



Crescimento inicial de cacau em resposta ao tamanho de sementes e doses de Osmocote®

Iselino Nogueira Jardim^{1*}, Janaína Silva de Matos¹, Dheyson Prates da Silva²

RESUMO: Este estudo teve como objetivo avaliar como o tamanho de semente e doses de Osmocote® afetam o crescimento inicial de mudas de cacau. As sementes foram classificadas em duas categorias de tamanho: pequenas e grandes. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 20 repetições, em esquema fatorial 2 x 4, considerando dois tamanhos de sementes (pequenas e grandes) e quatro níveis de Osmocote® (0, 2, 4 e 6 g.L⁻¹). Cada unidade experimental consistiu em uma muda, totalizando 160 mudas. A caracterização morfológica foi realizada aos 120 dias após semeadura, considerando 10 parâmetros. Os resultados foram submetidos à análise de variância, e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott. A interação tamanho de semente x dose de Osmocote® teve influência unicamente na altura da parte aérea das mudas de cacau. As doses de Osmocote® influenciaram o crescimento inicial das mudas de cacau. O maior crescimento das mudas de cacau foi obtido com o uso da dose 6 g.L⁻¹ de Osmocote®. O tamanho de semente influenciou significativamente o crescimento, sendo as sementes de tamanho grande as mais eficientes no estabelecimento inicial das mudas de cacau. Portanto, recomenda-se para o viveirista o uso de sementes grandes e fertilizante Osmocote® na dose 6 g.L⁻¹ para a obtenção de mudas de cacau de alta qualidade.

Palavras-chave: Adubação, Cacaucultura, Produção de mudas, Silvicultura, *Theobroma cacao*.

Early cocoa growth in response to seed size and Osmocote® doses

ABSTRACT: This study aimed to evaluate how seed size and Osmocote® doses affect the initial growth of cocoa seedlings. The seeds were classified into two size categories: small and large. The experiment was conducted in a completely randomized design, with 20 replicates, in a 2 x 4 factorial scheme, considering two seed sizes (small and large) and four levels of Osmocote® (0, 2, 4 and 6 g.L⁻¹). Each experimental unit consisted of one seedling, totaling 160 seedlings. Morphological characterization was performed 120 days after sowing, considering 10 parameters. The results were subjected to analysis of variance, and the means were compared by the Scott-Knott test. The interaction between seed size and Osmocote® dose only influenced the height of the aerial part of the cocoa seedlings. Osmocote® doses influenced the initial growth of cocoa seedlings. The greatest growth of cocoa seedlings was obtained using the dose of 6 g.L⁻¹ of Osmocote®. Seed size significantly influenced growth, with large seeds being the most efficient in the initial establishment of cocoa seedlings. Therefore, it is recommended that nurserymen use large seeds and Osmocote® fertilizer at a dose of 6 g.L⁻¹ to obtain high-quality cocoa seedlings.

Keywords: Cocoa farming, Fertilization, Forestry, Seedling production, *Theobroma cacao*.

INTRODUÇÃO

A cacaucultura tem uma importância econômica para o Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste, onde se concentra a maior parte das plantações. As sementes do fruto de *Theobroma cacao* L., pertencente à família Malvaceae, constitui a matéria-prima fundamental para a fabricação do chocolate, um dos alimentos mais consumidos no mundo. O Brasil ocupa a sétima posição no ranking dos grandes produtores globais de amêndoas de cacau (Brainer, 2022), com destaque para os estados do Pará e da Bahia, que juntos representam 93% da produção nacional (IBGE, 2024). A valorização das amêndoas de cacau no mercado global tem impulsionado o setor da cacaucultura, especialmente na região Norte, com destaque para o Pará. Essa expansão refletiu na maior

demanda por mudas de qualidade, visando garantir o sucesso dos empreendimentos comerciais da cacaucultura.

Todavia, o processo de produção de mudas de qualidade depende de diversos fatores, dentre eles, a adubação. Esta contribui para o bom estado nutricional, resultando em mudas mais resistentes às adversidades encontradas em campo (Dias et al., 2016). Nos viveiros florestais, são utilizados, comumente, fertilizantes convencionais, solúveis em água, que possibilita uma rápida absorção de nutrientes pelas plantas, contudo, favorecem a perda destes por lixiviação (Dutra et al., 2017). Por consequência, são necessárias aplicações frequentes ou parceladas desses fertilizantes, o que aumenta o

custo operacional da produção significativamente (Santos et al., 2018). Visando contornar esse problema, destaca-se o uso de fertilizantes de liberação controlada (FLC) como uma das alternativas mais viáveis e racionais para espécies florestais (Rossa et al., 2015).

No mercado existem diversos FLC disponíveis, diferindo não apenas nas formulações, mas também na dinâmica da taxa de liberação de nutrientes (Oliet et al., 2004). O Osmocote® é um destes fertilizantes NPK de liberação controlada, recoberto com uma resina orgânica biodegradável, para uso em viveiros, estufas, transplantes de mudas, entre outros cultivos. O seu uso tem sido amplamente estudado e demonstrado como eficaz no crescimento e desenvolvimento de mudas de diversas espécies, tanto em viveiros quanto em campo (Araújo et al., 2019; Aguilar et al., 2020; Amorin et al., 2020; Souza et al., 2020). O tempo de liberação do nutriente para o solo ou substrato depende da tecnologia utilizada e da espessura da membrana que reveste os grânulos do fertilizante e, segundo Landis e Dumroese (2009), esse período pode variar de 3 a 4 meses até 14 a 16 meses.

