

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

BIANCA DE BARROS

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS:
SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E
TÉCNICAS DE REVEGETAÇÃO PARA BASE DE
POÇO EM ECOSSISTEMA DE RESTINGA**

São Mateus – ES

Julho de 2021

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS:
SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E
TÉCNICAS DE REVEGETAÇÃO PARA BASE DE
POÇO EM ECOSSISTEMA DE RESTINGA**

BIANCA DE BARROS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

São Mateus – ES

Julho de 2021

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: SUBSTRATO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS E TÉCNICAS DE REVEGETAÇÃO PARA BASE DE POÇO EM ECOSSISTEMA DE RESTINGA

BIANCA DE BARROS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovado: 30 julho de 2021

Dra. Leila Beatriz Silva Cruz
Petrobras
Membro externo

Prof. Dr. Adriano Alves Fernandes
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador

Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador

“Conheço as tuas obras; eis que diante de ti pus uma porta aberta, e ninguém a pode fechar; tendo pouca força, guardaste a minha palavra, e não negaste o meu nome”.

APOCALIPSE 3:8

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus em especial, pela oportunidade do mestrado, por me guiar e me proteger em todas as minhas decisões. Aos meus pais, Diomar de Barros e Delzira Flegler de Barros, aos meus irmãos Deliany de Barros e José Ricardo de Barros, e ao meu noivo Lucas Ahnert Zaché, pelo incentivo e apoio aos meus estudos.

A todos os amigos que conquistei durante o mestrado, pessoas especiais que dividiram comigo o trabalho, as horas de estudos de disciplinas e as comemorações, desejo que todos tenham uma carreira de sucesso.

Ao meu orientador Fábio Ribeiro Pires, por me orientador durante este curso, disponibilizando seu tempo e conhecimento.

Aos professores pela dedicação durante as disciplinas, transmitindo-nos todo o conhecimento.

Ao professor Adriano Alves Fernandes e à Dra. Leila Beatriz Silva Cruz, membros da banca de avaliação da minha dissertação.

Ao Centro Universitário Norte do Espírito Santo (CEUNES) e ao Programa de Pós – Graduação em Agricultura Tropical, pela oportunidade do mestrado.

Ao PPGAT pelos serviços prestados e ao acolhimento realizado,

À ANP (Agência Nacional de Petróleo), ao CENPES/PETROBRAS (Centro de Pesquisas, Desenvolvimento e Inovação Leopoldo Américo Miguez de Mello) e à PETROBRAS (Petróleo Brasileiro S. A.) pelo financiamento das bolsas de estudo e custeio do projeto de pesquisa.

Por fim, gratidão a todos que de alguma forma contribuíram com minha formação antes e durante o mestrado.

Muito obrigada!

SUMÁRIO

RESUMO.....	iii
ABSTRACT.....	v
INTRODUÇÃO GERAL.....	vii
1.CAPÍTULOS.....	viii
1.1 CAPÍTULO 1- PRODUÇÃO DE MUDAS DE <i>Cedrela odorata</i> L. EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO SUBSTRATO.....	1
1.1.1 Resumo	1
1.1.2 Abstract.....	2
1.1.3 Introdução.....	3
1.1.4 Material e Métodos	4
1.1.5 Resultados e discussão	8
1.1.6 Conclusão.....	18
1.1.7 Referências.....	18
2.2 CAPÍTULO 2 – CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS EM BASE DE POÇO DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS EM ÁREA DE RESTINGA	25
2.2.1 Resumo.....	25
2.2.2 Abstract.....	26
2.2.3 Introdução.....	27
2.2.4 Material e métodos	29
2.2.5 Resultados.....	33
2.2.5.1 Crescimento vegetativo das espécies nativas ingazinho (<i>Inga laurina</i>) e goiabinha (<i>Psidium cattleianum</i>).....	33
2.2.5.2 Atributos Químicos do Solo	36
2.2.5.3 Mapa perceptual bidimensional: Análise dos componentes principais (ACP) e correlação entre as variáveis analisadas das espécies ingazinho (<i>Inga laurina</i>) e goiabinha (<i>Psidium cattleianum</i>).....	38
2.2.5.4 Dendograma das técnicas de plantio e manejo do solo das espécies nativas ingazinho (<i>Inga laurina</i>) e goiabinha (<i>Psidium cattleianum</i>)	40
2.2.6 Discussão	41

2.2.6.1 Crescimento vegetativo das espécies nativas ingazinho (<i>Inga laurina</i>) e goiabinha (<i>Psidium cattleianum</i>).....	41
2.2.6.2 Atributos químicos do solo.....	45
2.2.6.3 Mapa perceptual bidimensional: Análise dos componentes principais (ACP) e correlação entre as variáveis analisadas das espécies ingazinho (<i>Inga laurina</i>) e goiabinha (<i>Psidium cattleianum</i>).....	47
2.2.6.4 Conclusão.....	50
2.2.6.5 Referência.....	50

RESUMO

BARROS, Bianca de; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; julho de 2021; **Recuperação de áreas degradadas: Substratos para a produção de mudas e técnicas de revegetação para base de poço em ecossistema de restinga**; Orientador: Fábio Ribeiro Pires; Coorientador: Adriano Alves Fernandes, Luis Fernando Tavares de Menezes.

Programas de recuperação de áreas degradadas tornaram-se fundamentais para minimizar os impactos ambientais causados pela exploração dos recursos naturais. Neste sentido, é necessário que novas técnicas sejam fomentadas para oportunizar a produção de mudas de qualidade e também para possibilitar o estabelecimento das espécies nativas, a campo, nessas áreas perturbadas. Foram realizados dois experimentos. No primeiro, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial e a qualidade de mudas de cedro (*Cedrela odorata* L.) em diferentes substratos, diferenciados quanto à proporção dos materiais utilizados em sua composição: solo, substrato comercial, esterco bovino e areia, com adição de fertilizante de liberação lenta, visando empregá-las na revegetação de áreas degradadas. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Os resultados indicaram que o substrato T0, com 100% solo, não é indicado para produção de mudas dessa espécie, sendo, portanto, o substrato T5 (60% solo + 20% esterco bovino + 20% substrato comercial + fertilizante) o mais indicado, pois apresentou médias superiores em todas as variáveis estudadas. No segundo experimento, objetivou-se avaliar o crescimento de duas espécies nativas, goiabinha (*Psidium cattleianum*) e ingazinho (*Inga laurina*), em área de restinga, em uma base de poço de exploração de petróleo desativada, no norte do estado do Espírito Santo. Adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados – DBC, em esquema fatorial 2x3 sendo dois substratos (arenoso - retirando-se a base argilosa, e argiloso - mantendo a base argilosa e cultivando-se sobre ela) e três técnicas de plantio: espécie nativa consorciada com bromélia; nativa com adubação química e orgânica na cova; e nativa sem adubação e sem bromélia (testemunha), com cinco repetições. As duas espécies avaliadas obtiveram crescimento expressivo nos dois tipos de substrato, sendo portanto indicadas para a revegetação em áreas de restinga. O substrato argiloso apresentou melhores resultados de crescimento

vegetativo das espécies e maiores concentrações dos nutrientes Ca, Mg, K, e P. A técnica de plantio com adubação foi a que mais contribuiu para o crescimento das plantas.

Palavras chave: Espécies nativas, manejo do solo, áreas impactadas.

ABSTRACT

BARROS, Bianca de; M.Sc.; Federal University of Espírito Santo; July 2021; **Recovery of degraded areas: Substrates for the production of seedlings and revegetation techniques for well base in restinga ecosystem**; Advisor: Fábio Ribeiro Pires; Co-advisor: Adriano Alves Fernandes, Luis Fernando Tavares de Menezes.

Degraded area recovery programs have become essential to minimize the environmental impacts caused by the exploitation of natural resources. In this sense, it is necessary that new techniques are promoted to create opportunities for the production of quality seedlings and also to enable the establishment of native species, in the field, in these disturbed areas. Two experiments were carried out. In the first, the objective was to evaluate the initial development and quality of cedar (*Cedrela odorata* L.) seedlings on different substrates, differentiated by the proportion of materials used in their composition: soil, commercial substrate, cattle manure and sand, with addition of slow-release fertilizer, aiming to use them in the revegetation of degraded areas. The experimental design used was randomized blocks with nine treatments and four replications. The results indicated that the substrate T0, with 100% soil, is not suitable for the production of seedlings of this species, therefore, the substrate T5 (60% soil + 20% cattle manure + 20% commercial substrate + fertilizer) is the most suitable, as it presented higher means in all studied variables. In the second experiment, the objective was to evaluate the growth of two native species, guava (*Psidium cattleianum*) and ingazinho (*Inga laurina*), in a restinga area, in a deactivated oil exploration well base, in the north of the state of Espírito Santo. The experimental design was randomized blocks - DBC, in a 2x3 factorial scheme with two substrates (sandy - removing the clayey base, and clayey - keeping the clayey base and cultivating on it) and three planting techniques: species native intercropped with bromeliad; native with chemical and organic fertilization in the pit; and native without fertilization and without bromeliad (control), with five repetitions. The two species evaluated showed expressive growth in both types of substrate, being therefore indicated for revegetation in restinga areas. The clayey substrate showed better results of vegetative growth of the species and higher concentrations

of nutrients Ca, Mg, K, and P. The technique of planting with fertilization was the one that most contributed to plant growth.

Key words: Native species, soil management, impacted areas.

INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil possui expressivo potencial para a mineração devido a sua geodiversidade, comparando-se com grandes potências mundiais como EUA, Rússia, Canadá, Austrália e África do Sul (SOUZA et al., 2016). A mineração é reconhecida globalmente como a base no projeto de aprimoramento de inovações econômicas e tecnológicas para a sociedade mundial, sendo um setor econômico catalisador para qualquer nação em desenvolvimento (GOH; EFFENDI, 2017). Em busca de desenvolvimento e avanços tecnológicos na sociedade, impactos ambientais são gerados, causando problemas especialmente no local de exploração (BOSAK et al., 2020). A degradação dessas áreas reduz sua resiliência, necessitando da intervenção humana para contribuir com o avanço da recuperação do meio perturbado (LIMA et al., 2017).

Na tentativa de minimizar os impactos ambientais pesquisam-se técnicas para a recuperação dessas áreas. Dentre elas, a produção de mudas de espécies florestais e técnicas de plantio para restauração de ecossistemas degradados. Segundo Kratz et al. (2013), na produção de mudas de qualidade o substrato é um dos fatores mais importantes a ser avaliado, pois detém a função de oferecer um ambiente adequado para o desenvolvimento da planta, como sustentação, nutrição, e condicionamento para o desenvolvimento radicular.

Após a seleção de espécie nativa, o aprimoramento de técnicas de plantio em campo é considerado um ponto de partida para a recuperação do ecossistema, devido ao seu estabelecimento no terreno, evitando erosões, mantendo o microclima do local, bem como, influenciando na umidade e na fertilidade do solo (GOMES et al., 2015). De acordo com Fonseca et al. (2002), os projetos de recuperação de áreas degradadas só terão sucesso quando priorizarem as técnicas de produção de mudas, buscando melhorias para o aprimoramento de qualidade das plantas, bem como, aperfeiçoarem as técnicas de revitalização de espécies nativas em campo.

Deste modo, realizaram-se dois experimentos, levando em consideração produção de mudas de qualidade em diferentes composições de substrato, e a avaliação de técnicas de plantio de mudas nativas em base de poço sob descomissionamento.

1. CAPÍTULOS

1.1 CAPÍTULO 1- PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Cedrela odorata* L EM FUNÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO SUBSTRATO

1.1.1 Resumo

O aperfeiçoamento de técnicas de produção de mudas de espécies nativas é muito importante para que se consiga obter mudas de qualidade e minimizar os custos de produção. O tipo de substrato e sua composição são determinantes para que a planta se desenvolva adequadamente. Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial e a qualidade de mudas de cedro (*Cedrela odorata* L.) em diferentes substratos, diferenciados quanto à proporção dos materiais utilizados em sua composição, visando empregá-las na revegetação de áreas degradadas. Realizou-se o experimento em casa de vegetação, adotando-se o delineamento em blocos casualizados com nove tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por diferentes porcentagens de solo, substrato comercial, esterco bovino e areia, com adição de fertilizante de liberação lenta. Avaliou-se o índice de velocidade de emergência (IVE), altura da planta (cm), diâmetro do coleto (mm), número de folhas (un), área foliar (cm²), comprimento da raiz (cm), volume da raiz (cm³), massa fresca da parte aérea (g), massa fresca da raiz (g), massa seca da parte aérea (g), massa seca da raiz (g), índice de qualidade de Dickson (IQD), clorofila *a*, clorofila *b*, e clorofila total (ICF). Constatou-se que o substrato T0, com 100% solo, não é indicado para produção de mudas dessa espécie, pois apresentou desempenho inferior aos demais. O substrato T5 (60% solo + 20% esterco bovino + 20% substrato comercial + fertilizante), sempre se manteve com média igual ou superior aos demais tratamentos, sendo portanto o substrato recomendado para a produção de mudas dessa espécie vegetal.

Palavras-chave: Cedro; manejo; propagação de mudas; recuperação de áreas degradadas.

1.1.2 Abstract

PRODUCTION OF *Cedrela Odorata* L SEEDLINGS AS A FUNCTION OF SUBSTRATE COMPOSITION.

The improvement of native species seedling production techniques is very important to obtain quality seedlings and to minimize production costs. The type of substrate and its composition are crucial for the plant to develop properly. Given the above, the objective was to evaluate the initial development and quality of cedar (*Cedrela odorata* L.) seedlings on different substrates, differentiated in the proportion of materials used in their composition, aiming to use them in the revegetation of degraded areas. The experiment was carried out in a greenhouse, adopting a randomized block design with nine treatments and four replications. The treatments consisted of different percentages of soil, commercial substrate, cattle manure and sand, with the addition of slow-release fertilizer. The emergence speed index (IVE), plant height (cm), stem diameter (mm), number of leaves (un), leaf area (cm²), root length (cm), root volume were evaluated. (cm³), shoot fresh mass (g), root fresh mass (g), shoot dry mass (g), root dry mass (g), Dickson quality index (IQD), chlorophyll a, chlorophyll b, and total chlorophyll (ICF). It was found that the substrate T0, with 100% soil, is not suitable for the production of seedlings of this species, as it presented inferior performance to the others. The substrate T5 (60% soil + 20% cattle manure + 20% commercial substrate + fertilizer) always maintained an average equal to or higher than the other treatments, being therefore the recommended substrate for the production of seedlings of this plant species.

Keywords: Cedar; management; seedling propagation; recovery of degraded areas.

1.1.3 Introdução

A espécie nativa *Cedrela odorata* L. pertence à família das Meliaceae e é conhecida popularmente como cedro-cheiroso, cedro-vermelho e cedro-mogno. O mesmo pode atingir aproximadamente 35 metros de altura, com troncos variando entre 90 a 150 cm de diâmetro (PASSOS et al., 2008). Adaptam-se em ambientes degradados, apresentando alta taxa de sobrevivência (CARNEVALI et al., 2016).

O cedro apresenta grande importância para o setor moveleiro pois sua madeira é moderadamente pesada, com a coloração variando entre castanho-claro, bege-rosado-escuro e castanho avermelhado, sendo essa espécie utilizada para fabricações de marcenaria, caixotaria, obras internas, tabuados, caixas de charuto e embarcações leves (LOCATELLI; MACEDO; VIEIRA, 2006). Em áreas urbanas é comumente utilizado para arborização em parques e praças, bem como em plantios de recuperação de áreas degradadas e recomposição de matas ciliares (RIZZINI E MORS, 1976)

A presença das espécies florestais é essencial para o equilíbrio ecológico dos ecossistemas na qual estão inseridas, e as modificações causadas pelo homem influenciam nas características dessas áreas. Essas espécies contribuem para a reabilitação do solo, atração de fauna, reabastecimento de lençol freático e contenções de erosões em áreas degradadas (FERREIRA et al., 2016).

Na recomposição de áreas degradadas a etapa de produção de mudas é de extrema importância. As mudas em produção são cultivadas em substratos que tem a função primordial de promover o suporte e funcionar como regulador da disponibilidade de água e nutrientes para que a planta possa se desenvolver (KÄMPF; FIRMINO, 2000). Além disso, visa garantir uma muda de qualidade em um curto período de tempo e de baixo custo.

A produção de mudas de qualidade está relacionada diretamente com os níveis de eficiência dos substratos, pois a germinação de sementes, a protrusão da radícula, a formação do sistema radicular e da parte aérea associam-se com a aeração, drenagem, retenção de água e disponibilidade de nutrientes (CALDEIRA et al., 2000). Deste modo, o substrato no qual a plântula é cultivada, desde a emergência até o transplântio para o campo, deverá adequadamente desempenhar funções de sustentação, retenção de água, nutrientes e oxigênio, com pH adequado e condutividade elétrica compatível com o meio, sem a presença de substâncias

tóxicas. Em razão disso, um fator que também influencia na qualidade do substrato está relacionado às proporções e aos tipos de materiais que o compõem (DIAS, et al., 2010), pois, geralmente, promove-se a mistura de duas ou mais matérias primas que, juntas, resultarão em condições físicas, químicas e biológicas adequadas para o crescimento inicial da muda. Os mais comumente utilizados são: solo (ARAÚJO et al., 2016), areia (ALVES et al., 2017), substrato comercial (RAZZAK et al., 2018), esterco bovino (MARQUES et al., 2018), fibra de coco (RODRIGUES et al., 2016), resíduos industriais e agroindustriais (ROSA et al., 2021), cinza de casca de arroz, casca de arroz carbonizada (SILVA et al., 2020), húmus de minhoca (PRADO et al., 2016), palha de café (ALMEIDA et al., 2018), entre outros. As variações na composição ou propriedade do substrato pode interferir no processo final da produção de mudas, desde a germinação de sementes, até o desenvolvimento irregular da muda.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento inicial e a qualidade de mudas de *C. odorata* L. em diferentes substratos, visando empregá-las na revegetação de áreas degradadas.

1.1.4 Material e Métodos

O experimento foi conduzido no período de abril a agosto de 2020, em casa de vegetação com sombrite 30%, localizada na Universidade Federal do Espírito Santo – campus São Mateus, com aproximadamente 38 m de altitude, nas coordenadas geográficas de latitude sul 18° 40' 36" e longitude oeste 39° 51' 35". Apresentando clima do tipo AW (tropical úmido) segundo a classificação de koppen (ALVARES et al., 2014).

Foram testados nove substratos quanto ao seu efeito no crescimento de mudas de *Cedrela odorata* L. Para isso, adotou-se o delineamento experimental em blocos casualizados – DBC com nove tratamentos (Tabela1) e quatro repetições, correspondentes a 36 parcelas, constituídas por sete plantas em cada parcela, totalizando duzentos e cinquenta e duas unidades experimentais.

