



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIAS AMBIENTAIS

ADRIANO ALVES DE ANDRADE

VIABILIDADE TÉCNICA DO USO DE TOPSOIL NA COMPOSIÇÃO DE
SUBSTRATOS DE ESPÉCIES FLORESTAIS DA CAATINGA

Marechal Deodoro

2023



Adriano Alves de Andrade

Viabilidade técnica do uso de topsoil na composição de substratos de espécies florestais da caatinga

Produto Técnico Tecnológico, integrante do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional), como requisito para obtenção do título de Mestre em Tecnologias Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cavalcante

Marechal Deodoro – AL

Maio de 2023

FICHA CATALOGRÁFICA



**Dados Internacionais de Catalogação na
Publicação**
Instituto Federal de Alagoas
***Campus* Marechal Deodoro**
Biblioteca Dorival Apratto

A553v

Andrade, Adriano Alves de.

Viabilidade técnica do uso de topsoil na composição de substratos de espécies florestais da caatinga / Adriano Alves de Andrade. – 2023.

15 f.

290 kilobytes (PDF)

Inclui bibliografia e figuras.

Produto Educacional – Originado do Trabalho de Conclusão de Curso: Viabilidade técnica do uso de topsoil na composição de substratos de espécies florestais da caatinga (Mestrado profissional em tecnologias ambientais) – Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Marechal Deodoro, Marechal Deodoro, 2023.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Cavalcante.

1. *Enterolobium contorstisiliquum*. 2. *Peltophorum dubium*. 3. *Tabebuia roseoalba*. 4. *Abarema langsdorfii*. I. Título. II. Cavalcante, Marcelo.

CDD: 333.75

Maria Jôse Nascimento Leite Machado

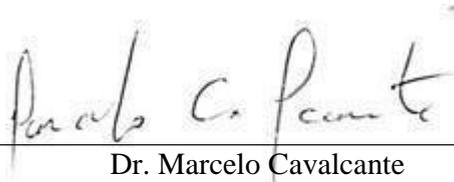
Bibliotecária – CRB 4/2125

ADRIANO ALVES DE ANDRADE

Produto Técnico Tecnológico, integrante do Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Ambientais (Modalidade Mestrado Profissional) como requisito para a obtenção do título de Mestrem Tecnologias Ambientais.

Aprovado em 31 de julho de 2023.

Orientador:



Dr. Marcelo Cavalcante
Ifal/Campus Maragogi

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
gov.br CICERO GOMES DOS SANTOS
Data: 29/08/2023 20:03:30-0300
Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Dr. Cícero Gomes dos Santos
Universidade Federal de Alagoas – Campus Arapiraca



Dr. Rodrigo Gomes Pereira
Universidade Federal do Agreste de Pernambuco – Campus Garanhuns

ANDRADE, Adriano Alves. **Viabilidade técnica do uso de topsoil na composição de substratos de espécies florestais da Caatinga**. 48f. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Campus Marechal Deodoro, Instituto Federal de Alagoas, Marechal Deodoro, 2023.

