

TEMPERATURAS E SUBSTRATOS NA GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE *Theobroma subincanum* MARTIUS IN BUCHNER (MALVACEAE)

TEMPERATURES AND SUBSTRATES IN THE GERMINATION OF *Theobroma subincanum* MARTIUS IN BUCHNER (MALVACEAE) SEEDS

Lúcia Filgueiras Braga¹
<https://orcid.org/0000-0002-5776-1711>
 Maria da Glória dos Santos²
<https://orcid.org/0009-0009-7786-3406>
 Guilhermy Raffael de Almeida Reis³
<https://orcid.org/0009-0009-7617-9143>

Submetido: 31/07/2024 / Aprovado: 25/11/2024 / Publicado: 14/03/2025.

Resumo

A espécie *Theobroma subincanum* Martius in Buchner apresenta potencial para a agroindústria de fabricação de chocolate, sendo importante avaliar a germinação de suas sementes e o crescimento inicial das plântulas. O trabalho teve como objetivo avaliar a influência de temperaturas e substratos na germinação de sementes e crescimento de plântulas de *T. subincanum*. No primeiro experimento avaliou-se as temperaturas de 25 °C e 30 °C constantes, utilizando quatro repetições com 25 sementes em substrato papel, em câmaras BOD. No segundo experimento avaliou-se cinco substratos (areia, solo, solo + areia, serragem e papel), sob temperatura de 30 °C, com quatro repetições com 25 sementes cada. Foram analisadas as variáveis: porcentagem e velocidade de germinação por critério fisiológico e agronômico, porcentagem de plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz das plântulas, massa fresca e seca da parte aérea e raiz, área foliar e razão de área foliar. Considerando os resultados, a temperatura de 30 °C e o substrato papel são mais adequados para germinação de *T. subincanum*, por favorecer a velocidade do processo e o comprimento das raízes, enquanto a serragem propiciou maiores médias em todas as variáveis avaliadas, sendo indicada para produção de mudas de *T. subincanum*.

Palavras-chave: Cupuí. Substrato. Semente florestal.

Abstract

The species *Theobroma subincanum* Martius in Buchner has potential for the chocolate manufacturing agroindustry, and it is important to evaluate the germination of its seeds and the initial growth of the seedlings. The aim of the work was to evaluate the influence of temperatures and substrates on seed germination and seedling growth of *T. subincanum*. In the first experiment, constant temperatures of 25°C and 30°C were evaluated, using four replications with 25 seeds on

¹Doutorado em Ciências Biológicas (Botânica). Universidade do Estado do Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Campus Alta Floresta, MT. E-mail: luciabraga@unemat.br

²Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Escola Estadual Prof. Elídio Murcelli Filho, Aripuanã, MT. E-mail: maria-gloria.santos@edu.mt.gov.br

³Graduando em Engenharia Florestal. Universidade do Estado do Mato Grosso Carlos Alberto Reyes Maldonado (UNEMAT), Campus Alta Floresta, MT. E-mail: guilhermy.raffael@unemat.br

paper substrate, in BOD chambers. In the second experiment, five substrates were evaluated (sand, soil, soil + sand, sawdust and paper), at a temperature of 30 °C, with four replications with 25 seeds each. The variables were analyzed: percentage and speed of germination by physiological and agronomic criterion, percentage of normal seedlings, length of shoots and roots of seedlings, fresh and dry mass of shoots and roots, leaf area and leaf area ratio. Considering the results, the temperature of 30 °C and the paper substrate are more suitable for germination of *T. subincanum*, as it favors the speed of the process and the length of the roots, while sawdust provided higher averages in all variables evaluated, being indicated for production of *T. subincanum* seedlings.

Keywords: Cupuí. Substrate. Forest seed.

1. INTRODUÇÃO

A família Malvaceae abrange cerca de 250 gêneros (Carvalho; Gaiad, 2021), um desses gêneros é o *Theobroma* L. com 22 espécies, sendo 13 nativas do Brasil (Colli-Silva; Pirani, 2024). Duas dessas espécies, *T. cacao* L. (cacau) e *T. grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum. (cupuaçu), são mundialmente conhecidas pelo alto valor econômico dos seus frutos. A semente do cacau é a parte mais almejada do fruto, já que é com o pó da semente, seca e moída, que se obtém uma das matérias primas para a produção do chocolate, considerado um dos principais produtos no mercado mundial. Há grandes demandas por sementes para a indústria cosmética, e da polpa para a alimentícia. A semente de *T. grandiflorum* também produz um alimento muito conhecido na região norte do Brasil, similar ao chocolate, o “cupulate” (Garcia *et al.*, 2014). Outras espécies do gênero, como *T. speciosum* Willd. ex Spreng. (cacauí) e *T. subincanum* Mart. (cupuí) não são comercializadas, mas suas polpas são consumidas *in natura* e suas sementes são utilizadas no preparo de “chocolates” e, cujos valores das análises físico-químicas e centesimais dos frutos mostraram-se aproximados aos estabelecidos pela literatura em comparação a outras espécies de *Theobroma* (Lira *et al.*, 2020).

O cupuí (*T. subincanum*) é uma espécie frutífera que está distribuída nos estados da região Norte e Centro-Oeste; Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima, em suas respectivas florestas de terra firme e várzea (Colli-Silva; Pirani, 2024). Seus frutos, são apreciados pela população local e consumidos tanto *in natura* quanto na forma de suco, néctar ou refrigerante. Os valores encontrados na caracterização físico-química e centesimal dos frutos de *T. subincanum* são semelhantes aos encontrados para outras espécies no gênero *Theobroma*, o que indica seu potencial para o mercado e sua importância econômica (Lira *et al.*, 2020).

