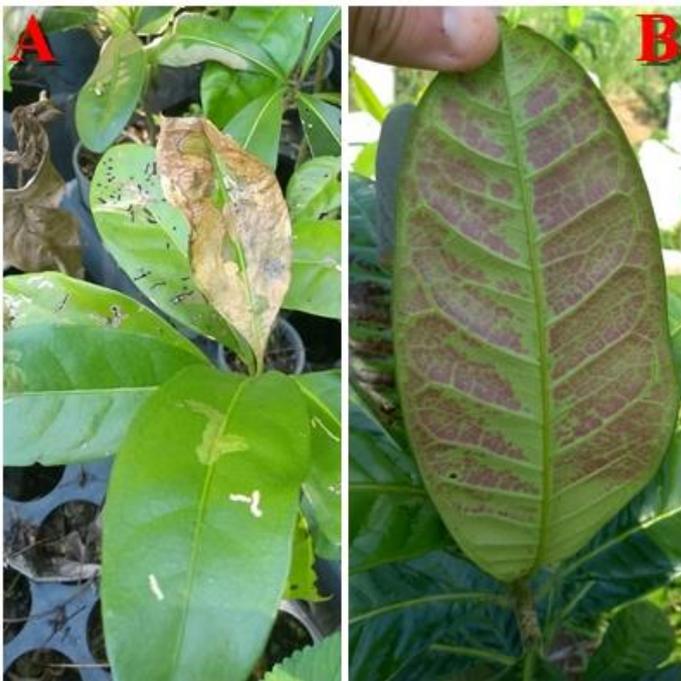


Figura 11. Aspectos fitossanitários observados nas mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. produzidas em vasos ao longo do experimento. A: ataque observado no mês 0 e tratado com óleo de nym. B: aspecto observado a partir do mês 3 até o fim do experimento, presente em algumas mudas para todos os tratamentos.



Figura 12. Massa seca radicular das mudas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC produzidas em tubetes, antes da instalação das mudas em vaso.

4. DISCUSSÃO

As respostas positivas para a aplicação da adubação orgânica em vasos provavelmente ocorreram pelo fato do material apresentar um teor relativamente alto de nutrientes e propiciar melhores condições físicas. A matéria orgânica atua como condicionador do solo, melhorando a qualidade química do substrato (CALDEIRA et al., 2008). Além disso, o adubo orgânico melhora as condições físicas no substrato, atuando sobre a estrutura e estado das partículas de agregação, diminuindo a densidade e aumentando a aeração e retenção de umidade no solo (NOBREGA et al., 2007). Em adicional, a *T. cassinoides* vive em florestas paludosas, ambientes relativamente ricos em matéria orgânica (SANTOS et al., 2021), fator que pode indicar melhor adaptação à adubação orgânica.

A baixa resposta das mudas de *T. cassinoides* em função da aplicação de diferentes doses de FN reativo pode estar associada ao pH do substrato (Tabela 2). Apesar de diversos estudos indicarem que a faixa ideal de disponibilidade do P em pH mais elevados (VIVIANI et al., 2010; MALAVOLTA, 2006; ERNANI et al., 1996), uma das condições para a solubilização dos FN é a existência de condições mais ácidas (NOVAIS e SMITH, 1999; KAMINSKI e PERUZZO, 1997). Além disso, a assimilação do P varia em função da espécie. É possível que a assimilação de fósforo pela *T. cassinoides* seja favorecida em solos (e/ou substratos) de pH mais ácidos (abaixo de 5,0). Fato corroborado pelos resultados em campo obtidos no capítulo 2. Adicionalmente, em ambiente natural de ocorrência da espécie (florestas paludosas), há elevados teores de matéria orgânica, bem como presença de lâmina d'água (SANTOS et al., 2021), fatores esses, que como observado por Guo et al. (2010), podem causar a acidificação do solo. Assim, é possível que tais condições, favoreçam a assimilação dos nutrientes, em especial o P em mudas de *T. cassinoides*.

A adição de matéria orgânica em AO, pode ter favorecido a disponibilidade de P no substrato a partir da redução do pH. Além disso, o P presente nos materiais orgânicos, geralmente possui uma forma complexa e baixa solubilidade (NOVAIS et al., 2007). Dessa forma, são gradativamente disponibilizados para as plantas (ABREU et al., 2019). É importante ressaltar, que o P, apesar de essencial, é exigido em menor quantidade pelas plantas, quando

comparado aos demais macronutrientes (RAIJ, 1991), além de ser um nutriente de baixa mobilidade nos solos (NOVAIS et al., 2007), afirmações que justificam elevado percentual do nutriente no solo ao fim do experimento.

A AF das mudas de *T. cassinoides*, está diretamente associado ao teor de clorofila, em especial a clorofila b. Esta, representa um mecanismo de adaptação à condição de menor intensidade de luz, permitindo-lhes melhor captação da luz difusa (EVANS e POORTER 2001; SCALON et al., 2003). Devido ao melhor desenvolvimento das mudas de *T. cassinoides* em AO, em especial o NF, houve um auto sombreamento, criando condições limitantes de luz, na qual segundo Evans e Poorter (2001) pode favorecer maior AF e conseqüentemente maiores teores de clorofila b. Essas condições, além de intensificar o teor de clorofila b, também contribuem para o aumento dos teores de N e P (INSLEY et al., 1981), resultado que justificam a correlação desses nutrientes com o tratamento AO observado no PCA.