RESUMO

A mineração é um dos setores básicos da economia do país. Porém, gera grandes impactos ambientais, além de grande quantidade de resíduos. Para atender a legislação ambiental, o empreendimento deverá apresentar programas de recuperação de áreas degradadas. A produção de mudas é uma das ações executadas, que exige grande volume de substratos, geralmente comerciais, de alto custo. O topsoil, camada superficial do solo, é um resíduo com características físico-químicas com potencial de uso agrícola, presente em grandes quantidades, chegando a 33 mil m³. Portanto, objetivo desta pesquisa foi conhecer a viabilidade técnica do topsoil adicionado a substrato comercial para produção de mudas de quatro espécies nativas da Caatinga. O experimento no delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 5 x 4, com cinco níveis de topsoil (0, 25, 50, 75 e 100% de topsoil em substituição ao substrato comercial) e quatro espécies da Caatinga timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*), farinha seca (*Abarema langsdorfii*) e ipê branco (*Tabebuia roseo-alba*). Variáveis biométricas foram avaliadas para determinar a qualidade da muda. Considerando o número de folhas, não houve interação entre os fatores, em que as espécies timbaúba (8,0) e ipê branco (8,5) tiveram maiores médias, podendo usar 100% de topsoil. Para o diâmetro do coleto, 13,9 e 10,3% de topsoil são os limites máximos para canafístula e farinha seca. Para a altura da planta, 85,4% de topsoil é o recomendado para Timbaúba. Considerando o índice de qualidade de Dickson, para as espécies canafístula e ipê branco, 74,1 e 36,1% são os limites máximos de topsoil e, para farinha seca e timbaúba, pode-se utilizar até 100%. Com isso, será possível redução dos custos em até 77% na produção de mudas florestais.

Palavras-chave: *Enterolobium contortisiliquum*, *Peltophorum dubium*, *Tabebuia roseo-alba*, *Abarema langsdorfii*.

ANDRADE, Adriano Alves. **Technical feasibility of the use of topsoil in the substrate composition of Caatinga forest species**. 48f. 2023. Final Paper (Master in Environmental Technologies) – Campus Marechal Deodoro, Federal Institute of Alagoas, Marechal Deodoro, 2023.

ABSTRACT

Mining is one of the basic sectors of the country's economy. However, it generates large environmental impacts, as well as a large amount of waste. To comply with environmental legislation, the enterprise must present programs for the recovery of degraded areas. The production of seedlings is one of the actions performed, which requires a large volume of substrates, usually commercial, of high cost. The topsoil, the surface layer of the soil, is a residue with physicochemical characteristics with potential for agricultural use, present in large quantities, reaching 33 thousand m³. Therefore, the objective of this research was to know the technical feasibility of topsoil added to commercial substrate for the production of seedlings of four native species of the Caatinga. The experiment was completely randomized in a 5 x 4 factorial scheme, with five levels of topsoil (0, 25, 50, 75 and 100% of topsoil replacing the commercial substrate) and four species of Caatinga timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum*), canafístula (*Peltophorum dubium*), dry flour (*Abarema langsdorfii*) and white ipê (*Tabebuia roseo-alba*). Biometric variables were evaluated to determine the quality of the seedling. Considering the number of leaves, there was no interaction between the factors, in which the species timbaúba (8.0) and ipê branco (8.5) had higher averages, being able to use 100% topsoil. For the diameter of the stem, 13.9 and 10.3% topsoil are the maximum limits for canafístula and dry flour. For the height of the plant, 85.4% topsoil is recommended for Timbaúba. Considering the Dickson quality index, for the canafístula and ipê branco species, 74.1 and 36.1% are the maximum limits of topsoil and, for dry flour and timbaúba, up to 100% can be used. Thus, it will be possible to reduce costs upto 77% in the production of forest seedlings.

Keywords: *Enterolobium contortisiliquum*, *Peltophorum dubium*, *Tabebuia roseo-alba*, *Abarema langsdorfii*.

SUMÁRIO EXECUTIVO

Tipo de Produto Técnico e Tecnológico: Tecnologia Social.

Demanda: Mineração Vale Verde do Brasil Ltda.

Objetivo: Indicar espécies florestais nativas do bioma Caatinga a substratos específicos, avaliadas nos estágios iniciais de crescimento.

Relevancia social e econômica: O uso do topsoil reduz o custo de produção de mudas, permitindo que mais espécies possam ser produzidas. Estas mudas, além de serem utilizadas na restauração da vegetação suprimida, são doadas para Prefeituras, beneficiando a população local.

Aderência: Alta, uma vez que o subproduto utilizado é extraído e será utilizado em ambiente de caatinga, bioma predominante da localidade de aplicabilidade do experimento.