As sementes de muitas plantas de importância econômica são recalcitrantes, um comportamento caracterizado pela ausência de secagem em sua maturação e, a maioria delas, mantém alto teor de água e metabolismo ativo enquanto são dispersas da planta mãe. São sensíveis à secagem e à baixas temperaturas, perdendo rapidamente a viabilidade durante o armazenamento. Esta característica é comum em espécies de regiões tropicais, conhecidas pelas altas temperaturas anuais e em regiões subtropicais que incidem em regiões com temperaturas anuais mais amenas (Lahay; Misrun; Sipayung, 2018), a exemplo das espécies do gênero *Theobroma* e das Araucárias (*Araucaria* spp. Juss.), respectivamente (Balhuk; Krupek, 2021).

As sementes das espécies tropicais, devido as condições climáticas da região, demonstram uma certa familiaridade quando comparadas em suas necessidades fisiológicas à germinação. As temperaturas mais adequadas para a germinação de sementes florestais nativas se encontram entre 15 °C e 30 °C (Floriano, 2004). Para Guedes *et al.* (2011), recomenda-se uma faixa de 20 a 30 °C como temperaturas propícias para germinação de muitas espécies tropicais e subtropicais.

Temperatura e umidade são condições abióticas necessárias para o desenvolvimento germinativo das sementes, as de *Theobroma* por sua vez, desenvolvem-se sob alta temperatura e umidade, características típicas das regiões tropicais no norte do país, tendo uma média anual de 26 °C e 2250 mm de precipitação (Guitarrara, 2024).

A faixa de temperatura para *Ceiba speciosa* (A.St.-Hill.) Ravenna, uma espécie tropical da família Malvaceae, está entre 15 °C e 30 °C (Lemes; Lopes, 2012), com as temperaturas de 25 °C e 30 °C, consideradas ótimas. Para sementes de *Thespesia populnea* (L.) Sol. Ex Corrêa, a maior germinabilidade foi observada à 30 °C (Camara *et al.*, 2009), enquanto para *Pseudobombax munguba* (Mart.) Dugand a temperatura de 25 °C é a mais indicada para realizar a germinação (Pereira; Ramos; Barbosa, 2013). *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.) Urb., apresentou maior velocidade de germinação na temperatura de 30 °C, reforçando o padrão de exigência fisiológico das espécies tropicais e subtropicais (Bao *et al.*, 2016).

Apesar do aumento considerável de dados sobre sementes de espécies nativas, ainda são poucos os trabalhos, tendo em vista as milhares de espécies encontrada nas regiões tropicais, muitas ainda carecem de informações básicas referentes às condições ideais de germinação e desenvolvimento. Para experimentos em laboratório ou para obtenção de mudas em larga escala, tornam-se necessárias informações sobre a germinação, cultivo e potencialidade dessas sementes. Marques *et al.* (2009) salientaram, ainda, que a produção de mudas, com qualidade e em quantidade suficiente, é uma das fases primordiais para o estabelecimento de povoamentos com espécies nativas.

Dentre os fatores que interferem no processo germinativo das sementes, estão a temperatura e o substrato. A temperatura influencia na absorção de água, controlando a porcentagem, velocidade e uniformidade de germinação, enquanto os substratos têm como principal função dar sustentação às sementes (Brasil, 2009), tanto do ponto de vista físico como químico, sendo constituídos por três frações: a física, a química e a biológica (Cunha *et al.*, 2006). As frações físico-químicas são formadas por partículas minerais e orgânicas, contendo poros que podem ser ocupados por ar e/ou água; a fração biológica, pela matéria orgânica. Fatores como estrutura, aeração, capacidade de retenção de água e grau de infestação de patógenos podem variar de um substrato para outro, interferindo no processo de germinação de sementes e desenvolvimento das mudas, sendo que o substrato e a temperatura adequada devem propiciar além da germinação rápida e uniforme, o desenvolvimento de mudas mais vigorosas e proporcionais (Xavier *et al.*, 2021).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo de avaliar a influência de temperaturas e substratos, sobre a germinação de sementes e emergência de plântulas de *Theobroma subincanum* Martius in Buchner.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Ecofisiologia e Propagação de Plantas da Universidade do Estado de Mato Grosso *Carlos Alberto Reyes Maldonado* - UNEMAT. Os frutos de *Theobroma subincanum* Martius in Buchner (Malvaceae) foram colhidos manualmente em dez plantas no perímetro urbano de Alta Floresta-MT. O material botânico estudado está depositado no Herbário da Amazônia meridional (HERBAM), localizado na UNEMAT, Campus de Alta Floresta.

As sementes foram retiradas dos frutos, despolpadas e secas em ambiente laboratorial sobre papel durante 24 h e acondicionadas sob refrigeração (± 7 a 10 °C), por um período de 24 h até a condução do experimento. Para determinação do grau de umidade, foram utilizadas três amostras de dez sementes, as quais foram aferidas suas massas e colocadas em estufa a 105 °C \pm 3 °C, por 24 h e aferidas suas massas novamente, procedendo-se o cálculo do grau de umidade das sementes, com

base na massa úmida (Brasil, 2009). A massa de mil sementes foi determinada através da pesagem de oito repetições de 100 sementes em balança de precisão, seguindo a metodologia descrita pelas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009).

As sementes passaram previamente por assepsia, antes da montagem do teste de germinação, utilizando solução de hipoclorito de sódio a 1% durante 30 minutos e, em seguida, foram lavadas em água corrente por cinco minutos e água destilada por dois minutos. As sementes receberam tratamento com o fungicida Cercobim (Tiofanato metílico) na concentração 0,6 g L⁻¹ durante 30 minutos e posteriormente lavadas em água destilada para retirar o excesso do fungicida.

Para escolha das temperaturas de 25 °C e 30 °C considerou-se os resultados da literatura sobre as temperaturas adequadas para germinação de sementes de Malvaceae (Camara *et al.*, 2009; Lemes; Lopes, 2012; Pereira; Ramos; Barbosa, 2013; Bao *et al.*, 2016) e, havendo número limitado de sementes, definiu-se pelo teste com estas duas temperaturas, consideradas ótimas.