A importância de um bom sistema radicular no desenvolvimento das plantas é evidenciada pela PCA. Nota-se alta correlação desse compartimento com a maioria nos nutrientes avaliados, em especial os micronutrientes. Lastra et al. (1988) ressaltam o relevante papel dos micronutrientes nas cadeias respiratórias mitocondriais, muito ativas nas raízes. Além disso, o maior comprimento do sistema radicular é indicativo de maior volume de solo ocupado e explorado pelas raízes (ZONTA et al., 2006) sendo considerada como o fator mais determinante da absorção de nutrientes pelas plantas (BARBER, 1995). Raízes mais longas e mais finas, para um mesmo indivíduo, resultam em maior área superficial e, conseqüentemente, maior capacidade de absorver nutrientes, especialmente em relação à eficiência de absorção de nutrientes pouco móveis no solo (P) e que tem como transporte a difusão (K) (ANGHINONI et al., 1989).

Neste estudo, o N e Ca desempenharam funções fundamentais no compartimento foliar das plantas. A maior parte do N assimilado pela planta é investido no processo da fotossíntese (NUNES-NESI et al., 2010). Makino et al. (2003), em seu estudo, evidenciou a correlação do N com a taxa fotossintética. Já o Ca, desempenha papel importante no processo metabólico, pois ele afeta a atividade de hormônios e enzimas, como as que regulam a abscisão das folhas e frutos e senescência foliar (MALAVOLTA, 1980).

O fato de que a maioria dos macronutrientes ter sido favorecida por AO e AOM, reforça a importância dos macronutrientes, em especial N, P, K e Mg no crescimento e desenvolvimento de mudas de *T. cassinoides*, principalmente da parte aérea. Foi observado que T favoreceu nutrientes como Fe, Mn e Ni, que em altas concentrações, são considerados tóxicos para as plantas. Entretanto, não foram observados sintomas visuais de toxidez nos indivíduos de T. Além disso, a assimilação desses nutrientes pode ter sido sobre regulados sob condições de baixa nutrição das plantas (ERENOGLU et al., 1996), justificando maior correlação desses nutrientes com T, tratamento esse, de substrato arenoso com ausência de adubação.

5. CONCLUSÕES

A adubação orgânica estimula maior crescimento e desenvolvimento de *T. cassinoides* produzidas em vasos.

A adubação fosfatada via fosfato natural reativo, independente da dose, não estimula maior crescimento e desenvolvimento de *T. cassinoides* produzidas em vasos.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A.; LELES, P. S. S.; SANTOS, G. R. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia* Raddi. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 24, p. 591-599. 2019.

ANGHINONI, I.; VOLKART, K.; FATTORE, C.; ERNANI, P. R. Morfologia de raízes e cinética da absorção de nutrientes em diversas espécies e genótipos de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, p. 355–361, 1989.

BARBER, S. A. **Soil Nutrient Bioavailability: a Mechanistic Approach**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1995.

CALDEIRA, C. F.; SOUZA, R. A.; SANTOS, A. M.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres** v. 56, p. 213-218. 2008.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Florestais Brasileiros: Recomendações Silviculturais, Potencialidades e Uso da Madeira**. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Florestas. Colombo. EMBRAPA/CNPQ. Brasília. 660p, 1994.

CNCFlora. **Tabebuia cassinoides em Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia cassinoides](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia%20cassinoides)>. Acesso em 24 julho 2021.

DIEGUES, A. C.; VIANA, V. M. **Alternativas de manejo sustentável de recursos naturais do Vale do Ribeira/SP – Mata Atlântica**. São Paulo: USP, NUPAUB, 2000, 273 p.

ECKHARDT, D. P.; SANTANA, N. A.; SOUZA, E L.; FERREIRA, P. A. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; MARTIN, J. D.; JACQUES, R. J. S. Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. **Ciência Rural**, v. 51, e20200600, 2021

ERENOGLU, B.; CAKMAK, I.; MARSCHNER, H.; RÖMHELD, V.; EKER, S.; DAGHAN, H.; KALAYCY, M.; EKIZ, H. Phytosiderophore release does not relate well with zinc efficiency in different bread wheat genotypes. **Journal of Plant Nutrition**, Athens, v. 19, p. 1569-1580, 1996.

ERNANI, P.R.; FIGUEIREDO, O.R.A.; BECEGATO, V.; ALMEIDA, J.A. Decréscimo da retenção de P pelo aumento do pH. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p.159-162, 1996.

EVANS, J. R.; POORTER, H. Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment** v. 24, p. 755-767, 2001.

FOWLER, J. A. P.; CURCIO, G. R.; RACHWAL, M. F. G.; KUNIYOSHI, Y. **Germinação e vigor de sementes de caixeta (*Tabebuia cassinoides* A. P. de Candolle) provenientes de diferentes solos orgânicos**. Colombo: Embrapa Florestas, 1998. (Comunicado técnico, 25).

GUO, J. H.; LIU, X. J.; ZHANG, Y.; SHEN, J. L.; HAN, W. X.; ZHANG, W. F.; CHRISTIE, P.; GOULDING, K. W. T.; VITOUSEK, P. M.; ZHANG, F. S. Significant acidification in major Chinese croplands. **Science**, v.19., p. 1008–1010. 2010

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2021. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

INSLEY, H.; BOSWELL, R. C.; GARDINER, J. B. H. Foliar macronutrients (N, P, K, Ca and Mg) in lime (*Tilia* sp.). I Sampling techniques. **Plant and Soil**, v.61, p. 377-389, 1981.

KAMINSKI, J; PERUZO, G. Eficácia dos fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo. Santa Maria: Núcleo Regional da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p.

KANO, N. K.; MARQUEZ, F. C. M.; KAGEYAMA, P.Y. Armazenamento de sementes de ipê - dourado (*Tabebuia* sp.). **IPEF**, Piracicaba, v.17, p.13-23, 1978.

KUMARI, K; PHOGAT, V. K. Rock phosphate: Its availability and solubilization in the soil– A review. **Agricultural Reviews**, v. 29, n. 2, p. 108-116, 2008.

