

Artigo

Desenvolvimento de *Vouacapoua americana* Aubl. (Fabaceae): Influência da biometria de sementes e diferentes níveis de luz

Karolina Motta de Campos¹, Rairys Cravo Herrera^{2,*}, Hevely Ueda Silveira Prates³, Lucas de Oliveira Lima⁴, Israeli Ingrid Costa Debrito⁵, Cassiele Fonseca da Cruz⁶, Magali Gonçalves Garcia⁷, Guilherme Coelho Britto⁸

Citação: Campos, K.M.de; Herrera, R.C.; Prates, H.U.S.; Lima, L.deO.; Debrito, I.I.C.; Cruz, C.F.da; Garcia, M.G.; Brito, G.C. Desenvolvimento de *Vouacapoua americana* Aubl. (Fabaceae): Influência da biometria de sementes e diferentes níveis de luz. *RBCA*, 2024, 13, 2. p.31-47.

Editor de Seção: Karen Janones da Rocha

Recebido: 29/12/2023

Aceito: 11/03/2024

Publicado: 24/06/2024

Nota do editor: A RBCA permanece neutra em relação às reivindicações jurisdicionais em sites publicados e afilições institucionais.



Copyright: © 2024 pelos autores. Enviado para possível publicação em acesso aberto sob os termos e condições da licença Creative Commons Attribution (CC BY) (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

- ¹ Bacharel em Engenharia Agrônoma, Engenheira Agrônoma, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação - PPGBC, Universidade Federal do Pará – Campus de Altamira, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, ORCID 0000-0002-0616-9806, karolinamotta.agro@gmail.com
 - ² Bacharelado em Ciências Biológicas, Doutorado em Fisiologia vegetal, Universidade Federal do Pará – Campus Altamira, R. Cel. José Porfírio, 2515, Bairro Esplanada do Xingu, CEP 68372-040, Altamira-PA, ORCID 0000-0002-9699-8359, rairys@ufpa.br
 - ³ Graduanda em Engenharia Agrônoma, Universidade Federal do Pará – Campus de Altamira, Faculdade de Engenharia Agrônoma, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, ORCID 0000-0003-1272-4770, uedahevely@gmail.com
 - ⁴ Bacharel em Engenharia Agrônoma, Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Pará - Faculdade de Engenharia Agrônoma, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, 68372-040, ORCID 0000-0001-9444-2552, lucas.lima.eng.agro@gmail.com
 - ⁵ Graduanda em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Pará – Campus de Altamira, Faculdade de Engenharia Florestal, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, ORCID 0000-0002-8005-6543, israeli.brito@altamira.ufpa.br
 - ⁶ Bacharel em Engenharia Florestal, Engenheira Florestal, Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Conservação - PPGBC, Universidade Federal do Pará – Campus de Altamira, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, ORCID 0000-0003-2702-8786, cassielef19@gmail.com
 - ⁷ Licenciada e Bacharel em Ciências Biológicas, Doutorado em Genética e Melhoramento, Universidade Federal do Pará - Faculdade de Ciências Biológicas, Rua Cel. José Porfírio 2515, Altamira, PA, 68372-040, ORCID 0000-0002-3166-2483, magaligarcia@ufpa.br
 - ⁸ Licenciado em Ciências Agrárias, Doutor em Geografia, Embrapa Amazônia Oriental, Travessa Comandante Castilho, 190 - Bairro Catedral. CEP: 68371-085. Altamira/PA, ORCID 0000-0002-1085-0581, guilherme.britto@embrapa.br
- * Correspondência: rairys@ufpa.br

Abstract: There are records about the influence of seed size on seedling establishment, while during seedling development, environmental resources are the main factors. The objective of this work was to evaluate the relationship between seed biometry, radiance and canopy openness in the establishment and development of *Vouacapoua americana*. For this, shoot height, stem diameter, number of leaves, leaflets, leaf area, chlorophyll a and b at 60 and 180 days after sowing were evaluated. After transplanting, survival, regrowth and growth of seedlings were measured. Emergence was influenced by biometrics at 30 and 60 days. At 140 days, growth variables were positively related to seed biometry. A high percentage (88.88%) of survival and regrowth (63.63%) was observed in the field. Survival was positively affected by canopy openness. It was concluded that seeds with greater biometry of *V. americana* promote greater emergence after 30 days and more developed seedlings. The association of evaluations of biometric characteristics of seeds and environmental factors contribute to the planning of production programs for seedlings of *V. americana*.