Para avaliação das temperaturas quatro repetições com 25 sementes foram colocadas em rolos de papel germitest (previamente esterilizados em autoclave a 120 °C por 90 minutos), e umedecidos com água destilada na proporção de três vezes o peso do papel. Em seguida os rolos de papel foram acondicionados em sacos de polietileno transparente e levados para câmaras tipo BOD sob temperaturas de 25 °C e 30 °C constantes e fotoperíodo de 12 h, realizando-se o reumedecimento do papel com 20 mL de água destilada a cada quatro dias, e o teste conduzido por 30 dias.

Para avaliação do efeito dos substratos, foram utilizados cinco substratos: areia, solo, serragem (pó fino e envelhecido), solo + areia (1:1) e papel germitest. Para o substrato papel o teste foi conduzido sob temperatura constante de 30 °C em câmara BOD com fotoperíodo de 12 h, enquanto para os demais substratos, a germinação foi conduzida em canteiros em viveiro com 50% de sombreamento e temperatura média de 30 °C.

O solo foi coletado nos 0,20m de profundidade, de uma área nas redondezas da UNEMAT, com V (%) = 73,7. Para cada substrato, foram utilizadas quatro repetições de 25 sementes que passaram por assepsia e tratamento com fungicida como descrito anteriormente. As sementes foram semeadas a distância de 10 cm umas das outras e recobertas com uma camada de 0,5 cm do substrato.

Os substratos areia, solo, serragem e solo + areia foram peneirados, dispostos nos canteiros e umedecidos diariamente com auxílio de regador. O substrato papel germitest foi umedecido com três vezes o seu peso em água e reumedecido a cada quatro dias com 20 mL de água.

As avaliações de porcentagem e velocidade de emergência (IVE) nos substratos areia, solo, serragem e solo + areia, foram realizadas diariamente durante 30 dias, considerando-se a emergência da plântula, a emissão de 1,0 cm de parte aérea.

Determinou-se no substrato papel a porcentagem e velocidade de germinação sob critério fisiológico (GF e IVGF, respectivamente), considerando a semente germinada com comprimento de raiz primária igual ou maior a 2,0 mm e a germinação e índice de velocidade de germinação sob critério agronômico (GA e IVGA, respectivamente), sendo o parâmetro considerado a emissão de pelo menos 1,0 cm de parte aérea, comparativamente ao observado nos outros substratos. O teste foi conduzido por período de 30 dias.

Para comparação dos resultados da GA e IVGA obtida no substrato papel com os resultados nos demais substratos avaliados adotou-se nesta comparação os termos emergência (EM) (emergência de 1,0 cm de parte aérea) e velocidade de emergência (IVE) para todos os substratos. Os cálculos de GF, IVGF, GA, IVGA, EM e IVE foram realizados de acordo com Labouriau e Valadares (1976).

Ao final dos 30 dias realizaram-se as avaliações de plântulas normais (PN), feitas através da contagem de todas as plântulas com parte aérea e sistema radicular desenvolvido, verificou-se o comprimento da parte aérea e raiz, a massa fresca e seca da parte aérea e raiz das plântulas.

Os comprimentos da parte aérea (CA) e raiz (CR) foram definidos como a distância em centímetros, medido com auxílio de régua, de dez plântulas por repetição, considerando-se como CA a distância compreendida entre o ápice da plântula até a região onde surgem as raízes secundárias e como CR a distância compreendida entre a região das primeiras raízes secundárias e a extremidade da raiz primária. Os comprimentos da parte aérea e raiz das plântulas, para cada amostra, foram calculados dividindo-se o total das medidas, pelo número de plântulas avaliadas, obtendo-se valores médios.

As massas frescas e seca da parte aérea (MFA e MSA) e raiz (MFR e MSR) foram determinadas nas plântulas usadas para avaliação do comprimento, considerando para a parte aérea a soma de caules, pecíolos e lâminas foliares por repetição.

A determinação da massa fresca foi efetuada em balança com precisão de 0,001g, obtendo-se a massa úmida da parte aérea e raiz de cada repetição. Em seguida as amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa com circulação forçada de ar a temperatura de $\pm 65^{\circ}\text{C}$ durante 48 h, até o peso constante. Após esse período efetuou-se nova pesagem, obtendo-se dados médios em g/plântula (Nakagawa, 1994).

Procedeu-se a estimativa dos seguintes índices fisiológicos de acordo com Benincasa (2003), obtidos nas plantas que cresceram até 30 dias, nos substratos areia, solo, serragem e solo + areia (1:1):

Área foliar (AF): determinada com um medidor de área foliar, modelo LI-300, e expressa em decímetros quadrados. A área foliar média foi definida como o resultado da soma das medidas individuais das áreas de todas as lâminas foliares de cada planta por repetição.

Massa seca total (MST): a massa seca total correspondeu à soma das massas de todos os órgãos existentes, sendo definida como a média das massas.

Razão de área foliar (RAF): a razão de área foliar ($\text{dm}^2 \text{ g}^{-1}$) expressa a área foliar útil para fotossíntese e foi definida como o quociente entre a área foliar (AF), área responsável pela intercepção de energia luminosa e a massa seca total (MST), resultado da fotossíntese: $\text{RAF} = \text{AF} / \text{MST}$.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os resultados submetidos à análise de variância com as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software Assistat versão 7.7 beta (Silva; Azevedo, 2009).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de *T. subincanum* apresentaram massa de 1000 sementes de 1.236,5 g, valor que se aproxima dos valores encontrados por Araújo *et al.* (2016) em sua análise de diferentes fenótipos de cacau (*T. cacao*), com o maior valor em 2.915,2 e o menor 1.698,9, para os fenótipos TSH 1188 e CEPEC 2002, respectivamente.