Impacto: Alto, pois o topsoil, resíduo sólido, poderá substituir substratos comerciais, reduzindo o consumo de matérias primas não renováveis (turfa) e o uso de processos que utilizam combustíveis fósseis (carbonatação da casca do arroz, adubos sintéticos), os custos de produção, tornando o preço das mudas mais acessível.

Aplicabilidade: Nacional, considerando que a geração de topsoil é identificável em empreendimentos de grande porte, incluindo os Minerários.

Inovação: Médio teor inovador, por combinar conhecimentos pré-estabelecidos.

Complexidade: Tendo em vista os diferentes atores envolvidos para conclusão da pesquisa (empresa geradora do resíduo, empresa que reutiliza), pode-se dizer que a pesquisa apresentou média/alta complexidade.

CONTEXTUALIZAÇÃO

A degradação ambiental ocorre, sobretudo e expressivamente, nas regiões mais secas, e deriva da atuação de fatores climáticos e da intervenção humana (agricultura, pecuária, mineração etc.) (Leite & Bakke, 2018). Tal cenário não é diferente e possui elevada representatividade no semiárido nordestino brasileiro, em particular no bioma Caatinga, região com extensão de cerca de 900.000 km² distribuídos em todos os Estados nordestinos, exceto no Maranhão e no norte de Minas Gerais (Silva et al., 2016). Porém, a deterioração do meio ambiente nessa região se estende por mais de 20.000.000 ha, equivalendo a 21,95% de sua área e 12,25% da região nordestina (Holanda et al., 2015).

Nesse sentido, além das exigências legais, nota-se o interesse das empresas de mineração em determinar procedimentos de recuperação que sejam adequadas às condições dolocal de desenvolvimento da extração do bem mineral, de modo a reduzir os impactos negativos nos ecossistemas, principalmente por causar a remoção da vegetação nativa e do solo, que modifica a topografia e altera os ciclos biogeoquímicos (Daws et al., 2019).

Diante desse cenário, parte do empenho para conseguir a conservação dos processos naturais de restauração, está o plantio de mudas de espécies arbóreas nativas. Mesmo sendo dentro os métodos utilizados, o mais empregado no processo de restauração de áreas degradadas pela mineração, este possui elevados custos (Martins et al., 2018).

Dessa forma, subprodutos industriais podem e devem ser considerados em composição conjunta aos substratos de origem inorgânicos e comerciais, os quais possuem elevado custo, encarecendo a produção de mudas. O aproveitamento de resíduos agroindustriais como componentes de substratos orgânicos, pode garantir a obtenção de material alternativo, de baixo custo, fácil disponibilidade e ainda auxiliar na redução do acúmulo no ambiente (Massad et al., 2015). Tal condição se aplica ao topsoil, que representa a camada de horizonte A do solo, sendo obtido após a supressão da vegetação, com alto teor de matéria orgânica e nutrientes, quando comparado aos demais perfis, com benefícios aos processos ecológicos a nível edáfico (Ferreira & Vieira, 2017).

Embora seja um material de elevado valor biológico, o topsoil tem sua consideração operacional e aplicabilidade apenas em períodos e estágios pós-mineração (Vergílio et al., 2013). Nesse sentido, faz-se necessária a busca pela utilização de alternativas sustentáveis, a reutilização de resíduos e subprodutos na formação de substratos, de modo a promover o aproveitamento dos nutrientes contidos nesses materiais, a redução do custo de produção, além da mitigação dos impactos ambientais negativos gerados (Araújo et al., 2017).

O presente trabalho teve o intuito de conhecer a viabilidade técnica do uso do topsoil na composição de substratos para produção de mudas de espécies da Caatinga.