Outro aspecto importante a considerar no processo da produção de mudas diz respeito ao tamanho de sementes a serem utilizadas, o qual tem sido objeto de vários estudos avaliando o seu efeito na germinação e no crescimento de mudas de várias espécies (Steiner et al., 2019; Queiroz e Dias, 2021; Caldas et al., 2024). De acordo com Krisnawati et al. (2023), o tamanho da semente é um dos componentes de qualidade da semente que influencia o crescimento e o estabelecimento das mudas. Ainda segundo os autores, a relação entre tamanho da semente, capacidade de germinação e vigor da semente, pode ser afetada pelas condições ambientais e variar com espécie.

Estudos recentes têm demonstrado que em ambientes não estressantes, o uso de sementes de maior tamanho, quando comparadas às menores, apresentam qualidade fisiológica e morfológica superiores (Steiner et al., 2019; Caldas et al., 2024). Contudo, esses resultados não são unânimes (Limede et al., 2018; Queiroz e Dias, 2021; Krisnawati et al., 2023). De acordo com Kopper et al. (2010), sementes menores possuem uma maior relação superfície/volume em comparação com sementes maiores, o que facilita a absorção de água e o início do processo de germinação. No entanto, possuem reservas nutricionais reduzidas, o que pode limitar o vigor inicial das plântulas.

Este estudo teve como objetivo avaliar como o tamanho de semente e doses de Osmocote® afetam o crescimento inicial de mudas de cacau.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em viveiro florestal da Universidade Federal do Pará, município de Altamira-PA, no período de novembro/2022 a fevereiro/2023. O clima quente e úmido, com uma temperatura média anual entre 23°C e 32°C e umidade relativa do ar de $75,0 \pm 14,0\%$, que são condições favoráveis ao crescimento das mudas de cacau, uma planta típica de regiões tropicais.

Os frutos de cacau foram coletados em novembro de 2022, em áreas de produção cacaueira na região de Altamira-PA, a partir de três árvores matrizes equidistantes entre si, com um espaçamento de 100 m. Esse critério foi adotado para garantir a variabilidade e a representatividade genética das sementes. Além disso, visando garantir sementes de alta qualidade fisiológica, foram selecionados exclusivamente frutos no estágio de maturação aparente, caracterizado pela coloração amarelada ou alaranjada da casca do fruto.

As sementes foram extraídas manualmente dos frutos, adotando-se cuidados durante o processo de lavagem em água corrente para remover o excesso da mucilagem que as envolve. Em seguida, foram submetidas à secagem natural sobre papel toalha por 120 minutos. Após esse período, foram classificadas em dois grupos de tamanhos em função do seu comprimento: pequenas (<20 mm) e grandes (>25 mm), utilizando-se um paquímetro digital para medição.

Realizou-se a semeadura de 80 sementes de cada tamanho em tubetes de 280 cm³, preenchidos com substrato comercial à base de fibra de coco e acomodados em bandejas plásticas com capacidade para 54 recipientes. A fertilização foi realizada com dose de 0, 2, 4 e 6 g.L⁻¹ de fertilizante de liberação controlada (Osmocote®), de formulação N₂-P₂O₅-K₂O (15-09-12), incorporado ao substrato. O fertilizante Osmocote® utilizado possui a seguinte composição química: N (15%), P₂O₅ (9%), K₂O (12%), Mg (1,3%), S (5,0%), B (0,02%), Cu (0,05%), Fe (0,46%), Mn (0,06%), Mo (0,02%) e Zn (0,05%), com tempo de liberação dos nutrientes estimado entre 3 e 4 meses.

Após a semeadura, as mudas permaneceram por 120 dias em viveiro, coberto com tela de sombrite de 50% de sombreamento, uma vez que, na fase inicial de crescimento, o cacau não tolera exposição excessiva à luz solar direta. A irrigação foi realizada diariamente em dois turnos de rega, pela manhã e tarde, para garantir condições adequadas de umidade ao desenvolvimento das mudas.

Aos 120 dias após semeadura e exposição aos tratamentos, foram avaliados os parâmetros morfológicos: altura da parte aérea (H, cm), diâmetro do coleto (DC, mm) e foi calculada a relação entre altura e diâmetro do coleto (RHDC). Também foram

mensurados o número de folhas (NF) e o comprimento da raiz principal (CR, cm). A massa seca da parte aérea (MSPA, g) e a massa seca da raiz (MSR, g) foram obtidas por meio do método da secagem em estufa por 72 h a 65 °C, a massa total (MST, g) foi obtida pela soma dos componentes (MSPA + MSR). Por último foi calculada a relação entre massa seca da parte aérea e a massa seca do sistema radicular (RPAR), complementado com o cálculo do índice de qualidade de Dickson (IQD), conforme a Equação: $IQD = [MST / (H/D) + (MSPA/MSR)]$.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado em arranjo bifatorial (2 x 4) composto por dois tamanhos de sementes, pequenas (P) e grandes (G) e por quatro doses de Osmocote® (0, 2, 4 e 6 g.L⁻¹), com quatro 20 repetições por tratamento, totalizando 160 mudas.