As sementes apresentaram 49,5% de umidade, valor considerado dentro da faixa de umidade (30% a 70%) que normalmente é encontrada para sementes muito sensíveis à dessecação (Marcos Filho, 2015). O mesmo autor cita que sementes de cacau (*T. cacao*) entram em colapso se mantidas com grau de umidade inferior a 26% e não suportam temperaturas inferiores a 15 °C.

O grau de umidade observado neste trabalho, para as sementes de *T. subincanum*, foi adequado para a condução de testes de germinação, pois se encontrava dentro da faixa de umidade de sementes recalcitrantes, não tendo ocorrido dessecação das sementes durante o período de secagem e armazenamento sob refrigeração.

A alta umidade, característica de sementes recalcitrantes é comum em espécies de plantas que ocorrem em habitats que permitem rápido ou imediato estabelecimento das plântulas, como em

ambientes aquáticos ou muito úmidos, sendo que o elevado teor de água nas sementes é considerado vantajoso para o estabelecimento das plântulas (Berjak *et al.*, 1989 citado por Marcos Filho, 2015). Martini e Tavares (2005) ponderaram que o comportamento recalcitrante é aquele que exige condições de alta umidade e temperatura, sendo característico de sementes tropicais, como as do gênero *Theobroma*. Neste sentido, a avaliação de diferentes substratos para germinação e emergência são importantes para definir aqueles mais adequados às sementes com estas características.

Na análise de variância das temperaturas avaliadas, constatou-se que houve diferença significativa para a velocidade de germinação, comprimento e massa fresca da raiz (Tabela 1). As porcentagens de germinação e de plântulas normais em sementes de cupuá (*T. subincanum*) não apresentaram diferença significativa entre as temperaturas avaliadas enquanto a velocidade de germinação sob critérios fisiológico e agronômico é favorecida (99% e 90%) pela maior temperatura (Figura 1).

Tabela 1. Valores de média, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para avaliações de Germinação e velocidade de germinação sob critério fisiológico (IVGF), germinação e velocidade de germinação sob critério agronômico (IVGA) e para avaliações das plântulas normais, comprimento de parte aérea e raiz, massa fresca e seca da parte aérea, massa fresca e seca da raiz em plântulas de Cupuá (*Theobroma subincanum*) em duas temperaturas.

Causa de variação	GL	Temperaturas	Média geral	CV (%)	DMS temperaturas
Sementes					
Germinação critério fisiológico (%)	1	0.00	NS	99.0	2.02
Germinação critério agronômico (%)	1	0.00	NS	96.00	4.81
IVGF	1	24.11	**	8.24	6.07
IVGA	1	12.22	*	1.45	8.28
Plântulas					
Plântulas normais (%)	1	0.00	NS	92.50	10.10
Compr. da parte aérea (cm)	1	0.28	NS	86.28	16.65
Compr. da raiz (cm)	1	11.89	*	152.18	4.10
Massa fresca da parte aérea (g)	1	0.36	NS	19.23	14.32
Massa seca da parte aérea (g)	1	1.16	NS	4.93	15.44
Massa fresca da raiz (g)	1	13.77	*	5.22	10.54
Massa seca da raiz (g)	1	2.38	NS	1.05	10.91

** Significativo a 1% pelo teste de Tukey; * Significativo a 5% pelo teste de Tukey; NS Não significativo. Fonte: Autores, 2024.

A variação observada na velocidade das sementes germinadas a partir de 2,0 mm de raiz (IVGF) manteve-se no IVG agronômico, quando já se observava pelo menos 1,0 cm de parte aérea, com maior média na temperatura de 30 °C (Figura 1). Este resultado está coerente com o observado por Haryati (2019) que verificou que a temperatura ótima para que ocorra a máxima germinação de cacau (*T. cacao*) está entre a faixa de 20 °C a 31 °C e 64% de umidade, podendo chegar até 95% de

germinação. Para *Ceiba speciosa* (Malvaceae), a germinação ocorre entre 15 °C e 30 °C, mas a temperatura de 25 °C proporciona maior velocidade e menor tempo médio de germinação (Lemes; Lopes, 2012).

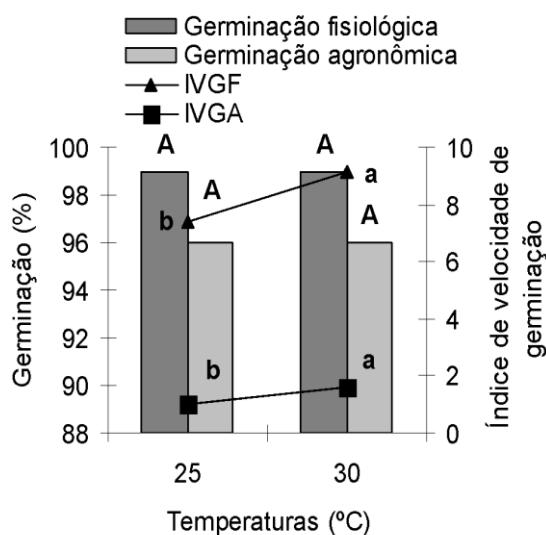
Segundo Carvalho e Nakagawa (2012) a temperatura afeta a velocidade e porcentagem de germinação, influenciando principalmente na absorção de água pela semente e em todas as reações bioquímicas e processos fisiológicos que determinam a germinação. De acordo com estes autores as sementes de plantas tropicais germinam otimamente entre 15 e 30 °C, faixa que inclui as temperaturas de 25 e 30 °C avaliadas para *T. subincanum*. Para os referidos autores, a temperatura acima da ótima acelera a velocidade do processo, porém, desorganizando-o, de modo que o total de sementes que consegue completá-lo diminui, enquanto temperatura abaixo da ótima tende a reduzir a velocidade do processo, podendo também levar a uma redução no total de germinação.