METODOLOGIA

Local

O experimento foi conduzido entre setembro e novembro de 2022 no viveiro de mudas da Mineração Vale Verde do Brasil LTDA., do tipo capela, envolto de sombrite (50% de incidência de luz), sob as coordenadas geográficas 9° 40' 45,59" S e 36° 47' 05,7" W, município de Craíbas/AL. O clima da região é do tipo BSh, semiárido quente, segundo classificação de Köppen, com médias anuais de temperaturas, mínima e máxima, umidade relativa do ar e precipitação pluvial de 19,9 e 29,9°C, 70,5% e 49,0 mm, respectivamente (Climate-Data, 2023). Com a utilização de um termo-higrômetro digital, modelo LCD-DC103, foram monitoradas as variações de temperatura e umidade relativa do ar durante o período experimental (Figura 1).

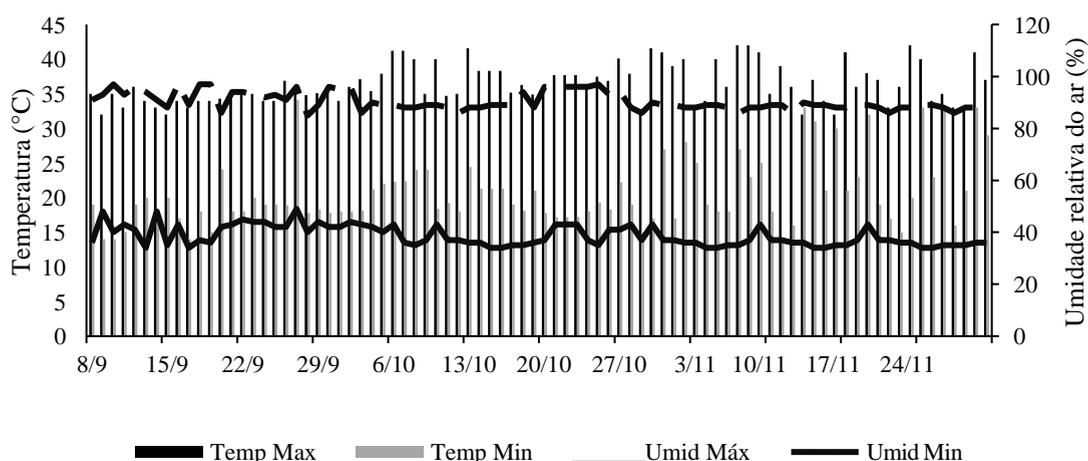


Figura 1. Variação da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) no interior do viveiro de mudas durante o período experimental.

Desenho experimental e tratamentos

O experimento foi implantado no delineamento inteiramente casualizado, arranjo fatorial 4 x 5, composto por quatro espécies da Caatinga [*Canafístula* (*Peltophorum dubium* Spreng., farinha seca (*Albizia hasslerii* Chod. Burkart), timbaúba (*Enterolobium contortisiliquum* Vell. Morong) e ipê branco (*Tabebuia roseo-alba* Ridl. Sandwith)], e cinco níveis de topsoil (0, 25, 50, 75 e 100% de topsoil em substituição ao substrato comercial), com quatro repetições, totalizando 100 parcelas, em que cada parcela foi composta por nove mudas (Elacher et al., 2014).

As sementes das espécies foram coletadas em árvores-matrizes localizadas no Posto

Avançado da Reserva da Biosfera da Caatinga, pertencente à Mineração Vale Verde Ltda., em Caríbas/AL. O topsoil, sem histórico de uso agropecuário, foi obtido após a execução dos serviços de supressão vegetal, na camada de 0 a 30 cm do solo, em que houve o transporte do material a depósito específico, a céu aberto, com capacidade de 33 mil m³, segundo os programas vinculados ao licenciamento ambiental do empreendimento de exploração de cobre.

O substrato comercial foi o Tropstrato Florestal[®] (Genfértil Composto Orgânico S/A, Campinas/SP), constituído por casca de pinus, vermiculita, carvão vegetal, superfosfato simples e produtos formulados por terceiros, com capacidade de retenção de água mínima de 130%, e densidade (base seca) de 190 kg m⁻³. Amostras de topsoil e do substrato comercial foram enviados para análises químicas, em que os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 4. Análises químicas do topsoil e do substrato comercial.