TABELA 1. Tratamentos empregados e suas respectivas composições

Tratamentos	Composição
T0	100% Solo + Fertilizante
T1	100% Substrato comercial + Fertilizante
T2	60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante
T3	60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante
T4	60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante
T5	60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante
T6	20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante
T7	40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante
T8	40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante

Para a composição dos substratos coletaram amostras de 0 a 20 cm de um Argissolo Amarelo Distrófico textura areia franca, com teores de 106 g kg⁻¹ de argila, 884 g kg⁻¹ de areia, 10 g kg⁻¹ de silte e atributos químicos conforme a Tabela 2. A correção do solo foi realizada de acordo com o manual de recomendação de calagem e adubação (PREZOTTI et al. 2007).

TABELA 2. Atributos químicos de um Argissolo Amarelo Distrófico, utilizado na composição dos substratos, coletado na profundidade de 0-20 cm

pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	t	V	M
(H ₂ O)	g Kg ⁻¹	--- mg dm ⁻³ ---					-----cmolc dm ⁻³ -----					----%----	
4,7	2,1	1,2	16,0	7,0	0,4	0,2	1,0	5,8	0,7	6,5	1,7	10,7	58,8

pH em água 1:2,5; P: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por colorimetria; K: extrator Mehlich⁻¹ e determinação por espectrofotometria de chama; Ca e Mg: extrator KCl 1 mol/L e determinação por espectrometria de absorção atômica; Al: extrator KCl 1 mol/L e determinação por titulometria. H + Al: extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L pH 7,0 e MO: oxidação de carbono via úmida com dicromato de potássio em meio ácido (H₂SO₄).

O esterco bovino foi obtido em uma propriedade rural situada no município de Nova Venécia, ES. O substrato comercial utilizado foi composto por turfa de sphagnum, fibra de coco, casca de arroz, casca de pinus e vermiculita. O fertilizante de liberação lenta foi composto pelos macronutrientes nitrogênio, fósforo e potássio (formulado 15-9-12), juntamente com os nutrientes magnésio, cobre, boro, ferro, manganês, molibdênio e zinco. Foram aplicados 6 kg por metro cúbico de substrato. Os componentes que constituíram os substratos foram homogeneizados com uma mesma quantidade de fertilizante, por 2 minutos, em uma betoneira.

As sementes foram adquiridas em um viveiro credenciado no Registro Nacional de Sementes e Mudanças (RENASSEM) localizado na região de São Mateus, ES. O teste de germinação foi realizado em laboratório, em B.O.D com temperatura de 25 °C constante e fotoperíodo de 12 horas dia e 12 horas noite. Inicialmente, as sementes foram tratadas com fungicida com o ingrediente ativo Captana por 15 minutos em solução 1%. A semeadura ocorreu em substrato de papel filtro em placa de petri conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Para desinfecção do substrato a placa de petri e o papel filtro foram submetidos à autoclavagem por 20 minutos a 120 °C e secagem por 12 horas em estufa a 70 °C. Utilizou-se água destilada para umedecer o substrato. Conforme o Manual de Produção de Mudanças de Espécies Florestais Nativas (SCREMIN-DIAS et al., 2006), utilizaram-se 5 repetições com 20 sementes totalizando 100 sementes para o teste de germinação. Realizou-se a contagem do 1º dia até o 7º dia, obtendo-se o resultado de 80% de germinação.

O recipiente utilizado para a produção das mudas foi tubete de polipropileno com 290 cm³ em forma cônica, com uma perfuração na extremidade inferior, e com dimensões de 19,0 cm de comprimento e abertura de 6,3 cm de diâmetro na parte superior. Cada tubete recebeu duas sementes da espécie *C. odorata* L. Utilizou-se a irrigação por aspersão, quatro vezes ao dia, por 15 minutos, duas vezes pela manhã e duas vezes pela tarde, com precipitação média de aproximadamente 8 mm dia⁻¹.

As mudas permaneceram por noventa dias após semeadura na casa de vegetação, avaliando-se, primeiramente, o índice de velocidade de emergência (IVE), em contagem diária no período de 07:00 às 10:00 horas da manhã, utilizando-se o critério do estágio tipo “gancho” para a contagem das plântulas. Para a determinação do IVE empregou-se a metodologia proposta por Maguire (1962) onde:

$$IVE = \frac{E1}{N1} + \frac{E2}{N2} + \dots + \frac{En}{Nn}$$

Em que:

IVE = índice de velocidade de emergência.

E1, E2, ..En = número de plântulas computadas na primeira contagem até a última contagem.

N1, N2, ... Nn = número de dias da semeadura à primeira até a última contagem.

Após quinze dias da emergência realizou-se o desbaste e a repicagem, permanecendo uma planta por tubete. Após a repicagem iniciaram-se as análises biométricas: altura de plantas (cm), com um auxílio de uma trena, adotando-se como critério a distância entre o colo da planta e a extremidade do broto terminal do ramo; diâmetro do coleto, medido na muda ao nível do substrato, utilizando-se paquímetro digital (mm); e número de folhas, para o qual contou-se manualmente as folhas desenvolvidas. Foram determinados também a clorofila *a*, clorofila *b* e clorofila total (ICF) em folha totalmente desenvolvida, exposta à radiação solar, no terço médio da lâmina, nas primeiras horas do dia, obtendo-se seis leituras por planta de *C. odorata* L. em cada parcela, com o auxílio do ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (FALKER, 2008).

Posteriormente, aos noventa dias da semeadura, foram realizadas as análises destrutivas: área foliar (cm²), obtida através do medidor de área foliar de bancada, modelo Li-Cor L1-3100, em cinco plantas de *C. odorata* L. em cada parcela. Determinou-se o volume da raiz (VR): as raízes foram lavadas em água corrente e transferidas para uma proveta graduada, contendo volume específico de água; ao adicionar as raízes, determinou-se o volume de água deslocada, sendo este valor equivalente ao volume ocupado pelas raízes, onde 1,0 mL equivale a 1,0 cm³ (SILVA et al., 2006). O comprimento da raiz foi determinado com o auxílio de uma régua. Obteve-se também o peso da massa fresca e seca da parte aérea e da raiz. O peso da massa seca foi determinado após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a 65 °C, por 72 horas.

O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado de acordo com a equação proposta por DICKSON et al. (1960).

$$IQD = \frac{MST}{\frac{H}{DC} + \frac{MSPA}{MSR}}$$

Onde: MST = massa seca total (g); MSPA = massa seca parte área (g); MSR = massa seca da raiz (g); H = altura da muda (cm) e DC = diâmetro do coleto (mm).

Para a análise estatística, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e quando significativo, foram comparados pelo teste de agrupamento de médias de *Scott-Knott* ($p < 0,05$), utilizando o pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (FERREIRA et al., 2018) no software R (R CORE TEAM, 2018).

1.1.5 Resultados e discussão

O Índice de Velocidade de Emergência não diferiu entre os tratamentos, indicando que não houve interferência da composição dos substratos na germinação de *C. odorata* L. (Figura 1).

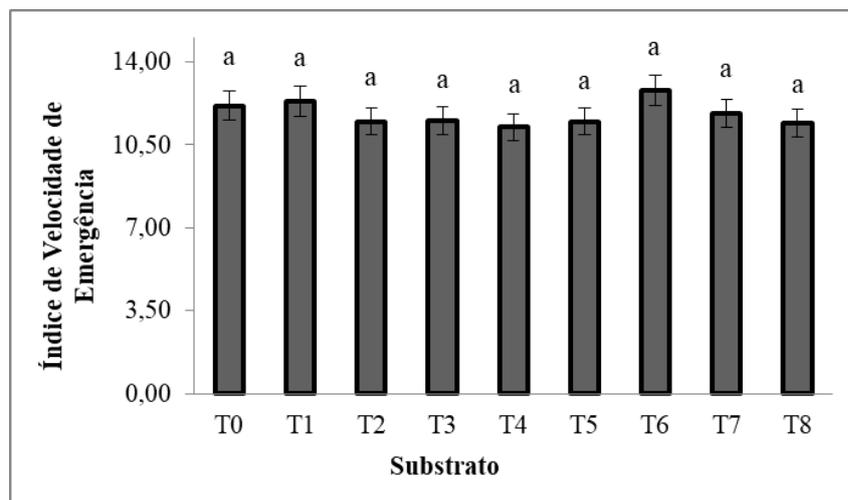


FIGURA 1. Índice de Velocidade de Emergência de mudas de *Cedrela odorata* L. cultivadas em diferentes substratos, 15 dias após a sementeira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação: 8,08%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

Para a variável altura de plantas, a composição de T2 (60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante) e T4 (60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante) proporcionou médias inferiores à testemunha e aos demais tratamentos (Figura 2). Obtendo-se uma altura de 10,32 cm para o T2 e 10,44 cm para o T4, constata-se uma diferença, em média, de aproximadamente 11,80% menor em relação aos outros substratos. O tratamento T2, com apenas dois materiais na sua composição e contando com maior concentração de solo do que esterco bovino, não favoreceu o crescimento da planta. Isso pode ter ocorrido pois o substrato com maior porcentagem de solo pode resultar em menor crescimento a planta, por não promover condições físicas mais adequadas para um bom desenvolvimento da muda, relacionadas à estruturação do substrato, como retenção de água, porosidade e aeração (FARIAS et al., 2019). Em contrapartida, Steffen et al. (2010) pressupõem que, apesar da matéria orgânica apresentar alto percentual de porosidade total, o espaço poroso pode estar ocupado por grande quantidade de microporos, o que aumenta a capacidade de absorver água e reduzir a aeração do substrato, o que possivelmente seja o principal fator responsável pelo baixo crescimento de mudas. É válido ressaltar que a mistura de solo e esterco bovino é muito utilizada para a produção de mudas de qualquer espécie, mas que especificamente essa mistura de 60% solo e 40% de esterco bovino, para o cedro, não favoreceu essa característica da planta.

No tratamento T4 a menor altura da planta relaciona-se, provavelmente, à adição de areia, que pode promover um baixo desempenho vegetativo. A areia apresenta baixa capacidade de retenção de água, e com isso, ocorre um aumento na lixiviação de nutrientes contidos no meio, além da baixa capacidade de troca catiônica (SULIMAN et al., 2017). Tais inferências corroboram com Cruz, Andrade, Feitosa (2016), que relatam que substratos que continham solo e areia não proporcionaram condições favoráveis ao crescimento em altura das plantas de *Spondias tuberosa*. A medição da parte aérea é de fácil aquisição, e empregada com muita eficiência para o padrão de qualidade de mudas de espécies nativas, entretanto, para essa espécie, não há uma altura padrão definida (OLIVEIRA; LIMA; LIMA, 2014).

Em relação ao diâmetro do coleto não houve diferença estatística entre os tratamentos. O diâmetro do coleto é uma das características que melhor prediz a qualidade de mudas florestais, pois reflete no acúmulo de reservas (FARIA et al.,

2016), garantindo assim, resistência a planta com uma maior capacidade de sobrevivência após o plantio em campo (CERQUEIRA et al., 2017).

Para a variável número de folhas, não houve diferença entre os tratamentos, ou seja, todos mantiveram, durante 90 dias, a mesma quantidade de folhas. Ressalta-se que a presença do nitrogênio no fertilizante e no esterco bovino pode ter contribuído para essa uniformização (Figura 2). O nitrogênio é muito importante para a formação de novos tecidos vegetativos, pois propicia melhor vigor vegetativo e resulta em maior número de folhas por planta (NUNES et al., 2016). Além disso, é o macronutriente requerido em maior quantidade para a formação de novas folhas (LAVIOLA; DIAS, 2008).

Na comparação da área foliar, ocorreu diferença entre os tratamentos. O T0 apresentou a menor média em relação aos outros substratos com um decréscimo de aproximadamente 39% em relação a T2, T4 e T8, que por sua vez foram inferiores a T1, T3, T5, T6 e T7, com uma diferença em média de 23% (Figura 2). Smiderle e Souza (2016) evidenciam que a utilização de substrato com o equilíbrio de nutrientes adequado em condições de casa de vegetação, são fatores que proporcionam um rápido aumento de área foliar de mudas em formação, ou seja um, desequilíbrio entre esses nutrientes pode ter levado os tratamentos T0, T2, T4 e T8 a apresentarem menor expansão foliar. Deste modo, ressaltar-se que a área foliar é um fator fundamental, pois quanto mais expandida, maior será a taxa fotossintética produzida pela muda, visto que as folhas são órgãos exportadores capazes de produzirem fotossintatos (TAIZ et al., 2017).

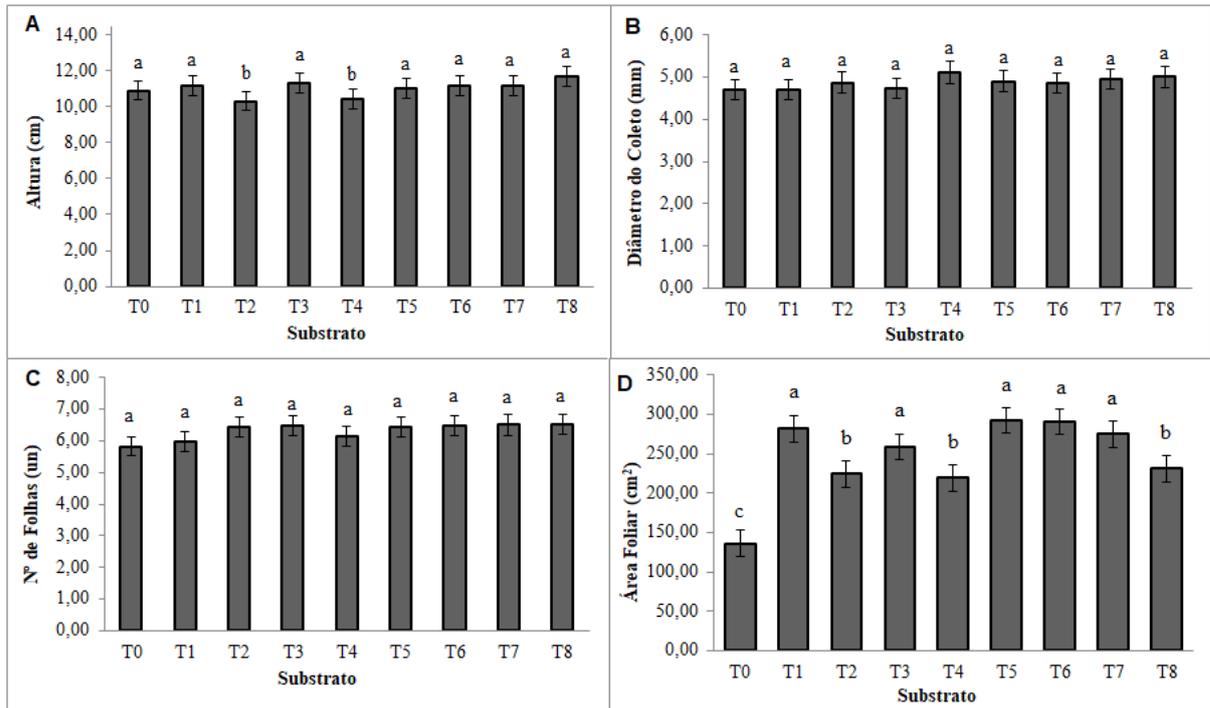


FIGURA 2. Altura da planta (cm) (A), diâmetro do coleto (mm) (B), número de folhas (un) (C) e área foliar (cm²) (D) de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em diferentes substratos, 90 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficientes de Variação: altura: 4,51%; diâmetro do coleto: 7,39%; número de folhas: 6,11%; área foliar 13,98%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

O comprimento e o volume da raiz apresentaram resultados similares (Figura 3). Os substratos que proporcionaram maior comprimento e volume de raiz foram nos tratamentos T1, T4, T5, T8 e T7 (este último obteve o maior desenvolvimento somente para o comprimento de raiz). Deste modo, entende-se que as proporções e combinações de materiais utilizados nesses substratos com maior desenvolvimento radicular podem ter garantido um meio físico com uma concentração maior de poros, que são preenchidos por ar ou água, transportando O₂ e CO₂ para as raízes, permitindo assim que o sistema radicular aproveitasse toda a área do tubete. Cabe destacar que o crescimento e o volume radicular são parâmetros fundamentais, pois apresenta relação direta com o volume de substrato em que as raízes exploram (BORCIONI; MÓGOR; PINTO, 2016). Quanto menor a

densidade em um meio, maior é porcentagem de espaço poroso, que facilita o crescimento e volume da raiz, condicionando melhor infiltração da água no substrato (PACHECO et al., 2015), e quanto maior a densidade de raiz da planta, melhor a agregação do substrato da muda (MELO et al., 2018). Os tratamentos T0, T2, T3, T6 e T7 (somente para volume de raiz), obtiveram o menor desenvolvimento de sistema radicular. Provavelmente, nesses substratos ocorreu menor quantidade de poros, minimizando a aeração das raízes e a quantidade de água. A porosidade é responsável pela troca gasosa, determinante na movimentação da água no recipiente e está relacionada diretamente com o volume para o desenvolvimento radicular (ZORZETO et al., 2014). Observa-se que para a variável volume de raiz, a testemunha com o tratamento 100% solo, apresentou o pior desenvolvimento de raiz, o que se deve ao fato de que o solo puro possui baixo teor de matéria orgânica, com pouca infiltração e aeração, em relação aos demais, resultando em uma elevada densidade, inibindo assim o crescimento radicular (ZIETEMANN;ROBERTO, 2007).

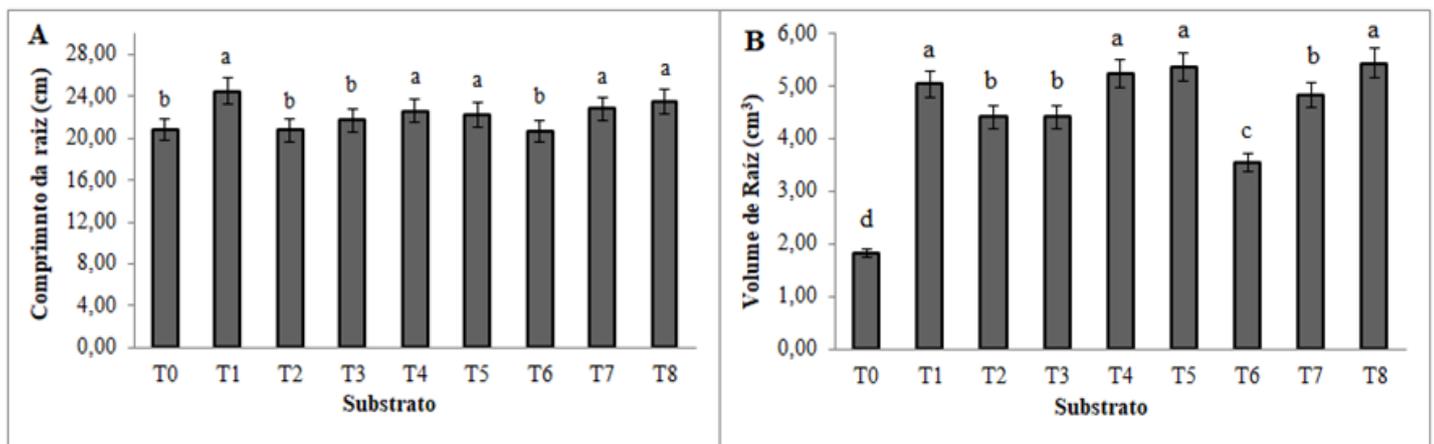


FIGURA 3. Comprimento de raiz (cm) (A) e volume de raiz (cm³) (B) de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em diferentes substratos, 90 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação: comprimento de raiz: 4,99%; volume de raiz: 7,17%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

Os resultados de massa fresca e seca da parte aérea e de raízes exibiram o mesmo comportamento, em que a menor massa acumulada foi obtida no substrato que continha 100% solo (Figura 4). Apesar de algumas diferenças, a mesma tendência foi observada para massa fresca da parte aérea. Pesquisas confirmam que substratos compostos apenas por solo resultam em menor acúmulo de massa seca da raiz e parte aérea da muda (CAVALCANTE et al., 2016). De maneira geral, espera-se que a mistura de matéria orgânica aos substratos proporcione maior desenvolvimento vegetativo, e conseqüentemente maior acúmulo de biomassa (LIMA et al., 2003; ABID et al., 2016; SUASSUNA et al., 2016).

