

## CRESCIMENTO INICIAL DE MUDAS DE CACAUEIRO FERTILIZADO COM DOSES DE ESTERCO BOVINO

Gerson N'Dafá<sup>1</sup>, Ciro de Miranda Pinto<sup>2</sup>, Olienai de Oliveira Pinto<sup>3</sup>, Luís Gustavo Chaves da Silva<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Bacharel em Agronomia, Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup>Doutor, Professor do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará, Brasil.

<sup>3</sup>Doutora, Mestrado Acadêmico em Sociobiodiversidade e Tecnologias Sustentáveis (MASTS), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará, Brasil. E-mail: agron.olielaide@gmail.com

<sup>4</sup>Doutor, Professor do Instituto de Desenvolvimento Rural (IDR), Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), Redenção, Ceará, Brasil.

Recebido em: 15/11/2022 – Aprovado em: 15/12/2022 – Publicado em: 30/12/2022  
DOI: 10.18677/EnciBio\_2022D15

### RESUMO

As plantas de cacau produzem amêndoas com múltiplos usos na indústria alimentícia e farmacêutica, além disso, as cascas dos frutos podem ser utilizadas para preparo de compostos orgânicos empregados na produção de hortaliças, fruteiras e essências florestais. Assim, o objetivo do trabalho foi estudar o crescimento de mudas de cacau submetidas a diferentes doses de esterco bovino e verificar quais modelos de regressão se ajustam as variáveis estudadas. O experimento foi conduzido na Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB) no Campus das Auroras na Unidade da Produção de Mudas (UPMA). Os tratamentos estudados foram T<sub>1</sub>: 0 (sem esterco bovino), T<sub>2</sub>: 20 g de esterco bovino, T<sub>3</sub>: 40 g de esterco bovino, T<sub>4</sub>: 60 g de esterco bovino e T<sub>5</sub>: 80 g de esterco bovino. O delineamento estatístico utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado com cinco tratamentos e 4 repetições, sendo que cada repetição foi composta por três sacos de mudas, totalizando sessenta unidades experimentais. As variáveis estudadas foram à altura da planta (Alt em cm), o diâmetro do caule (DC em mm), o comprimento da folha (CF em cm), a largura da folha (LF em cm), a quantidade das folhas, o comprimento de raiz (CR em cm), a matéria seca da parte aérea (MSPA em g), a matéria seca do caule (MSC em g), a matéria seca de folha (MSF em g), a matéria seca de raiz (MSR em g), a matéria seca total (MST em g) e a relação MSPA/MST. O número de folhas (NF) e o comprimento de raiz (CR) não apresentaram ajuste a nenhum modelo de regressão. O comprimento da folha (CF) e a matéria seca total (MST) tiveram ajuste a regressão linear. A única variável que teve ajustamento a regressão quadrática, foi a altura de plantas. A largura da folha (LF) foi representada pelo de modelo de regressão logístico. O modelo de regressão Mitscherlich foi estimado para diâmetro do caule (DC) e matéria seca de caule (MSC). Para matéria seca de raiz (MSR) foi estimada a regressão exponencial. A regressão raiz quadrada foi estimada para matéria seca de folha (MSF), matéria da parte aérea (MSPA) e relação entre matéria seca da raiz e parte aérea (MSR/ MSPA). Portanto, os coeficientes de determinação das variáveis respostas analisadas em que se estimou os modelos de regressão variam de 78,06% a 99,99%.

**PALAVRAS-CHAVE:** Alometria vegetal, Fertilização orgânica, *Theobroma cacao* L.

## INITIAL GROWTH OF COCOA SEEDLINGS FERTILIZED WITH BOVINE MANURE DOSES

### ABSTRACT

Cocoa plants produce almonds with multiple uses in the food and pharmaceutical industry, in addition, the fruit peels can be used to prepare organic compounds used in the production of vegetables, fruit trees and forest essences. Thus, the objective of this work was to study the growth of cocoa seedlings submitted to different doses of bovine manure and to verify which regression models fit the studied variables. The experiment was conducted at the University of International Integration of Afro-Brazilian Lusofonia (UNILAB) at Campus das Auroras at the Seedlings Production Unit (UPMA). The treatments studied were T1: 0 (without bovine manure), T2: 20 g of bovine manure, T3: 40 g of bovine manure, T4: 60 g of bovine manure and T5: 80 g of bovine manure. The statistical design used in the experiment was a completely randomized design with five treatments and four replications, each replication consisting of three bags of seedlings, totaling sixty experimental units. The variables studied were plant height (Alt in cm), stem diameter (DC in mm), leaf length (CF in cm), leaf width (LF in cm), number of leaves, root length (CR in cm), shoot dry matter (MSPA in g), stem dry matter (MSC in g), leaf dry matter (MSF in g), root dry matter (MSR in g), total dry matter (MST in g) and MSPA/MST ratio. The number of leaves (NF) and root length (CR) showed no adjustment to any regression model. Leaf length (CF) and total dry matter (MST) were fitted to linear regression. The only variable that had quadratic regression adjustment was plant height. The leaf width (LF) was represented by the logistic regression model. The Mitscherlich regression model was estimated for stem diameter (DC) and stem dry matter (MSC). For root dry matter (MSR) exponential regression was estimated. Square root regression was estimated for leaf dry matter (MSF), shoot matter (MSPA) and root to shoot dry matter ratio (MSR/MSPA). Therefore, the determination coefficients of the analyzed response variables in which the regression models were estimated vary from 78.06% to 99.99%.