As temperaturas avaliadas não afetaram o comprimento (Figura 2A) e a massa fresca e seca da parte aérea (Figura 2B) das plântulas de cupuí, mas influenciaram o comprimento e a massa fresca de raiz (Figura 2A e 2B), que apresentaram maior média à 30 °C. Entretanto, o maior incremento no crescimento da raiz nesta temperatura não foi acompanhado de incremento na massa seca das raízes (Figura 2B), indicando maior teor de água no tecido à temperatura de 30°C.

A temperatura adequada incrementa a divisão celular resultando em um rápido desenvolvimento do hipocôtilo que aumenta a taxa de condutividade hidráulica gerando um desenvolvimento maior do epicôtilo (Ferraz *et al.*, 2012). Segundo Taiz *et al.* (2017) na zona de alongamento da raiz a célula pode aumentar em até 150x seu tamanho, promovendo o crescimento rápido da raiz. Esse crescimento se dá basicamente pelo aumento progressivo da turgescência celular promovida pela maciça captação de água nos vacúolos.

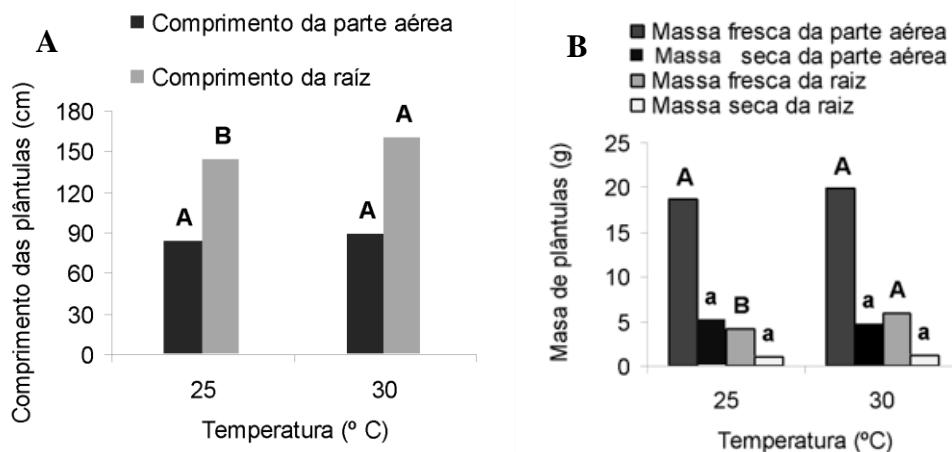
Assim, no tratamento à 30 °C, a raiz provavelmente, reteve em suas células maior quantidade de água, apresentou maior alongamento, proporcionando maior peso fresco, o que não se refletiu no peso seco devido à evaporação.

Figura 1. Valores médios de porcentagem de germinação e índice de velocidade de germinação fisiológica e agronômica de cupuí (*Theobroma subincanum* Martius in Buchner) em função de diferentes temperaturas.



Pontos seguidos de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Autores, 2024.

Figura 2. Valores médios de comprimento da parte aérea e raiz (A), massa fresca e seca da parte aérea raiz (B), de plântulas de cupuí (*Theobroma subincanum* Martius in Buchner) em função de duas temperaturas.



Pontos seguidos de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Autores, 2024.

Em sementes de cupuaçu *T. grandiflorum*, Ferraz *et al.* (2012), constataram que as plântulas germinadas na temperatura de 30 °C apresentaram melhor desenvolvimento do epicótilo e hipocôtilo. Para *Ceiba speciosa*, a temperatura de 30 °C proporcionou maior acúmulo de massa fresca e seca, maior comprimento da parte aérea e raiz, originando plântulas mais vigorosas (Lemes; Lopes, 2012). Moura *et al.* (2015), também observaram alta porcentagem de emergência (65%/71%) em sementes de Cupuaçu (*T. grandiflorum*) em canteiros com 50% de sombreamento à temperatura média de 31,7 °C e, quando comparada com o canteiro sem proteção, a germinação reduziu para 61% e a temperatura média teve um acréscimo para 34,64%. Os mesmos autores demonstram ainda que a maior porcentagem de emergência e IVE (73%) foi quando as sementes foram semeadas em substrato areia+solo+serragem.

Pela análise de variância, para a comparação de diferentes substratos, constata-se que os comprimentos da parte aérea e raiz, a massa fresca e seca da raiz além da área foliar e razão de área foliar apresentaram diferenças significativas (Tabela 2). A velocidade e porcentagens de emergência foram elevadas (> 90%) em todos os substratos avaliados, não havendo diferença significativa entre eles para esta fase do desenvolvimento das plântulas de cupuí. O comprimento da parte aérea e raiz das plântulas foram maiores no substrato papel (90 e 160 mm, respectivamente), sendo que a parte aérea difere estatisticamente apenas do substrato areia, enquanto para a raiz ocorreu redução do comprimento nos substratos areia e solo+ areia (Figura 3A). O melhor resultado, no substrato papel, se deve provavelmente às condições do teste, já que neste substrato as plântulas ficaram envoltas no papel, retendo maior umidade e a taxa transpiratória tende a diminuir. Nos demais substratos a plântula ficou exposta às condições de umidade atmosférica, sendo que a retenção de água do substrato parece ter sido determinante para o desenvolvimento das raízes, sendo menor na areia (26%) ou na mistura solo + areia (12,5%).

Tabela 2. Valores de F, média geral, coeficiente de variação (%) e diferença mínima significativa (DMS) para avaliações de germinação, índice de velocidade de germinação (IVG), área foliar (cm), das plântulas normais (%), comprimento de parte aérea e raiz (cm), massa fresca da parte aérea (g), massa seca da parte aérea (g), massa fresca da raiz (g), massa seca da raiz em plântulas de cupuá (*Theobroma subincanum*) em diferentes substratos.