Entretanto, a qualidade das mudas de cedro em relação à biomassa não respondeu ao incremento desse insumo no presente trabalho. Por outro lado, o substrato comercial equilibrado também pode contribuir com o maior acúmulo de biomassa (JEROMINI et al., 2018), pois favorece a aeração e a maior retenção de umidade, além do fornecimento de nutrientes. Todos os tratamentos receberam fertilizante mineral de liberação lenta e isso pode ter contribuído para pouca diferenciação entre eles, quanto à produção de biomassa (SCHEER; CARNEIRO e SANTOS, 2010). A massa seca é uma variável decisiva na seleção de mudas pois quanto maior o teor de massa seca, maior será o acúmulo de reserva de assimilados que podem garantir a sobrevivência das plantas após o plantio em campo (JEROMINI et al., 2018).

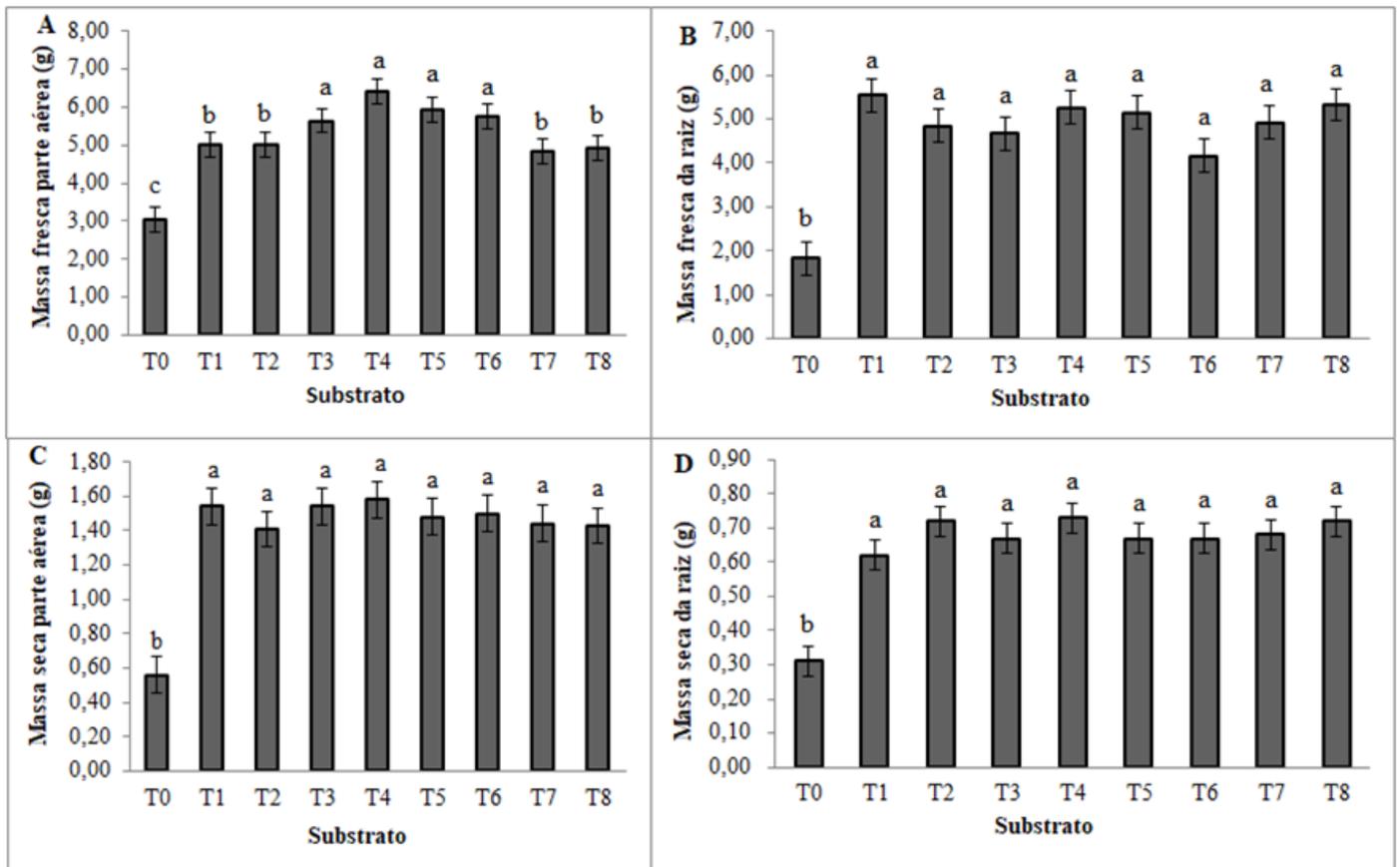


FIGURA 4. Massa fresca parte aérea (g) (A), massa fresca da raiz (g) (B), massa seca da parte aérea (g) (C), e massa seca da raiz (g) (D) de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em diferentes substratos, 90 dias após a sementeira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação: massa seca da parte aérea: 12,47%; massa fresca da raiz: 11,28%; massa seca parte aérea: 9,49%; massa seca raiz: 10,65%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

Nas variáveis de clorofila, somente a clorofila *a* apresentou diferença estatística, nos tratamentos T4, T6 e T8 obtendo médias inferiores à testemunha e aos demais tratamentos (Figura 5). A quantidade de clorofila nas folhas, permite uma estimativa indireta da nutrição da planta, uma vez que a maior parte de N é incorporado na folha em forma de clorofila (MORAN et al., 2000; OLARIA et al., 2016). Portanto, a concentração de clorofila nas folhas apresenta uma avaliação da aquisição de N pela planta (COELHO et al., 2010; FRANCESCHI et al., 2018; SILVA JÚNIOR et al., 2018). Esse nutriente faz parte da síntese da molécula de clorofila, influenciando também na capacidade fotossintética das plantas (TAIZ et al., 2017). As combinações de substratos também influenciam na variação do teor de clorofila

foliar (AFONSO et al., 2017). Os menores valores do teor de clorofila *a* foi apresentado pelos tratamentos T4, T6 e T8. Os pigmentos fotossintéticos podem variar de acordo com a espécie do vegetal. A clorofila *a* é o pigmento utilizado para realizar a primeira fase da fotossíntese (fotoquímica), enquanto os outros tipos de pigmentos acessórios incluindo a clorofila *b* auxiliam na captação de luz e na transferência de energia radiante para os centros de reação (STREIT et al., 2005). A clorofila *b*, por exemplo, é um pigmento acessório que capta os fótons de luz e transfere para a clorofila *a* (SCALON et al., 2003).

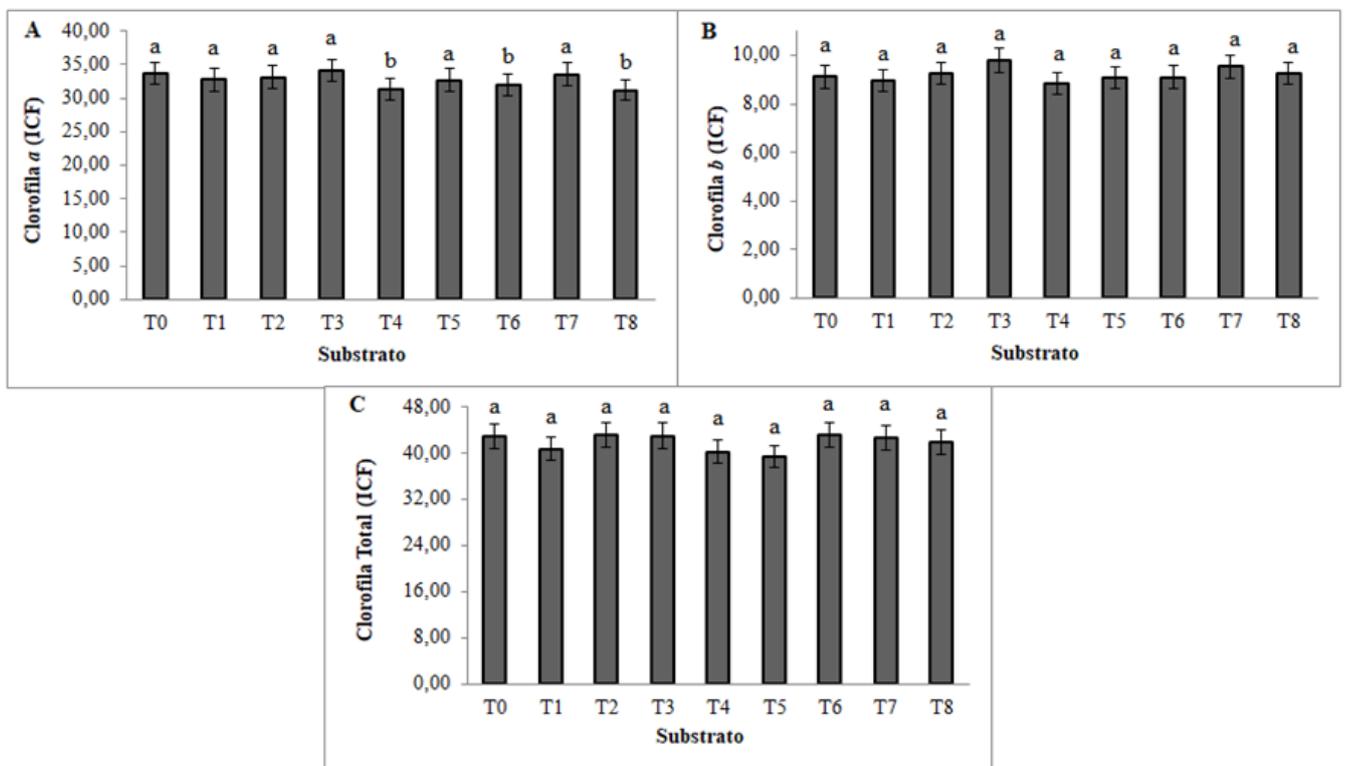


FIGURA 5. Clorofila *a* (A), clorofila *b* (B) e clorofila total (C), de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em substratos compostos por diferentes substratos, 85 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficiente e Variação: Clorofila *a*: 3,48%; clorofila *b*: 7,67%; Clorofila total: 7,69%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

O tratamento T0, com 100% de solo, obteve o menor Índice de Qualidade de Dickson (IQD), e os demais tratamentos não diferiram entre si em relação à qualidade da muda (Figura 6). Observa-se que T0 apresentou um decréscimo da massa seca tanto da raiz quanto da parte aérea (Figura 4), contribuindo assim para que o mesmo tivesse a menor média em relação ao IQD. Mesmo com valores mais elevados de H e DC, que igualaram T0 aos demais tratamentos (Figura 2), pode-se inferir que a biomassa afetou de forma mais decisiva os resultados de IQD. O IQD constitui-se em um indicador de sobrevivência das mudas em campo (LIN; WU; CHANG, 2018) e quanto maior for esse índice, melhor será a padronização de qualidade de mudas.

Os indicadores para determinação da qualidade das mudas confirmam os resultados quantitativos utilizados para avaliar o crescimento das mesmas. Assim, todos tratamentos citados anteriormente, com exceção do T0, são adequados para produção de mudas de *C. odorata* L. com qualidade em casa de vegetação.

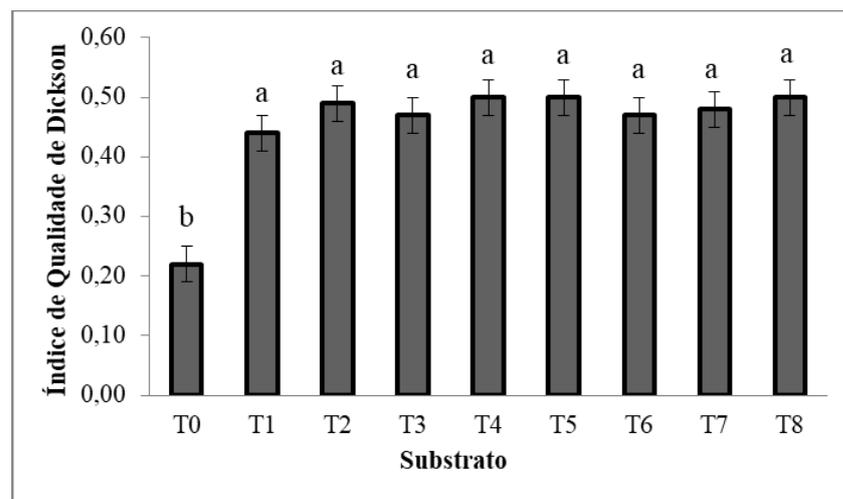


FIGURA 6. Índice de Qualidade de Dickson de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em diferentes substratos, 90 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste de Skott Knott, a 5% de probabilidade. Coeficiente de Variação: 8,23%.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

Verifica-se no dendograma dos substratos da espécie *C. odorata* L. que pela linha de corte foram formados três grupos: o primeiro com o tratamento (T0) 100%

solo, o segundo com os tratamentos T8, T2 e T4, e o grupo três, constituído dos tratamentos T3, T5, T6, T1, e T7 (Figura 7). Nesse contexto o dendograma retrata a confirmação do que foi discutido anteriormente, sendo o tratamento 0 (testemunha), com a composição e o comportamento mais distante dos demais. No dendograma, o tratamento que mais se aproximou do T5, que foi superior em todas as variáveis estudadas, foi o T6. Também é observado para que o T1 exibe maior proximidade com o T7 e o T2 com T4. Isso não significa que os tratamentos com maior proximidade tenham os mesmos resultados, mas sim resultados similares.

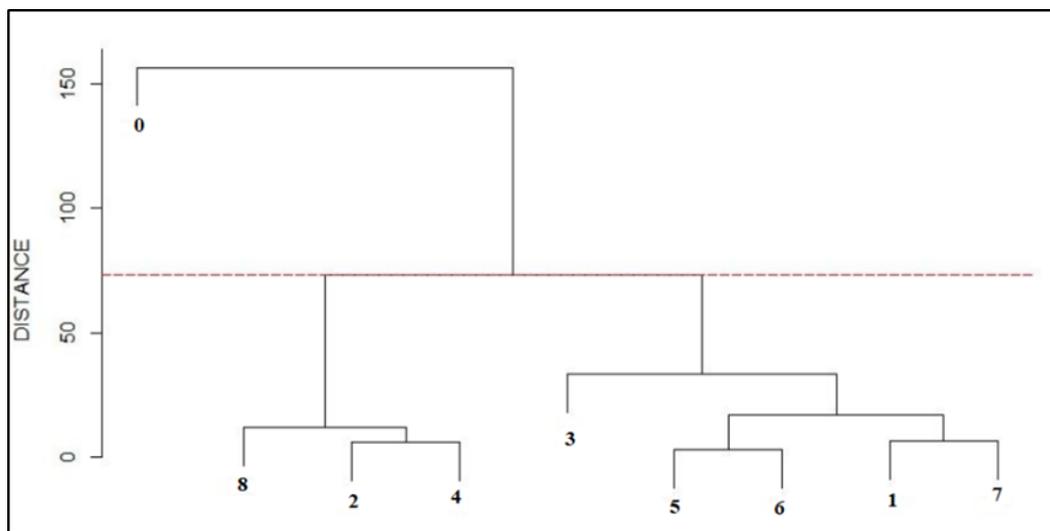


FIGURA 7. Dendograma de mudas de *Cedrela odorata* L., cultivadas em diferentes substratos, por 90 dias em casa de vegetação.

T0: 100% Solo + Fertilizante; T1: 100% Substrato comercial + Fertilizante; T2: 60% Solo + 40% de Esterco Bovino + Fertilizante; T3: 60% Solo + 40% de Substrato comercial + Fertilizante; T4: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% areia + Fertilizante; T5: 60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante; T6: 20% Solo + 40% Esterco Bovino + 40% Substrato Comercial + Fertilizante; T7: 40% Solo + 60% Esterco Bovino + Fertilizante; T8: 40% Solo + 60% Substrato Comercial + Fertilizante.

1.1.6 Conclusão

Todos os substratos, com exceção do T0 (100% Solo + Fertilizante), podem ser utilizados para obtenção de mudas da espécie *Cedrela odorata* L. Considerando-se todas as variáveis analisadas, o substrato recomendado é o T5 (60% Solo + 20% Esterco Bovino + 20% Substrato Comercial + Fertilizante).

O substrato que contém somente solo, mesmo com a adição de fertilizantes, não é indicado para a produção de mudas de *C. odorata* L.

1.1.7 Referências

- ABID, W.; MAGDICH, S.; MAHMOUD, I.B.; MEDHIOUB, K.; AMMAR, E. Date Palm Wastes Co-composted Product: an efficient substrate for tomato (*Solanum lycopersicum* L.) seedling production. **Waste And Biomass Valorization**, v.9, n.1, p. 45-55, 15 nov. 2016.
- AFONSO, M.V.; MARTINAZZO, E.G.; AUMONDE, T.Z.; VILLELA, F.A. Physiological Parameters of *Albizia niopoides* Seedlings Produced in Compositions. **Ciência Florestal**, v. 27, n.4, p.1395-1402, dez. 2017.
- ALMEIDA, K.M.; LOMONACO, P.A.V.; HADDADE, I.R.; KRAUSE, M.R.; GUIOLFI, L.P.; MENEGHELLI, L.A.M. Efeito de diferentes proporções de moinha de café na composição de substratos alternativos para produção de mudas de pepino. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 17, n. 4, p. 515-522, nov. 2018.
- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L. DE M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p.711–728, jan. 2014.
- ALVES, M.M.; ALVES, E.U.; ARAUJO, L.R.; LIMA, M.L.S. Substrate in the emergence and initial growth of seedlings of *Caesalpinia pulcherrima*. **Ciência Rural**, v. 47, n. 3, p. 1-16, 2017.
- ARAUJO, E.F.; ARAUCO, A.M.S.; LACERDA, J.J.J.; RATKE, R.F.; MEDEIROS, J.C. Crescimento e balanço nutricional de mudas de *Enterolobium contortisiliquum* com aplicação de substratos orgânicos e água residuária. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 86, p. 169-177, 30 jun. 2016.
- BORCIONI, E.; MÓGOR, Á.F.; PINTO, F. Influence of the application of fulvic acid on seedling root growth and yield in lettuce. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 509-515, 2016.