**KEYWORDS:** Organic fertilization, Plant allometry, *Theobroma cacao* L.

### INTRODUÇÃO

O cacau (*Theobroma cacao* L.) é uma planta nativa da América Central e do Sul, e tem como origem regiões de florestas pluviais da América, é umbrófila de porte arbóreo e perene, pertencente à família das esterculiáceas, sendo plantado em altitudes variáveis, nos bosques escuros e húmidos, protegidos por grandes árvores (SALLES *et al.*, 2019). Os frutos do cacau são a principal fonte de matéria-prima para a fabricação de chocolate, além disso, possibilitam a extração de subprodutos como manteiga, nibs, licor, pó e o consumo *in natura* (BOUIX *et al.*, 2022). Além disso, as sementes de cacau são utilizadas, para a produção de mudas, mais especificamente de porta-enxertos, sendo uma das culturas agrícolas regionais de grande importância econômica, política e social (VENIAL *et al.*, 2017).

A planta de cacau no Brasil iniciou a expansão como cultura de produção na região Sul da Bahia no decorrer do século XVIII, sendo considerado um dos maiores estados produtores de cacau do país concorrendo diretamente com o Pará (SENAR, 2018). Os Estados da Amazônia, Rondônia, Mato Grosso, Espírito Santo também apresentam produção de cacau, entretanto, em menor escala (SENAR, 2020). Há pouco mais de 10 anos o cacau é cultivado no estado do Ceará. No início dos primeiros anos de plantio de cacau no estado, a sequência de anos de seca quase

impediu o desenvolvimento da planta, no entanto, esse cenário tomou-se positivo e hoje a questão hídrica está quase que totalmente normalizada através da irrigação (SANTOS, 2021).

O cacauzeiro é uma planta de porte arbóreo, porém, quando desenvolvidas por via seminal, as plantas podem chegar de 5 a 8 metros de altura e de 4 a 6 metros de diâmetro de copa (SENAR, 2018). As plantas de cacauzeiro podem variar de 5 a 15 metros de altura quando provenientes de sementes. Plantas desse porte são mais comumente encontradas em sistemas extrativistas e em algumas áreas de cabruca (BOUIX *et al.*, 2022).

A produção de mudas de cacau por meio de sementes é muito utilizada para a produção de porta-enxerto, além de ser de fácil manejo para a seleção, tratamento e aceleração da germinação das sementes (SENAR, 2018). Plantas provenientes de sementes normalmente apresentam crescimento ortotrópico, no qual ocorre a formação do primeiro jorquete na altura de 1 a 2 metros. O crescimento inicial se dá de forma vertical, e a partir daí, são formados os ramos laterais, caracterizando a arquitetura da planta (VLIET; GILLER, 2017).

O sistema radicular do cacauzeiro apresenta raiz pivotante, cujo desenvolvimento varia com o tipo de solo (SENAR, 2018). Segundo Vliet e Giller (2017), o sistema radicular varia de 0,8 a 1,5 m de profundidade e consta com raízes laterais. Conforme Senar (2018), as raízes laterais são responsáveis pela nutrição da planta e concentram-se na parte superior da pivotante, nos primeiros 30 cm, diminuindo sua densidade à medida que aumenta a profundidade. As raízes de material ortotrópico e plagiotrópico são semelhantes em seu desenvolvimento, no qual 2 a 5 raízes ganham espessura e crescem em profundidade, caracterizando raiz pivotante (BOUIX *et al.*, 2022).

Na prática, o principal problema para produzir muda de cacauzeiro usando substratos comerciais é o custo. Por outro lado, a utilização de resíduos disponíveis regionalmente pode reduzir esses custos, além de minimizar a poluição decorrente do acúmulo desses materiais no ambiente. O esterco bovino pode ser uma solução para ser utilizado como substrato para as plantas, pois possui baixo custo e disponibilizar nutriente para as plantas. Em alguns casos, os agricultores que possuem bovinos podem aproveitar os estercos desses animais para serem utilizados na produção de mudas, reduzindo assim, o custo de produção. O uso do esterco bovino é abordado por Morais *et al.* (2017), que observaram que a produção de mudas de mamoeiro utilizando-se substrato composto por solo, areia e esterco bovino (1:1:1), comparado com solo, solo e areia (2:1) e substrato comercial, como resposta proporcionou maior crescimento das mudas, diâmetro do caule, massa fresca e seca.

Os estercos de animais são fontes de nutrientes de uso mais frequente na composição de substratos, têm atuação relevante na melhoria dos seus atributos físicos e estimulam os processos microbianos, entre os adubos orgânicos, o esterco bovino é o mais usado e tem levado a bons resultados na produção de mudas de espécies de plantas. Dias *et al.* (2022) destacam que encontrar um substrato que apresente todas as características desejáveis não é fácil, por isso formular uma mistura com a finalidade de se aproximar ao máximo dos atributos pretendidos, é uma forma de contribuir com a formação das mudas.

Assim, a utilização de esterco bovino tem-se mostrado resultados satisfatórios como fertilizante para adubação de plantas, por ser um produto natural e proporcionar melhoria em atributos físicos do solo, como: redução da densidade do solo, aumento da agregação, aumento da porosidade, aumento da retenção de água

e da infiltração. Dessa forma, diversos estudos com curvas repostas obtidas em função de doses de fertilizantes orgânicos foram realizados por pesquisadores como: Souza *et al.* (2015) e Pereira *et al.* (2019) em moringa; Meneghelli *et al.* (2017) e Araújo *et al.* (2008) em café; Dantas *et al.* (2015) em maracujazeiro amarelo; Schiavo *et al.* (2010), em pinhão manso; Costa *et al.* (2011) em *Corymbia citriodora* e Araújo *et al.* (2017) em paricá.

A utilização de mudas é uma importante etapa para a implantação de novas áreas quando o local destinado não possui condição adequada. O uso de mudas torna-se essencial deixando a planta apta para o local definitivo, pois além de apresentar alto nível de segurança, permite ainda selecionar as mudas que apresentam alta vigor para o campo. De acordo com Salles *et al.* (2019) o cacau proveniente de semente, em condições adequadas de cultivo, pode viver por mais de cem anos.