Causa de variação	GL	Substratos	Média geral	CV (%)	DMS temperaturas
Emergência (%)	4	0.13 NS	94.600	8.89	18.367
IVE	4	0.5 NS	1,515	13.40	0.443
Comprimento da parte aérea (cm)	4	5.04 **	75.629	12.32	20.357
Comprimento da raiz (cm)	4	5,75 **	140.487	9.61	29.511
Massa fresca da parte aérea (g)	4	2,43 NS	23.982	16.41	8.597
Massa seca da parte aérea (g)	4	1.5 NS	5.300	11.69	1.353
Massa fresca da raiz (g)	4	4,02 *	5.584	16.04	1.957
Massa seca da raiz (g)	4	4,48 *	0.924	16.03	0.323
Massa seca total (g)	3	1,39 NS	6,30	9,95	1,32
Área foliar	3	4,5 *	30.450	19.51	12.474
Razão da área foliar	3	4,44 *	4.876	20,63	2.113

** Significativo a 1% pelo teste de Tukey; * Significativo pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). NS Não significativo. Fonte: Autores, 2024.

A massa fresca e seca da parte aérea das plântulas de cupuá foram semelhantes em todos os substratos avaliados (Figura 3B e C). Já a massa das raízes foi influenciada pelo substrato, sendo que a massa fresca foi maior no substrato serragem (8g) não diferindo do solo + areia e do substrato papel (Figura 3B). Para a massa seca da raiz, somente na areia houve redução da média (Figura 3C). A serragem, como substrato de elevada retenção de água, comparado aos demais substratos, favoreceu o aumento de massa fresca de raiz, contudo a umidade nos substratos serragem, solo, solo + areia e papel, parece ter sido adequada para proporcionar semelhante acúmulo de massa seca de raiz nas plantas dos diferentes substratos (Figura 3B). Somente na areia, ocorreu redução da massa seca da raiz (Figura 3C), provavelmente devido à granulometria da areia usada, considerada areia grossa (0,25 -2,0 mm) refletindo em baixa retenção de água e nutrientes e alta densidade.

Para plantas de *T. grandiflorum*, Moura *et al.* (2015) verificaram que no substrato Vivatto® as plantas apresentaram maiores valores do crescimento do sistema radicular e parte aérea. Para os autores, os resultados menos satisfatórios foram observados no substrato areia, com 1,26 g e 0,71 g, enquanto a mistura de areia+solo+serragem promoveu as condições ideais de germinação e emergência das sementes de cupuaçu. Para *Guazuma ulmifolia* Lam. o melhor desenvolvimento das plantas ocorrer sob temperatura de 25 °C no substrato entre areia, enquanto no substrato papel (rolo) verificou-se maiores valores do comprimento da parte aérea (Santos *et al.*, 2017).

Com relação à área foliar (Figura 4A) e razão da área foliar (Figura 4B) verifica-se que as plantas apresentaram maiores médias no substrato terra, mas iguais estatisticamente à média observada nos substratos serragem e terra + areia. A RAF expressa a relação entre área foliar (área de interceptação da energia luminosa) e a massa seca total (resultado da fotossíntese), logo, se a massa seca total não foi significativa (Tabela 3), o resultado da RAF sofreu influência do tamanho da área foliar, que é um parâmetro morfológico influenciado pela disponibilidade de água, o que

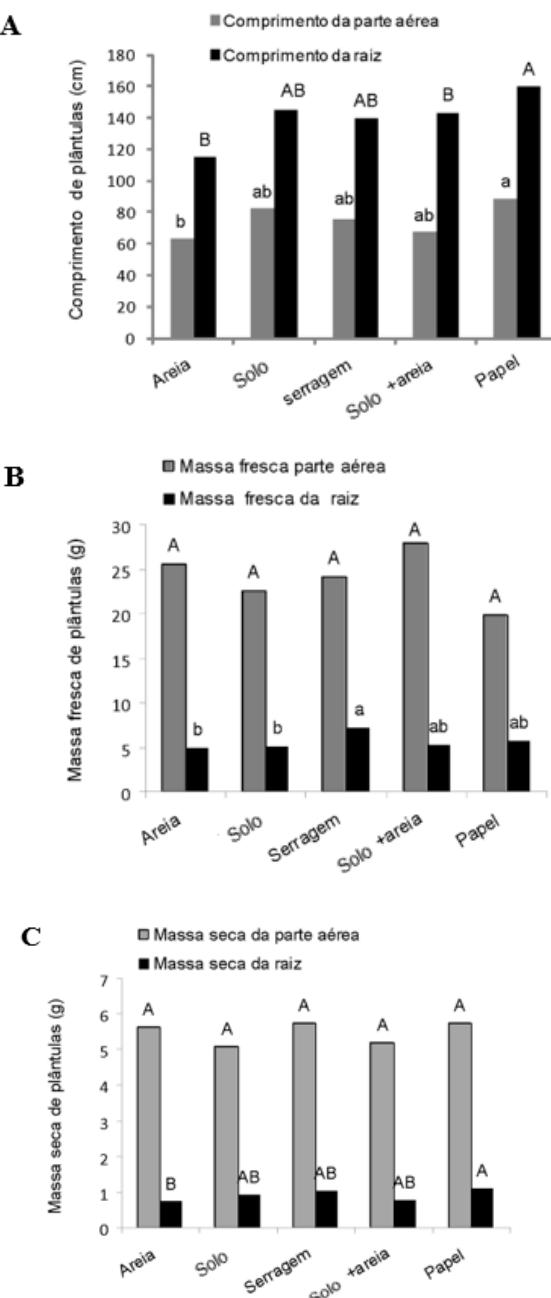
DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.8161>

V. 21, N. 1 (2024)

 Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

explica as menores médias no substrato areia. Para massa seca da parte área, houve interação significativa entre os fatores substratos e ambientes.

Figura 3. Comprimento da parte aérea e raiz (A), Massa fresca da parte aérea e raiz (B) e massa seca da parte aérea e raiz (C) comprimento da parte aérea e raiz (C) de plântulas de Cupuú (*Theobroma subincanum* Martius in Buchner) em função de diferentes substratos.