LASTRA, O., CHUECA, A., LACHICA, M., GORGÉ, J. L. Root uptake and partition of copper, iron, manganese, and zinc in *Pinus radiata* seedlings grown under different copper supplies. **Journal of plant physiology**, v. 132, p. 16-22, 1988.

LIMA, R. D. A.; FREIRE, F. J.; MARANGON, L. C.; FELICIANO, A. L. P.; DA SILVA, R. K. S.; FREIRE, M. D. S.; FREIRE, C. S. Nutritional efficiency of plants as an indicator of forest species for the restoration of forests, Brazil. **Scientia Forestalis**, v.119, p. 415-426, 2018.

LOPES, A. S. Fosfatos naturais. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G. & ALVAREZ V., V.H., eds. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. Viçosa, MG, Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p.65-66.

MAKINO, A.; SAKUMA, H.; SUDO, E.; MAE, T. Differences between maize and rice in N-use efficiency for photosynthesis and protein allocation. **Plant Cell Physiol**. 44, 952–956. 2003.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. Piracicaba: Ceres, 2006. 631 p.

NOBREGA, R. A. S.; BOAS, R. C.V.; NOBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M.; MOREIRA, F. M. S. Utilização de biossólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore** v. 31, p. 239-246, 2007

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R L. F.; CANTURUTTI, R. B.; NEVES J. C. L (eds).

Fertilidade do solo. 2nd ed. Viçosa, Brasil. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 471-550, 2007.

NUNES-NESI, A.; FERNIE, A. R.; STITT, M. Metabolic and signaling aspects underpinning the regulation of plant carbon nitrogen interactions. **Mol. Plant**, v. 3, p. 973–996. 2010.

PEREIRA, J. E. **Minhocas - Manual Prático sobre Minhocultura.** São Paulo / SP Ed. Nobel (1997).

RACHWAL, M. F. G.; CURCIO, G. R. Atributos pedológicos e ocorrência de caixeta no litoral paranaense, Brasil. **Scientia Forestalis**, v. 59, p. 153-163, 2001.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação.** Piracicaba: Ceres/Potafos, 1991. 343 p.

SANTOS, R. A., TUCCI, C. A. F., HARA, F. A. D. S., SILVA, W. G. D. Adubação fosfatada para a produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v. 38, 453-458. 2008

SANTOS, R. N.; CABREIRA, W. V.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, R. C.; LIMA, S. S.; LOUZADA, M. A. P.; SANTOS, G. L.; SILVA, A. C. R. Community Ecology of Soil Fauna Under Periodically Flooded Forest and Anthropic Fields. **Floresta e Ambiente**, 28, e20200052, 2020.

SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M.; RIGONI, M. R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robins sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v.27. n.6. 2003.

SILVA, S. J.; FRANCISCO, J. P.; BARROS, F. C. F.; LENA, B. P.; NASCENTES, A. L.; LOPES, A. D.; SILVA, L. D. B. Vermicompost and Sewage Sludge-Based Substrates as Alternative for the Forest Seedlings Production. **Journal of Agricultural Studies**, v. 8, p. 163-181, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** 5.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEGEDER M.; PERCHLIK M. The Importance of Organic Nitrogen Transport Processes for Plant Productivity and Nitrogen Use Efficiency. In: SHRAWAT A., ZAYED A., LIGHTFOOT D. (eds). **Engineering Nitrogen Utilization in Crop Plants.** Springer, Cham. 2018.

USEPA. United States Environmental Protection Agency. **Acid digestion of sediments, sludges and soils.** EPA method 3050. 14 p. 2008.

VIANA, V. M.; AZEVEDO, T. R.; MARQUESINI, M. Perspectivas para a certificação sócio-ambiental (Selo verde) e manejo da caixeta (*Tabebuia cassinoides*). **Florestar Estatístico**, v.3, p. 19-20, 1996.

VIVIANI, C. A.; MARCHETTI, M. E.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; GONÇALVES, M. C. Disponibilidade de fósforo em dois latossolos argilosos e seu acúmulo em plantas de soja, em função do aumento do pH. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 61-67, 2010.

ZONTA, E.; BRASIL, F. C.; GOI, S. R.; ROSA, M. M. T. O sistema radicular e suas interações com o ambiente edáfico. In: FERNANDES, M. S.; SOUZA, S. R. (Eds.). **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 7–52.

CAPITULO II

ADUBAÇÃO ORGÂNICA E FOSFATADA NO CRESCIMENTO E DESENVOLVIMENTO DE MUDAS DE *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC EM CONDIÇÕES DE CAMPO

RESUMO

No Brasil, tem-se verificado nos últimos anos a preocupação com a preservação de espécies florestais, além da recuperação de áreas degradadas. Tais áreas são pobres em matéria orgânica e nutrientes, podendo ser ainda, solos suscetíveis à erosão. O objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da adubação orgânica e fosfatada no crescimento de mudas de *T. cassinoides* em ensaio de campo além da taxa de sobrevivência. Devido à homogeneidade da área experimental, as mudas foram plantadas em delineamento inteiramente casualizado, considerando 5 repetições, com 2 plantas por repetição. Os tratamentos foram os mesmos avaliados em vaso, na qual, para cada tratamento, foram plantadas dez mudas. As variáveis mensuradas foram: altura (H) e diâmetro do coleto (DC) até os 180 dias de experimento. Durante esse período, foi avaliado a taxa de sobrevivência das mudas e produção de flores e frutos. Ao fim do experimento, 180 dias após o plantio, os tratamentos fosfatados possuíram melhores resultados quando comparado ao ensaio de vaso, em especial para a variável DC na qual o tratamento 160P teve resultados similares ao AO. Já para a H, o tratamento AO, assim como no vaso proporcionou os melhores resultados, além disso, foi o único tratamento a possuir taxa de sobrevivência de 100% e presença de flor e fruto. Averiguou-se o melhor estabelecimento das mudas de *T. cassinoides* em ensaio de campo, frente à adubação orgânica. Além disso, a adubação fosfatada via fosfato natural reativo, principalmente a dose 160P, devido a condição de pH ácido no solo, favoreceu o desenvolvimento das mudas.