As sementes do cacau apresentam grande importância econômica, além de serem fonte de produção de chocolate, também é utilizada para a propagação de mudas na produção de porta-enxertos para a formação de lavouras de alta produtividade. Nesse sentido, o objetivo do trabalho foi estudar o crescimento de mudas de cacau submetidas a diferentes doses de esterco bovino e verificar quais modelos de regressão se ajustam as variáveis estudadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização da área experimental e origem das sementes de cacau

Os frutos de cacau para retirada de sementes destinadas a instalação da pesquisa, foram doados pela Fazenda Experimental Piroás (FEP), que pertencente Universidade da Integração Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira (UNILAB), localizada no município de Redenção, Ceará.

A FEP é localizada na comunidade Piroás, distrito de Barra Nova, tendo a seguintes coordenadas geográficas 4° 9'19.39"S de latitude e 38° 47'41.48" W de longitude (UNILAB, 2020). O clima do município de Redenção é tropical quente semiárido brando, com precipitação média anual de 1.062 mm, a temperatura média varia entre 26°C a 28°C e o período chuvoso é de janeiro a abril (IPECE, 2017).

As médias dos valores de comprimento, diâmetro e peso de frutos de cacau, foram respectivamente iguais a 15,93 cm, 7,55 cm e 307,50 g (Tabela 1).

**TABELA 1.** Comprimento (cm), diâmetro (cm) e peso (g) dos oito frutos de cacau, Redenção, Ceará, 2019.

Frutos de cacau	Comprimento (cm)	Diâmetro (cm)	Peso (g)
1	18,00	7,80	349
2	18,30	7,80	340
3	15,10	7,50	268
4	15,40	7,50	305
5	16,10	7,50	313
6	15,30	7,60	303
7	14,20	7,30	275
8	15,00	7,40	307
Médias	15,93	7,55	307,50

O experimento foi instalado na UNILAB, Campus das Auroras, em um telado 20 m de comprimento e 10 m de largura, tendo sombreamento de 50%, pertencente à Unidade da Produção de Mudanças (UPMA), localizado no município de Redenção,

Ceará, nas coordenadas geográficas: latitude (S) 4° 13' 33" e longitude (WGr) 38° 43' 50" nordeste (IPECE, 2017).

### **Delineamento Experimental**

Empregou-se o delineamento estatístico inteiramente casualizado com 5 tratamentos e 4 repetições compostas de 3 sacos cada, totalizando 20 unidades experimentais com 60 sacos. As doses de esterco bovino utilizadas foram: T1= testemunha (zero grama de esterco bovino); T2= 20 gramas de esterco bovino; T3= 40 gramas de esterco bovino; T4= 60 gramas de esterco bovino e T5= 80 gramas de esterco bovino.

Para instalação do trabalho, utilizou-se o solo denominado de arisco adquirido em um depósito de construção no município de Acarape, Ceará. No preparo das sementes, os frutos foram cortados com uma faca para retirada da polpa onde se encontram as sementes, e em seguida alocados num balde plástico com arisco seco para retirada da mucilagem que cobre a semente.

Os sacos utilizados para instalação do experimento apresentaram as dimensões de 20x30 cm, sendo colocado o solo (arisco) até 15 cm de altura do saco, em seguida foram adicionadas as doses 20, 40, 60 e 80 gramas de esterco bovino em cada tratamento, depois dessa operação os sacos foram completados com arisco e irrigados para semeadura do cacau. No tratamento zero (testemunha), utilizou-se, apenas o arisco.

A semeadura do cacau nos cinco tratamentos ocorreu em 21 de janeiro de 2019. A profundidade de semeadura foi cinco centímetros, utilizaram-se duas sementes por saco, duas semanas depois do plantio, realizou-se o desbaste deixando-se uma plântula por saco em 14 de fevereiro de 2019, no caso a mais vigorosa. Todas as sementes plantadas germinaram. A irrigação do experimento foi realizada duas vezes por dia durante, sendo uma no período da manhã e a outra à tarde. As pragas (lagartas e cochonilhas) que apareceram durante a condução do experimento foram controladas por catação manual.

A finalização do experimento ocorreu aos 120 dias, ou seja, em 21 de maio de 2019. As variáveis analisadas foram: altura da planta (Alt em cm), diâmetro do caule (DC em mm), comprimento da folha (CF em cm), largura da folha (LF em cm), quantidade das folhas, comprimento de raiz (CR em cm), matéria seca da parte aérea (MSPA em g), matéria seca do caule (MSC em g), matéria seca de folha (MSF em g), matéria seca de raiz (MSR em g), matéria seca total (MST em g) e relação MSPA/MST.

O material vegetal como: folha, caule e raiz foi acondicionado em sacos de papel e em seguida colado em estufa para secagem durante 48 horas com temperatura graduada a 65 °C do laboratório de sementes da UNILAB. A pesagem do material vegetal (folha, caule e raiz) foi realizada individualmente por repetição em balança de precisão analítica para obtenção da matéria seca, expressa em grama.