Após a verificação da normalidade dos dados pelo teste de Shapiro-Wilk e a homogeneidade pelo teste

de Bartlett, submeteu-se os dados à análise de variância e quando significativos, foi aplicado o teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). Realizou-se à análise de regressão polinomial para as doses de Osmocote®. Para análise dos dados, utilizou-se o programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2011). Realizou-se a análise de correlação de Pearson entre as variáveis morfológicas, visando medir o nível de correlação linear entre duas variáveis quantitativas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 destaca o efeito significativo do tamanho de semente e da dose de Osmocote® nas variáveis de crescimento das mudas de cacau. De modo geral, as mudas oriundas de sementes grandes apresentaram melhor desempenho em todas as características avaliadas. Além disso, os coeficientes de variação (CV) variaram entre 5,75% e 20,54%, valores considerados normais para experimentos conduzidos em viveiro (Pimentel-Gomes, 2009).

Tabela 1. Resumo da análise de variância de variáveis quantitativas das mudas de cacau.

FV	GL	Quadrado médio									
		H	DC	RHDC	NF	CR	MSPA	MSR	MST	RPAR	IQD
DO	3	622,02**	24,58**	1,32**	254,56**	126,86**	78,93**	10,75**	147,89**	0,81**	2,80**
TS	1	49,35**	1,50*	0,07ns	19,14*	18,49*	12,69**	4,73**	32,92**	0,04ns	0,93**
TSxDO	3	8,83*	0,10ns	0,05ns	3,64ns	2,36ns	1,00ns	0,57ns	3,06ns	0,07ns	0,06ns
R	56	2,75	0,24	0,15	2,91	3,13	0,88	0,38	1,81	0,15	0,07
CV (%)		5,75	6,70	9,86	13,18	7,73	15,57	20,54	14,90	19,33	18,01
MG		28,81	7,38	3,90	12,95	22,88	6,04	3,00	9,04	2,02	1,52

H: altura da parte aérea da muda; DC: diâmetro do coleto; (RHDC): razão entre altura da parte aérea e diâmetro do coleto; NF: número de folhas; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca; RPAR: razão entre massa seca da parte aérea e massa seca radicular e IQD: Índice de Qualidade de Dickson. DO: doses de Osmocote®; TS: tamanho de semente; TSxDO: interação entre tamanho de semente e doses de Osmocote®; R: resíduo; CV: coeficiente de variação; MG: média geral. (ns) não significativo, (*) e (**) coeficientes significativos ao nível de 1% e 5% de significância, respectivamente.

Efeito do fertilizante Osmocote® no crescimento das mudas de cacau

De acordo com a análise de regressão, houve relação linear positiva entre o aumento das doses de Osmocote® e as variáveis avaliadas (Figuras 1, 2, 3 e 4), demonstrando os potenciais benefícios do uso deste produto para melhorar os sistemas de produção de mudas de cacau.

A interação tamanho de semente × dose de Osmocote® foi significativa ($p < 0,05$) apenas para a altura da parte aérea (H), com diferenças observadas entre os tamanhos de sementes nas doses 4 e 6 g.L⁻¹ (Tabela 1). A altura das mudas comportou-se de forma linear com aumento das doses de Osmocote® (Figura 1A). Observou-se que o maior crescimento em altura, tanto para as mudas oriundas de sementes grandes quanto para as de sementes pequenas, foi obtido na dose de 6 g.L⁻¹ de Osmocote®, resultando em alturas de 39 cm e 35 cm, respectivamente. Esses

valores médios representaram um acréscimo de 65% e 54%, respectivamente, em comparação ao tratamento testemunha. Dranski et al. (2019) observaram que a dose de 8 g.L⁻¹ de Osmocote® teve um impacto positivo no crescimento das mudas de *Schizolobium parahyba* originadas de sementes grandes, resultando em um aumento na altura da parte aérea. No entanto, para as sementes de tamanho pequeno e médio, a mesma dose de fertilizante teve um efeito negativo, resultando em uma redução da altura das mudas. Isso sugere que a interação entre o tamanho de semente e a aplicação de Osmocote® pode ser crucial para o sucesso do crescimento das mudas.

O aumento na altura das mudas é uma resposta importante e desejável no cultivo de plantas em viveiros, pois reflete o desenvolvimento das mudas, além de ser uma variável de fácil mensuração e não destrutivo para estimar a qualidade das mudas (Gomes et al., 2002).

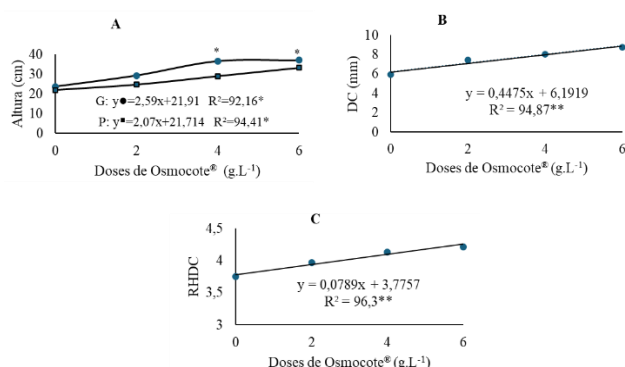


Figura 1 - (A) Altura da parte aérea da muda, (B) diâmetro do coleto e (C) relação entre altura e diâmetro do coleto (RHDC) em função da aplicação de doses crescentes de Osmocote®. (*) e (**) Coeficientes significativos ao nível de 5% e 1% de significância, respectivamente.

A dose de 6 g.L⁻¹ de Osmocote® foi a mais eficaz para promover o crescimento das mudas de coleto, com destaque para o aumento significativo do DC das mudas, que atingiu 8,82 mm (Figura 1B). Esse aumento de 48% no crescimento do diâmetro do coleto em comparação à testemunha, reforça a informação de que o fertilizante Osmocote® promove a obtenção de mudas mais vigorosas.