Palavras-chave: recuperação de áreas degradadas, vermicomposto, fosfato natural

ABSTRACT

In Brazil, there has been a concern in recent years with the preservation of forest species, in addition to the recovery of degraded areas. Such areas are poor in organic matter and nutrients, and may also be soils susceptible to erosion. The objective of this study was to evaluate the effect of organic and phosphate fertilization on the growth of *T. cassinoides* seedlings in a field trial, in addition to the survival rate. Due to the homogeneity of the experimental area, the seedlings were planted in a completely randomized design, considering each seedling as a repetition. The treatments were the same evaluated in pots, in which, for each treatment, ten seedlings were planted. The variables measured were: height (H) and stem diameter (SD) up to 180 days of experiment. During this period, the survival rate of the seedlings and the production of flowers and fruits were evaluated. At the end of the experiment, 180 days after planting, the phosphate treatments had better results when compared to the pot test, especially for the SD variable in which the 160P treatment had similar results to the AO. As for H, the AO treatment, as well as in the vase, provided the best results, in addition, it was the only treatment to have a survival rate of 100% and the presence of flower and fruit. The best establishment of seedlings of *T. cassinoides* was verified in field trials, against organic fertilization. In addition, the phosphate fertilization via reactive natural phosphate, mainly the 160P dose, due to the acidic pH condition in the soil, favored the development of seedlings.

Keywords: recovery of degraded areas, vermicompost, natural phosphate

1. INTRODUÇÃO

O número de espécies nativas ameaçadas de extinção é uma ameaça crescente ao longo dos anos no Brasil, e a situação parece se agravar no caso do bioma Mata Atlântica, que apresenta alta diversidade de espécies endêmicas, cujos remanescentes florestais equivalem a 12% da sua extensão original (ZWIENER et al., 2017). A redução do tamanho das populações dessas espécies nativas ocorre principalmente devido a exploração ilegal de madeira, abertura de áreas para a agricultura e atividades florestais, além da expansão dos centros urbanos (ROCHA, 2011).

O Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFlora, 2012) inclui a *T. cassinoides* no nível “em perigo (EN)” entre as espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção, proibindo, o manejo da madeira, corte, comercialização, beneficiamento e transporte. Nesse contexto, as UCs de proteção integral podem contribuir para a proteção dessa espécie, seja em âmbito nacional ou regional. Os parques municipais, na qual cita-se o PNMG, estão inseridos nessa categoria de UC, cuja finalidade, além da proteção das espécies presentes dentro dos mesmos, inclui a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, bem como podem proporcionar atividades de educação, recreação e contato com a natureza (BRASIL, 2009).

O PNMG está localizado na baixada fluminense no município de Nilópolis - RJ e tem como principal tipologia os campos antrópicos (SANTOS et al., 2021). Esta área é caracterizada por um alto grau de antropização, sendo observado principalmente várias espécies de gramíneas, algumas árvores e arbustos isolados (SOMADS, 2011), além de fragmentos de floresta paludosas composta por árvores de *T. cassinoides*. O PNMG é um dos poucos lugares que oferece lazer, recreação e contato com a natureza na baixada fluminense, demonstrando a sua importância tanto social quanto cultural para a região, principalmente em regiões de rápida expansão urbana, como Nilópolis, RJ (SOMADS, 2011).

O uso de vermicomposto como adubo fonte de matéria orgânica pode ser benéfico para a preservação da *T. cassinoides* dentro do PNMG, diante da extensa área antropizada dentro do mesmo (SANTOS et al., 2021). Seu uso em solos degradados pode ser uma alternativa para melhoria da qualidade do solo a partir do incremento de matéria orgânica (RUSINAMHODZI et al., 2013) e em solos suscetíveis à erosão, pode levar redução na produção de sedimentos (RAMOS et al., 2006). Adicionalmente, em áreas de baixada com lençol freático aflorado, como é o caso do PNMG, o vermicomposto torna-se uma alternativa de adubação orgânica frente a demais tipos, a exemplo, o lodo de esgoto, uma alternativa de adubação orgânica que vem apresentando resultados satisfatórios no desenvolvimento de mudas florestais (ABREU et al., 2017; CABREIRA et al., 2017; RIBEIRO et al., 2018), porém, com restrições de utilização dentro de UC's, bem como em solos hidromórficos (CONAMA, 2006).

No Brasil, uma das principais fontes de P utilizadas em plantios florestais são os fosfatos naturais (SILVEIRA e GAVA, 2004), eles são fonte alternativa às demais fontes fosfatadas, como os fosfatos acidulados e termofosfatos, por serem mais baratos e mais efetivos em certas condições de solo, cultura e manejo (RESENDE et al., 2006). Porém, com o aumento da demanda mundial de fertilizantes fosfatados e conseqüentemente o esgotamento das reservas de fosfatos de alta qualidade, novas estratégias para utilização de fontes alternativas são necessárias visando resultados satisfatórios para as culturas (RESENDE e FURTINI NETO, 2007). Contudo, o benefício de um adubo, não se deve basear apenas na disponibilidade de seu nutriente primário, como no caso das fontes fosfatadas, mas nos seus efeitos gerais sobre fertilidade do solo e desenvolvimento das árvores (GAVA et al., 1997). Sendo assim, é necessário o uso de fontes que forneçam demais nutrientes, como é o caso do vermicomposto

(ECKHARDT et al., 2021), levando à uma destinação de um dos principais resíduos agroindustriais gerados (ANTUNES et al., 2016).