### **Análises estatísticas**

Para análise dos dados experimentais das mudas cacau, adotou-se software SPEED Stat 2.8. Esse software estatístico estima os modelos de regressão a seguir: linear ( $y = y_0 + ax$ ), quadrático ( $y = y_0 + ax + bx^2$ ), raiz quadrada ( $y = y_0 + ax + bx^{0.5}$ ), exponencial ( $y = y_0 + a * e^{bx}$ ), Michaelis-Menten ( $y = y_0 + \frac{ax}{(b + x)}$ ), Mitscherlich ( $y = y_0 + a(1 - e^{-bx})$ ) e o Logístico ( $y = y_0 + \frac{a}{[1 + (x + x_0)^b]}$ ). Não foram testados os

modelos de regressão logarítmico neperiano simples ( $y = y_0 + a \ln(x)$ ) e logarítmico neperiano com linear ( $y = y_0 + ax + b \ln(x)$ ), pois existe, o componente dose zero de esterco bovino no experimento. O software SPEED Stat 2.8, classifica a qualidade do ajuste dos modelos de regressão, pelo quadrado médio dos modelos na análise variância da regressão (teste F) e com o coeficiente de determinação ajustado (CARVALHO *et al.*, 2020).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

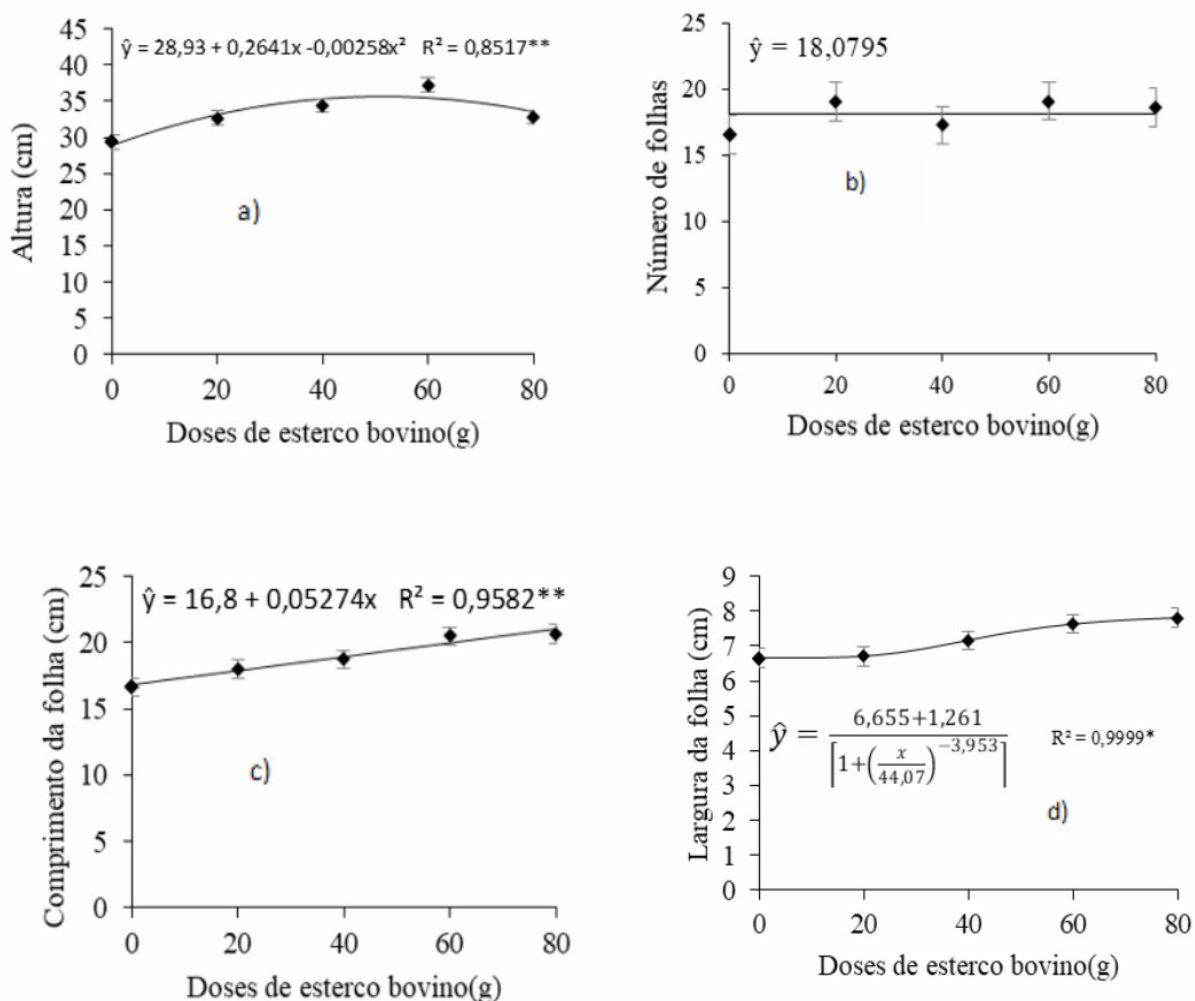
A altura de plantas de cacau ajustou-se ao modelo polinomial quadrático com coeficiente de determinação,  $R^2=85,17\%$ , sendo significativa ao nível de 1% de probabilidade (Figura 1a). A dose ótima de esterco bovino foi 51,21 g/vaso, o que proporciona uma altura máxima das plantas de cacau com 35,69 cm. O coeficiente de variação altura de planta foi igual a 5,74%. Para estatísticos como Ferreira (2018), um coeficiente de variação inferior a 10% é classificado como baixo. Repostas semelhantes foram constatados por Souza *et al.* (2015), em estudo com moringa submetida a doses crescentes de esterco bovino, observaram que ocorreu diminuição a partir do ponto de máxima dose. Enquanto Pereira *et al.* (2019) estudando doses crescentes de esterco ovino no crescimento inicial de moringa, verificaram que a altura de planta de não foi afetada pelo acréscimo de adubo orgânico.

O número de folhas em plantas de cacau submetidas a diferentes doses de esterco bovino não teve ajustamento a nenhum modelo regressão. O número médio de folhas em plantas cacau foi 18,0795 (Figura 1b). Enquanto em pesquisa realizada por Souza *et al.* (2015), o número de folhas de moringa cultivada em diferentes doses de esterco ovino, teve ajustamento a modelo polinomial quadrático com  $R^2=74,87\%$ . Meneghelli *et al.* (2017), estudaram “moinha” (resíduo proveniente da secagem dos grãos de café) em substituição ao esterco bovino na produção de mudas de café, e constataram efeito quadrático para número de folhas, tendo coeficiente de determinação  $R^2= 88,82\%$ .