No setor florestal, os viveiristas ou produtores de mudas florestais comercializam àquelas que atinjam padrões de qualidade mínimos (25 cm de altura e 3 mm de diâmetro do colo), consideradas aptas para o plantio em campo (José et al., 2009). Portanto, os resultados obtidos no presente estudo para a altura e o diâmetro do coleto das mudas de cacau estão dentro dos critérios de qualidade estabelecidos pelas empresas florestais. Nesse estágio de desenvolvimento das mudas, pode-se afirmar que estão aptas para o transplante, pois, elas apresentam maior acúmulo de reservas energéticas, maior vigor e maior capacidade de fixação ao solo (Costa et al., 2022).

A variável RHDC sofreu efeito significativo das doses de Osmocote® (Tabela 1). Na dose 6 g.L⁻¹ de Osmocote® atingiu o valor de 4,3 o que levou a um incremento de crescimento de 15% em comparação a testemunha (Figura 1C). No estudo, todos os tratamentos apresentaram RHDC abaixo de 10, um valor considerado bom para mudas florestais, conforme José et al. (2009). A RHDC é um indicador importante que exprime o equilíbrio entre o crescimento da altura e do diâmetro do coleto das mudas, também conhecido como quociente de robustez (Gomes e Paiva, 2011). Além disso, a

RHDC reflete o acúmulo de reservas nas mudas, o que contribui para uma maior resistência ao estresse hídrico, especialmente em períodos secos, além de fixar melhor a muda no solo (Faller et al., 2020).

Com base nos resultados, observou-se efeito positivo e crescente no número de folhas com o aumento das doses de Osmocote® (Figura 2A). A maior dose de Osmocote® levou a um aumento significativo, resultando em 17,5 folhas por planta, o que representou um incremento de 108,2% em relação ao tratamento testemunha. Outros estudos sugerem que o uso de Osmocote® é eficaz para estimular o crescimento foliar em diferentes espécies (Amorin et al., 2020; Brito et al., 2018; Menegatti et al., 2017). Embora a pesquisa não tenha analisado diretamente a área foliar, pesquisas, como a de Menegatti et al. (2017), indicam que há uma correlação entre o número de folhas e a área foliar.

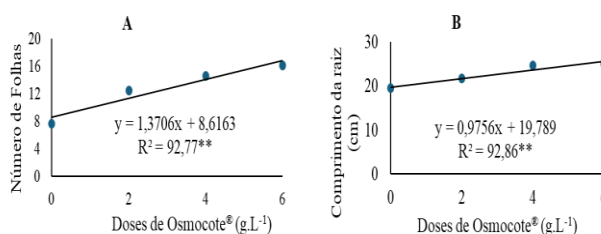


Figura 2 - (A) Número de folhas e (B) Comprimento radicular em função da aplicação de doses crescentes de Osmocote®. (**) Coeficiente significativo ao nível de 1% de significância.

O maior comprimento da raiz principal (CR) foi de 26,0 cm, obtido com a maior dose de Osmocote® (6 g.L⁻¹). Esse valor representa um aumento de 32% em relação ao CR da testemunha (Figura 2B). Desta forma, pode-se inferir que a dose de 6 g.L⁻¹ favorece significativamente o desenvolvimento radicular.

Para a variável MSPA, a melhor média estimada (8,6 g) foi obtida com a maior dose de Osmocote®, representando um incremento de 145,7% em comparação com a média da testemunha (Figura 3A). Quanto à massa seca da raiz (MSR), com a maior dose de 6 g.L⁻¹ de Osmocote®, o valor foi de 4 g, mostrando um aumento de 87% em relação à MSR da testemunha (Figura 3B). Para a massa seca total (MST), observou-se um incremento de 118% em comparação com a MST da testemunha (Figura 3C). Estes resultados são corroborados por Dutra et al. (2017) que observaram que a massa seca da parte aérea e radicular das mudas de *Peltophorum dubium* foram influenciadas significativamente pelas doses do Osmocote®.

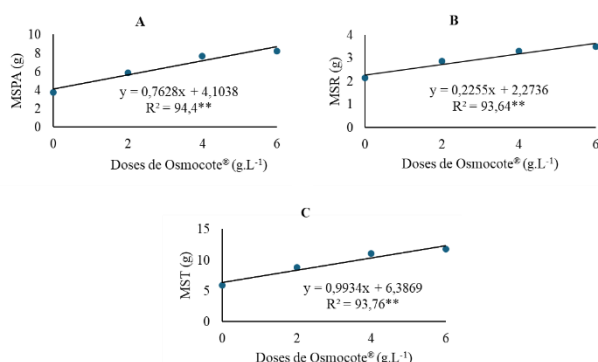


Figura 3 - (A) Massa seca da parte aérea da muda, (B) Massa seca da raiz e (C) massa seca total em função da aplicação de doses crescentes de Osmocote®. (**) Coeficiente significativo ao nível de 1% de significância.

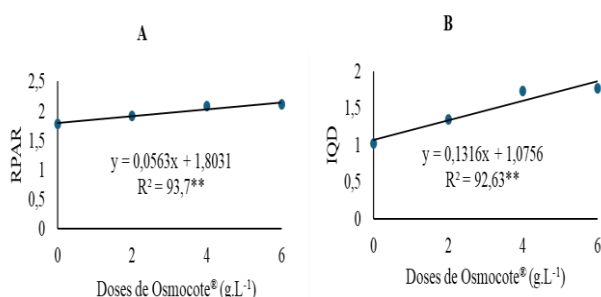


Figura 4 - (A) Razão entre a massa seca da parte aérea da muda e (B) Índice de Qualidade de Dickson em função da aplicação de doses crescentes de Osmocote®. (**) Coeficiente significativo ao nível de 1% de significância.