Caracteres	Topsoil	Substrato Comercial
pH (água)	5,8	5,4
P (mg dm ⁻³) ¹	5,0	18,0
Na (cmol _c dm ⁻³) ¹	0,29	6,4
K (cmol _c dm ⁻³) ¹	0,36	17,9
Ca (cmol _c dm ⁻³) ²	2,9	6,3
Mg (cmol _c dm ⁻³) ²	1,3	4,7
Al (cmol _c dm ⁻³) ²	0,0	0,13
H (cmol _c dm ⁻³) ³	2,3	1,87
S (Soma de bases; cmol _c dm ⁻³)	4,85	35,3
Matéria orgânica (%)	1,95	57,5
Ferro (mg dm ⁻³) ¹	332,1	198,2
Cobre (mg dm ⁻³) ¹	1,35	2,25
Zinco (mg dm ⁻³) ¹	0,01	0,15
Manganês (mg dm ⁻³) ¹	0,55	0,65

Métodos analíticos: ¹Mehlich; ²KCl a 1N; ³Acetato de cálcio a pH 7,0.

As análises físicas do topsoil de areia muito grossa, areia grossa, areia média, areia fina, areia muito fina, silte e argila foram 30, 115, 287, 280, 88, 109 e 91 g kg⁻¹, respectivamente, classificando-o como Areia Franca.

Manejo experimental

As mudas foram produzidas em tubetes plásticos de polipropileno atóxico, preto, com capacidade de 290 mL, dispostos em bandejas plásticas com 54 células, em que houve o semeio manual de três sementes tubete⁻¹, a 1,5 cm de profundidade. Aos 30 dias após a semeadura foi realizado o desbaste, deixando a plântula mais vigorosa. As irrigações foram diárias, realizada com auxílio de um sistema de microaspersão com vazão de 0,96 m³ h⁻¹, utilizando um sistema com acionamento manual, por 40 minutos, duas vezes ao dia, às 10:00 e 15:00 h.

Variáveis analisadas

Aos 90 dias após a semeadura, em cinco mudas da área útil da parcela, foram avaliados o diâmetro do coleto (DC; mm), mensurado no colo da plântula com auxílio de um paquímetro; altura das plântulas (AP; cm), mensurada do colo até o ápice da plântula com auxílio de uma trena. Quantificou-se ainda, com auxílio de uma balança analítica digital, a massa da parte aérea (MPA; g), após corte na região do colo da muda com auxílio de uma tesoura de poda; a massa da raiz (MR; g), obtida após a separação da raiz com o substrato, em água corrente; e massa total (MT; g), correspondendo à soma da MPA e MR (g). De posse dos dados, avaliou-se o Índice de Qualidade de Dickson (IQD), proposto por Dickson et al. (1960), em que:

$$IQM = \frac{MT}{\frac{AP}{DC} / \frac{MPA}{MR}}$$

Análise estatística dos dados

Na análise dos dados, utilizou-se os modelos lineares mistos, empregando-se a análise de deviance, em que os efeitos foram avaliados pelo teste LRT (likelihood-ratio test) a 5% de probabilidade pelo teste X². As medias foram preditas pelo método BLUP. Ambos, espécies and concentrações foram assumidas como aleatórios, usando o argumento ‘random == “all”’, da função `waasb()`. Todas as análises foram realizadas usando pacote *metan*, version 1.18.0 (Oivoto & Lúcio, 2020), of the R software (R Core Team, 2023).

03. RESULTADOS OBTIDOS

Análise de deviance

Observou-se interação significativa ($P < 0,05$) entre as espécies e as concentrações de topsoil, indicando que o comportamento das espécies da Caatinga avaliadas foram influenciadas pela composição dos substratos.