O comprimento de folhas do cacau (Figura 1c) apresentou resposta polinomial linear com avançar das doses de esterco bovino. O comprimento das folhas de cacau, aumentaram em 0,05274 cm, respectivamente, com incremento de cada grama de esterco bovino. O maior valor do comprimento de folha foi 21,02 cm. O coeficiente de determinação para comprimento e largura de folha de cacau foi igual 95,82 % (Figura 1c).

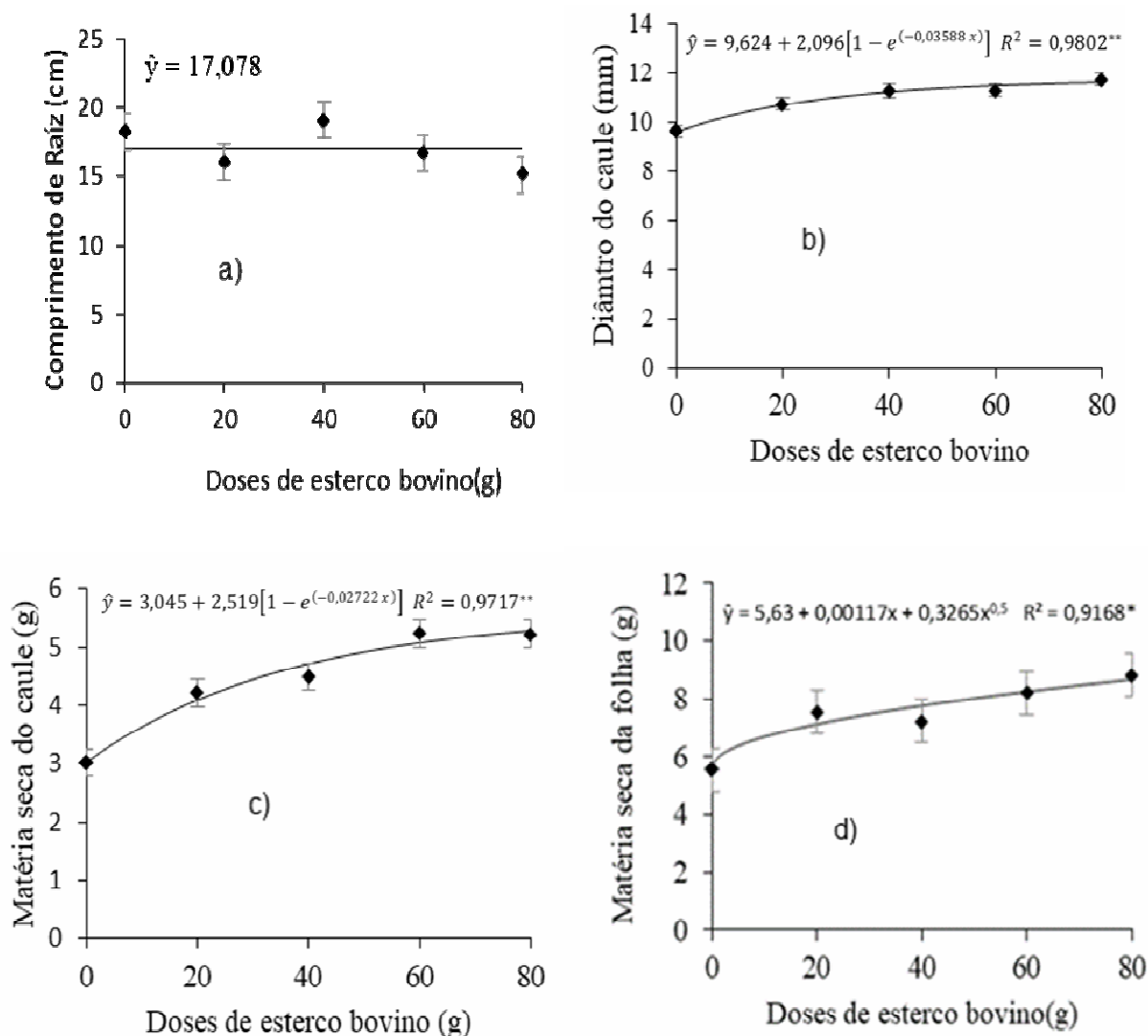
A largura das folhas de cacau, apresentaram ajuste ao modelo de regressão logístico, tendo coeficiente de determinação 99,99%, significativo a 1% de probabilidade (Figura 1d). Os coeficientes de variação do comprimento e largura da folha apresentaram o valor de 7,31%. Conforme Gomes (1990), o coeficiente de variação (CV) dá ideia da precisão do experimento, um  $CV<10\%$  é classificado como baixo. Dantas *et al.* (2015), estudando o crescimento do maracujazeiro amarelo sob adubação orgânica, estimaram equação do tipo potencial no comprimento longitudinal e transversal das folhas, tendo um coeficiente de determinação, respectivamente de 96,00 e 95,00%.

**FIGURA 1:** a) Altura de planta (cm), b) número de folhas, c) comprimento da folha (cm) e d) largura da folha em plantas de cacau submetidas a doses crescentes de esterco bovino.



O comprimento de raiz (CR) em plantas de cacau, não apresentou nenhum ajuste aos modelos de regressão polinomial (Figura 2a). O comprimento médio geral das raízes de cacau foi 17,078 cm. Mendonça *et al.* (2007), estudou adubação com fertilizante Entec em maracujá, verificaram ajuste quadrático com  $R^2=77,00\%$  para comprimento de raízes. Em estudo de fertilização com doses de esterco bovino em moringa, Souza *et al.* (2015), os autores reportam redução no comprimento radicular das plantas, com incremento do adubo orgânico.