De acordo com Gonçalves et al. (2008), a massa seca é a característica que melhor representa a produtividade e, além disso, é considerada uma das melhores para prever a qualidade das mudas. No entanto, um de seus inconvenientes é que sua determinação não é viável em muitos viveiros,

principalmente por ser um método destrutivo e exigir o uso de estufas (Gomes e Paiva, 2011).

Para a razão RPAR, o maior valor estimado foi de 2,28, obtido com a dose de 6 g.L⁻¹ de Osmocote®, representando um incremento de 29% em comparação com a razão RPAR da testemunha (Figura 4A). Esse resultado está de acordo com a relação de 2:1, padrão apresentado por Caldeira et al. (2008), que sugere maior crescimento da parte aérea em relação ao sistema radicular. Conforme Gomes et al. (2013), valores muito elevados para a razão RPAR podem ser prejudiciais às mudas, pois sugerem um desequilíbrio no crescimento, o que pode resultar no tombamento das mudas e problemas na absorção de água pela parte aérea.

O IQD apresentou o maior valor estimado (2,0) na dose 6 g.L⁻¹ de Osmocote®, representando um incremento de 100% na qualidade da muda em comparação com o IQD da testemunha (Figura 4B). Nesta pesquisa, o IQD mostrou-se bom indicador de qualidade das mudas, pois os valores de seus parâmetros (RHDC e RPAR) são adequados para o plantio em campo. Valores de IQD iguais ou superiores a 0,2 são considerados como referência para a classificação da qualidade das mudas (José et al., 2009). Além disso, Gomes et al. (2013) afirmam que o IQD varia de acordo com a espécie, o manejo das mudas no viveiro, o tipo e a proporção do substrato, o volume do recipiente e a idade em que a muda foi avaliada.

Efeito do tamanho das sementes no crescimento das mudas de cacau

O tamanho da semente exerceu efeito significativo em todos os parâmetros de crescimento avaliados (Tabela 2).

Tabela 2. Efeitos do tamanho de semente de cacau na altura das plantas (H), diâmetro do coleto (DC), número de folhas (NF), comprimento radicular (CR), massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca da raiz (MSR), massa seca total (MST) e Índice de Qualidade de Dickson (IQD).

Tamanho de Semente	H (cm)	DC (mm)	NF	CR (cm)	MSPA (g)	MSR (g)	MST (g)	IQD
Pequeno	27,93 b	7,23 b	12,40 b	22,34 b	5,60 b	2,73 b	8,33 b	1,40 b
Grande	29,69 a	7,54 a	13,50 a	23,42 a	6,49 a	3,27 a	9,76 a	1,64 a
% crescimento	6,3%	4,3%	8,9%	4,8%	16%	20%	17%	17%

Médias seguidas de letras distintas na mesma coluna diferem para o Teste de Tukey (5%).

As mudas que cresceram a partir de sementes grandes, mostraram uma altura média de aproximadamente 6,3% maior do que as mudas cultivadas a partir de sementes pequenas (Tabela 2). Esse fato evidencia efeito positivo do uso de sementes grandes no crescimento das mudas de cacau. Mota et al. (2019) constaram que plântulas de *Pterodon emarginatus* provenientes de sementes maiores tiveram maior comprimento final do caule.

O mesmo comportamento foi constatado em relação ao diâmetro do coleto (DC) (Tabela 2). As

mudas provenientes de sementes grandes apresentaram um crescimento de 4,3% no diâmetro do coleto em relação às mudas originadas de sementes pequenas. Os resultados de Mota et al. (2019) confirmaram que sementes maiores de *Pterodon emarginatus* Vog (sucupira branca) promoveram mudas com diâmetros de coleto superiores. Da mesma forma, Pagliarini et al. (2014) observaram que sementes grandes de jatobá (*Hymenaea courbaril* L. var. *Stilbocarpa*) originaram plantas com diâmetros de coleto

superiores aos das originadas de sementes pequenas.

O número de folhas (NF) produzidas pelas mudas de cacau foi maior nas mudas originadas de sementes grandes, que apresentaram uma média de 13,50 folhas, diferindo estatisticamente das originadas de sementes pequenas (Tabela 2). Esse resultado pode ser atribuído ao maior conteúdo de reservas presentes nas sementes grandes, o que favoreceu, no início da formação da planta, um maior número de folhas (Taiz et al., 2017). Resultado similar foi observado por Stefanel et al. (2023) que verificaram maior número de folhas em sementes maiores de *Plinia peruviana*.

As mudas originadas de sementes grandes apresentaram maior comprimento de raiz (CR), com uma média de 23,42 cm, que diferiu estatisticamente do CR das mudas provenientes de sementes pequenas (Tabela 2). É essencial a análise desta variável, pois raízes mais desenvolvidas permitem maior captação de água e nutrientes no solo pelas mudas (Taiz et al., 2017). Stefanel et al. (2023) observaram que as sementes grandes de *Plinia peruviana* (jabuticaba-de-cabinho) produziram plântulas com maior CR, quando comparadas às de sementes pequenas e médias.