Keywords: Tropical rainforest; Native forest species; Seed.

Resumo: Existem registros sobre a influência do tamanho da semente no estabelecimento de plântulas, enquanto que durante o desenvolvimento de mudas, os recursos ambientais são os principais fatores. O objetivo do trabalho foi avaliar a relação da biometria de sementes, da radiação e da abertura de dossel no estabelecimento e desenvolvimento de *Vouacapoua americana*. Para isto, foram avaliados a altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas, folíolos, área foliar, clorofila a e b aos 60 e 180 dias após a semeadura. Após o transplante, foram mensurados a sobrevivência, rebrota e crescimento de mudas. A emergência foi influenciada pela biometria aos 30 e 60 dias. Aos 140 dias, as variáveis de crescimento foram relacionadas positivamente com biometria (massa) das sementes. Foi observada alta percentagem (88,88%) de sobrevivência e rebrota (63,63%) em campo. A sobrevivência foi afetada positivamente pela abertura de dossel. Concluiu-se que sementes de maior massa de *V. americana* promovem maior emergência após 30 dias e mudas mais desenvolvidas. A associação das avaliações de características biométricas de sementes e fatores ambientais colaboram para o planejamento de programas de produção de mudas de *V. americana*.

Palavras-chave: Floresta tropical; Espécie florestal nativa; sementes.

1. Introdução

A radiação solar é um dos principais recursos utilizados pelas plantas para obterem energia para o seu crescimento e reprodução a partir de substâncias inorgânicas (Begon, 2007). No campo do espectro magnético de 400 a 700 nm, ela é chamada de radiação fotossinteticamente ativa (RFA), sendo medida pela densidade de fluxo de fótons fotossintéticos (Caron *et al.*, 2013). Na floresta, este fluxo pode diminuir à medida que atravessa o estrato do dossel, interferindo na fotossíntese (Caron *et al.*, 2013; Schmidt *et al.*, 2017). Desta forma, a luz é uma variável fundamental na formação da produtividade primária bruta, componente essencial do ciclo global do carbono terrestre (Custódio, Silva, Santos, 2021).

O aproveitamento da radiação fotossinteticamente ativa pelas diferentes espécies de plantas é variável, já que estas apresentam atributos fisiológicos e morfológicos distintos, além de serem altamente influenciadas pelas condições de desenvolvimento (Fontana *et al.*, 2012). Essa análise pode ajudar na seleção de espécies com potencial para serem implantadas, por meio de plantios em sistema de monocultivo, em novas áreas que ainda não foram comprovadas o potencial para silvicultura (Moreira *et al.*, 2020).

A avaliação das respostas ecofisiológicas são importantes para entender o estabelecimento das espécies florestais no ambiente de crescimento, tanto do ponto de vista ecológico como também para a definição de estratégias mais apropriadas de manejo para plantios (Azevedo, Marengo, 2012). Por exemplo, a germinação e o vigor das plântulas em *Pterocarpus erinaceus* em função do tamanho da semente em dois ambientes maternos diferentes podem orientar a escolha do tipo de semente e obter plântulas vigorosas para programas de reflorestamento (Adji *et al.*, 2022). Esses resultados são ferramentas de apoio à decisão e fatores-chave para populações rurais, madeireiras, estruturas estaduais de manejo florestal para silvicultura da espécie *P. erinaceus* e pode ser aplicado a outras espécies ameaçadas.

A literatura especializada sobre as espécies florestais da Amazônia muitas vezes apresenta apenas informações parciais, concentrando-se principalmente na descrição morfológica, importância ecológica e econômica, área de ocorrência natural, bem como em aspectos fenológicos e características morfológicas. No entanto, a escassez de informações detalhadas sobre as características silviculturais das espécies nativas é notável e são essenciais para uma compreensão abrangente do comportamento das plantas na floresta (Moreira *et al.*, 2020).

Vouacapoua americana Aubl. (Fabaceae, Caesalpinioideae) é uma espécie conhecida como acapu (Lewis *et al.*, 2005). Típica de florestas de terra-firme da Amazônia, ocorre

principalmente nos estados do Pará, Amapá e nas Guianas (Lorenzi, 2009). Floresce durante o período chuvoso, que compreende os meses de janeiro a junho (Santos; Freitas; Santos, 2018), e a frutificação entre os meses de maio e junho, final da época chuvosa (Souza *et al.*, 2000). Possui frutos secos, deiscentes e com pericarpo espesso, sendo dispersos por barocoria (Souza *et al.*, 2000). Indivíduos de *V. americana* são normalmente árvores de grande porte, de 30 a 40 m de altura, com tronco reto, sulcado e sem sapopemas; sendo tolerante a sombra na sua fase juvenil, instala-se como secundária tardia no processo de sucessão ecológica da floresta, atingindo o dossel quando adulta (ARAGÃO; Almeida, 1997; Maués *et al.*, 1999).