**FIGURA 2:** a) comprimento de raiz (CR em cm), b) diâmetro do caule (DC em mm), c) matéria seca de caule (MSC em g) e d) matéria seca de folha (MSF em g) em plantas de cacau submetidas a doses crescentes de esterco bovino.



Para diâmetro do caule (DC), ocorreu ajuste ao modelo de regressão Mitscherlich, com coeficiente de determinação igual a 98,02%. O diâmetro do caule das plantas de cacau teve máximo de 11,72 mm (Figura 2b). Em estudo realizado por Pereira *et al.* (2019), o diâmetro do caule não apresentou ajuste a nenhum modelo de regressão, em função do acréscimo de esterco ovino das doses. Costa *et al.* (2008), estudando *Ocimum selloi Benth* em diferentes doses de esterco bovino e constataram que o diâmetro do caule, teve ajustamento quadrático com ponto de máximo e coeficiente de determinação de 93%.

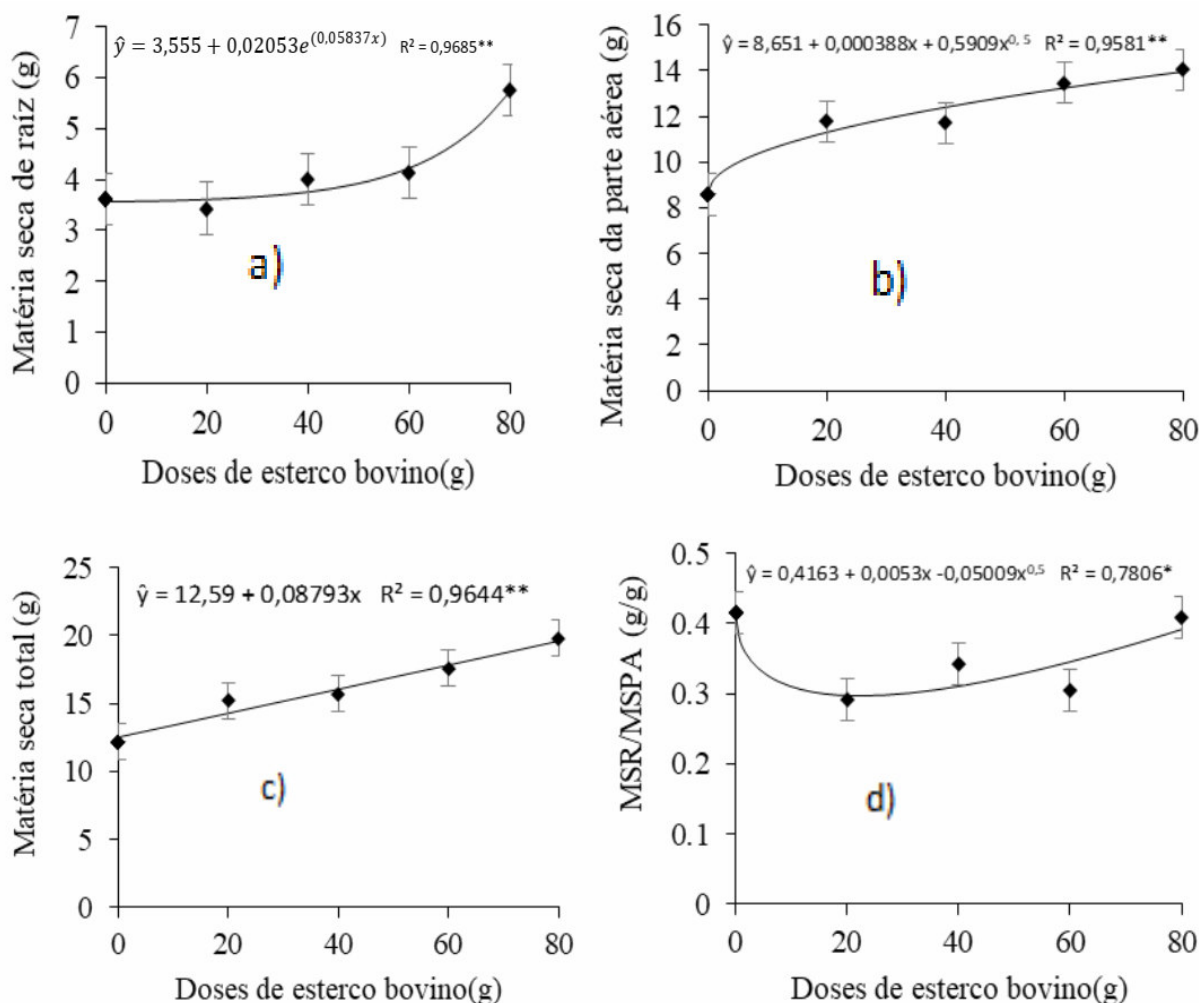
A matéria seca de caule (MSC) das plantas de cacau, ocorreu melhor ajustamento ao modelo de regressão de Mitscherlich, sendo significativa a 1% de probabilidade e coeficiente de determinação com 97,17%. A matéria seca de caule máxima foi igual a 5,564 g. (Figura 2c). Schiavo *et al.* (2010), estudando a produção de mudas pinhão manso inoculadas micorrizas e submetidas a diferentes doses de adubo orgânico, estimaram um modelo linear ( $\hat{y} = 4,11 + 0,0530167^* x$ ;  $R^2 = 99,00\%$ ) para matéria seca do caule expressa em grama.



Com relação à matéria seca de folha (MSF) em cacau, teve ajuste ao modelo de regressão raiz quadrada, submetidas doses crescentes de esterco bovino, o coeficiente de determinação foi igual a 91,68% (Figura 2d). Araújo *et al.* (2008) constaram redução do crescimento das mudas de café a partir dos valores máximos estimados matéria seca de folha, quando submetidas a diferentes percentuais de biofertilizantes. Enquanto Schiavo *et al.* (2010), não constatou alterações na matéria seca foliar (MSF) em mudas pinhão manso em diferentes doses de adubo orgânico. A MSF não se ajustou a nenhum modelo de regressão linear.