Índice de qualidade de Dickson (IQD)

De forma geral, a composição dos substratos proporcionou o ambiente favorável para produção de mudas, principalmente para a espécie Timbaúba, com BLUPs acima da média em todos os tratamentos (Figura 1). Trata-se de uma espécie que apresenta crescimento classificado como pioneiro (Nascimento et al., 2021), adaptada às condições edafoclimáticas da Caatinga. Portanto, poderá ser utilizado até 100% de topsoil

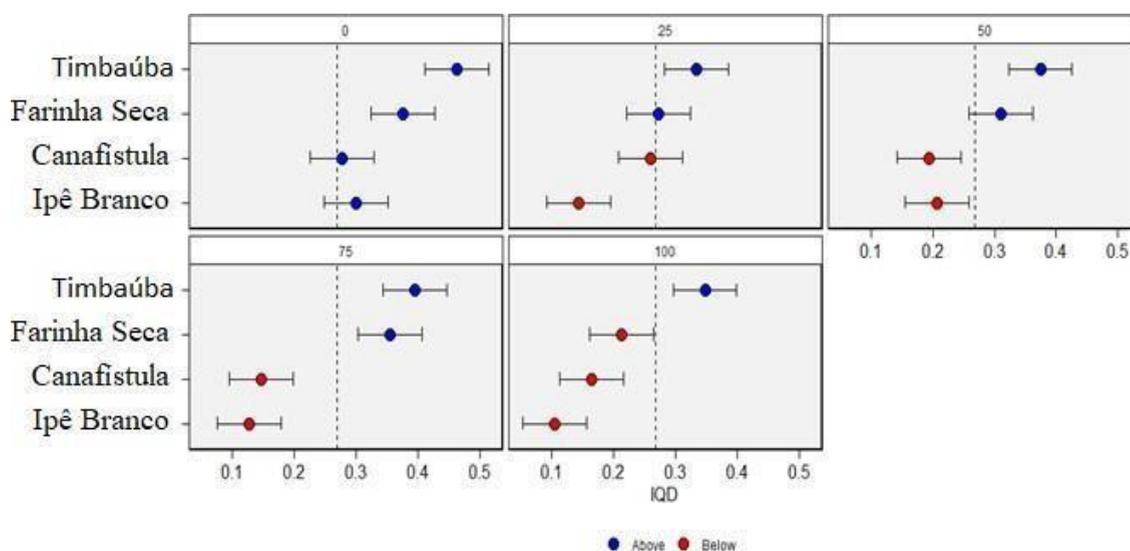


Figura 1. Índice de qualidade da muda (IQM) predito de quatro espécies florestais da Caatinga. Azul e vermelho indicam as espécies que tiveram BLUPs acima e abaixo da média, respectivamente. Barra de erro horizontal representa 95% do intervalo de confiança pelo teste t. Espécies: 1. Canafístula; 2. Farinha Seca; 3. Timbaúba; 4. Ipê Branco.

Porém, considerando o limite mínimo de 0,20 para o IQD, estabelecido por Dickon et al. (1960), observou-se que apenas Ipê Branco, nas composições de 25, 75 e 100%; e Canafístula, nas composições 75 e 100% de topsoil tiveram médias preditas inferiores ao limite mínimo para o IQD (Figura 1), indicando que não se adaptaram estes ambientes. É possível que a baixa retenção de água, devido a composição dos substratos, tenha desfavorecido às espécies. Ainda, quando cultivadas no substrato comercial, Canafístula e Ipê Branco tiveram os menores BLUPs, podendo indicar a não adaptação das espécies a este substrato.

Vieira & Weber (2017) observaram que a saturação por base mínima, composta por Na, K, Ca e Mg, para o Ipê Branco é de 70%. Porém, considerando os valores mínimos de < 1,0% saturação por sódio e entre 2,0 e 5,0% da saturação por potássio para as plantas, com base na capacidade de troca catiônica total (CTCt), observou-se que, no tratamento controle (0% topsoil), as saturações foram de 17,2 e 18,9%, respectivamente, podendo ter influenciado as espécies.