Destaca-se o fato de *V. americana* ser uma das espécies mais importantes para o ciclo de nutrientes e carbono nas florestas tropicais a partir da queda de seus frutos (Chuma, Norris, 2021). Todavia, encontra-se criticamente ameaçada e vem sofrendo as consequências da sobre-exploração e da degradação do ecossistema (Iucn, 2020). A principal pressão é o desmatamento para instalação de pasto (Spanner *et al.*, 2021) e grandes projetos, como as hidrelétricas (Campos *et al.*, 2019). A presente pesquisa ajudará a aumentar a compreensão de como manipular a luz e selecionar morfologicamente as sementes pode favorecer o crescimento de *V. americana*, otimizando a produção de mudas.

Nesse sentido, nossas perguntas norteadoras são: 1) Parâmetros morfológicos da semente podem ser indicadores para mudas de melhor desempenho em campo? 2) Qual a radiação fotossinteticamente ativa é adequada para o desenvolvimento de *V. americana* em ambiente de luz natural e após transplântio? Esperamos que as sementes grandes, por conterem maior quantidade de reservas, apresentem maior emergência, crescimento e sobrevivência; e espera-se que as mudas se desenvolvam melhor em intensidades maiores de radiação.

2. Material e Métodos

Nas proximidades da Volta Grande do Xingu, localizada em Vitória do Xingu (03°24'14,47"S e 51°53'7,70" O; 03°25'35,50" S e 51°52'54,04" O), estado do Pará, durante o mês de maio de 2020, foram coletados frutos de *V. americana* caídos no solo de duas localidades, cada localidade possui mais de 5 matrizes. A vegetação é categorizada como Floresta Densa de Terra Firme (Ibge, 2012). O clima é tropical, classificado como Am segundo a classificação de Köppen (Alvares *et al.*, 2013), com temperatura média de 26,8° C e pluviosidade média anual de 2013 mm, com maior intensidade de chuvas nos meses de dezembro a maio (Climate-Data.Org, 2020). Na imagem 1 mostra como foi realizada a metodologia.

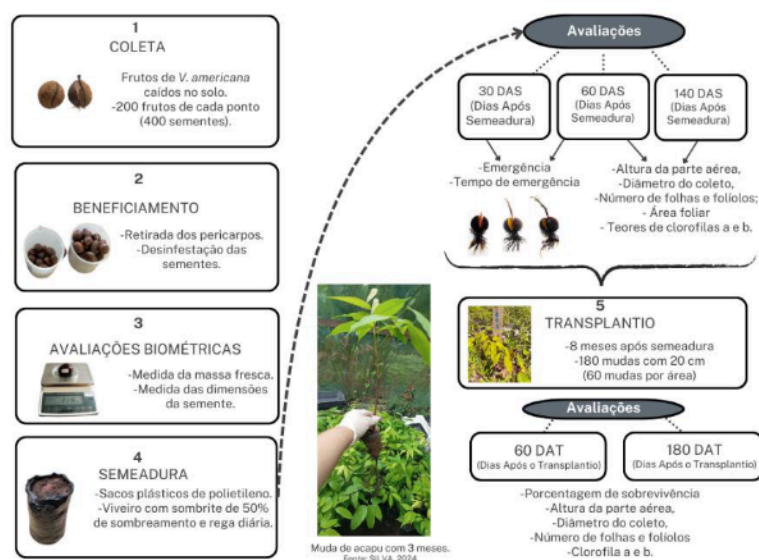


Figura 1. Fluxograma da metodologia do trabalho

No laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal do Pará – *Campus* de Altamira, os frutos foram submetidos à remoção manual de seus pericarpos, seguido pela desinfestação das sementes, as quais foram imersas em hipoclorito de sódio a 2% de cloro ativo por 20 min e, em seguida, lavadas em água destilada. Em balança de precisão, foi realizada a medida da massa fresca e, com auxílio de um paquímetro digital, foi realizada a medida das três dimensões da semente (espessura, largura e comprimento) de 200 sementes de cada ponto de coleta, totalizando 400 sementes. Posteriormente, as sementes foram semeadas em sacos plásticos de polietileno (15 × 25 cm) contendo substrato disponível e utilizado rotineiramente composto por solo de barranco, areia e fibra de coco (3:1:1), experimentos realizados anteriormente mostraram que essa combinação é positiva para desenvolvimento da espécie visto que, o acapu tem grande ocorrência em solos arenosos. Após semeadura os sacos foram mantidos em viveiro com sombrite de 50% de sombreamento e rega diária.