BOSAK, P.; POPOVYCH, V.; STEPOVA, K.; DUDYN, R. Environmental impact and toxicological properties of mine dumps of the Iviv-volyn coal basin. **News Of National Academy Of Sciences Of The Republic Of Kazakhstan**, v.2, n. 440, p.48-54, 15 abr.2020.

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

CALDEIRA, M.V.W.; SCHUMACHER, M.V.; BARICHELLO, L.R.; VOGELI, H.L.M.; OLIVEIRA, L.S. Crescimento de mudas de *Eucalyptus saligna* Smith em função de diferentes doses de vermicomposto. **Revista Floresta**, v.28.n. p. 19-30. jan. 2000.

CAVALCANTE, A.C.P.; SILVA, A.G.; SILVA, M.J.R.; ARAUJO, R.C. Produção de mudas de Gliricídia com diferentes substratos orgânicos. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 9, n. 33, p. 233-240, jun. 2016.

CARNEVALI, N.H.S.; SANTIAGO, E.F.; DALOSO, D.M.; CARNEVALI, T.O.; OLIVEIRA, M. T. Sobrevivência e crescimento inicial de espécies arbóreas nativas implantadas em pastagem degradada. **Floresta**, v.46, n.2, p.277, 3. jun. 2016.

CERQUEIRA, P.H.A.; AZEVEDO, G.B.; SOUZA, A.M.; AZEVEDO, G.T.O.S. Adubação residual na produção de mudas clonais de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 90, p. 119-129, 30, jun. 2017.

COELHO, F.S.; FONTES, P.C.R.; PUIATTI, M.; Neves, J.C.L.; SILVA, M.C.C. Dose de nitrogênio associada à produtividade de Batata e índices do estado de nitrogênio na folha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, n.4, p.1175-1183. jan. 2010.

CRUZ, F.R.S.; ANDRADE, L.A.; FEITOSA, R.C. Produção de mudas de umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) em diferentes substratos e tamanho de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 300-600, mar. 2016.

DIAS, T.J.; FERREIRA, C.S.; SOUZA, V.A.B.; FREIRE, O.L.O.; PEREIRA, W.E. Diferentes Composições de substratos no crescimento de mudas de genótipos de magabeira (*Hancornia speciosa* GOMES). **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.7, n.3, p. 92-107, set. 2010.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forest Chronicle**, v.36, p.10-13, 1960.

FALKER, A.A. **Manual do medidor eletrônico de teor clorofila (ClorofiLOG/CFL 1030)**. Porto Alegre, 2008. 33p. Disponível em: <<https://www.falker.com.br/download.php>>.

FARIA, J.C.T.; CALDEIRA, M.V.W.; DELARMELINA, W.M.; ROCHA, R.L.F. Substratos alternativos na produção de mudas de *Mimosa setosa Benth.* **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1075-1086, dez. 2016.

FARIAS, G.A.; COSTA, A.C.; COSTA, S.F.; FARIAS, G.A.; PEREIRA, P.H.F.; CABRAL JUNIOR, L.F. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo em substratos contendo resíduos vegetais. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 1, p. 141-148, 1 fev. 2019.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. **ExpDes.pt: Experimental Designs Package (Portuguese)**. R package version 1.2.0, 2018. <https://cran.rproject.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>.

FERREIRA, E.M.; ANDRAUS, M.P.; CARDOSO, A.A.; COSTA, L.F.S.; LÔBO, L.M.; LEANDRO, W.M. **Revista Monografias Ambientais**. Recuperação de Áreas Degradadas, Adubação Verde e Qualidade da Água, v. 15, n. 1, p. 228-246, abr. 2016.

FONSECA, E.P.; VALÉRI, S.V.; MIGLIORANZA, E.; FONSECA, N.A.N.; COUTO, L. Padrão de qualidade de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blume, produzidas sob diferentes períodos de sombreamento. **Revista Árvore**, v.26, n.4, p.515-523, ago. 2002.

FRANCESCHI, É.; SALDANHA, C.W.; MISSIO, E.L.; STEFFEN, G.P.K.; MALDANER, J.; MORAIS, R.M.; ROUBUSTE, R.R.; FERMINO, M.H. Vermicomposto na composição do substrato para produção de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v.38, p. 1-10, 19 dez. 2018.

GOH, E.; EFFENDI, S. Overview of an effective governance policy for mineral resource sustainability in Malaysia. **Resources Policy**, v.52, p.1-6, jun. 2017.

GOMES, V.M.; NEGREIROS, D.; CARVALHO, V.; FERNANDES, G.W. Growth and performance of rupestrian grasslands native species in quartzitic degraded areas. **Neotropical Biology And Conservation**, v.10, n.3, p.159-168, 2 set. 2015.

JEROMINI, T.S.; BARBOSA, A.S.V.; SILVA, G.Z.; MARTINS, C.C. Substrate and seed sowing position on the production of *Plukenetia volubilis* L. seedlings. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 22, n. 6, p. 396-400, jun. 2018.

KÄMPF, A.N.; FIRMINO, M.H. Seleção de materiais para uso como substrato. **Substratos para plantas: a base da produção vegetal em recipientes**. Porto Alegre: Genesis, 2000. p.209-215.

KRATZ, D.; WENDLING, I.; NOGUEIRA, A.C.; SOUZA, P.V. Propriedades físicas e químicas de substratos renováveis. **Revista Árvore**, Viçosa, v.37, n.6, p.1103-1113, out. 2013.

LAVIOLA, B.G.; DIAS, L.A.S. Teor e acúmulo de nutrientes em folhas e frutos de pinhão-manso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.32, n.5, p.1969-1975, out. 2008.

LIMA, K.D.R.; CAMARA, R.; CHAER, G.M.; PEREIRA, M.G.; RESENDE, A.S. Soil fauna as bioindicator of recovery of degraded areas in the caatinga biome. **Revista Caatinga**, v.30, n.2, p.401-411, jun.2017.

LIMA, R.L.S.; OLIVEIRA, V.H.; FERNANDES, V.L.B.; HERNANDEZ, F.F.F. Acúmulo de N, Ca, Mg e S na matéria seca da parte aérea de mudas de cajueiro-anão-precoce submetidas a níveis crescentes de matéria orgânica. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.25, n.1, p.148-151, abr.2003.

LIN, K.H.; WU, C.W.; CHANG, Y.S. Applying Dickson Quality Index, Chlorophyll Fluorescence, and Leaf Area Index for Assessing Plant Quality of *Pentas lanceolata*. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v.47, n.1, p. 169-176, 20 out. 2018.

LOCATELLI, M.; MACEDO, R.S.; VIEIRA, A.H. **Caracterização de sintomas de deficiências em cedro rosa (*Cedrela odorata* L.)**. Porto Velho: Embrapa, 2006. 4 p.

MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, n.2, p. 176-177, 1962.

MARQUES, A.R.F.; DELOSS, A.M.; OLIVEIRA, V.S.; BOLIGON, A.A.; VESTENA, S. Produção e qualidade de mudas de *Eugenia uniflora* L. em diferentes substratos. **Ambiência**, Guarapuava, v. 14, n. 1, p. 44-56, abr. 2018.

MELO, L.A.; ABREU, A.H.M.; LELES, P.S.S.; OLIVEIRA, R.R.; SILVA, D.T. Qualidade e crescimento inicial de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 47-57, 2 abr. 2018.

MORAN, J.A.; MITCHELL, A.K.; GOODMANSON, G.; STOCKBURGER, K.A. Differentiation among effects of nitrogen fertilization treatments on conifer seedlings by foliar reflectance: A comparison of methods. **Tree Physiology**, V.20, n.16, p.1113- 1120. Jan. 2000.

NUNES, A.R.A.; FERNANDES, A.M.; LEONEL, M.; GARCIA, E.L.; MAGOLBO, L.A.; CARMO, E.L. Nitrogênio no crescimento da planta e na qualidade de raízes da mandioquinha-salsa. **Ciência Rural**, v. 46, n. 2, p. 242-247, fev. 2016.

OLARIA, M.; NEBOT, J.F.; MOLINA, H.; TRONCHO, P.; LAPEÑA, L.; LLORENS, E. Effect of different substrates for organic agriculture in seedling development of traditional species of Solanaceae. **Research Article**, v. 18, n. 1, p. 1-7, Jan. 2016.

OLIVEIRA, L.R.; LIMA, S.F.; LIMA, S.F. Crescimento de mudas de cedro-rosa em diferentes substratos. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Chapadão do Sul, v. 34, n. 79, p. 187-195, jul. 2014.

PACHECO, L.P.; MIGUEL, A.S.C.S.; BONFIM-SILVA, E.M.; SOUZA, E.D.; SILVA, F. D. Influência da densidade do solo em atributos da parte aérea e sistema radicular de crotalária. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 4, p. 464-472, dez. 2015.

PASSOS, M.A.A.; SILVA, F.J.B.C.; SILVA, E.C.A.; PESSOA, M.M.L.; SANTOS, R. Luz, substrato e temperatura na germinação de sementes de cedro-vermelho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.2, p. 281-284, fev. 2008.

PRADO, J.C.L.; COSTA, E.; CARDOSO, E.D.; BINOTTI, F.F.S. Proporções de húmus para a formação de mudas de pimenteira. **Revista de Ciências Agrárias - Amazon Journal Of Agricultural And Environmental Sciences**, v. 59, n. 4, p. 339-344, jan. 2016.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.305p.

RAZZAK, H.A.; ALKOAİK, F.; RASHWAN, M.; FULLEROS, R.; IBRAHİM, M.; Tomato waste compost as an alternative substrate to peat moss for the production of vegetable seedlings. **Journal Of Plant Nutrition**, v. 42, n. 3, p. 287-295, 31 dez. 2018.

R CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RIZZINI, C.T.; MORS, W.B. **Botânica Econômica Brasileira**. São Paulo: Ed. EPU. 1976. 207 p.

RODRIGUES, L.A.; MUNIZ, T.A.; SAMARÃO, S.S.; CYRINO, A.E. Qualidade de mudas de *Moringa oleifera* Lam. cultivadas em substratos com fibra de coco verde e compostos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 545-552, ago. 2016.

ROSA, S.D.S.; SCHWARTZ, E.; CASSANA, F.F.; GALLI, L.; ROSO, L. Produção de mudas de cedro (*Cedrela fissilis*Vell.) com a utilização de resíduos agroindustriais. **Research, Society And Development**, [v. 10, n. 1, p. 1-9, 1 jan. 2021.

SILVA, C.E.M.; GONÇALVES, J.F.C.; FELDPAUSCH, T.R.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, R.R.; RIBEIRO, G.O. Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia Central. **Acta amazônica**, v.36, n.3, p.503-512. jan. 2006.

SILVA JÚNIOR, V.E.; VENDRUSCOLO, E.P.; SEMENSATO, L.R.; CAMPOS, L.F. C.; SELEGUINI, A. Esterco bovino como substrato alternativo na produção de mudas de melão. **Agropecuária Técnica**, v. 39, n. 2, p. 112-119, 25 out. 2018.

SILVA, M.T.; MARTINAZZO, R.; SILVA, S.D.A.; BAMBERG, A.L.; STUMPF, L.; FERMINO, M.H.; KOHLER, T.W.; MATOSO, E.S.; VALGAS, R.A. Innovative substrates for sugarcane seedling production: sewage sludges and rice husk ash in a waste-to-product strategy. **Industrial Crops And Products**, v. 157, p. 112812-112822, dez. 2020.

SOUZA, C.A.; GALLARDO, A.L.C.F.; SILVA, É.D.; MELLO, Y.C.; RIGHI, C.A.; SOLERA, M.L. Environmental services associated with the reclamation of areas degraded by mining: potential for payments for environmental services. **Ambiente & Sociedade**, v.19, n.2, p.137-168, jun. 2016.

SUASSUNA, C.F.; FERREIRA, N.M.; FERREIRA, N.M.; BERTINO, A.M.P.; MESQUITA, E.F.; PAIVA, E.P.; JESUS, P.L.M.; BERTINO, A.M.P. Produção de mudas de cajueiro anão precoce cultivado em diferentes substratos e ambientes. **Revista Agrarian**, Dourados, p. 197-209, jan. 2016.

SULIMAN, W.; HARSH, J.B.; ABU-LAIL, N.I.; FORTUNA, A.; DALLMEYER, I.; GARCIA-PÉREZ, M. The role of biochar porosity and surface functionality in augmenting hydrologic properties of a sandy soil. **Science Of The Total Environment**, v. 574, p. 139-147, jan. 2017.

SCALON, S.P.Q.; MUSSURY, R.M.; RIGONI, M.R.; SCALON FILHO, H. Crescimento inicial de mudas de *Bombacopsis glabra* (Pasq.) A. Robyns sob condição de sombreamento. **Revista Árvore**, v. 27, n. 6, p. 753-758, dez. 2003.

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

SCREMIN-DIAS, E.; KALIFE, C.; MENEGUCCI, Z.R.H.; SOUZA, P.R. **Produção de mudas de espécies florestais nativas**. Campo Grande, Ms: Ed. Ufms, 2006. 59 p.

SMIDERLE, O.J.; SOUZA, A.G. Production and quality of *Cinnamomum zeylanicum* Blume seedlings cultivated in nutrient solution. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 11, n. 3, p. 104-110, jan. 2016.

STEFFEN, G.P.K.; ANTONIOLLI, Z.I.; STEFFEN, R.B.; ROGÉRIO, B. Húmus de esterco bovino e casca de arroz carbonizada como substrato para uma produção de mudas de boca-de-leão. **Acta Zoológica Mexicana**, v.1, n.2, p. 345-357, jan. 2010.

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W.; HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, v.35, n.3, p. 748-755, jun. 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

ZIETEMANN, C.; ROBERTO, S.R. Produção de mudas de goiabeira (*Psidium guajava* L.) em diferentes substratos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 1, p. 137-142, abr. 2007.

ZORZETO, T.Q.; DECHEN, S.C.F.; ABREU, M.F.; FERNANDES JÚNIOR, F. Caracterização física de substratos para plantas. **Bragantia**, v. 73, n. 3, p. 300-311, 8 ago. 2014.

2.2 CAPÍTULO 2 – CRESCIMENTO DE ESPÉCIES NATIVAS EM BASE DE POÇO DE EXPLORAÇÃO DE PETRÓLEO E GÁS EM ÁREA DE RESTINGA

2.2.1 Resumo

As explorações antrópicas de recursos naturais podem acarretar processos erosivos, com a perda da camada fértil do solo e compactação, além do empobrecimento químicos do solo o que dificulta a sobrevivência de plantas nativas em programas de recuperação. Nesse contexto, pouco se sabe sobre alternativas de recuperação de áreas de base de poços de petróleo e gás inativados, em fase de descomissionamento. Com este trabalho objetivou-se avaliar o crescimento de duas espécies nativas, goiabinha (*Psidium cattleianum*) e ingazinho (*Inga laurina*), em área de restinga, em uma base de poço de exploração de petróleo desativada, no norte do estado do Espírito Santo. Realizou-se o experimento em campo adotando-se o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo dois substratos (arenoso - retirando-se a base argilosa, e argiloso - mantendo a base argilosa e cultivando sobre ela) e três técnicas de plantio: espécie nativa consorciada com bromélia; nativa com adubação química e orgânica na cova; e nativa sem adubação e sem bromélia (testemunha), com cinco repetições. O experimento foi conduzido por 18 meses, sendo que nos primeiros 4 meses ocorreu a estabilização do experimento. Após este período foram feitas avaliações de crescimento a cada 2 meses por um período de 12 meses, a análise destrutiva da parte vegetativa foi realizada após 2 meses da análise de crescimento. As espécies *I. laurina* e *P. cattleianum* apresentaram crescimento vegetativo em ambos substratos, sendo a técnica de plantio com adubação a que mais contribuiu para esse crescimento, seguido da técnica de plantio com bromélias. Nos atributos químicos do solo, o substrato argiloso apresentou maiores teores de Ca, Mg, K, e P, com maior presença de MO, bem como maior (CTC). As duas espécies podem ser utilizadas em recuperação de áreas em ambos os substratos, utilizando-se a adubação química e orgânica na cova como técnica de plantio. Não é necessária a retirada do substrato argiloso para a revegetação da área.

Palavras chave: Preparo do solo, recuperação de áreas degradadas, *Psidium cattleianum*, *Inga laurina*.

2.2.2 Abstract

GROWTH OF NATIVE SPECIES IN THE BASE OF THE OIL AND GAS EXPLORATION WELL IN THE BEACH AREA

Anthropogenic exploitation of natural resources can lead to erosive processes, with the loss of the fertile soil layer, and compaction, in addition to the chemical impoverishment of the soil, which hinders the survival of native plants in recovery programs in these areas. In this context, little is known about alternatives for recovering base areas of inactivated oil and gas wells, in the decommissioning phase. The objective of this work was to evaluate the growth of two native species, guava (*Psidium cattleianum*) and ingazinho (*Inga laurina*), in a restinga area, in a deactivated oil exploration well base, in the north of the state of Espírito Santo. The experiment was carried out in the field, adopting a randomized block design in a 2x3 factorial scheme, with two substrates (sandy - removing the clayey base, and clayey - keeping the clayey base and cultivating on it) and three planting techniques : native species intercropped with bromeliad; native with chemical and organic fertilization in the pit; and native without fertilization and without bromeliad (control), with five repetitions. The experiment was conducted for 18 months, with the experiment stabilizing in the first 4 months. After this period, growth assessments were made every 2 months for a 12-month period, the destructive analysis of the vegetative part was carried out after 2 months of the growth analysis. The species *I. laurina* and *P. cattleianum* showed vegetative growth on both substrates, and the C/A planting technique contributed the most to this growth, followed by the C/Bro planting technique. In the chemical attributes of the soil, the clayey substrate had higher contents of Ca, Mg, K, and P, with greater presence of OM, as well as greater (CTC). Both species can be used in the recovery of areas on both substrates, using fertilization as a planting technique. It is not necessary to remove the clayey substrate for the revegetation of the area.

Keywords: Soil preparation, recovery of degraded areas, *Psidium cattleianum*, *Inga laurina*.

2.2.3 Introdução

A população crescente e o padrão de vida moderno geram demandas intensas sobre os recursos naturais. Para suprir a necessidade de abastecimento de energia para a população e manter o crescimento econômico, torna-se fundamental a exploração de reservas de petróleo. Em cada novo poço descoberto uma série de ações são necessárias para sua efetiva exploração, como a retirada da vegetação, construção de aterros compactados, sonda de perfuração, entre outros, que promovem impactos que perduram pelos anos de utilização da área (DEICHMANN et al., 2017).

No passado, em boa parte do Brasil e de acordo com a legislação da época, foi possível a exploração de petróleo em bacias petrolíferas, cujas coberturas superficiais eram constituídas por áreas de restinga. Com a legislação ambiental atual e finalização de projetos de exploração em terra tornou-se necessário recuperar as bases de poços em áreas de restingas, consideradas como Área de Preservação Ambiental. Pelo novo “Código Florestal” a Lei 12.651 de 25 de maio de 2012 determina normas sobre a Proteção da Vegetação Nativa em geral, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP). A construção das bases de poços dos projetos de exploração de petróleo em terra necessitou da adição de uma camada argilosa compactada para que facilite o tráfego nas operações de perfuração e de operação dos poços.