A análise dos dados da tabela 2 demonstra que as sementes grandes de cacau proporcionam um desempenho superior nas mudas, particularmente em termos de biomassa seca, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, o que resulta em uma biomassa total maior. A evidência de que a biomassa seca, em termos percentuais, apresenta um crescimento mais expressivo em comparação com características como altura, diâmetro do coleto, número de folhas e comprimento radicular reforça a ideia de que as sementes grandes fornecem mais recursos para o desenvolvimento das mudas. Esse crescimento mais significativo na biomassa seca pode ser explicado pelo fato de que sementes maiores possuem mais reservas de nutrientes, o que facilita um crescimento inicial mais robusto e eficiente. Saldanha et al. (2018) também relataram que os pesos secos foram maiores para as sementes grandes comparadas com as sementes pequenas.

A média do Índice de Qualidade de Dickson (IQD) foi superior nas sementes grandes,

apresentando um valor de crescimento de cerca de 17% maior em comparação com as sementes pequenas (Tabela 2). As mudas originadas de sementes grandes demonstraram maior potencial fisiológico em relação às originadas de sementes pequenas. Os resultados deste estudo são corroborados por Dranski et al. (2019), que observaram valores mais elevados de IQD em mudas originadas de sementes maiores, embora com maior exigência nutricional para o desenvolvimento do vigor das mudas de *Schizolobium parahyba*.

Por fim, os resultados do estudo corroboram com Carvalho e Nakagawa (2000), que afirmam que o tamanho maior das sementes está diretamente relacionado à formação de mudas mais vigorosas, devido a maior quantidade de reservas nutritivas. De fato, sementes com maiores reservas de nutrientes possuem maior vantagem no campo, pois permite um desenvolvimento mais eficaz e autossuficiente nas primeiras etapas de crescimento (Pagliarini et al., 2014).

A seleção de sementes maiores, frequentemente baseada na experiência empírica dos produtores, tem se mostrado ser uma prática eficaz na produção de mudas de cacau. Ao utilizar seu conhecimento tradicional na escolha das sementes que acredita serem as mais promissoras, geralmente localizadas no centro do fruto. Essa estratégia permite otimizar o processo de produção das mudas, resultando em mudas mais vigorosas, bem desenvolvidas e com maior capacidade de adaptação e resiliência.

Essa prática, embora empírica, se alinha com o entendimento científico de que sementes maiores, com mais reservas nutritivas, tendem a resultar em mudas mais fortes e com maior capacidade de adaptação às condições do campo. Quando o conhecimento tradicional é aliado à ciência, pode-se melhorar ainda mais a eficiência do processo de seleção, assegurando que as melhores sementes sejam escolhidas de maneira mais consistente e precisa.

Os coeficientes de correlação de Pearson apresentaram significância estatística entre a maioria dos pares de variáveis avaliadas (Tabela 3). Valores de correlação superiores a 0,50 indicam que a variação de uma variável pode ser parcialmente explicada pela variação da outra.

Tabela 3. Correlações entre variáveis morfométricas das mudas de cacau.

	H	DC	RHDC	NF	CR	MSPA	MSR	MST	IQD
DC	0,84*								
RHDC	0,53*	-0,01 ^{ns}							
NF	0,80*	0,82*	0,20 ^{ns}						
CR	0,74*	0,75*	0,19 ^{ns}	0,77*					
MSPA	0,90*	0,83*	0,35 ^{ns}	0,80*	0,73*				

MSR	0,77*	0,74*	0,26 ^{ns}	0,74*	0,55*	0,84*		
MST	0,89*	0,84*	0,34 ^{ns}	0,81*	0,70*	0,98*	0,92*	
IQD	0,75*	0,84*	0,09 ^{ns}	0,78*	0,62*	0,89*	0,96*	0,94*
RPAR	0,42 ^{ns}	0,37 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,49*	0,50*	-0,04 ^{ns}	0,35 ^{ns} 0,11 ^{ns}

H: altura da parte aérea da muda; DC: diâmetro do coleto; RHDC: relação entre altura e diâmetro do coleto; NF: número de folhas; CR: comprimento da raiz principal; MSPA: massa seca da parte aérea; MSR: massa seca da raiz; MST: massa seca total, RPAR: razão entre massa seca da parte aérea e radicular e IQD: Índice de Qualidade de Dickson (IQD). (^{ns}) não significativo e (*) significativos a 5% de probabilidade.

Foi observada correlação de alta magnitude e significâncias ($p < 0,05$) entre as características: altura e diâmetro do caule (0,84). A correlação positiva entre DC e H, destaca a interdependência desses parâmetros na seleção de mudas para o plantio. A altura, por si só, não deve ser utilizada como único critério de qualificação, pois isso pode resultar no envio de plantas com sistema radicular deficiente, diâmetros inadequados e parte aérea de qualidade insatisfatória para campo (Stüpp et al., 2015). Além disso, observou-se que a característica H se correlacionou com a maioria dos parâmetros avaliados, tornando-se recomendável para atestar a qualidade das mudas de cacau sob a influência de Osmocote® e do tamanho de semente.

O IQD foi outra variável que se mostrou muito importante, uma vez que se correlacionou de modo positivo com a maioria das variáveis (Tabela 3). Esse fato, demonstra a importância do IQD como um dos mais completos parâmetros para avaliação da qualidade de mudas florestais, pois em seu cálculo são considerados a robustez do caule e o equilíbrio da distribuição da biomassa na muda, ajustando os resultados de vários parâmetros importantes empregados para avaliação da qualidade (Dranski et al., 2019).