Foi computado o número de plântulas emergidas onde considerou-se o critério agrônomo (Borghetti; Ferreira, 2004) sendo consideradas emergidas as que possuíam cotilédones totalmente expandidos acima do solo. Foi acompanhado o tempo para emergência em duas avaliações: Avaliação 1 - até 30 dias após a semeadura (DAS); Avaliação 2 - dos 30 aos 60 DAS. Os resultados foram expressos em número de plântulas emergidas e em porcentagem. Para tempo de emergência, foi registrado o dia que cada plântula emergiu e os resultados expressos em dias.

Os parâmetros de altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos; área foliar e teores de clorofilas a e b foram avaliados aos 60 DAS e aos 140 DAS. A área foliar foi mensurada utilizando um método não destrutivo por meio de fotos de câmera digital. As imagens foram processadas no *software* ImageJ, estimando-se a área foliar em centímetros quadrados. Os teores de clorofilas foram obtidos utilizando um clorofilômetro (Clorofilog-Falker), por meio da média de três mensurações em folhas do terço médio de cada muda. Os dados foram expressos em índice de clorofila Falker (ICF), em que 8,77 ICF equivalem a 13,82 $\mu\text{mol m}^{-2}$ para clorofila a, e 11,8 ICF equivalem a 12,5 $\mu\text{mol m}^{-2}$ para clorofila b (Junior *et al.*, 2012).

Oito meses após a semeadura, foram selecionadas 180 mudas de *V. americana* em bom estado fitossanitário e com altura mínima de 20 cm para transplantio. Essas mudas foram distribuídas em três áreas diferentes localizadas no campo experimental da EMBRAPA Amazônia Oriental – Núcleos de Apoio à Pesquisa e Transferência de Tecnologias (NAPT), no município de Altamira (3°16'14,32" S e 52°23'37,92" O), estado do Pará. Para cada área, foram realizadas mensurações da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) em diferentes dias ensolarados (aproximadamente às 13 h), utilizando um sensor quântico (MQ-303, Bar Quantum, Sigma Sensors, Brasil) a 80 cm de altura do solo e sobre cada muda transplantada, sendo os dados expressos em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Houve ainda a mensuração da abertura do dossel por registro de fotos hemisféricas com câmera de 16 megapixels (SM-A205G/DS, Samsung) com uma lente olho de peixe, que fornece a porcentagem da abertura do dossel em 195° (APL-HD5-V2, Apexel, China). As fotos foram processadas no programa Gap Light Analyzer vs. 2.0 (Frazer *et al.*, 1999).

As características das três áreas foram: área um (A1) com média de 849,11 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 38,75% para RFA e abertura de dossel, respectivamente, e com plantio de freijó (*Cordia goeldiana* Huber, Boraginaceae); área dois (A2) com média de 409,04 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 51,30% para PAR e abertura de dossel, respectivamente, e com plantio de teca (*Tectona grandis* L.f., Verbenaceae); área três (A3) com média de 333,42 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e 27,80% para PAR e abertura de dossel, respectivamente, e com plantio de mogno-africano (*Khaya* spp., Meliaceae). Em cada área, as mudas foram distribuídas em três parcelas com 20 mudas, totalizando 60 mudas por área. A distribuição das mudas foi realizada de forma homogênea com relação à massa fresca de suas sementes de origem.

Foram realizadas avaliações aos 60 e 180 dias após o transplante (DAT), sendo mensurados os seguintes parâmetros: porcentagem de sobrevivência, altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos, clorofila a e b.