A legislação brasileira exige por meio do decreto de lei nº 97.632/89, que ao final das atividades de exploração deverá ser apresentado um plano de recuperação ambiental dessas bases de petróleo, visando à estabilidade do meio ambiente e equilíbrio ecológico (BRASIL, 1989). Todavia, o substrato original das áreas de restinga, sobre o qual serão feitas as ações de restauração, após a retirada da base argilosa artificialmente depositada, apresenta sérias limitações para a reimplantação da vegetação nativa. Essas áreas são muito arenosas (<15 de argila), com alta percolação da água, possuem baixo teor de matéria orgânica e baixa retenção de umidade, resultando em aquecimento da camada superficial do solo, além de comumente apresentarem elevada salinidade (ABUA; EDET, 2007). Como alternativa, pode-se efetuar a revegetação da área sem a retirada da base argilosa. Entretanto, esta camada é extremamente compactada, com reduzido espaço poroso, especialmente de macroporos, possui elevada densidade do solo e ainda

tem infiltração e permeabilidade muito lentas, características que inibem o desenvolvimento radicular e impossibilitam a sobrevivência vegetal (BERGAMIN et al., 2010). Portanto, em ambos os substratos, arenoso ou argiloso, é necessário aplicar práticas conjuntas que resultem no condicionamento físico, químico e biológico do solo para permitir a reabilitação da base de poço, tais como descompactação do solo, correção do solo, adubação e irrigação (ALVES; SOUZA, 2008).

A decisão sobre retirar a base argilosa e cultivar sobre o substrato arenoso ou mantê-la e implantar as nativas sobre a argila, dependerá da eficiência técnica e dos custos de cada uma das operações. Considerando-se que o Brasil possui aproximadamente 29.800 poços perfurados, sendo 77% em terra (MONTENEGRO, 2019) entre ativos e inativos, essa tomada de decisão pode indicar procedimentos com repercussão de extrema relevância em programas de restauração ambiental.

A escolha das espécies e a forma como serão implantadas também pode resultar em diferenças significativas na eficiência da recomposição da paisagem impactada. Entre os principais atributos desejáveis encontram-se as características de resistência e adaptação das espécies em áreas degradadas a curto prazo, contribuindo com a atração da fauna, com o enriquecimento da fertilidade do solo, com o regime hídrico e estabelecimento ecológico (SANSEVERO et al., 2011). Esses atributos têm sido registrados em trabalhos com as espécies de goiabinha (*Psidium cattleianum*) e ingazinho (*Ingá laurina*) em áreas de restinga, indicando-as entre as mais promissoras para revegetação nesta fisionomia (SILVA et al., 2021).

Propor ações de recuperação é comprovadamente importante em ambientes tão restritivos como as áreas de restinga (MARIANO et al., 2020), mas poucas informações estão disponível sobre sua aplicação com a finalidade de recuperação de bases de poços, especialmente mantendo-se as bases argilosas.

Diante do exposto, sustentou-se neste trabalho a hipótese de que é possível promover a revegetação da base de poço mantendo-se a camada argilosa, por meio do condicionamento do solo e de técnicas que viabilizem o estabelecimento das espécies nativas. Objetiva-se com este trabalho avaliar o crescimento de duas espécies nativas *P. cattleianum* e *I. laurina* em área de restinga, sobre dois substratos, visando a revegetação de base de poço desativado.

2.2.4 Material e métodos

O experimento foi conduzido no município de São Mateus na comunidade Rio Preto–ES, em área de restinga, em uma base de poço de exploração de petróleo desativada (Figura 1). O clima da região é quente e úmido (tipo Aw de Köppen), com estação seca no outono-inverno e chuvosa na primavera-verão (ALVARES et al., 2014).

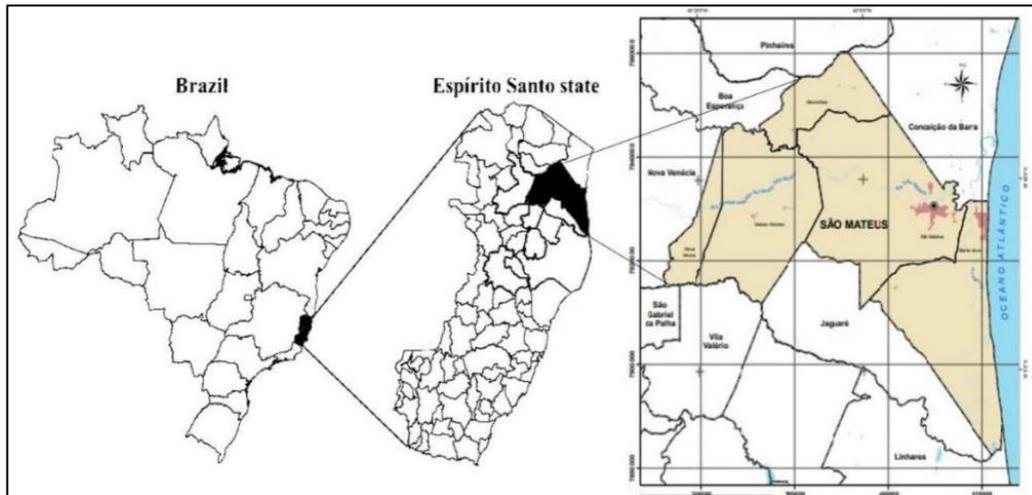


FIGURA 1. Localização geográfica da área experimental em São Mateus, região norte do Espírito Santo, Brasil.

A caracterização química e física do solo foi realizada três meses antes do plantio, considerado-se o tempo zero (TAC0). As amostras foram coletadas nos dois substratos experimentais: solo arenoso, originário da área de restinga, e solo argiloso, extraído no horizonte B do Argissolo Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013), transportada, depositada e compactada para construir a base do poço de petróleo. Vinte amostras de solo de 0 a 0,10 m foram coletadas em cada textura de solo, com o auxílio de um trado holandês que formou uma amostra composta. As amostras foram secas ao ar, peneiradas em malha de 2 mm de abertura obtendo-se a terra seca fina ao ar (TSFA). As determinações foram realizadas conforme Embrapa (1997). Para os atributos físicos foram determinados os teores de 730 g kg⁻¹ de argila, 180g kg⁻¹ de areia, 90 g kg⁻¹ de silte em solo argiloso, e teores de 39 g kg⁻¹ de argila, 953 kg⁻¹ de areia, 8 g kg⁻¹ de silte em solo arenoso.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados – DBC, em esquema fatorial (2x3) com 5 repetições, composto por duas formas de manejo do solo quanto ao seu preparo: 1) retirada da base argilosa e plantio sobre o substrato arenoso; e 2) preparo da base argilosa com Subsolação + Gradagem e plantio sobre o substrato preparado (Figura 2), submetido a três técnicas de plantio para introdução das espécies nativas: plantio de espécie nativa sem adubação e sem a presença da bromélia (testemunha); plantio da espécie nativa com adubação química e orgânica na cova; plantio da espécie nativa com bromélia.



FIGURA 2. Operação de retirada da base argilosa para permitir o plantio sobre o substrato arenoso original (A). Visão geral do experimento, demarcado para a execução dos tratamentos nas parcelas, sendo: retirada mecânica da base argilosa e cultivo no substrato arenoso (B) e preparo da base argilosa com subsolação + gradagem e cultivo no substrato preparado (C).

Após o preparo dos substratos, realizou-se a correção do solo, manualmente a lanço, de acordo com o manual de recomendação de calagem e adubação (PREZOTTI et al. 2007), elevando a saturação por base para 70%.

O tratamento com adubação química e orgânica no plantio constitui-se de 2 litros por cova de esterco bovino curtido e 100g de NPK 04-14-08, sendo homogêneos no próprio substrato retirado da cova.

A seleção das espécies para a revegetação da área degradada fundamentou-se com base nas características da vegetação da própria área em estudo, considerando sempre espécies habituadas de área de restinga (Tabela1). Adquiriram-se as mudas em um viveiro credenciado na região de São Mateus.

TABELA 1. Caracterização das espécies nativas avaliadas na revegetação da base de poço de petróleo desativada.

Espécie	Nome Popular	Família	Grupo ecológico
<i>Inga laurina</i>	Inga da praia	Fabaceae	Não Pioneira
<i>Psidium cattleianum</i>	Goiaba do Ipiranga	Myrtaceae	Não Pioneira

IEMA (2018).

Para cada uma das duas espécies, o plantio nos dois tratamentos sem a presença de bromélias foi realizado de forma que o espaçamento entre as mudas fosse de 0,5 x 0,5 m e 0,25 m de distância para borda da parcela, com quatro plantas por parcela (Figura 3). No tratamento composto pela espécie nativa implantada com bromélia e sem adubação na cova, foram utilizadas três bromélias por parcelas, plantadas na forma triangular com espaçamento de 0,5 x 0,5 m e 0,20 m de borda da parcela, com quatro mudas da espécie nativa, espaçadas de 0,20 m (Figura 3). As parcelas foram dispostas com espaçamento de 1 m entre as parcelas.

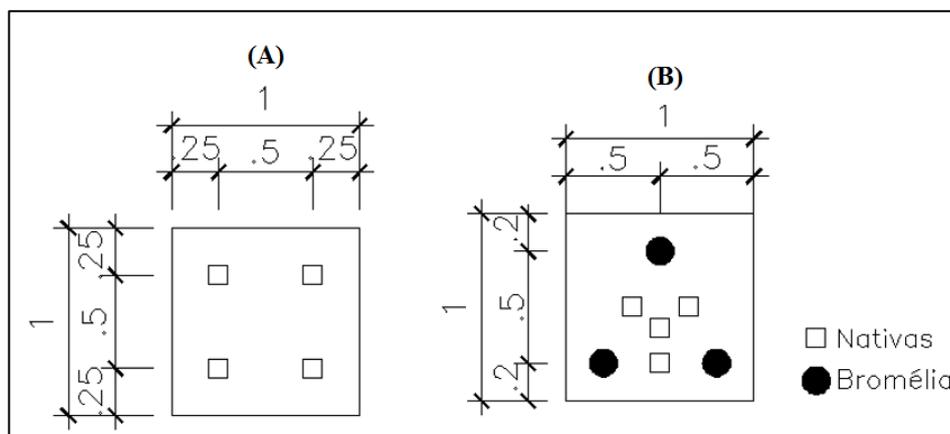


FIGURA 3. Disposição das mudas na parcela com os tratamentos sem bromélia (A) e com bromélia (B).

O estresse hídrico das nativas foi minimizado com a irrigação de manutenção durante quatro meses após o plantio, período em que a planta se estabeleceu. Utilizou-se o sistema de irrigação localizado automatizado, com emissores autocompensantes, com pressão de serviço do equipamento de 20 Mca com vazão de cada emissor de $1,6 \text{ L h}^{-1}$, o espaçamento entre emissores foi de 0,50 m. A irrigação foi realizada no intervalo de uma vez por semana, acionada duas vezes ao dia, com duração de trinta minutos. Para o controle de plantas infestantes, realizou-se a capina manual de 20 em 20 dias em todo o experimento.

No período de 12 meses após o plantio das espécies avaliaram-se as variáveis biométricas a cada 2 meses: altura da planta (cm), com um auxílio de uma trena, adotando-se como critério a distância entre o nível do solo até o ápice da planta; e diâmetro do caule (mm), determinado com paquímetro digital ao nível do solo.

Aos 18 meses, as amostras foram coletadas para análise química do solo, na profundidade de 0,10 m, em cada parcela experimental, com auxílio do trado holandês. A seguir, o solo foi seco ao ar e peneirados em malha com orifício de 2 mm. Os atributos pH, P, K, Ca, Mg, Na, (H + Al) e matéria orgânica do solo (MO) foram analisados de acordo com a Embrapa (1997).

Ao final do experimento, com 18 meses, coletou-se uma planta nativa por parcela de cada tratamento para a realização das análises destrutivas. As raízes foram lavadas em água corrente e posteriormente analisadas. O peso das massas secas da parte aérea e raiz foram determinados após secagem em estufa de circulação forçada de ar, a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, até peso o constante. Para as análises de volume da raiz (mm^3), diâmetro da raiz (mm) e área superficial da raiz (mm^2), foi retirada uma amostra (g) referente a 2% do peso total das raízes e avaliada pela técnica de processamento e análise digital de fibras e raiz com o Software Safira (JORGE; RODRIGUES, 2008).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$), e quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de *Tukey* ($p < 0,05$), utilizando o pacote de dados ExpDes.pt versão 1.2 (FERREIRA et al., 2018) no software R (R CORE TEAM, 2018). Também no software R (R CORE TEAM, 2018), foram realizadas as análises de componentes principais e de agrupamento. Para a segunda, considerou-se a distância euclidiana como medida de dissimilaridade e o método de *Ward* para formação de grupos semelhantes.

2.2.5 Resultados

2.2.5.1 Crescimento vegetativo das espécies nativas ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*)

As espécies nativas avaliadas apresentaram resultados distintos e interação significativa entre o manejo de solo e as técnicas de plantio. O cultivo do *Inga laurina* em solo argiloso promoveu maior crescimento em altura, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea (Tabela 2). As melhores técnicas de plantio para essas variáveis foram o plantio de nativa com adubação em cova e plantio de nativa com bromélia. Em substrato argiloso, resultaram em um incremento na altura da planta em média de 22,88% com a técnica C/Bro e 10,58% com a técnica C/A, em relação à T. No diâmetro do caule houve um incremento com a técnica de plantio C/A de 14,50% e com C/Bro de 11,38%. Para o acúmulo de massa seca da parte aérea, com a técnica de plantio C/Bro, o aumento foi de 356,02% em relação à T (Tabela 2).

A espécie *Psidium cattleianum*, obteve melhores resultados de altura da planta e massa seca da parte aérea em substrato arenoso (Tabela 2). As técnicas de plantio C/A e C/Bro promoveram melhores resultados. Na variável diâmetro do caule não ocorreu interação entre manejo do solo e técnica de plantio, mas constatou-se a mesma tendência dos resultados de altura da planta e massa seca da parte aérea, quando comparada a média geral dos tratamentos (Tabela 3). A técnica de plantio C/A no substrato arenoso promoveu um acréscimo na altura da planta de aproximadamente 11,35% em relação à testemunha, bem como aumentou em 25% o diâmetro do caule e 44,12% o acúmulo de massa seca da parte aérea (Tabela 2). Por sua vez, a interação do substrato argiloso com a técnica de plantio C/Bro promoveu um aumento na altura da planta em média de 39,74% em relação à testemunha, adição ao diâmetro de 17,02% e acúmulo de massa seca da parte aérea de aproximadamente 164,26%.

TABELA 2. Altura (cm), diâmetro do caule (mm) e massa seca parte aérea da planta (g) das plantas de ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e com bromélia (C/Bro), 18 meses após o plantio

Manejo do Solo	Técnica de Plantio			Técnica de Plantio		
	T	C/A	C/Bro	T	C/A	C/Bro
	<i>Inga laurina</i>			<i>Psidium cattleianum</i>		
	Altura cm					
ARGILOSO	54,33 aB	60,08 aAB	66,76 aA	35,91 bC	44,06 bB	50,18 aA
ARENOSO	30,93 bB	40,40 bA	27,75 bB	48,30 aAB	53,78 aA	43,5 bB
	Diâmetro do caule (mm)					
ARGILOSO	12,21 aB	13,98 aA	13,60 aA	-	-	-
ARENOSO	7,22 bB	10,51 bA	6,05 bA	-	-	-
	Massa Seca Parte Aérea da Planta (g)					
ARGILOSO	12,19 aC	49,78 aB	55,59 aA	64,33 bC	125,00 bB	170,00 aA
ARENOSO	8,97 bC	51,04 aA	32,37 bB	170,00 aB	245,00 aA	155,55 bB

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na linha, e minúscula, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação de *Inga laurina* e *Psidium cattleianum* respectivamente: Altura 9,2%; 7,8%; Diâmetro do caule: 7,76%; 6,96%; Massa seca da parte aérea da planta: 8,77%; 11,36%.

TABELA 3. Diâmetro do caule (mm) de goiabinha (*Psidium cattleianum*) e área superficial da raiz (mm²) de ingazinho (*Inga laurina*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A e com bromélia (C/Bro), 18 meses após o plantio

<i>Psidium cattleianum</i>		<i>Inga laurina</i>	
Manejo do Solo	Médias	Manejo do Solo	Médias
Diâmetro do Caule (mm)		Área Superficial da Raiz (mm ²)	
Argiloso	14,01 b	Argiloso	1101,64 a
Arenoso	15,45 a	Arenoso	988,37 a
Técnica de Plantio		Médias	
T	12,92 b	T	925,91 b
C/A	16,15 a	C/A	1057,04 a
C/ Bro	15,12 a	C/Bro	1151,06 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação de Diâmetro do caule: 6,96% e Área superficial da raiz 6;91%.

Nas variáveis, massa seca de raiz, volume de raiz, e diâmetro de raiz de *I. laurina* ocorreu interação significativa entre o manejo do solo e as técnicas de plantio. De maneira geral, houve predominância de maiores valores dessas variáveis para ambos os substratos, sem diferenciação, como observado para volume de raiz (Tabela 4). Destaca-se que os maiores volume de raiz, 285,26 mm³ e 257,47 mm³, foram obtidos no substrato argiloso, para os tratamentos com adubação e com bromélia, respectivamente, sendo maiores que a testemunha. Ao comparar-se as técnicas de plantio dentro de cada substrato, assim como nos resultados anteriores, as maiores médias obtidas alternaram-se entre o plantio de nativa com adubação e nativa com bromélia (Tabela 4). Não se observaram, contudo, um padrão único das variáveis dentro de cada substrato. Não ocorreu interação significativa para a área superficial da raiz, entretanto, as médias apontaram a mesma tendência de resultados que as variáveis anteriores (Tabela 3).

Para a espécie *P. cattleianum*, o parâmetro massa seca da raiz foi maior em solo arenoso, exceto quando a nativa foi plantada com a bromélia em que não houve diferença (Tabela 4). A melhor técnica foi o plantio com adubação para ambos os solos, cujo maior valor absoluto, em todas as combinações de tratamentos, foi de 78,52 g no substrato arenoso. Para as variáveis volume da raiz, diâmetro da raiz e área superficial da raiz, os maiores valores foram encontrados no substrato argiloso

ou não diferiram entre os dois. Porém, para as técnicas de plantio, não houve um padrão único de comportamento para cada substrato.