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização e delineamento do experimento em campo

O ensaio de campo foi conduzido no PNMG, no município de Nilópolis, RJ, localizado nas coordenadas geográficas 22 ° 49' "S e 43 ° 25' W. O parque possui duas principais tipologias. Os campos antrópicos, caracterizado por alto grau de antropização, possuem principalmente várias espécies de gramíneas, algumas árvores e arbustos isolados (SOMADS, 2011; SANTOS et al., 2021) e florestas paludosas com altas densidades de *T. cassinoides* formando os caixetais. Esses caixetais são observados ao longo da extensão dos campos antrópicos, na qual possuem um dreno de característica intermitente (SANTOS et al., 2021).

O parque se encontra em sua grande parte em áreas de baixada e com predominância de Planossolo Háptico e Gleissolo Háptico (SOMADS, 2011). Para melhor caracterização do solo da área (Tabela 5), foram coletadas amostras nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm em três pontos, distanciados a 10 m entre si ao longo da área experimental. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, levadas ao laboratório e quantificadas segundo Teixeira et al. (2017).

Tabela 5. Análise química e granulométrica (erro padrão) nas profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm da área experimental localizada no Parque Natural Municipal de Gericinó, Nilópolis, RJ

Profundidade Cm	pH H ₂ O	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Al ⁺³	Na ⁺	K ⁺	P _{disp}	COT	Areia	Silte	Argila
		-----cmol _c dm ⁻³ -----				--mg dm ⁻³ --			g kg ⁻¹		
0-10	4,69	0,45	1,40	0,47	0,03	31,15	11,32	5,75	835	79	86
10-20	4,76	0,33	1,30	0,32	0,03	31,93	8,97	6,25	697	41	262
20-40	4,85	1,03	1,00	0,45	0,03	29,59	8,53	3,29	560	56	384

Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³: extrator KCl 1 mol L⁻¹; K⁺, Na⁺ e P_{disp}: extrator mehlich 1. Abreviações: COT, carbono orgânico total; P_{disp}, fósforo disponível. Valores obtidos a partir de três amostras.

O experimento foi instalado em dezembro de 2020, sendo conduzindo até junho de 2021. Nesse período, a precipitação média mensal foi de 80,14 mm e temperatura média mensal de 24,88 °C (Figura 13). Segundo a classificação Köppen-Geiger, o clima da região é Aw (tropical com inverno seco e verão chuvoso).

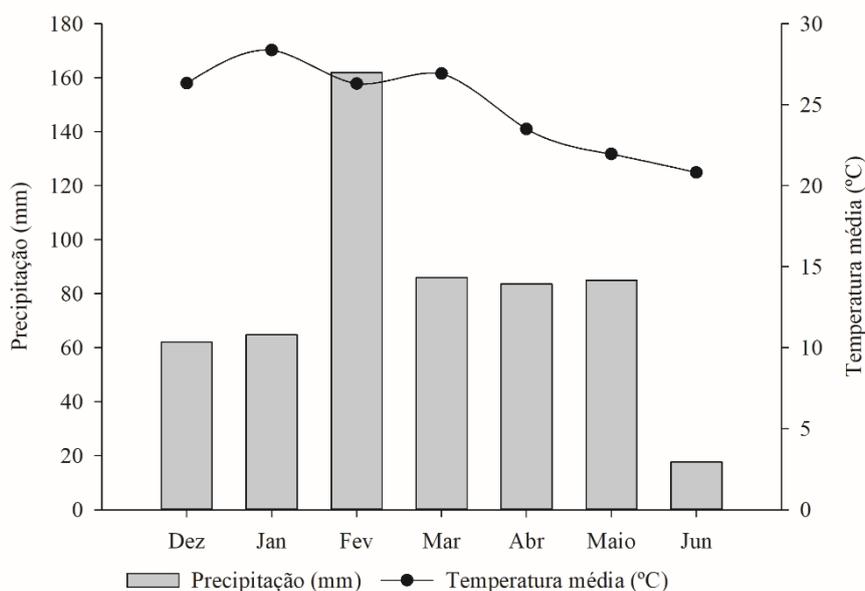


Figura 13. Precipitação total mensal (mm) e temperatura média mensal (°C), obtidas da estação meteorológica da Vila Militar localizada no município do Rio de Janeiro, estado do Rio de Janeiro, Brasil. Fonte: INMET (2021).

O plantio foi realizado no espaçamento 2 x 2 m, em covas de 40 x 40 cm (largura e profundidade). Devido à homogeneidade da área experimental, as mudas foram plantadas em delineamento inteiramente casualizado, considerando 5 repetições com 2 plantas por repetição. Os tratamentos foram os mesmos avaliados em ensaio de vaso, na qual, para cada tratamento, foram plantadas dez mudas.

Após a abertura das covas, as mesmas foram adubadas de acordo com os tratamentos descritos no material e métodos geral. Em seguida ao plantio, foi realizada a irrigação de cada muda.

Durante o período de estudo, não foi necessário o controle de formigas cortadeiras. Foi adotado como método de controle de plantas espontâneas a capina manual e roçada da vegetação herbácea nas entrelinhas de plantio. Esta operação ocorreu no mês de instalação das mudas, além de fevereiro e abril de 2021.