Em conclusão, é importante destacar que as diversas variáveis morfológicas apresentaram forte correlação, com alto grau de significância, o que sugere sua utilidade na descrição da qualidade das mudas. Além disso, os resultados evidenciaram a importância de um manejo adequado das mudas no viveiro, a fim de garantir que a correlação entre essas variáveis seja relevante e estatisticamente significativa.

CONCLUSÕES

A fertilização com Osmocote® teve um efeito positivo no crescimento das mudas de cacau, sendo a dose de 6 g.L⁻¹ a que promoveu melhores resultados.

O uso de sementes grandes proporcionou mudas mais altas, com maior diâmetro de coleto, maior produção de massa seca e com Índice de Qualidade de Dickson (IQD) superior.

REFERÊNCIAS

AGUILAR, M. V. M.; MASSAD, M. D.; DUTRA, T. R.; SILVA, F. G.; MENEZES, E. S.; SANTOS, A. R. Desenvolvimento de mudas de baru em resposta a

diferentes volumes de tubetes e doses de adubo de liberação lenta. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 12, p. 01-10, 2020.

AMORIN, R. S.; FALLER, B. V.; OLIVEIRA, I. A.; JARDIM, I. N. Root pruning and Osmocote® provides better Jatoba seedlings. **Científica**, v. 48, n. 1, p. 49-55, 2020.

ARAÚJO, J. M.; ANDRADE NETO, R. C.; OLIVEIRA, J. R.; LUNZ, A. M. P.; ALMEIDA, U. O. Shading And Slow Release Fertilizer Effects On The Growth Characteristics Of Assai Seedlings (*Euterpe oleracea*). **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 3, 2019.

BRAINER, M. S. C. P. Cacaucultura - Ações para o desenvolvimento da atividade. **Caderno Setorial ETENE**, ano 7, nº 239, 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1423/1/2022_CDS_239.pdf

BRITO, L. P. S.; BEZERRA, T. T.; NUNES, E. M. B.; CAVALCANTE, M. Z.B.; FILHO, J. A. S. Produção de mudas de *Schinopsis brasiliensis* Engler sob prévia lavagem do pó de coco e submetidas a doses crescentes de fertilizante de liberação controlada. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 1022-1034, 2018.

CALDAS, J. H. C.; JARDIM, I. N.; FREITAS, A. D. D. Large seeds of *Ormosia paraensis* increases germination. **Brazilian Journal of Production Engineering**, v. 10, n. 3, p. 14-27, 2024.

CALDEIRA, M. V. W.; ROSA, G. N.; FENILLI, T. A. B.; HARBS, R. M. P. Composto orgânico na produção de mudas de aroeira vermelha. **Scientia Agraria**, v. 9, p. 27-33, 2008.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.

COSTA, J. W.; COSTA, P. P.; BOTELHO, R. A.; VIEIRA, C. R. Effects of Raising Saturation by Bases on the Initial Growth of Yellow Ipe Seedlings. **Ensaios e Ciências**, v. 26, n. 4, p. 434-439, 2022.

DIAS, I. M.; BARRETO, I. D. C.; FERREIRA, R. A. Efeito de dosagens de fertilizante fosfatado na determinação de volume ótimo de produção de mudas de espécies florestais nativas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 471-475, 2016.