TABELA 4. Massa seca de raiz (g), volume de raiz (mm³), diâmetro de raiz (mm) e área superficial da raiz (mm²) em plantas de ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*) em relação ao manejo do solo, submetido a diferentes técnicas de plantio: sem adubação (T), com adubação (C/A) e com bromélia (C/Bro 18 meses após o plantio

Manejo do Solo	Técnica de Plantio			Técnica de Plantio		
	T	C/A	C/Bro	T	C/A	C/Bro
	<i>Inga laurina</i>			<i>Psidium cattleianum</i>		
	Massa Seca da Raiz (g)					
ARGILOSO	12,19 aC	49,78 aB	55,59 aA	22,33 bB	29,74 bA	26,97 aB
ARENOSO	8,97 bC	51,04 aA	32,37 bB	34,44 aB	78,52 aA	24,32 aC
	Volume da Raiz (mm ³)					
ARGILOSO	162,33 aB	285,26 aA	257,47 aA	260,47 aB	521,37 aA	244,30 aB
ARENOSO	150,88 aB	148,28 aB	250,24 aA	133,61 bA	131,99 bA	146,53 bA
	Diâmetro da Raiz (mm)					
ARGILOSO	1,17 aB	1,25 aA	1,24 aA	1,62 aA	1,08 aB	1,62 aA
ARENOSO	0,94 bB	0,96 bB	1,29 aA	0,94 bB	1,17 aA	0,94 bB
	Área Superficial da Raiz (mm ²)					
ARGILOSO	-	-	-	1129,41 aC	2044,37 aA	1336,49 aB
ARENOSO	-	-	-	1134,06 aA	849,97 bB	788,22 bB

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas, na linha, para uma mesma espécie, e minúsculas, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação de *Inga laurina* e *Psidium cattleianum* respectivamente. Massa seca da raiz: 4,02%; 7,84%; Volume da raiz: 11,88%; 11,27%, Diâmetro da raiz: 3,44%; 7,76%; Área superficial da raiz: 8,85%.

2.2.5.2 Atributos Químicos do Solo

Em ambas espécies estudadas o solo argiloso apresentou maior concentração de nutrientes do que em solo arenoso, exceto para o sódio (Na), cujo maior teor foi obtido no solo arenoso (Tabela 5).

Para a nativa *I. laurina*, a análise apresentou maiores valores de nutrientes para a técnica de plantio C/A (Tabela 5). Para a espécie *P. cattleianum* a técnica de plantio que mais prevaleceu com maior concentração de nutrientes foi o plantio C/A. Apesar de não serem comparadas estatisticamente, foram observados maiores valores dos atributos analisados para *P. cattleianum* do que para o *I. laurina*, particularmente no substrato argiloso.

TABELA 5. Atributos químicos dos solos em função do manejo do solo adotado e os tratamentos utilizados: antes do plantio (AP); nativas sem adubação (T); nativas com adubação orgânica e química (C/A); nativas com bromélias como planta facilitadora (C/Bro) em plantas de Ingazinho (*Inga laurina*) e Goiabinha (*Psidium cattleianum*).

Manejo do Solo	Técnica de Plantio				Técnica de Plantio			
	AP	T	C/A	C/Bro	AP	T	C/A	C/Bro
	<i>Inga laurina</i>				<i>Psidium cattleianum</i>			
	Ca (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,40 aC	1,44 aB	1,60 aB	1,91 aA	0,40 aC	1,57 aB	2,49 aA	1,34 aB
ARENOSO	0,16 bC	0,23 bBC	0,51 bB	0,94 bA	0,15 bB	0,26 bB	0,87 bA	0,24 aB
	Mg (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,13 bC	0,54 aB	0,68 aA	0,62 aAB	0,13 aD	0,57 aB	0,86 aA	0,33 aC
ARENOSO	0,21 aAB	0,12 bB	0,24 bA	0,15 bAB	0,16 aA	0,06 bB	0,23 bA	0,06 bB
	P (mg dm ⁻³)							
ARGILOSO	7,77 aC	3,44 aD	33,44 aA	13,26 aB	8,08 aB	3,18 aC	62,08 aA	3,12 aC
ARENOSO	2,85 bC	3,31 aB	21,42 bA	5,92 bB	2,84 bB	2,35 aB	23,33 bA	3,30 aB
	K (mg dm ⁻³)							
ARGILOSO	11,91 aD	24,33 aC	74,00 aA	53,33 aB	12,31 aC	64,05 aA	66,00 aA	47,25 aB
ARENOSO	9,83 aB	21,66 aA	26,50 bA	23,00 bA	9,66 aB	20,00 bA	25,33 bA	25,00 bA
	Na (mg dm ⁻³)							
ARGILOSO	3,64 bB	3,11 bB	6,89 bA	4,00 bB	3,94 bC	5,00 bBC	8,66 bA	7,00 bAB
ARENOSO	9,37 aB	23,16 aA	22,16 aA	22,66 aA	8,96 aC	23,50 aAB	24,50 aA	21,11 aB
	M.O (g kg ⁻¹)							
ARGILOSO	3,89 aC	4,45 aA	5,40 aA	5,82 aA	1,81 aC	3,18 aB	7,56 aA	7,60 aA
ARENOSO	0,84 bD	1,92 bC	2,29 bB	3,17 bA	0,88 bC	1,17 bC	3,51 bA	2,23 bB
	Soma de Bases (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,58 aC	1,86 aB	2,51 aA	2,87 aA	0,53 aD	2,36 aB	3,56 aA	1,82 aC
ARENOSO	0,43 aC	0,53 bBC	0,92 bAB	1,18 bA	0,36 aB	0,48 bB	1,30 bA	0,49 bB
	CTC total (T) (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,74 aC	2,02 bB	2,97 bA	2,96 aA	0,77 aC	2,44 aB	4,55 aA	2,38 bB
ARENOSO	0,62 aC	3,40 aB	5,36 aA	4,05 aB	0,67 aB	3,68 bAB	4,02 aA	3,79 aA
	CTC efetiva (t) (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,58 aC	1,86 aB	2,51 aA	2,87 aA	0,53 aD	2,36 aB	3,56 aA	1,82 aC
ARENOSO	0,43 aC	0,53 bBC	0,92 bAB	1,18 bA	0,36 aB	0,48 bB	1,30 bA	0,49 bB
	H + Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻¹)							
ARGILOSO	0,17 aB	0,16 bB	0,49 bA	0,35 bB	0,17 aB	0,08 bB	0,86 bA	0,47 bAB
ARENOSO	0,12 aD	2,79 aC	4,32 aA	3,33 aB	0,15 aC	3,42 aA	2,66 aB	3,54 aA
	Saturação de Bases (V%)							
ARGILOSO	78,04 aB	92,71 aA	85,8 aAB	81,70 aAB	78,46 aB	96,70 aA	83,05 aB	84,18 aB
ARENOSO	69,20 bA	16,39 bB	20,42 bB	27,50 bB	73,86 aA	13,28 bC	30,32 bB	13,01 bC

Médias seguidas pela mesma letra maiúsculas, na linha, para uma mesma espécie, e minúsculas, na coluna, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação de *Inga laurina* e *Psidium cattleianum* respectivamente. Ca: 14,17%; 13,19%; Mg: 11,69%; 13,18%; P: 12,18%; 11,88%; K: 12,45%; 11,51%; Na: 11,11%; 9,22%; M.O: 14,73%; 15,20%; Soma de Bases:

13,33%; 8,34%; CTC total (T): 10,71%; 8,09%; CTC efetiva (t): 13,33%; 8,84%; H + Al³⁺: 5,76%; 15,16%; Saturação de Bases: 10,03%; 6,63%.

Com base na análise do solo, realizada antes do plantio (AP), verifica-se que a introdução das espécies nativas, independente dos tratamentos, incrementou ou manteve os valores dos atributos químicos nos dois substratos, exceto para o magnésio e a saturação de bases, no substrato arenoso. Os incrementos verificados foram, em média, 3 a 4 vezes maiores aos 18 meses após o plantio do que antes da implantação do experimento. Os teores de fósforo obtidos para C/A são muito mais elevados do que nas demais técnicas de plantio, notadamente para a goiabinha no solo argiloso, cujo teor foi de 62,08 mg dm⁻³.

Na análise de pH em água não ocorreu interação significativa entre o manejo do solo e a técnica de plantio, mas ocorreu diferença estatística dentre as médias dos tratamentos (Tabela 6). No manejo do solo, os valores de pH mais elevados foram obtidos em solo argiloso. Na técnica de plantio, o pH foi mais ácido nas amostras coletadas AP, enquanto as demais técnicas não diferiram entre si.

TABELA 6. Análise de pH em água em função do manejo do solo adotado e os tratamentos utilizados: antes do plantio (AP); nativas sem adubação (T); nativas com adubação orgânica e química (C/A); nativas com bromélias como planta facilitadora (C/Bro) em plantas de Ingazinho (*Inga laurina*) e Goiabinha (*Psidium cattleianum*).

pH em água	
Manejo do Solo	Médias
Argiloso	5,96 a
Arenoso	5,54 b
Técnica de plantio	Médias
AP	4,84 b
T	5,99 a
C/A	6,09 a
C/Bro	6,07 a

Médias seguidas pela mesma letra, não diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Coeficiente de variação: pH em água: 4,72%.

2.2.5.3 Mapa perceptual bidimensional: Análise dos componentes principais (ACP) e correlação entre as variáveis analisadas das espécies ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*).

A análise biplot de componentes principais apresentada na Figura 4 integra variáveis morfológicas de duas espécies (ingazinho e goiabinha) e aspectos físico-químicos dos substratos que combinam diferentes predominâncias texturais (argila e areia) e técnicas de plantio para introdução das espécies nativas. A proporção de variância explicada pelas duas primeiras componentes somam 84,03 e 89,03% para ingazinho e goiabinha respectivamente.

Observa-se no mapa (A) de *I. Laurina* que o substrato arenoso com o plantio de nativas sem adubação e sem bromélias (T) não se correlacionou com as variáveis (Figura 4). O substrato arenoso com o plantio C/Bro correlacionou positivamente com as variáveis de Na, (H+Al³⁺) e MO, apresentando um ângulo menor entre essas variáveis. Nesse mesmo substrato a técnica de plantio C/A influenciou na CTC (T).

Verifica-se que o substrato argiloso apresentou correlações positivas entre a MSR e o nutriente P, MSPA com o K e as variáveis ALT e DC correlacionando com a SB e V(%), sob influência principalmente da técnica de plantio C/A, e em menor escala o plantio C/Bro (Figura 4). O plantio de nativa sem adubação e sem bromélias (T), em solo argiloso, promoveu baixa correlação entre a saturação de bases e o pH.

As maiores contribuições em uma escala de 4 a 7, foram observadas na correlação entre Na, (H+Al³⁺) e M.O com plantio C/Bro, em substrato arenoso (Figura 4). Para o substrato argiloso, as maiores contribuições se deram nas correlações de MSR, SB, ALT e V(%) com técnica de plantio C/A.

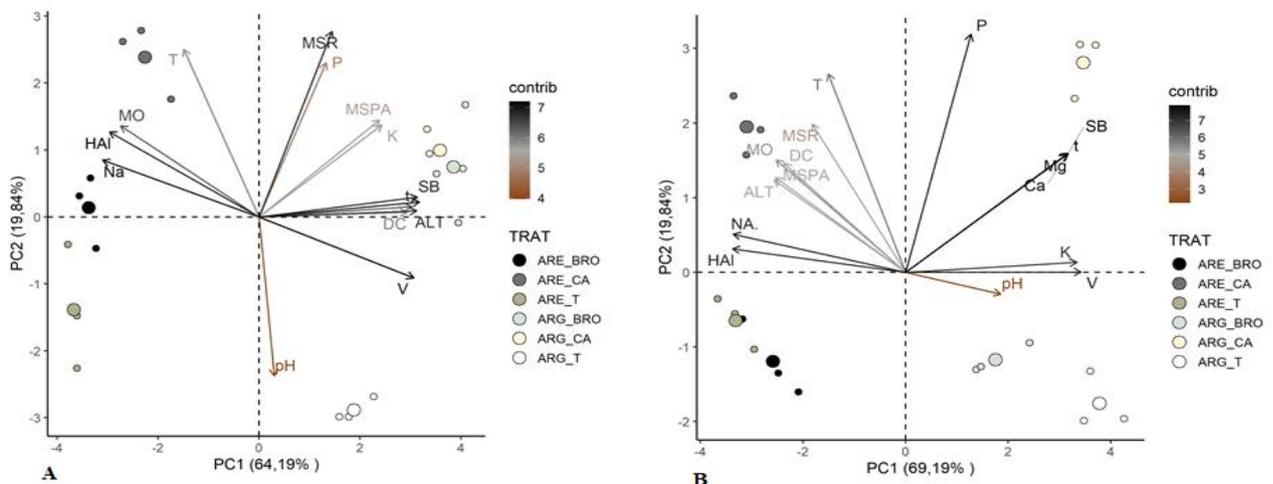


FIGURA 4. Mapa (A) espécie Ingazinho (*Inga laurina*) e mapa (B) espécie Goiabinha (*Psidium cattleianum*). Análise dos componentes principais de variáveis químicas do solo correlacionadas com as técnicas de plantio e crescimento vegetativo.

Pelo mapa (B), da espécie nativa *P. cattleianum*, nota-se que não houve relação entre as variáveis e as técnicas de plantio T e C/Bro, em substrato arenoso (Figura 4). Compreende-se também que houve uma correlação positiva com menor ângulo no substrato arenoso com influência da técnica de plantio C/A para a CTC(T), MSR, MSPA, DC, ALT e MO. Nesse mesmo substrato e C/A também teve correlação com menor ângulo para o $(H+Al^{3+})$, Na.

Em substrato argiloso observa-se uma correlação positiva entre P, Ca, Mg, SB, CTC efetiva (t), K, V(%) e pH, influenciadas pela técnica de plantio C/A (Figura 4). Observa-se também que os tratamentos T e C/Bro tiveram baixa influência sobre o pH do solo.

As variáveis que mais contribuíram com os resultados em uma escala de 3 a 7 foram, Na e $(H+Al^{3+})$ no substrato arenoso C/Bro. Para o substrato argiloso as maiores contribuições foram das variáveis, P, Ca, Mg, SB, CTC efetiva (t), K, V(%) com a técnica de plantio C/A.

2.2.5.4 Dendograma das técnicas de plantio e manejo do solo das espécies nativas ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*)

Observa-se no dendograma de *I. laurina* que a linha de corte é formada por três grupos, sendo o primeiro constituído por T em substrato arenoso (ARE_T) e plantio C/Bro (ARE_c/Bro); o segundo grupo é formado pelo substrato argiloso com T (ARG_T); e o terceiro grupo por C/Bro (ARG_C/Bro) no substrato argiloso e por C/A em ambos os substratos (ARG_C/A e ARE_C/A) (Figura 5A).

Para o dendograma da espécie *P. cattleianum*, foram formados novamente três grupos: o primeiro em substrato argiloso C/Bro, T e C/A (Figura 5B); o segundo grupo foi constituído pelo substrato arenoso C/A; e o terceiro, formado também em substrato arenoso T e C/Bro.

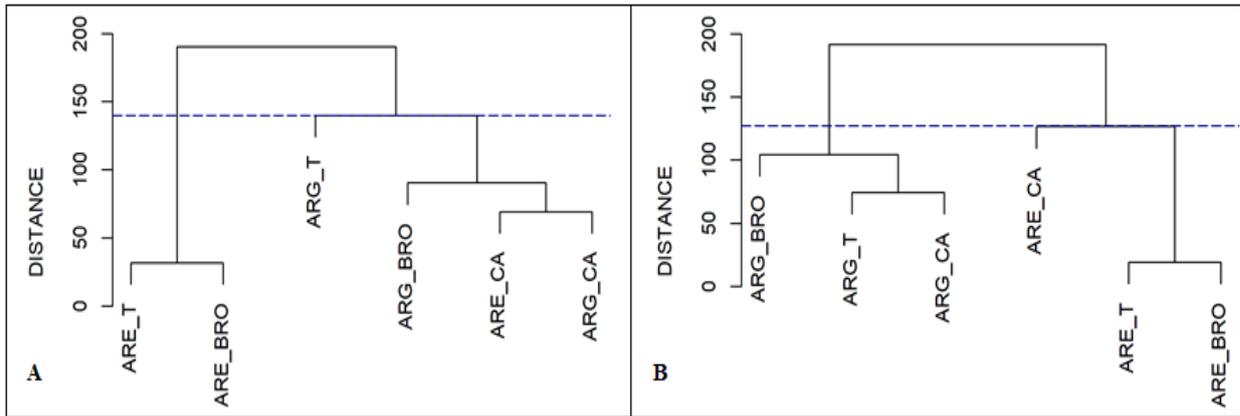


FIGURA 5. Dendrograma de agrupamento das técnicas de plantio e manejo do solo das espécies ingazinho (*Inga laurina*) (A) e goiabinha (*Psidium cattleianum*) (B).

ARE_T: Substrato arenoso com a técnica de plantio testemunha; ARE_BRO: Substrato arenoso com a técnica de plantio bromélia; ARG_T: Substrato argiloso com a técnica de plantio testemunha; ARG_BRO: Substrato argiloso com a técnica de plantio com bromélias; ARE_CA: Substrato arenoso com a técnica de plantio com adubação; ARG_CA: Substrato argilosos com a técnica de plantio com adubação.

2.2.6 Discussão

2.2.6.1 Crescimento vegetativo das espécies nativas ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*).

A estratégia de recuperação de áreas de bases de poços de exploração de petróleo e gás no solo, mostrou-se eficiente quando foram utilizadas as técnicas de melhoria da fertilidade do solo e o uso de facilitação, principalmente no substrato argiloso. O solo argiloso possui capacidade de reter nutrientes com maior eficiência do que o solo arenoso. Essa capacidade é resultante do tamanho da área superficial da partícula, sendo a argila correspondente a uma área de $24,4 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ enquanto a areia apresenta somente $0,14 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$ (VILELA et al., 2020) e a presença de cargas em sua superfície (RIBEIRO et al., 2011).

A adubação orgânica e química, utilizada nos tratamentos da espécie *I. laurina* no substrato argiloso, promoveu maior aporte de nutrientes. Além disso, com a adição do esterco bovino na cova, tem-se maior estruturação do solo e retenção de água, além do fornecimento de nutrientes para as plantas (FERRO et al., 2018). Segundo Falcão Neto et al. (2011), em seu trabalho com a espécie de castanha-do-gurguéia (*Dipteryx lacunifera* Ducke) os melhores resultados biométricos foram obtidos com a adubação, promovendo maior altura da planta, diâmetro do caule e massa seca da parte aérea.

Destaca-se também que a técnica C/Bro, em solo argiloso, obteve resultados biométricos relevantes para a espécie *I. laurina*. A disposição das folhas de bromélia, na técnica de plantio com nativas, pode contribuir com o acúmulo de água da chuva dentro desta disposição de folhas e liberá-la lentamente para as demais espécies ao seu redor, mantendo a umidade do meio e auxiliando na decomposição de matéria orgânica (TRENTIN et al., 2018).

Nos processos de recuperação de áreas degradadas, quando se refere à *I. laurina*, uma leguminosa, há outra importante contribuição para o desenvolvimento da espécie, que é a capacidade de associação com bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam nitrogênio da atmosfera no solo e o disponibilizam à planta (TORABIAN; FARHANGI-ABRIZ; DENTON, 2019). O nitrogênio é um dos elementos mais requeridos para o desenvolvimento das plantas, sendo absorvido em forma de nitrato (NO_3^-) e amônio (NH_4^+) (GOUDA et al., 2018). A disponibilidade de nitrogênio é praticamente um fator mais limitante para o desenvolvimento da planta do que qualquer outro nutriente (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Deste modo, havendo disponibilidade desse nutriente, conseqüentemente a espécie *I. Laurina* irá se desenvolver mais rapidamente. Além disso, alguns fungos podem se associar e auxiliar na absorção de fósforo que é um nutriente limitante para o desenvolvimento vegetal e atuante no crescimento radicular (SOUZA et al., 2017).