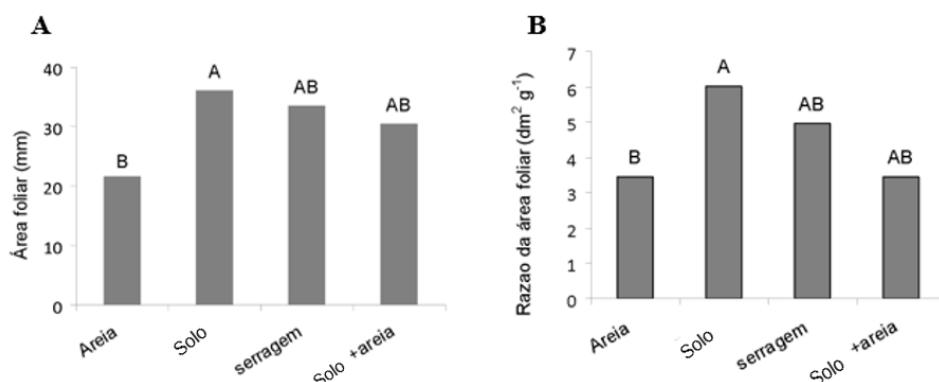
Pontos seguidos de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Autores, 2024.

Francisco *et al.* (2022) também verificaram a influência da água na dimensão foliar de mulungu (*Erythrina verna* Vell.), concluindo que os valores das medidas da área foliar diminuíram quando as plantas, durante seu desenvolvimento inicial, foram condicionadas ao estresse hídrico.

Assim, as plantas nas condições de crescimento propiciadas pelos substratos solo, serragem e solo + areia apresentaram maior área foliar (Figura 4A) o que deve ter permitido também maior comprimento da parte aérea e massa seca de raiz (Figura 3A e 3C, respectivamente). A serragem, o solo + areia e o papel favoreceram o aumento da massa fresca de raiz (Figura 3B), mas no solo + areia ocorreu menor comprimento de raiz.

Considerando que o papel é um substrato de maior custo e limitado à fase de plântula, seu uso é recomendável para condução de teste de germinação. A serragem foi o substrato que mais favoreceu o desenvolvimento inicial de plantas de *T. subincanum* pois propiciou maiores médias em todas as variáveis avaliadas e considerado adequado para produção de mudas dessa espécie.

Figura 4. Área foliar (A) e razão da área foliar (B) de plântulas de Cupuí (*Theobroma subincanum* Martius in Buchner) em função de diferentes substratos.



Pontos seguidos de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Fonte: Autores, 2024.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A germinação de *T. subincanum* é favorecida quando realizada à 30°C, com melhor velocidade do processo e no comprimento das raízes. O substrato serragem é o mais indicado para produção de mudas, por proporcionar melhores condições para o crescimento inicial das plantas.

5. AGRADECIMENTOS

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de estudo a segunda autora.

6. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Edlaine L.; NUNES, Joyce R.; PRUCOLI, Sheila C.; CERRI NETO, Basílio; SANTOS, Mikaelle F. dos; CRASQUEL, Jeane; SOUZA, Carlos A. S.; ARANTES, Sara D. **Obtenção de peso de mil sementes em genótipos de cacaueiro (*Theobroma cacao* L.).** In: Seminário de Iniciação Científica e Tecnológica (SICT) do INCAPER, 1., 2016. Jornada de Iniciação Científica, Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do IFES, 11., 2016. Venda Nova do Imigrante, ES: IFES; Incaper, 2016. p.1-4. Disponível em:

DOI: <http://dx.doi.org/10.24021/raac.v20i1.8161>

V. 21, N. 1 (2024)

Este é um artigo publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Attribution, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que o trabalho original seja corretamente citado.

<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/item/2525/1/I-SICT-OUTROS-027.pdf>
Acesso em: 04 nov. 2024.

BAO, Francielli; ROCHA, Maíra da; OLIVEIRA, Maiby T. de; BAMBIL, Deborah; LUZ, Petterson B. Superação de dormência e estabelecimento de plântulas normais e anormais para produção de muda de *Ochroma pyramidale* (Cav. ex Lam.). **Iheringia Série Botânica**, Porto Alegre, v. 71, n. 3, p. 269-276, 2016.

BALHUK, Daniele F.; KRUPEK, Rogério A. Germinação de sementes de araucária submetidas a diferentes condições hídricas de armazenamento. **Acta Ambiental Catarinense**, v. 18, n. 1, p. 196-204, 2021. <https://doi.org/10.24021/raac.v18i1.5484>

BENINCASA, Margarida Maria Pereira. **Análise de crescimento de plantas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ ACS. 2009. 399p.

CARVALHO, Nelson Moreira de; NAKAGAWA, João. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p.

CAMARA, Celene de A.; NETO, João C. de A.; FERREIRA, Vilma M.; RESENDE, Leila de P.; COSTA, Silvia S. da. Características morfométricas de frutos e sementes e germinação de *Thespesia populnea*. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 503-509, 2009.
<https://doi.org/10.1590/S0006-87052009000200025>

CARVALHO, Paulo E. R.; GAIAD, Sérgio. **Espécies Arbóreas Brasileiras**. Malvaceae. EMBRAPA. 22/12/2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/especies-arboreas-brasileiras/malvaceae>. Acesso em: 10 mai. 2024.

COLLI-SILVA, Matheus; PIRANI, José R. **Theobroma in Flora e Funga do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB23623>>. Acesso em: 30 jul. 2024.