2.2 Mensurações realizadas

Para avaliação do crescimento das mudas de *T. cassinoides* em campo, foi levado em consideração o incremento ao longo dos meses, devido às características distintas entre os tratamentos (Tabela 6) oriundo dos resultados obtidos no ensaio de vaso. Para isso, durante o plantio das mudas no campo, foi realizada a medição da altura (H) e diâmetro do coleto (DC) com o auxílio de fita métrica e paquímetro digital, respectivamente. Nas medições subsequentes (30, 60, 90, 120 e 180 dias), os valores obtidos, foram subtraídos pelo valor da mensuração anterior. Durante esse período, foi avaliado a taxa de sobrevivência das mudas e produção de flores e frutos.

Tabela 6. Valores médios iniciais (erro padrão) para altura (H) e diâmetro do coleto (DC) no dia de plantio das mudas em campo.

Tratamentos	H (cm)	DC (mm)
T	47,08 ^c (1,73)	23,13 ^c (1,63)
AO	93,90 ^a (2,93)	34,38 ^a (1,91)
AOM	64,90 ^b (2,72)	27,63 ^b (1,74)
80P	50,48 ^c (2,94)	23,25 ^c (1,94)
40P	53,28 ^c (1,81)	24,00 ^c (1,11)
160P	48,96 ^c (1,38)	21,88 ^c (1,55)

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey (p < 0,05).

2.2 Análise estatística

Após verificar a normalidade pelo teste Shapiro-Wilk e homocedasticidade pelo teste Brown-Forsythe, as variáveis estudadas foram submetidas à análise de variância (ANOVA), considerando o delineamento inteiramente casualizado. As médias das variáveis foram avaliadas quanto ao teste F (p < 0,05) e comparadas pelo teste Tukey (p < 0,05). Os dados de H e DC foram submetidos à análise de regressão.

As análises estatísticas e confecção dos gráficos foram realizadas com auxílio do software Sigmaplot 14.0.

3. RESULTADOS

Nas análises de regressão, foram observados padrão quadrático significativo (p < 0,05) durante os 180 dias na qual as mudas se desenvolveram em campo, com valores do coeficiente de determinação (R²) variando entre 0,96 a 0,99 para DC (Figura 14A) e 0,91 a 0,99 para H (Figura 14B).

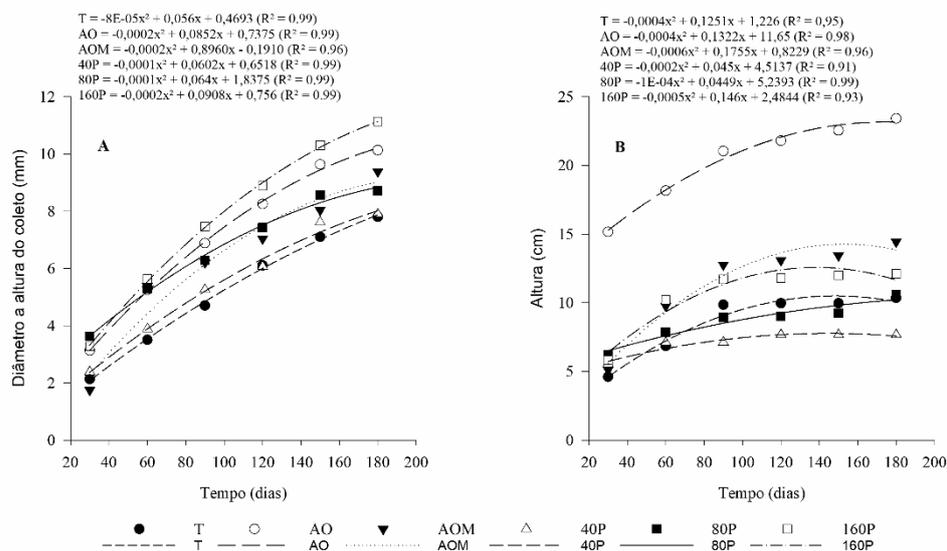


Figura 14. Incremento de diâmetro a altura do coleto (A) e altura (B) de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. em ensaio de campo durante 180 dias. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral; 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

Ao fim do experimento, 180 dias após o plantio, os tratamentos fosfatados proporcionaram melhores resultados quando comparado ao ensaio de vaso, em especial para a variável DC na qual o tratamento 160P proporcionou resultados similares ao AO e superiores aos observados em AOM (Tabela 7). Já para a H, o tratamento AO, assim como no vaso, proporcionou os melhores resultados, contudo a maior dose de adubação fosfatada (160P) proporcionou resultados similares a AOM (Tabela 7). Além disso, foi observado nos tratamentos AO e AOM ao longo dos 180 dias de plantio, a presença de material reprodutivo, ressaltando-se que o tratamento AO, foi o único que proporcionou a produção de frutos (Tabela 7).

Tabela 7. Incremento total de altura (H) e diâmetro a altura do coleto (DC), ocorrência de flor e fruto e taxa de sobrevivência de plantas de *Tabebuia cassinoides* (LAM.) DC. ao fim do ensaio, 180 dias após plantio.

Tratamento	H	DC	Flor	Fruto	Taxa de sobrevivência
	cm	mm			%
T	9,96 ^c (1,62)	7,70 ^c (0,42)	Não	Não	80
AO	23,41 ^a (2,89)	10,13 ^{ab} (0,91)	Sim	Sim	100
AOM	14,43 ^b (1,80)	9,38 ^b (0,52)	Sim	Não	90
80P	10,58 ^c (1,21)	8,71 ^{bc} (0,67)	Não	Não	90
40P	7,38 ^c (1,80)	7,89 ^c (0,52)	Não	Não	90
160P	11,87 ^{bc} (2,78)	11,13 ^a (1,06)	Não	Não	80

Médias seguidas de letras distintas na coluna diferem pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). O número entre parênteses representa o erro padrão. Abreviações: T, testemunha; AO, adubação orgânica; AOM, fertilizante organomineral (AOM); 80P, adubação fosfatada; 40P, metade da adubação fosfatada; 160P, dobro da adubação fosfatada.