O substrato argiloso possui maior retenção de água e nutrientes e por isso proporciona melhores condições para o crescimento das plantas (KLEIN; KLEIN, 2015). Todavia, algumas espécies possuem maior capacidade de se adaptar a diferentes condições de solo, especialmente quando manejadas corretamente. Isso foi observado no presente trabalho para *P. cattleianum*, cujo desenvolvimento no solo arenoso, quando submetida ao plantio C/A, obteve maiores valores para a altura de plantas, acúmulo de massa seca da parte aérea e diâmetro do caule (Tabela 2). Teixeira et al (2015), ao estudar calagem e adubação em plantas de vertiver (*Vetiveria zizanioides* L.) em solo arenoso e degradado, concluiu que a adubação promoveu maior desenvolvimento do vegetal e maior acúmulo de massa seca. Lima et al. (2020), verificou em sua pesquisa com plantas de paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*) que a adubação mineral em solos arenosos apresentou maior crescimento em altura, diâmetro do caule, com consequência de maior acúmulo de biomassa seca, o que resultou em menor mortalidade de espécie de paricá.

Os resultados obtidos pelo tratamento C/Bro no plantio da espécie *P. cattleianum* em solo argiloso, configuram-no como potencial alternativa para revegetação da base de poço. Sabe-se que a inclusão de novas espécies vegetais em um plantio aumenta a diversidade ecológica do local. As bromélias estabelecem interações ecológicas promovendo a disponibilização de água e nutriente para as plantas ao seu redor (DUARTE; GANDOLFI, 2017). Além disso, o plantio de espécies nativas em combinações com bromélias em um plantio mais adensado pode proporcionar um rápido sombreamento ao solo, dificultando o crescimento de plantas daninhas que poderiam competir com as nativas por nutrientes (BECHARA et al., 2016). Notoriamente, a técnica de plantio C/Bro favoreceu o crescimento em altura e massa seca da parte aérea.

A investigação do desenvolvimento radicular das espécies utilizadas em programas de revegetação constitui-se em uma informação imprescindível em estudos dessa natureza. As raízes facilitam o processo de infiltração, reduzem o escoamento superficial e aumentam o teor de matéria orgânica, além de intensificar a força mecânica sobre o solo, permitindo agregação do material (MACHADO; CONFESSOR; RODRIGUES, 2014). A massa seca da raiz, área superficial da raiz e o diâmetro da raiz são determinantes para avaliar a eficiência da absorção de água e nutrientes na solução do solo (GLÓRIA; AMADOR; VASCONCELOS, 2020). A semelhança nos resultados de volume de raiz entre os dois substratos para espécie *I. laurina* permite inferir sobre a capacidade de estabelecimento e ocupação do solo pelo ingazinho, tanto em um solo melhor estruturado e mais fértil, como o argiloso, quanto em solo muito arenoso, com baixa capacidade de suporte para as plantas. Essa versatilidade fica expressa nos resultados das variáveis ligadas ao sistema radicular. Já com relação ao *P. cattleianum*, observa-se, na massa seca da raiz da espécie, que o solo arenoso proporcionou melhores resultados, destacadamente na técnica C/A, mesmo que isso não tenha se repetido nas outras variáveis radiculares. Provavelmente, houve um maior acúmulo de biomassa radicular para esta espécie em função de uma maior facilidade de adaptação ao ambiente edáfico do substrato arenoso associado ao fornecimento de nutrientes prontamente disponíveis via adubação química nesse tratamento. Para alguns autores a espécie *P. cattleianum* é classificada como heliófila, encontrada com frequência em restingas arbustivas litorâneas e terrenos úmidos, bem como em várzeas, matas ciliares e brejos (ORTEGA et al., 2006). Segundo Silva (2016), esses tipos de frutíferas são

comumente encontrados em solos ácidos e arenosos, como em faixas litorâneas e zona da mata.

Com a técnica C/A em solo argiloso, houve aumento no diâmetro da raiz, no volume da raiz e na área superficial da raiz para a espécie *P. cattleianum*. Silva et al. (2018), em estudo com a espécie *Acacia mangium*, observaram que a adubação química e orgânica contribuiu com um maior desenvolvimento de raízes, bem como maior acúmulo de biomassa seca. Stumpf, Pauletto, Pinto (2016), em estudos sobre gramíneas em solos argilosos, evidenciaram que uma área superficial de raízes mais abundantes auxilia na quebra de agregados coesivos desenvolvidos pela compactação do solo.

Os resultados apontam a superioridade para o desenvolvimento das plantas no substrato argiloso, notadamente devido aos atributos da argila (ALMEIDA et al., 2015). O cultivo na base argilosa só foi possível após a execução de operações de descompactação e preparo do solo. Sabe-se que a argila, quando compactada, aumenta a massa por unidade de volume, elevando-se a densidade do solo com resistência a penetração de raízes, reduzindo a microporosidade relativa, e favorecendo a redução linear da porosidade total e da macroporosidade (BEUTLER et al., 2005; STEFANOSKI et al., 2013). Em nosso trabalho, a resistência mecânica do solo à penetração, determinada antes da subsolagem da base, era de 15 e 35 MPa, nas profundidades de 0,10 e 0,20 m, respectivamente (OLIVEIRA FILHO et al., 2015). Esses valores expressam uma condição de deterioração da estrutura do solo, com redução drástica da porosidade e aumento da densidade do solo, que tornavam impraticável o crescimento radicular de qualquer espécie vegetal na área (ARRUDA et al., 2021), pois valores acima de 10,5 Mpa são classificados como muito altos, impedindo o desenvolvimento vegetal (CANARACHE, 1990). Essa é uma das razões pelas quais a retirada da base argilosa é prática comumente adotada nos Programas de Recuperação de Áreas Degradadas (PRADs) em bases de poços desativadas (MECHI; SANCHES, 2010). Portanto, o manejo adotado com a descompactação mecânica do solo argiloso, seguida da gradagem, viabilizaram o estabelecimento das plantas na área experimental. Tais evidências foram comprovadas no trabalho de Nunes et al. (2015), no qual a espécie *P. nitens* apresentou baixa sobrevivência em área degradada. Esse comportamento foi consequência da completa descaracterização do solo (ausência de estrutura e baixas capacidade de retenção de água e fertilidade) e da elevada compactação do solo em algumas partes da

área, que fez com que as raízes das plantas ficassem restritas ao volume de abertura das covas. Em contrapartida, em nosso trabalho, os solos arenosos não exibiram qualquer limitação física ao crescimento radicular.

2.2.6.2 Atributos químicos do solo

Os substratos argiloso e arenoso possuem propriedades químicas e físicas muito diferentes, o que implica na ocorrência das concentrações muito variáveis de nutrientes na solução do solo, bem como, no comportamento da disponibilidade desses nutrientes às plantas. As técnicas de plantio e o manejo do solo influenciam nas propriedades químicas do solo, sendo fundamentais para a compreensão dos resultados obtidos (CORRÊA et al., 2001; CASTILHO et al., 2017).

O Ca e o Mg prevaleceram em maior quantidade no solo argiloso para ambas as espécies estudadas (Tabela 5). A diferença de cargas e a área específica do solo argiloso mantém a capacidade de reter nutrientes, retendo cátions que estarão disponíveis no solo (TAHIR; MARSCHNER, 2017), o que o leva a ser mais eficiente em fornecimento de nutrientes do que o solo arenoso. A textura grosseira, com baixo teor de argila, o reduzido teor de MO, bem como a baixa CTC nos solos arenosos (BEUSCH et al., 2019) contribuem para a perda dos nutrientes por lixiviação.

Assim como para o cálcio (Ca) e magnésio (Mg), o solo argiloso também apresentou maior teor de fósforo (P) e potássio (K), com a técnica de plantio C/A, em ambas as espécies avaliadas. Desde modo, é conveniente ressaltar que, o fósforo (P) movimenta-se por difusão nos solos e por isso possui uma baixa mobilidade (FERNANDEZ; RUBIO, 2015), devido a isso, quando ocorre uma adubação com fornecimento deste nutriente, a tendência é que o mesmo permaneça no mesmo local, principalmente em solos argilosos que possuem a aptidão de fixar fósforo (P) (MUMBACH, et al., 2018). O elemento potássio (K), é fortemente influenciado pela CTC do solo, tipo de solo, e teor de argila, pois o potássio (K) se encontra fixado entre as lâminas de argilas, que expandem e se contraem durante o processo de umedecimento e secagem do solo, uma vez que o solo apresente menor teor de argila haverá maior perda por lixiviação (PORTELA; ABREU, 2018).

Constatou-se o maior teor de sódio (Na) no substrato arenoso, em ambas as espécies, sendo decorrente do fato de que a região constitui-se de solos arenosos

sob vegetação de restinga, geralmente com elevada salinidade (MELO JÚNIOR; BOEGER, 2015). A restinga são deposições marítimas altamente salinas, no qual constitui-se de mosaicos formados por espécies vegetais, que são capazes de se adaptar em condições extremas, colonizando planícies (SANTOS JUNIOR; SILVA; MARTINS, 2015). As oscilações do nível do mar foram as principais causas de planícies litorâneas nas encostas brasileiras, influenciada pelo processo de sedimentação (LIMA; PEREZ FILHO, 2020). Os teores de MO foram sempre maiores no solo argilosos, nas duas espécies estudadas. O esterco bovino fornecido na adubação (NASCIMENTO et al., 2017) e os resíduos foliares/radiculares provenientes das plantas da área argilosa contribuíram com o aumento da MO no solo. Os maiores teores se devem, ainda à proteção que a argila fornece aos coloides orgânicos (AZEVEDO; BONUMÁ, 2004). Por outro lado, a taxa de mineralização da MO é muito mais intensa no solo arenoso, seja pela maior aeração ou ainda pelas maiores oscilações de temperatura (ROCHA et al., 2008). Maiores teores de MO no solo resultam em crescimento linear de plantas, por reduzir o teor de alumínio e elevar o pH, aumentar também a CTC e a saturação por bases, além de disponibilizar potássio, cálcio, magnésio, fósforo e nitrogênio para as plantas (SOUSA et al., 2021). Além disso, a MO é de fundamental importância para a retenção de água no solo e na estruturação do solo, beneficiando o crescimento radicular das plantas (YANG, CHEN e YANG, 2019).

Apesar da técnica de plantio C/A ter apresentado maior teor de matéria orgânica no substrato argiloso, a técnica de plantio C/Bro também apresentou maiores valores de M.O. As plantas facilitadoras podem contribuir com a deposição da matéria orgânica em área de restinga, associando-se aos demais vegetais do local, formando microhabitats que auxiliam na adaptação de diversos vegetais (GERBER et al., 2017). Plantas da família das Bromeliaceae possuem a capacidade de interceptar água dentro da roseta através do cone invertido com disposição espiralada das folhas, formando um “vaso de bromélia – tanque”, com diferentes tamanhos, o que favorece a decomposição da matéria orgânica no solo e auxilia na adaptação de outros vegetais no local (COGLIATTI-CARVALHO et al., 2010).

Notoriamente, a soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica total (T), capacidade de troca catiônica efetiva (t), manteve melhores resultados em ambos os tipos de substratos e com a técnica de plantio C/A, seguidos de menor proporção das demais técnicas. Quanto maior a CTC, maior será a fertilidade do solo, devido à

aptidão de reter íons carregados positivamente (KHALEDIAN et al., 2017). Geralmente os solos com maior quantidade de argila possuem maior magnitude de CTC, bem como, maior disponibilidade de bases no solo (SHIRI et al., 2017). Solos arenosos normalmente apresentam menor CTC, uma vez que apresentam menor área específica e possuem poucas cargas de superfície coloidal (SHARMA et al., 2015).

Na análise de $(H^+ + Al^{3+})$ para a espécie *I. laurina*, em solo argiloso, com a técnica C/A, acredita-se que o aumento do H^+ tenha proporcionado esse resultado visto que a adubação irá elevar o nível de bases e aumentar a CTC. Portanto, essa disponibilidade de nutrientes faz com que ocorra o equilíbrio eletroquímico do pH intracelular. Logo, as plantas ao absorverem cátions liberam H^+ , HCO_3^- ou $RCOO^-$, o que compensa o desbalanço iônico, fazendo com que o H^+ aumente no solo (SOUZA et al., 2010). Costa, Tonini e Mendes Filho (2017) complementa que a absorção de nutrientes pelas plantas é estequiométrica, isto é, à medida que os cátions são absorvidos as plantas liberam uma proporção igual de H^+ , aumentando a acidez potencial no solo. Para a espécie de *P. cattleyanum* em solos arenosos, na técnica de plantio T e C/Bro, houve aumento de $(H^+ + Al^{3+})$. Solos com baixa reserva de nutrientes como os arenosos, possuem menor CTC e pH mais ácidos que os solos argilosos, apresentando maior teor de elementos tóxicos (NOGUEIRA; TOCANTINS; SALOMÃO, 2019). Diante do exposto, há ocorrência da acidez potencial em maior proporção em solos arenosos.

Os dados de saturação por bases (V%) denotam que o cultivo no solo argiloso manteve ou aumentou os níveis desse atributo. Por sua vez, quando o cultivo foi efetuado no solo arenoso, nas duas espécies, os valores de V% foram sempre muito baixos, caracterizando o distrofismo desse substrato e sua baixa capacidade suporte para as plantas. Isso indica também que a base de poço sobre substrato arenoso torna-se menos viável.

2.2.6.3 Mapa perceptual bidimensional: Análise dos componentes principais (ACP) e correlação entre as variáveis analisadas das espécies ingazinho (*Inga laurina*) e goiabinha (*Psidium cattleianum*).

A soma das componentes principais para ambas as espécies é maior que 70% sendo, portanto, adequado para analisar as relações entre as variáveis

estudadas (Figura 4). Segundo Cruz e Regazzi, 2001 ; Rencher, 2002, a soma dos componentes principais deve apresentar pelo menos 70% de variação na soma das primeiras componentes, para validação das variações apresentadas, uma vez que, valores menores tendem a levar a erros e interpretação incoerentes .

No mapa perceptual bidimensional da espécie *I. laurina* (Figura 4; Mapa A) o solo arenoso com plantio de nativa sem adubação e sem bromélias (testemunha), não apresentou influência nas variáveis estudadas.

Em solo argiloso a técnica de plantio de nativa com adubação foi a principal contribuição para as correlações neste solo. Com a adição de fertilizante no solo ocasionou o aumento dos nutrientes correlacionando-se com o crescimento vegetal.

A MO é o atributo químico que mais influência na acidez potencial (SILVA et al., 2006; PEREIRA et al., 2020). Ebeling et al. (2008), inferem sobre a adsorção dos cátions como o Na na MO por uma forte interação. Acredita-se que a MO orgânica, no substrato arenoso com a técnica de plantio C/Bro, contribuiu decisivamente para a correlação com o Na e $(H^+ + Al^{3+})$. A correlação da CTC (T) com técnica de plantio C/A, é constantemente relatado na literatura (ROCHA; BASSOI; SILVA, 2015). Sendo a CTC total a expressão de todos os cátions permutáveis disponíveis no solo, e conseqüentemente disponibilizado pela adubação, esperava-se que essas duas variáveis se correlacionassem.

O P, quando absorvido, pode contribuir no crescimento da raiz alongando-a, e com o volume do cilindro dos pelos radiculares em leguminosas, e conseqüentemente apresentar maior peso de MSR (YANG et al., 2015). Isso explica o que foi observado no substrato argiloso com a correlação entre MSR e o nutriente P. O K também apresentou uma correlação positiva com a MSPA, corroborando com Duarte et al. (2015), que identificou maior peso de MSPA em plantas de vinhático (*Platymenia foliolosa*) quando forneceu fertilizantes com composição potássica.

Braga; Furtini Neto e Oliveira (2015), em estudos com plantas de cedro australiano concluíram que a SB, bem como V% aumentadas no solo contribuíram com a altura da planta, diâmetro do caule e massa seca total, corroborando com nosso trabalho onde também se observaram estas correlações.

No estudo de correlações da espécie *P. cattleianum* averigua-se que a técnica de plantio C/A em substrato arenoso, correlacionou com muitas variáveis de crescimento vegetal como MSR, MSPA, DC, ALT, bem como na fertilidade do solo, MO, $(H^+ + Al^{3+})$ e Na. Em estudos com espécies florestais, a adubação química e

orgânica proporcionou maior crescimento vegetal, destacando ainda que a adubação orgânica além de contribuir com fertilidade também propicia maior estruturação nos agregados do solo devido ao fornecimento de matéria orgânica (SOUZA et al., 2006).

No substrato argiloso a correlação foi positiva, com maior ângulo para o P, SB, Ca, Mg, CTC(t), K, V% e pH (Mapa (B) - Figura 4), influenciados novamente pela técnica de plantio C/A cujo fornecimento de nutrientes incrementou os atributos químicos do solo (NAVROSKI et al., 2016).

O dendograma é formado por grupos que mais se aproximam. Para *I. laurina* (A), foram formados três grupos, destacando-se, dois que demonstram que ambos os solos quando receberam adubação apresentaram resultados mais próximos, bem como a técnica de plantio testemunha e plantio de nativas com bromélia. Para a nativa *P. cattleianum* verificam-se três grupos separados pela linha de corte, mas que estão divididos pela textura do solo. Destacam-se o solo argiloso com plantio testemunha e com adubação como os que apresentaram os resultados mais próximos, e no arenoso, a técnica de plantio de nativa testemunha e nativa com bromélia.

Essa proximidade de resultados entre as essas variáveis estudadas, não significa que os resultados são o mesmo, mas somente qual obteve uma correlação mais próxima.

Dentre todos os resultados apresentados leva-se em consideração que as duas espécies podem ser cultivadas em ambos os solos tanto argiloso quanto arenoso. Para efeito de economia, o mais interessante é não retirar a base argilosa pois a mesma mantém maior fertilidade do solo e maior retenção de água, propiciando melhor desenvolvimento das plantas. A técnica de plantio de nativa com adubação na recuperação de áreas degradadas torna-se necessária a nutrição das plantas.

2.2.6.4 Conclusão

As espécies *I. laurina* e *P. cattleianum* podem ser utilizadas na recuperação de áreas degradadas em base de poço de petróleo desativado.

A técnica de plantio com adubação proporcionou melhor desenvolvimento das espécies.

O cultivo sobre o substrato argiloso promoveu melhores resultados para o estabelecimento das nativas, todavia, para algumas variáveis, a espécie *P. cattleianum* obteve melhores resultados no substrato arenoso, destacadamente com a técnica de plantio com adubação.

Não é necessária a retirada do substrato argiloso para a revegetação da área.

2.2.6.5 Referências

ABUA, M.A.; EDET, E.O. Morphological and physic - chemical characteristics of coastal plain soils of southern Cross River State – Nigeria. **The Nigerian Journal of Geography and Environment**, v. 5, n.1, p. 109-104, jan. 2007.

ALMEIDA, A.V.D.L.; CORRÊA, M.M.; LIMA, J.R.S.; SOUZA, E.S.; SANTORO, K.R.; ANTONINO, A.C.D. Atributos Físicos, Macro e Micromorfológicos de Neossolos Regolíticos no Agreste Meridional de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, n.5, p.1235-1246, out. 2015.

ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONCALVES, J.L. DE, M.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711–728, jan. 2014.

ALVES, M.C.; SOUZA, Z.M. Recuperação de área degradada por construção de hidroelétrica com adubação verde e corretivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 6, p. 2505-2516, dez. 2008.

ARRUDA, A.B.; SOUZA, R.F.; BRITO, G.H.M.; MOURA, J.B.; OLIVEIRA, M.H.R.; SANTOS, J.M.; SILVA, S.D. Resistance of soil to penetration as a parameter indicator of subsolation in crop areas of sugar cane. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, p. 1-9, 3 jun. 2021.

AZEVEDO, A.C. BONUMÁ, A.S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 609-617, abr. 2004.

BECHARA, F.C.; DICKENS, S.J.; FARRER, E.C.; LARIOS, L.; SPOTSWOOD, E.N.; MARIOTTE, P.; SUDING, K.N. Neotropical rainforest restoration: comparing passive, plantation and nucleation approaches. **Biodiversity And Conservation**, v. 25, n. 11, p. 2021-2034, 28 jul. 2016.

BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C. T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.; SOUZA, F.R. Compactação em um Latossolo vermelho distroférico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 3, p. 681-691, jun. 2010.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G.; FERRAZ, M.V. Densidade relativa ótima de Latossolos Vermelhos para a produtividade de soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.843-849, jan. 2005.

BEUSCH, C.; CIERJACKS, A.; BÖHM, J.; MERTENS, J.; BISCHOFF, W.; ARAUJO FILHO, J.C.; KAUPENJOHANN, M. Biochar vs. clay: comparison of their effects on nutrient retention of a tropical arenosol. **Geoderma**, v. 337, p. 524-535, mar. 2019.

BRAGA, M.M.; FURTINI NETO, A.E.; OLIVEIRA, A.H. Influência da saturação por bases na qualidade e crescimento de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 49-58, mar. 2015.

BRASIL- Diário Oficial da União - Seção 1 - 12/4/1989, Página 5517 (Publicação Original) **Coleção de Leis do Brasil** - 1989, p. 682 Vol. 2.

BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, v. 30, n. 2, p. 365-372, abr. 2000.

CANARACHE, A.P.A. Generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. **Soil and Tillage Research**, v.16, p.51-70, 1990.

CASTILHO, K.B.; CORTEZ, J.W.; OLSZEWSKI, N.; SALVIANO, A.M.; TRINDADE, M.H. Análise multivariada da qualidade química de um Latossolo sob sistemas de manejo do solo. **Revista Agrarian**, Dourados, v.10, n. 36, p. 162-169, abr. 2017.

COGLIATTI-CARVALHO, L.; ROCHA-PESSÔA, T.C.; NUNES-FREITAS, A. F.; ROCHA, C.F.D. Volume de água armazenado no tanque de bromélias, em restingas da costa brasileira. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 84-95, mar. 2010.

CORRÊA, M.C. de M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J.F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho Distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 23, n. 5, p. 1159- 1163, 2001.

COSTA, M.G.; TONINI, H; MENDES FILHO, P. Atributos do Solo Relacionados com a Produção da Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Floresta e Ambiente**, v. 24, p. 2-10, 2017.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

DEICHMANN, J.L.; HERNÁNDEZ-SERNA, A.; DELGADO, J.A.D.; CAMPOS-CERQUEIRA, M.; AIDE, T.M. Soundscape analysis and acoustic monitoring document impacts of natural gas exploration on biodiversity in a tropical forest. **Ecological Indicators**, v. 74, p. 39-48, mar. 2017.

DUARTE, M.M.; GANDOLFI, S. Diversifying growth forms in tropical forest restoration: enrichment with vascular epiphytes. **Forest Ecology And Management**, v. 401, p. 89-98, out. 2017.

DUARTE, M.L.; PAIVA, H.N.; ALVES, M.O.; FREITAS, A.F.; MAIA, F.F.; GOULART, L.M.L. Crescimento e qualidade de mudas de vinhático (*Platymenia foliolosa Benth.*) em resposta à adubação com potássio e enxofre. **Ciência Florestal**, v.25, n.1, p. 221-229, mar. 2015.

EBELING, A.G.; ANJOS, L.H.C.; PEREZ, D.V.; PEREIRA, M.G.; VALLADARES, G. S. Relação entre acidez e outros atributos químicos em solos com teores elevados de matéria orgânica. **Bragantia**, v.67, n.2, p.429-439, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. p. 212, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3.ed. Brasília: Ministério da Agricultura e do Abastecimento. p.177. 2013.

FALCÃO NETO, R.; SILVA JÚNIOR, G.B.; ROCHA, L.F.; CAVALCANTE, Í.; BECKMANN-CAVALCANTE, H.L.; MÁRKILLA, Z.B.C. Características biométricas de mudas de castanha-do-gurguéia em função de calagem e NPK. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n.4, p. 940-949, dez. 2011.

FERNANDEZ, M.C.; RUBIO, G. Root morphological traits related to phosphorus-uptake efficiency of soybean, sunflower, and maize. **Journal Of Plant Nutrition And Soil Science**, v. 178, n. 5, p. 807-815, 20 ago. 2015.

FERREIRA, E.B.; CAVALCANTI, P.P.; NOGUEIRA, D.A. **ExpDes.pt: Experimental Designs Package (Portuguese)**. R package version 1.2.0, 2018. <https://cran.rproject.org/web/packages/ExpDes.pt/ExpDes.pt.pdf>.

FERRO, A.E.M.M.; BORSOI, A.; SOUZA, L.C.; ROSSET, J.S. Atributos agronômicos da cultura do trigo sob diferentes fontes de adubação. **Acta Iguazu**, v.7, n.3, p. 50-59, mar. 2018.

GERBER, D.; WAGNER JÚNIOR, A.; PERTILLE, C. T.; LUBKE, L.; LUBKE, M.; SEIDEL, D. S; BECHARA, F. C. Utilização de *Bromelia antiacantha Bertol.* em projetos de restauração ecológica. **Acta Biológica Catarinense**, v.4, n.2, p. 60-67, 8 nov. 2017.

GOUDA, S.; KERRY, R.G.; DAS,G.; PARAMITHIOTIS, S.; SHIN, H.; PATRA, J.K. Revitalization of plant growth promoting rhizobacteria for sustainable development in agriculture. **Microbiological Research**, v. 206, p. 131-140, jan. 2018.

GLÓRIA, G.C.P.; AMADOR, J.T.; VASCONCELOS, S.S. Accuracy of oil palm root length measuring methods. **Revista de Ciências Agrárias**, v.1, n.8, p.31-38, jun. 2020.

INSTITUTO ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS -IEMA. **Lista de espécies indicadas para recuperação de áreas degradadas no estado do Espírito Santo**. 2018 Acesso em: 18 mar. 2021. URL <https://iema.es.gov.br/Media/iema/Downloads/GRN/Core/Lista%20de%20especies%20nativas%20recomendadas%20para%20restauracao.xls>.

JORGE, L.A.C.; RODRIGUES, A.F.O.; **Safira: Sistema de Análise de Fibras e Raízes**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. 21 p.

KHALEDIAN, Y.; BREVIK, E.C.; PEREIRA, P.; CERDÀ, A.; FATTAH, M.A.; TAZIKEH, H. Modeling soil cation exchange capacity in multiple countries. **Catena**, v. 158, p. 194-200, nov. 2017.

KLEIN, C.; KLEIN, V.A. Estratégias para potencializar a retenção e disponibilidade de água no solo. **Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas**. v.19, n. 1, p. 21-29, abr. 2015.

LIMA, A.O.S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, A.R.; LUNZ, A. M.; MELLO, A. H.; ALBINO, U. B. Effect of growth and chemical fertilizer-inducing microorganisms in Sandy soil. **Brazilian Journal Of Development**, v.6, n.11, p.91670-91683, 2020.

LIMA, K.C.; PEREZ FILHO, A. Geomorphological evolution of the coastal plains in the holocene. **Mercator**, v.19, n.5, p.11-18, 15 maio 2020.

MACHADO, D.F.T.; CONFESSOR, J.G.; RODRIGUES, S.C. Processo inicial de recuperação de área degradada a partir de intervenções físicas e utilização de leguminosas. **Caderno de Geografia**, v.24, n.1, p.42-54, 5 jun. 2014.

MARIANO, E.F.; VIEIRA-FILHO, A.H.; COSTA, G.A.T.; ARAUJO, H.F.P.; HERNANDEZ, M.I.M. Bird assembly in restinga reforested areas. **Acta Brasiliensis**, v. 4, n. 2, p. 91, 25 maio 2020.

MELO JÚNIOR, J.C.F.; BOEGER, M.R.T. Riqueza, estrutura e interações edáficas em um gradiente de restinga do Parque Estadual do Acaraí, Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 42, n. 2, p. 207-232, jun. 2015.

MECHI, A.; SANCHES, D. L. Impactos ambientais da mineração no Estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 24, n. 68, p. 209-220, 2010.

MONTENEGRO, J. **Brasil se aproxima dos 30 mil poços perfurados**. 2019. Editora Brasil e Energia. Disponível em: <https://petroleo hoje.editorabrasilenergia.com.br/brasil-se-aproxima-dos-30-mil-pocos-perfurados/>. Acesso em: 26 maio 2021.

MUMBACH, G.L.; OLIVEIRA, D.A.; WARMLING, M.I.; GATIBONI, L.C. Quantificação de fósforo por Mehlich 1, Mehlich 3 e Resina Trocadora de Ânions em solos com diferentes teores de argila. **Revista Ceres**, v. 65, n. 6, p. 546-554, dez. 2018.

NASCIMENTO, J.A.M.; SOUTO, J.S.; CAVALCANTE, L.F.; MEDEIROS, S.A.S.; PEREIRA, W.E. Produção de melancia em solo adubado com esterco bovino e potássio. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal Of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 2, p. 122-127, 30 mar. 2017

NAVROSKI, M.C.; ARAUJO, M.M.; CUNHA, F.S.; BERGHETTI, Á.L.P.; PEREIRA, M.O. Redução da adubação e melhoria das características do substrato com uso do hidrogel na produção de mudas de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 4, p. 1155-1165, dez. 2016.

NOGUEIRA, A.M.; TOCANTINS, N.; SALOMÃO, F.X.T. Degradação de áreas com processo de Arenização na Bacia do Córrego Guanabara, Município de Reserva do Cabaçal –MT. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.13, n.3, p.722-737, maio 2019.

NUNES, Y.R.F.; FAGUNDES, N.C.A.; VELOSO, M.D.M.; GONZAGA, A.P. D.; DOMINGUES, E.B.S.; ALMEIDA, H.S.; CASTRO, G.C.; SANTOS, R.M. Sobrevivência e crescimento de sete espécies arbóreas nativas em uma área degradada de floresta estacional decidual, norte de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 801-810, out. 2015.

OLIVEIRA FILHO, F.X.; MIRANDA, N.O.; MEDEIROS, J.F.; SILVA, P.C.M.; MESQUITA, F.O.; COSTA, T.K.G. Zona de manejo para preparo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n.2, p.186-193, fev. 2015.

ORTEGA, A.R.; ALMEIDA, L.S.; MAIA, N.; ANGELO, A.C. Avaliação do crescimento de mudas de *Psidium cattleianum* Sabine a diferentes níveis de sombreamento em viveiro. **Cernés**, v. 12, n. 3, p. 300-308, out. 2006.

PEREIRA, M.G.; ARAUJO, A.L.S.; DORTZBACH, D.; TAVARES, O.C.H.; SILVA NETO, E.C. Estimativa da acidez potencial através do método do pH SMP em solos de altitude de Santa Catarina. **Agropecuária Catarinense**, v.33, n. 1, p. 50-55, abr. 2020.

PORTELA, E.; ABREU, M.M. Fixação do potássio nos solos portugueses. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 41, n. 3, p. 569-591, jul. 2018. Sociedade de Ciências Agrárias de Portugal.

PREZOTTI, L.C.; GOMES, J.A.; DADALTO, G.; OLIVEIRA, J.A. **Manual de Recomendação de Calagem e Adubação para o estado do Espírito Santo**. 5ª aproximação. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007.305p.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. 2018. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>.

RENCHER, A.C. **Methods of Multivariate Analysis**. A JOHN WILEY & SONS, INC. PUBLICATION. 2ed. 2002.727p.

ROCHA, M.G.; BASSOI, L.H.; SILVA, D.J. ATRIBUTOS DO SOLO, produção da videira 'syrah' irrigada e composição do mosto em função da adubação orgânica e nitrogenada. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 1, p. 220-229, mar. 2015.

ROCHA, F.A.; MARTINEZ, M.A.; MATOS, A.T.; CANTARUTTI, R.B.; SILVA, J.O. Modelo numérico do transporte de nitrogênio no solo. Parte II: reações biológicas durante a lixiviação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 54-61, fev. 2008.

RIBEIRO, B.T.; LIMA, J.M.; CURI, N.; OLIVEIRA, G.C.; LIMA, P.L.T. Cargas superficiais da fração argila de solos influenciadas pela vinhaça e fósforo. **Química Nova**, v. 34, n. 1, p. 5-10, 2011.

SANSEVERO, J.B.B.; PRIETO, P.V.; MORAES, F.D.; RODRIGUES, P.J.F.P. Natural regeneration in plantations of native trees in lowland Brazilian Atlantic Forest: community structure, diversity, and dispersal syndromes. **Restoration Ecology**, v.19, p.379-389, 2011.

SILVA, E.B.; COSTA, H.A.O.; FARNEZI, M.M. Acidez potencial estimada pelo método do pH em solos da região do Vale do Jequitinhonha no Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.30, p.751-7, 2006.

SILVA, E.F.; ARAUJO, R.L.; MARTINS, C.S.R.; MARTINS, L.S.S; VEASEY, E.A. Diversity and genetic structure of natural populations of araçá (*Psidium guineense* Sw.). **Revista Caatinga**, v. 29, n. 1, p. 37-44, mar. 2016.

SANTOS-JUNIOR, R.; SILVA, J. G.; MARTINS, R. Estrutura da comunidade arbórea em uma floresta paludosa de restinga na planície costeira do sul do Brasil. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 55-63, maio 2015.

SOUZA, E.L.; ANTONIOLLI, Z.I.; MACHADO, R.G.; PAZZINI, D.E.; DAHMER, S.F.; REDIN, M.; RAMIRES, M.F. Fungos ectomicorrízicos na produção de mudas de *Eucalyptus grandis* w. hill ex. maiden em neossolo quartzarênico. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 2, p. 471, 29 jun. 2017.

SILVA, M.J.; ALVES, E.U.; SILVA, R.S.; SILVA, E.C.; SILVA, J.N.; ANDRADE. N.N. Emergence of *Inga laurina* (SW) willd seedlings. **Brazilian Journal Of Development**, v.7, n. 1, p. 551-563, 2021.

SILVA, M.G.; SILVA, G.G. C.; OLIVEIRA, E. M. M.; SANTOS, R.C.; CASTRO, R.V.O. Crescimento, produção e distribuição de biomassa de acácia (*Acacia mangium Willd*) em resposta ao método de cultivo. **Revista Engenharia na Agricultura - Reveng**, v. 26, n. 4, p. 360-369, 31 ago. 2018.

SOUZA, C.A.M.; OLIVEIRA, R.B.; MARTINS FILHO, S.; LIMA, J.S.S. Crescimento em campo de espécies florestais em diferentes condições de adubações. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 3, p. 243, 30 set. 2006.

SOUSA, N.C.; LISBOA, B.; VARGAS, L.K.; BORDIGNON, S.; BENEDUZI, A. Composto orgânico à base de salvínia para a produção de mudas de grandíuva. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 41, n. 1, p. 1-7, 12 fev. 2021.

SOUZA, L.H; NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.; VILLANI, E.M.A. Efeito do ph do solo rizosférico e não rizosférico de plantas de soja inoculadas com *Bradyrhizobium japonicum* na absorção de boro, cobre, ferro, manganês e zinco. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, p. 1641-1652, jan. 2010.

SHARMA, A.; WEINDORF, D.C.; WANG, D.; CHAKRABORTY, S. Characterizing soils via portable X-ray fluorescence spectrometer: 4. cation exchange capacity (cec). **Geoderma**, v. 239-240, p. 130-134, fev. 2015.

SHIRI, J.; KESHAVARZI, A.; KISI, O.; ITURRARAN-VIVEROS, U.; BAGHERZADEH, A.; MOUSAVI, R.; KARIMI, S. Modeling soil cation exchange capacity using soil parameters: assessing the heuristic models. **Computers And Electronics In Agriculture**, v.135, p.242-251, abr. 2017

STEFANOSKI, D.C.; SANTOS, G.G.; MARCHÃO, R.L.; PETTER, F.A.; PACHECO, L.P. Uso e manejo do solo e seus impactos sobre a qualidade física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 12, p. 1301-1309, dez. 2013.

STUMPF, L.; PAULETTO, E.A.; PINTO, L.F.S. Soil aggregation and root growth of perennial grasses in a constructed clay minesoil. **Soil And Tillage Research**, v. 161, p. 71-78, ago. 2016.

TAHIR, S.; MARSCHNER, P. Clay Addition to Sandy Soil Reduces Nutrient Leaching—Effect of Clay Concentration and Ped Size. **Communications In Soil Science And Plant Analysis**, v. 48, n. 15, p. 1813-1821, 22 ago. 2017.

TEIXEIRA, P.C.; MESQUITA, I.L.; MACEDO, S.T.; TEIXEIRA, W.G.; LIMA, W.A.A. Resposta de vetiver à aplicação de calcário e fósforo em três classes de solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 99-105, fev. 2015.

TORABIAN, S.; FARHANGI-ABRIZ, S.; DENTON, M.D. Do tillage systems influence nitrogen fixation in legumes? A review. **Soil And Tillage Research**, v. 185, p. 113-121, jan. 2019.

TRENTIN, B.E.; ESTEVAN, D.A.; ROSSETTO, E.F.S.; GORENSTEIN, M.R.; BRIZOLA, G. P.; BECHARA, F.C. Restauração florestal na mata atlântica: passiva, nucleação e plantio de alta diversidade. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 1, p. 160, 2 abr. 2018.

VILELA, F.J.; BRUM, S.S.; LIMA, J.E.O.; FERREIRA, G.; JULIENE, L.; RESENDE, T. Evaluation of a new soil conditioner from *Magonia pubescens* biomass on leaching metals and cation exchange capacity in different soils. **Journal Of Applied Chemistry**, v. 13, n. 10, p. 59-70, out. 2020.

YANG, X.; CHEN, X.; YANG, X. Effect of organic matter on phosphorus adsorption and desorption in a black soil from Northeast China. **Soil And Tillage Research**, v. 187, p. 85-91, abr. 2019.

YANG, Z.; CULVENOR, R. A.; HALING, R. E.; STEFANSKI, A.; RYAN, M. H.; SANDRAL, G. A.; KIDD, D. R.; LAMBERS, H.; SIMPSON, R. J.. Variation in root traits associated with nutrient foraging among temperate pasture legumes and grasses. **Grass And Forage Science**, v. 72, n. 1, p. 93-103, 30 set. 2015.