CUNHA, Alexson de M.; CUNHA, Gláucio de M.; SARMENTO, Renato de A.; CUNHA, Glauclia de M.; AMARAL, José F. T. do. Efeito de diferentes substratos sobre o desenvolvimento de mudas de *Acacia* sp. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 207-214, 2006.
<https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000200007>

FERRAZ, Isolde D. K.; ALBUQUERQUE, Maria C. de F. e; CALVI, Geangelo P.; FARIAS, Derick de L. Critérios morfológicos e temperatura para avaliação da germinação das sementes de cupuaçu. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v. 34, n. 3, p. 905-914, 2012.
<https://doi.org/10.1590/S0100-29452012000300033>

FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SILVA, Viviane Farias; SANTOS, Djail; RIBEIRO, George do Nascimento; AYRES, Gypson Dutra Junqueira; SILVINO, Guttemberg da Silva. **Ciências Agrárias: Tecnologia & Inovação**. 1.ed. Campina Grande: EPTEC, 2022. 106p.

FLORIANO, Eduardo Pagel. **Germinação e dormência de sementes florestais.** Série Cadernos Didáticos n.2. 1.ed. Santa Rosa: ANORGS (Associação de Pesquisa, Educação e Proteção Ambiental do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul), 2004. 19p.

GARCIA, Tarcymara B.; POTIGUARA, Raimunda C. de V.; KIKUCHI, Tatiani Y. S.; DEMARCO, Diego; AGUIAR-DIAS, Ana C. A. de. Leaf anatomical features of three *Theobroma* species (Malvaceae s.l.) native to the Brazilian Amazon. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 44, n. 3, p. 291-300, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201300653>

GUEDES, Roberta S.; ALVES, Edna U.; GONÇALVES, Edilma P.; FRANÇA, Pablo R. C. de; MOURA, Marcio F. de; SANTOS, Sueli da S. Germinação de sementes de *Dalbergia nigra* (Vell.) Fr. All. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 33, n. 4, p. 445-450, 2011. DOI: 10.4025/actascibiolsci.v33i4.5834

GUITARRARA, Paloma. "Clima da região Centro-Oeste". **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/brasil/clima-da-regiao-centro-oeste.htm>. Acesso em: 04 nov. 2024.

HARYATI, Haryati. Germination seed of cacao (*Theobroma cacao* L.) on some osmotic solutions. IOP Conference Series: **Earth and Environment Science**, Montréal, v. 260, n. 1, p. 1-6, 2019. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/260/1/012173>

LABOURIAU, Luiz Fernando Gouvêa; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 2, p. 263-284, 1976.

LAHAY, Ratna R.; MISRUN, Srinidiyanti; SIPAYUNG, Rositan. The storage capacity of cocoa seeds (*Theobroma cacao* L.) through giving Polyethylene Glycol (PEG) in the various storage container. IOP Conference Series: **Earth and Environment Science**, Montréal, v. 122, 2018. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/122/1/012040>

LIRA, Natália R. de; SANTOS, Elizangela F. dos; SANTOS, Débora N. e; BEZERRA, Paulo G. F.; LIMA, Danielle E. S. Caracterização físico-química e centesimal do cupuá (*Theobroma subicanum* Mart.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 15798-15813, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n3-451>

MARCOS FILHO, Júlio. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: Abrates, 2015. 659p.

MARTINI, Maria H.; TAVARES, Débora de Q. Reservas das sementes de sete espécies de *Theobroma*: revisão. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 10-19. 2005. <https://doi.org/10.53393/rial.2005.64.33027>

MARQUES, Lissandra S.; PAIVA, Haroldo N. de; NEVES, Júlio C. L.; GOMES, José M.; SOUZA, Paulo H. de. Crescimento de mudas de jacaré (*Piptadenia gonoacantha* J.F. Macbr.) em diferentes tipos de solos e fontes e doses de nitrogênio. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 1, p. 81-92, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000100009>

MOURA, Elias A. de; CHAGAS, Pollyana C.; MOURA, Marcela L. da S.; SOUZA, Oisson M.; CHAGAS, Edvan A. Emergência e desenvolvimento inicial de plântulas de cupuaçu cultivadas sob diferentes substratos e condições de sombreamento. **Revista Agro@mbiente on-line**, Boa Vista-RR, v. 9, n. 4, p. 405-413, 2015. <https://doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v9i4.2597>

NAKAGAWA, João. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: VIEIRA, Ricardo Daiton; CARVALHO, Nelson Moreira de. (Ed.). **Testes de vigor em sementes**. Jaboticabal: FUNEP, 1994. p.48-85.

PEREIRA, Adriely O.; RAMOS, Michele B. P.; BARBOSA, Antenor P. Germinação de *Pseudobombax mungula* (Mart. & Zucc.) Dugand em função da temperatura e do substrato. II Congresso de Iniciação Científica PIBIC/CNPQ - PAIC/FAPEAM, Manaus – 2013. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/2832/1/pibic_inpa.pdf. Acesso em: 04 nov. 2024.

SANTOS, Brenna R. V. dos; PEREIRA, Kleane T. O.; SOUSA, Erivanessa C.; ALVES, Tatianne R. C.; BENEDITO, Clarisse P. Germinação e vigor de sementes de Mutamba (*guazuma ulmifolia* Lam.) em diferentes temperaturas e substratos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 14 n. 25, p. 747-755, 2017.

SILVA, Francisco de Assis Santos e; AZEVEDO, Carlos Alberto Vieira de. **Principal componentes analysis in the software assistat-statistical attendance**. In: World Congress on Computers in Agriculture, v. 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MOLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888p.

XAVIER, Francisco Alisson da Silva; SOUZA, Luciano da Silva; BORGES, Ana Lúcia; SOUZA, Laércio Duarte. Manejo e Conservação do Solo. In: BORGES, Ana Lúcia. (Ed.). **Recomendações de calagem e adubação para abacaxi, acerola, banana, citros, mamão, mandioca, manga e maracujá**. Brasília, DF: Embrapa, 2021. Cap. 3. p. 51-63. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1134661/1/cap3-livro-RecomendacaoCalagemAdubacao-AnaLuciaBorges-AINFO.pdf>. Acesso em: 04 nov. 2024.