A matéria seca de raiz (MSR), foi representada por uma equação exponencial, tendo intercepto de 3,576 g (Figura 3a). O coeficiente de determinação foi igual 96,85%, sendo significativo ao nível de 1% de probabilidade. Enquanto ausência de ajuste para regressões linear e quadrática na matéria seca de raiz, foi verificada por Pereira *et al.* (2019), em experimentação com moringa em submetida a diferentes doses de esterco ovino. Schiavo *et al.* (2010), em pesquisa com pinhão manso, constaram incremento de aproximadamente 0,16 g na matéria seca de raiz para cada unidade do adubo orgânico aplicado, o coeficiente de determinação da regressão linear foi igual a 95,00%.

**FIGURA 3:** a) matéria seca de raiz (MSR em g), b) matéria seca da parte aérea (MSPA em g), c) matéria seca total (MST em g) e d) relação entre matéria seca da raiz e parte aérea (MSR/ MSPA em g/g) em plantas de cacau submetidas a doses crescentes de esterco bovino.



A matéria da parte aérea (MSPA) das plantas de cacau apresentou ajuste ao modelo de regressão raiz quadrada, tendo  $R^2 = 95,81\%$  (Figura 3b). A aplicação da dose de 80 g de esterco bovino, foi 63,34% superior em relação a dose zero para acúmulo matéria da parte aérea das mudas de cacau. Costa *et al.* (2011) estudando a produção de mudas de *Corymbia citriodora*, em diferentes doses de esterco bovino, estimaram efeito linear das plantas originadas de duas matrizes 2 e 20. Essas matrizes tiveram incremento de 0,05 e 0,06 g na matéria seca da parte aérea (MSPA) em função de cada grama de esterco bovino aplicado. Enquanto Oliveira *et al.* (2013), estudaram o crescimento de goiabeira até 180 dias em diferentes proporções de matéria orgânica ao substrato, e constataram que matéria da parte aérea, atingiu um valor máximo e depois reduziu. Esses autores estimaram uma regressão quadrática com  $R^2 = 98,11\%$ .

A matéria seca total (MST) do cacau teve um coeficiente de determinação 96,44%, apresentou um ajuste linear,  $y = 12,59 + 0,08793x$ . Ocorreram acréscimos na MST de 0,08793 g, considerando cada unidade de esterco bovino aplicado ao solo onde foi semeado o cacau (Figura 3c). Schiavo *et al.* (2010), estimaram um modelo linear, com incremento de 0,07 na matéria seca total (MST) do pinhão manso em função de cada grama de adubo orgânico utilizado. Oliveira *et al.* (2013), constataram resposta quadrática na matéria seca total (MST) de goiabeiras, em função da aplicação diferentes proporções de matéria orgânica adicionada ao substrato, o coeficiente de determinação do modelo 97,34%.

A relação entre matéria seca matéria seca de raiz e da parte aérea (MSR/MSPA), teve ajustamento ao modelo de regressão raiz quadrada e coeficiente de determinação igual a 78,06% (Figura 3d). A dose mínima de 22,35 g de esterco bovino, proporcionou uma relação MSR/MSPA de 0,2279 g/g. Souza *et al.* (2015), em estudo de crescimento inicial da moringa, considerando fertilização com doses de adubo orgânico, constataram que a relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca de raiz, teve ajustamento quadrático com ponto de mínima e coeficiente de determinação igual a 88,04%. Enquanto Araújo *et al.* (2017), estudando o crescimento de mudas paricá (*Schizolobium amazonicum*), constataram efeito linear na relação MSPA/MSR em função da proporção de resíduo orgânico v/v bagana de carnaúba e composto orgânico ao solo. Nos substratos solo + proporções de carnaúba e solo + proporções de composto orgânico, os acréscimos na relação MSPA/MSR, foram respectivamente 0,02 e 0,04 para cada proporção de resíduo orgânico utilizado.

## CONCLUSÕES

No estudo do crescimento das mudas de cacau submetidas a diferentes doses de esterco bovino, os modelos de regressão que melhor se ajustam são o de raiz quadrada, Mitscherlich, linear, quadrático, exponencial e logístico. Portanto, os coeficientes de determinação estimados nos modelos de regressão variam de 78,06% a 99,99%.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, E. F.; AGUIAR, A. S.; ARAUCO, A. M. S.; GONÇALVES, E. O.; ALMEIDA, K. N. S. Crescimento e qualidade de mudas de paricá produzidas em substratos à base de resíduos orgânicos. **Nativa**, v.5, n.1, p.16-23, 2017. URL: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/nativa/article/view/3701>.

ARAÚJO, J. B. S.; CARVALHO, G. J.; GUIMARÃES, R. J.; MORAIS, A. R.; CUNHA, R. L. Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 115-123, 2008. URL: [http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio5/p130.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio5/p130.pdf)

BOUIX, C. P. S.; BOUIX, C. P. S.; RAMOS, A. Manejo da irrigação em cacauzeiros na região sul da Bahia. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.8, n.4, p. 22820-22877, apr., 2022. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-007>.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q.; MENDES, F.Q.; TAVARES, L.F. SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.20, n.3, p.1-6, e327420312, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332020v20n3s46>.

COSTA, L. C. B.; PINTO, J. E. B. P.; CASTRO, E. M.; BERTOLUCCI, S. K. V.; CORRÊA, R. M.; et al.; Tipos e doses de adubação orgânica no crescimento, no rendimento e na composição química do óleo essencial de elixir paregórico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.38, n.8, p.2173-2180, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782008000800013>.

COSTA, F. G.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P.; GONZALES, J. L. S. Esterco bovino para o desenvolvimento inicial de plantas provenientes de quatro matrizes de *Corymbia citriodora*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 39, n. 90, p. 161-169, 2011. URL: <https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr90/cap04.pdf>.