O tratamento AO foi o único em que não houve mortalidade em campo 180 dias após plantio (Tabela 7), possuindo taxa de sobrevivência de 100%. Já os tratamentos AOM, 80P e 40P, obtiveram taxa de sobrevivência de 90%, enquanto que os tratamentos T e 160P, 80%.

4. DISCUSSÃO

O padrão de crescimento linear observado no ensaio de vaso e quadrático observado no ensaio de campo, pode estar associado ao grupo sucessional que pertence a espécie, considerada como secundária inicial (DURIGAN e NOGUEIRA, 1990). Nesse sentido, as mudas de *T. cassinoides* demonstram rápido crescimento inicial, propiciando padrão linear observado no ensaio de vaso, contudo, ao longo do tempo, o estímulo ao crescimento é menos pronunciado, gerando crescimento lento e propiciando um padrão quadrático observado no ensaio de campo.

Respostas favoráveis das mudas de *T. cassinoides* em campo em função da aplicação de diferentes doses de FN reativo (principalmente 160P) pode estar associado ao pH do solo da área de plantio (Tabela 5). Segundo Novais e Smith (1999), uma das condições para a solubilização dos FN é a existência de condições mais ácidas. Nesse sentido, enquanto o pH do

substrato nos vasos estava na faixa superior a 5,0; em campo, esses valores se encontravam abaixo de 5,0 independente da profundidade. Além disso, resultados mais significativos do efeito do P, foram observados para variável DC. Grave et al. (2007), afirmam que maior diâmetro está associado ao desenvolvimento acentuado do sistema radicular, na qual está associado a maior disponibilidade de P (LYNCH, 2007). Outros trabalhos (OLIVEIRA et al., 2011; CROUS et al., 2015) também observaram o efeito do P no diâmetro do caule, indicando a relação da disponibilidade de P com melhor desenvolvimento da muda em campo.

Além dos resultados positivos para as doses de P, a adubação orgânica, assim como em vaso, também propiciou resultados satisfatórios para o crescimento da *T. cassinoides*, principalmente para H. A matéria orgânica atua como condicionador do solo (CALDEIRA et al., 2008). Além disso, o adubo orgânico favorece a estrutura e estado das partículas de agregação, diminuindo a densidade, aumentando a aeração e retenção de umidade no solo (NOBREGA et al., 2007), beneficiando o crescimento das mudas em campo.

Outro destaque para o tratamento AO foi a ausência de mortalidade, além da produção de material reprodutivo. A sobrevivência de espécies florestais está diretamente relacionada com a qualidade das mudas utilizadas no plantio (CABREIRA et al., 2017), além disso, parâmetros morfológicos, como altura e diâmetro do coleto, podem ser bons indicativos de qualidade e conseqüentemente, sobrevivência dessas plantas em campo (GOMES et al., 2002). Diante disso, os resultados satisfatórios para AO obtidos no ensaio de vaso, justificam a ausência de mortalidade em campo. Além disso, mudas de *T. cassinoides* originadas a partir de brotação de cepas (como nesse estudo), já apresentam frutificação em indivíduos com 2 anos (BORGES et al., 2000). Nesse sentido, compreende-se a produção de material reprodutivo no ensaio de campo, contudo, a presença de frutos somente no tratamento AO, demonstra a importância da adubação de espécies florestais em programas de preservação de espécies ameaçadas de extinção, como é o caso da *T. cassinoides*.

Outro importante fator a se considerar quanto a taxa de sobrevivência, são os baixos índices de precipitação ocorridas na região nas primeiras semanas após o plantio (Figura 13). Diante disso, a adubação orgânica auxiliou na retenção de água, beneficiando a crescimento das mudas de *T. cassinoides*. Segundo Bellotto et al. (2009), em plantios de restauração florestal, há necessidade da operação de replantio, caso a taxa de sobrevivência das mudas em campo seja menor do que 90%. Nesse sentido, somente para os tratamentos T e 160P haveria necessidade de aplicação do trato silvicultural.

5. CONCLUSÕES

A adubação orgânica estimula melhor estabelecimento das mudas de *T. cassinoides* em ensaio de campo.

A adubação fosfatada via fosfato natural reativo, principalmente a dose 160P, estimula maior crescimento e desenvolvimento de *T. cassinoides* em campo frente à condição de pH ácido no solo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU, A. H. M.; LELES, P. S. S.; MELO, L. A.; OLIVEIRA, R. R.; FERREIRA, D. H. A. A. Caracterização e potencial de substratos formulados com biossólido na produção de mudas de *Schinus terebinthifolius* Raddi. e *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 1179-1190. 2017

ANTUNES, R. M.; CASTILHOS, R. M. V.; CASTILHO, D. D.; ANDREAZZA, R.; LEAL, O. A. Crescimento inicial de Acácia-negra com vermicompostos de diferentes resíduos agroindustriais. **Ciência Florestal**, v. 26, p. 01-09, 2016.

BELLOTTO, A.; VIANI, R. A. G.; NAVE, A. G.; GANDOLFI, F.; RODRIGUES, R. R. Monitoramento das áreas restauradas como ferramenta para avaliação da efetividade das ações de restauração e para redefinição metodológica. In: RODRIGUES, R. R.; BRACALION, P. H. S.; ISERNHAGEN, I. **Pacto Pela Restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal**. São Paulo: ESALQ, LERF, Instituto BioAtlântica, 2009. p. 128-148.

BORGES, K. H.; VIANA, V. M.; PAULO, R. A. Seed production and management of caixeta (*Tabebuia cassinoides*). **Scientia forestalis**, v. 57, p. 111-122. 2000.