CONCLUSÕES

Na produção de mudas de espécies da Caatinga, a qualidade da muda é essencial para o crescimento e estabelecimento de plantas adultas. O índice de qualidade de Dickson foi idealizado para indicar mudas com qualidade suficiente para sobrevivência após o transplante. Portanto, considerando este parâmetro, para Canafístula, indica-se até 50% de topsoil; Farinha Seca e Timbaúba, até 100% de topsoil; Ipê Branco, substrato comercial e 50% de topsoil produzem mudas de qualidade.

AGRADECIMENTOS

A pesquisa contou com a parceria da empresa Mineração Vale Verde do Brasil por disponibilizar estrutura, insumos e recursos humanos fundamentais para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E.F. et al. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v. 5, n. 1, p. 16-23, 2017. <https://doi.org/10.5935/2318-7670.v05n01a03>

CLIMATE-DATA. **Dados climáticos para Craíbas/AL – Brasil**. 2023. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/alagoas/craibas-43005>>. Acesso em: 13 Jun. 2023.

DAWS, M.I. et al. Enduring effects of large legumes and phosphorus fertiliser on jarrah forest restoration 15 years after bauxite mining. **Forest Ecology and Management**, v. 438, p. 204–214, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.02.029>

DICKSON, A. et al. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960.

<https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>

ELACHER, W. et al. Carço de açá triturado fresco na formulação de substrato para a produção de mudas de hortaliças brássicas. **Enciclopedia Biosfera**, v. 10, n. 18, p. 2930-2940, 2014.

FERREIRA, M.C.; VIEIRA, D.L.M. Topsoil for restoration: resprouting of root fragments and germination of pioneers trigger tropical dry forest regeneration. **Ecological Engineering**, v. 103, p. 1–12, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.03.006>

HOLANDA, A.C. et al. Estrutura da vegetação em remanescentes de caatinga com diferentes históricos de perturbação em Cajazeirinhas (PB). **Revista Caatinga**, v. 28, n. 4, p. 142-150, 2015. <https://doi.org/10.1590/1983-21252015v28n416rc>

LEITE, M.J.H.; BAKKE, O.A. Uso de coprodutos da extração de ver miculita na produção de mudas de faveleira (*Cnidocolus quercifolius* Pohl.). **HOLOS**, v. 3, p. 70-80, 2018. <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2018.5863>

MARTINS, W.B.R. et al. Deposição de serapilheira e nutrientes em áreas de mineração submetidas a métodos de restauração florestal em Paragominas, Pará. **Revista Floresta**, v. 48, n. 1, p. 37-48, 2018. <http://dx.doi.org/10.5380/rf.v48i1.49288>

MASSAD, M.D. et al. Substratos alternativos na produção de mudas de flamboyant e ipê-mirim. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 354 v.10, n.2, p. 251-256, 2015. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i2.3475>

OLIVOTO, T., LÚCIO, A.D.C. 2020. *metan*: An R package for multi-environment trialanalysis. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 11, p. 783-789, 2020. doi: <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13384>

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing - R Foundation for Statistical Computing (4.1.1)**. 2023. Vienna, Austria. Available at: <https://www.R-project.org/>. Accessed on 10 Jun. 2023.

SILVA, M.S.C. et al. Soil Fauna Communities and Soil Attributes in the Agroforests of Paraty. **Floresta e Ambiente**, 180-190, 2016. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.059813>

VERGÍLIO, P.C.B. et al. Effect of Brushwood transposition on the leaf litter arthropod fauna in a Cerrado area. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 5, p. 1158–1163, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832013000500005>

VIEIRA, C.; WEBER, O. Saturação por bases no crescimento e na nutrição de mudas de ipê-amarelo. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e20160019, 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.001916>