DANTAS, A. H.; SILVA, R. M.; GARCIA, K. G. V.; Aguiar, A. V. M.; CARDOSO, E. A. Produção de mudas de maracujazeiro amarelo sob adubação orgânica. **ACSA – Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 1, p. 59-64, 2015. URL: <http://revistas.ufcg.edu.br/acsa/index.php/ACSA/article/view/613>.

DIAS, D. R.; FARIA, I. K. B.; VALE, B. S. C.; SANTANA, J. A. V.; SALLES JUNIOR, J. R. Produção de mudas de maracujazeiro-amarelo em diferentes níveis de irrigação e formulações de substrato, **Nativa**, Sinop, v. 10, n. 1, p. 102-108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.31413/nativa.v10i1.12330>

FERREIRA, P. V. **Estatística Experimental Aplicada às Ciências Agrárias**. Editora UFV, Edição 1ª, 2018, 588p.

IPCE. **Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará**. Perfil básico municipal - Redenção. Fortaleza, Ceará, 2017. URL: [https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao\\_2017.pdf](https://www.ipece.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/45/2018/09/Redencao_2017.pdf)

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 13 Ed. Piracicaba, São Paulo, Editora Nobel, 1990, 468p.

MENEGHELLI, L. A. M.; MONACO, P. A. L.; HADDADE, I. R.; MENEGHELLI, C. M.; KRAUSE, M. R.; VIEIRA, G. H. S. Produção de mudas de café arábica em substrato composto por resíduo da secagem dos grãos. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 381-388, 2017. URL:

[http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9129/Coffee%20Science\\_v12\\_n3\\_p381-388\\_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/9129/Coffee%20Science_v12_n3_p381-388_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

MENDONÇA, V.; TOSTA, M. S.; MACHADO, J. R.; GOULART JÚNIOR, S. A. R.; TOSTA, J. S.; BISCARO, G. A. Fertilizante de liberação lenta na formação de mudas de maracujazeiro amarelo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 344-348, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000200012>.

MORAIS, T. L.; COSTA, A. C.; MENEZES, M.; SOUZA, M. E. Produção de mudas de mamoeiro em função de diferentes substratos. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v.10, n.4, p.408-420, 2017. URL: <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/813>.

OLIVEIRA, F. T.; HAFLE, O. M.; MENDONÇA, V.; MOREIRA, J. N.; MENDONÇA, L. F. M. Fontes e proporções de materiais orgânicos na germinação de sementes e crescimento de plantas jovens de goiabeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 35, n. 3, p. 866-874, Setembro, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000300025>.

PEREIRA, E. D. C.; PINTO, M. P.; SALLES, M. G. F.; PINTO, O. R. O.; VIANA NETO, A. M. Produção e crescimento inicial da moringa em diferentes doses de esterco ovino. **Agrarian Academy**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.6, n.11; p. 281 2019. DOI: [10.18677/Agrarian\\_Academy\\_2019a27](https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2019a27).

SANTOS, H. **Produção de cacau é realidade e apresenta bons resultados a partir de incentivos do Governo do Ceará**. Ceará Competitivo, 2021. URL: <https://www.casacivil.ce.gov.br/2021/08/31/producao-de-cacau-e-realidade-e-apresenta-bons-resultados-a-partir-de-incentivos-do-governo-do-ceara/>.

SALLES, B. P. A.; DAVID, A. M. S. S.; FIGUEIREDO, J. C.; MAIA, V. M.; PRUDÊNCIO, J. R. S.; PEREIRA, K. K. G. Viabilidade de Sementes de Cacau e Limitações no Armazenamento. **Revista de Ciências Agrárias**, 2019, v.42. n.4, p.1010-1014. DOI: <https://doi.org/10.19084/rca.18166>

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Dia do cacau: Pará é o maior produtor do país. Conheça os benefícios do fruto**. 2020. URL: <https://www.cnabrazil.org.br/noticias/26-de-marco-dia-do-cacau-para-e-o-maior-produtor-do-pais-conheca-os-beneficios-do-fruto>.

SENAR – Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Cacau: produção, manejo e colheita** / Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – Brasília: Senar, 2018. 145 p. (Coleção Senar, 215). URL: <https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/215-CACAU.pdf>.

SCHIAVO, J. A.; SILVA, C. A.; ROSSET, J. S.; SECRETTI, M. L.; SOUSA, R. A. C.; CAPPI, N. Composto orgânico e inoculação micorrízica na produção de mudas de pinhão manso. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 322-329, 2010. URL: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/6303/7769>.

SOUZA, T. M. A.; SOUSA, T.A.; OLIVEIRA NETO, H. T.; SOUTO, L. S.; DUTRA FILHO, J. A.; MEDEIROS, A. C. Crescimento e desenvolvimento inicial da cultura da moringa (*Moringa oleifera* Lam.) submetida à fertilização orgânica. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal, Paraíba, v.10, n.5 (ESPECIAL), p.103-107, Dezembro, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.4268>

UNILAB - Universidade Internacional da Lusofonia Afro-Brasileira. **Fazenda Experimental Piroás**, 2020. URL: <https://unilab.edu.br/fazenda-experimental-piroas/>

VLIET, J. A. V.; GILLER, K. E. Nutrição mineral do cacau: uma revisão. **Avanços em Agronomia**, v.141, p.185-270, 2017. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065211316301237?via%3Dihub>.

VENIAL, L. R.; ALEXANDRE, R. S.; CAMATA, H.; LOPES, J. C.; ZANOTTI, R. F.; FERREIRA, A.; AGUILAR, M. A. G. Biometria e armazenamento de sementes de genótipos de cacauzeiro. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 37, n. 89, p. 39-46, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4336/2017.pfb.37.89.1239>