- DRANSKI, J. A. L.; SONDA, E. T.; JUNIOR, J. C. D. Tamanho de sementes e fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de *Schizolobium parahyba* [(Vell.) S. F. Blake]. **Biotemas**, v. 32, n. 2, p. 23-31, 2019.
- DUTRA, T. R.; MASSAD, M. D.; SARMENTO, M. F. Q. Fertilizante de liberação lenta no crescimento e qualidade de mudas de canafístula (*Peltophorum dubium*). **Floresta**, v. 46, n. 4, p. 491-498, 2017.
- FALLER, B. V.; AMORIN, R. S.; OLIVEIRA, I. A.; JARDIM, I. N. 2020. Efeito da poda radicular e do hidrogel no crescimento de mudas de jatobá. **Nativa**, Sinop, v. 8, n. 4, p. 476-483, 2020.
- Ferreira, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FRANZIN, S. M.; MENEZES, N. L.; GARCIA, D. C.; SANTOS, O. S. Efeito da qualidade das sementes sobre a formação de mudas de alface. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 2, p. 193-197, 2005.
- GOMES, J. M.; COUTO, L.; LEITE, H. G.; XAVIER, A.; GARCIA, S. L. Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*. **Revista Árvore**, v. 26, p. 655-664, 2002.
- GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. 2011. Viveiros florestais: propagação sexuada – Série Didática. 1. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 116 p.
- GOMES, D. R.; CALDEIRA, M. V. W.; DELARMELINA, W. M.; GONÇALVES, E. O.; TRAZZI, P. A. 2013. Lodo de esgoto como substrato para produção de mudas de *Tectona grandis* L. **Cerne**, v. 19, n. 1, p. 123-131, 2013.
- IBGE. 2024. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa de produção, por ano da safra e produto das lavouras – safra 2024. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/7832#resultado>
- KOPPER, A. C.; MALAVASI, M. M.; MALAVASI, U. C. Influência da temperatura e do substrato na germinação de sementes de *Cariniana estrellensis* (Raddi) Kuntze. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 2, p. 160-165, 2010.
- KRISNAWATI, A.; NURYATI; ADIE, M. M. Germination and Seedling Vigor of Jack Bean (*Canavalia ensiformis*) as Affected by Seed Size. **Bio Web of Conferences**, v. 69, 2023.
- JARDIM, I. N.; RAD, B. A. C. Heavy metal concentrations in cocoa beans (*Theobroma cacao* L.) native to the Amazon. *Contribuciones a Las Ciencias Sociales*, 16(10):21130-21143, 2023.
- JARDIM, I. N.; MATOS, M. L.; ROSARIO, M. P.; HAMADA, M. O. S. Osmocote® proporciona melhores mudas de *Calophyllum brasiliense* cambes. **Scientia Plena**, v. 19, n. 9, 2023.
- JOSÉ, A. C.; DAVIDE, A. C.; OLIVEIRA, S. L. Efeito do volume do tubete, tipo e dosagem de adubo na produção de mudas de aroeira (*Schinus terebinthifolia* Raddi). **Revista Agrarian**, v. 2, n. 3, p. 73-86, 2009.
- LANDIS, T. D.; DUMROESE, R. K. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after out planting. *Forest Nursery Note*, Winter: 5-12, 2009.
- LIMEDE, A. C.; OLIVEIRA, C. E. S.; ZOZ, A.; ZUFFO, A. M.; STEINER, F.; ZOZ, T. Effects of seed size and sowing depth in the emergence and morphophysiological development of soybean cultivated in sandy texture soil. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 01, p. 93-98, 2018.
- MENEGATTI, R. D.; GUOLLO, K.; NAVROSKI, M. C.; VARGAS, O. F. 2017. Fertilizante de liberação lenta no crescimento inicial de *Aspidosperma parvifolium* A. DC. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 1, n. 2, p. 45-49, 2017.
- MOTA, N. M.; FORTINI, E. A.; LUZ, G. R.; VELOSO, M. D. M.; FERNANDES, G. W.; NUNES, Y. R. F. Influência do tamanho e da escarificação dos diásporos na emergência e estabelecimento de *Pterodon emarginatus*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 39, n. 1, 2019.
- OLIET, J.; PLANELLES, R.; SEGURA, M. L.; ARTERO, F.; JACOBS, D. F. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* seedlings under controlled-release fertilizer. **Scientia Horticulturae**, v. 103, p. 113-129, 2004.
- PAGLIARINI, M. K.; NASSER, M. D.; NASSER, F. A. C. M.; CAVICHIOLI, J. C.; CASTILHO, R. M. M. Influência do tamanho de sementes e substratos na germinação e biometria de plântulas de jatobá. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 8, n. 5, p. 33-38, 2014.
- PIMENTEL-GOMES F. Curso de estatística experimental. 15. ed. Piracicaba (SP): FEALQ, 2009.
- QUEIROZ, T. A. F.; DIAS, D. P. Efeito do tamanho das sementes sobre a emergência e morfofisiologia de mudas de mama-cadela. **Nativa**, v. 9, n. 3, p. 260-265, 2021.
- ROSSA, U. B.; ANGELO, A. C.; WESTPHALEN, D. J.; OLIVEIRA, F. E. M.; SILVA, F. F.; ARAUJO, J. C. 2015. Fertilizante de liberação lenta no desenvolvimento de mudas de *Anadenanthera peregrina* (L.) Speg. (Angico-vermelho) e *Schinus terebinthifolius* Raddi (Aroeira-vermelha). **Ciência Florestal**, v. 25, n. 4, p. 841-852, 2015.
- SANTOS, P. L. F.; PAIXÃO, A. P.; SANTOS, O. N. M.; CASTILHO, R. M. M.; FARIA, R. C.; VIEIRA, N. C. S. Doses of Slow Release Fertilizer in the Initial Growth of Tamarind Seedlings. **Nucleus**, v. 15, n. 1, p. 137-146, 2018.

- SALDANHA, C. W.; MISSIO, E. L.; STEFFEN, G. P. K.; MALDANER, J.; MORAIS, R. M. Weight is a key factor in the physiological quality of *Parapiptadenia rigida* seeds. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201701501, 2018.
- SILVA, A. C. D.; SMIDERLE, O. J.; OLIVEIRA, J. M. F.; SILVA, T. J. Tamanho da semente e substratos na produção de mudas de açaí. **Advances in Forestry Science**, v. 4, n. 4, p. 151-156, 2017.
- SOUZA, A. C.; ARAÚJO, D. G.; SILVA, G. P.; SENADO, J. A. V.; GAMA, M. A. P. Growth and quality of *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, seedlings as a function of controlled release fertilizer doses. **Revista Sustinere**, v. 8, n. 1, p. 124-136, 2020.
- STEFANEL, C. M.; WELTER, P. D.; WEISS, T. T.; ALMEIDA, H. S.; DICKEL, R. A.; TREVISAN, R. Germinação e desenvolvimento inicial de mudas de *Plinia peruviana*: influência da temperatura e tamanho da semente. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 43, e201902205, 2023.
- STEINER, F.; ZUFFO, A. M.; BUSCH, A.; SOUZA, T. O.; ZOZ, T. 2019. Does seed size affect the germination rate and seedling growth of peanut under salinity and water stress? **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 49, e54353, 2019.
- STÜPP, A. M.; NAVROSKI, M. C.; FELIPPE, D.; KNISS, D. D. C.; AMANCIO, J. C.; SILVA, M. A.; PEREIRA, M. O. 2015. Crescimento de mudas de *Mimosa scabrella* Benth em função de diferentes tamanhos de recipientes e doses de fertilizante. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 3, n. 2, p. 40-47, 2015.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.