CABREIRA, G. V.; LELES, P. S. S.; ALONSO, J. M.; ABREU, A. H. M.; SANTOS, G. R.; LOPES, N. F. Biossólido como componente de substrato para produção de mudas florestais. **Floresta**, v. 47, p 161-170. 2017.

CALDEIRA, C. F.; SOUZA, R.A.; SANTOS, A.M.; SAMPAIO, R.A.; MARTINS, E.R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, v. 56, p. 213-218. 2008.

CNCFlora. **Tabebuia cassinoides em Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012.2** Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia cassinoides](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Tabebuia%20cassinoides)>. Acesso em 24 julho 2021.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente-MMA/Brasil). **Resolução nº 375, de 29 de agosto de 2006**. 2006.

CROUS, K. Y.; ÓSVALDSSON, A.; ELLSWORTH, D. S. Is phosphorus limiting in a mature Eucalyptus woodland? Phosphorus fertilisation stimulates stem growth. **Plant Soil**, v. 391, p. 293–305, 2015.

DURIGAN, G.; NOGUEIRA, J. C. B. **Recomposição de matas ciliares**. São Paulo: Instituto Florestal, 1990. 14 p. (IF. Série Registros, 4).

ECKHARDT, D. P.; SANTANA, N. A.; SOUZA, E L.; FERREIRA, P. A. A.; ANTONIOLLI, Z. I.; MARTIN, J. D.; JACQUES, R. J. S. Comparison between cattle manure, organic compost, and vermicompost in the production of *Eucalyptus urograndis* seedlings. **Ciência Rural**, v. 51, e20200600, 2021.

GAVA, J. L.; GONÇALVES, J. L. M.; SHIBATA, F. Y.; CORRADINI, L. Eficiência relativa de fertilizantes fosfatados no crescimento inicial de eucalipto cultivado em solos do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 497-504, 1997.

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, p. 655-664. 2002

GRAVE, F.; FRANCO, E. T. H.; PACHECO, J. P.; SANTOS, S. R. Crescimento de plantas jovens de Açoíta-cavalo em quatro diferentes substratos. **Ciência Florestal**, v. 17, p. 289-298, 2007.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. 2021. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>.

LYNCH, J. P. Roots of the second green revolution. **Australian Journal of Botany**, v. 55, p. 493-512, 2007.

NOBREGA, R. S. A.; BOAS, R.C.V.; NOBREGA, J. C. A.; PAULA, A. M, MOREIRA, F. M.S. Utilização de bio-sólido no crescimento inicial de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolius* Raddi). **Revista Árvore**, v. 31, p. 239-246, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMITH, T. J. **Fósforo em condições tropicais**. Viçosa, MG: UFV, 1999. 399 p.

OLIVEIRA, G. A.; ARAÚJO, W. F.; CRUZ, P. L. S.; SILVA, W. L. M.; FERREIRA, G. B. Resposta do feijão-caupi as lâminas de irrigação e as doses de fósforo no cerrado de Roraima. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, p. 872-882, 2011.

RAMOS, M. C.; QUINTON, J. N.; TYRREL, S. F. Effects of cattle manure on erosion rates and runoff water pollution by faecal coliforms. **Journal of Environmental Management**, v. 78, p. 97-101, 2006.

RESENDE, A. V.; FURTINI NETO, A. E. **Aspectos relacionados ao manejo da adubação fosfatada em solos do Cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 32 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 195)

RESENDE, A. V.; NETO, A. E. F.; ALVES, V. M. C.; MUNIZ, J. A.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KIMPORA, D. I.; SANTOS, J. Z. L.; CARNEIRO, L. F. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p.453-466, 2006.

RIBEIRO, J. G.; LELES, P. S. S.; FONSECA, A. C.; SILVA, T. J.; SANTANA, J. E. S. Bio-sólido na composição de substratos para produção de mudas de duas espécies florestais utilizadas na arborização urbana. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 13, p. 01-12, 2018.

ROCHA, Y. Distribuição geográfica e época de florescimento do Pau-brasil (*Caesalpinia echinata* LAM. – LEGUMINOSAE). **Revista do departamento de Geografia**, v.20, p.23-36, 2011.

RUSINAMHODZI, L.; CORBEELS, M.; ZINGORE, S.; NYAMANGARA, J.; GILLER, K. E. Pushing the envelope? Maize production intensification and the role of cattle manure in recovery of degraded soils in smallholder farming areas of Zimbabwe. **Field Crops Research**, v. 147, p. 40–53, 2013.

SANTOS, R. N.; CABREIRA, W. V.; PEREIRA, M. G.; SOUZA, R. C.; LIMA, S. S.; LOUZADA, M. A. P.; SANTOS, G. L.; SILVA, A. C. R. Community Ecology of Soil Fauna Under Periodically Flooded Forest and Anthropic Fields. **Floresta e Ambiente**, 28, e20200052, 2020.

SILVEIRA, R. L. V. A.; GAVA, J. L. Nutrição e adubação fosfatada em eucalipto. In: Yamada, T.; Stipp e Abdalla, S. R. Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 495-530.

SOMADS - Secretaria de obras, urbanismo, meio ambiente e desenvolvimento sustentável. **Plano de Manejo Participativo do Parque Natural Municipal de Gericinó**. Nilópolis. 2011.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. **Manual de métodos de análise de solo**. 3ª ed. – Brasília, DF: Embrapa, 573 p, 2017.

ZWIENER, V. P., PADIAL, A. A., MARQUES, M. C., FALEIRO, F. V., LOYOLA, R., PETERSON, A. T. Planning for conservation and restoration under climate and land use change in the Brazilian Atlantic Forest. **Diversity and Distributions**, v. 23, p. 955-966, 2017.