Foi realizada análise estatística descritiva e análise dos componentes principais (PCA) da biometria das sementes utilizando o pacote “vegan” (Oksanen *et al.*, 2019). Para evitar a multicolinearidade, o eixo 1 (PC1) da PCA foi utilizado como variável explicativa (Biometria-PC1). Para analisar os dados obtidos na etapa em viveiro e em campo, foram ajustados Modelos Lineares Generalizados (GLM), utilizando o pacote “car” (Fox; Weisberg, 2011). Para verificar a adequação dos modelos foi feita análise gráfica dos resíduos utilizando o pacote “ggfortify” (Horikoshi *et al.*, 2016). Foram verificadas as seguintes relações: Etapa em viveiro - Relação da Biometria-PC1 (variável explicativa) sobre a probabilidade para emergência, tempo para emergência e variáveis de crescimento das mudas em viveiro (variáveis respostas); e Etapa em campo - Relação da Biometria-PC1, radiação fotossinteticamente ativa e abertura de dossel sobre a probabilidade de sobrevivência, rebrota e variáveis de crescimento de mudas em campo (variáveis respostas). Todas as análises foram realizadas no ambiente R (R Core Team, 2019).

3. Resultados

No que se refere à biometria, a forma da semente de *V. americana* é elipsoide, em que a média do comprimento ($49,03 \pm 5,50$ mm) é maior que da largura ($33,87 \pm 3,36$ mm) e espessura ($33,62 \pm 2,99$ mm). A biomassa fresca apresentou média de 31,05 g ($\pm 8,05$) (Tabela 1).

Tabela 1. Estatística descritiva das características biométricas das sementes de *Vouacapoua americana*: média, valor mínimo (V-mín.), valor máximo (V-máx.), desvio padrão (S) e coeficiente de variação (CV).

Variáveis	Média	V-mín.	V-máx.	S	CV (%)
Comprimento (mm)	49,03	28,13	61,74	5,50	11,21
Largura (mm)	33,87	20,08	43,38	3,36	9,92
Espessura (mm)	33,62	22,97	41,76	2,99	8,89
Biomassa (g)	31,05	6,56	53,48	8,05	25,95

A emergência se iniciou no 6º DAS, sendo o maior incremento no 17º dia (6,25%) e mais acentuado do 10º ao 22º dia (40,25%), em seguida, identificou-se redução na emergência (Figura 2a). Aos 30 DAS, 42,50% das plântulas emergiram; dos 30 aos 60 dias obteve um acréscimo de apenas 8,75%, totalizando 51,25% no geral (Figura 2b).

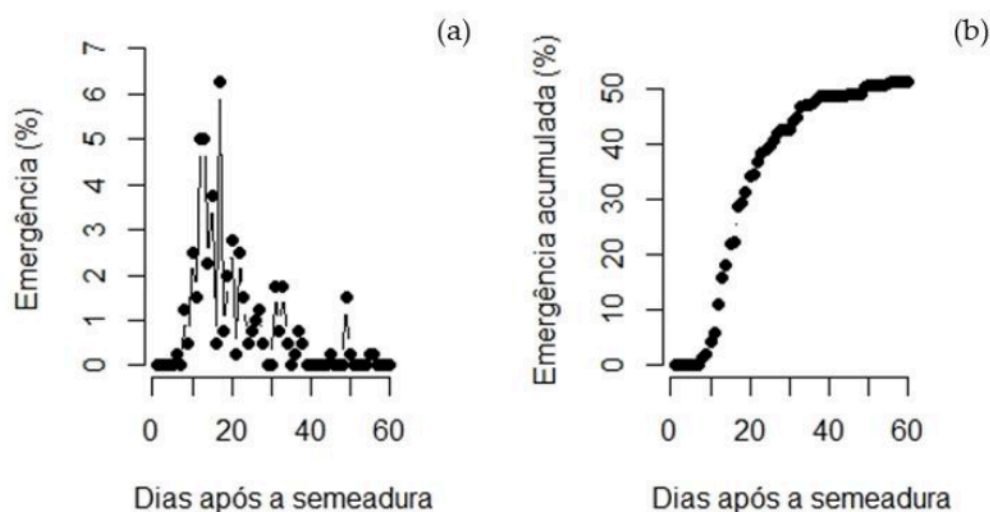


Figura 2. Emergência de plântulas de *Vouacapoua americana*. (a) Porcentagem de emergência de plântulas em relação aos dias após a semeadura; (b) Porcentagem de emergência acumulada até os 60 dias após a semeadura.

O eixo 1 da PCA (PC1) explicou 82,35% da variação dos dados biométricos, em que os valores negativos corresponderam à maior biometria. A biomassa fresca da semente foi a variável com maior influência na formação do eixo (-3,042), seguido da largura (-2,943), espessura (-2,923) e comprimento (-2,538) (Figura 4).

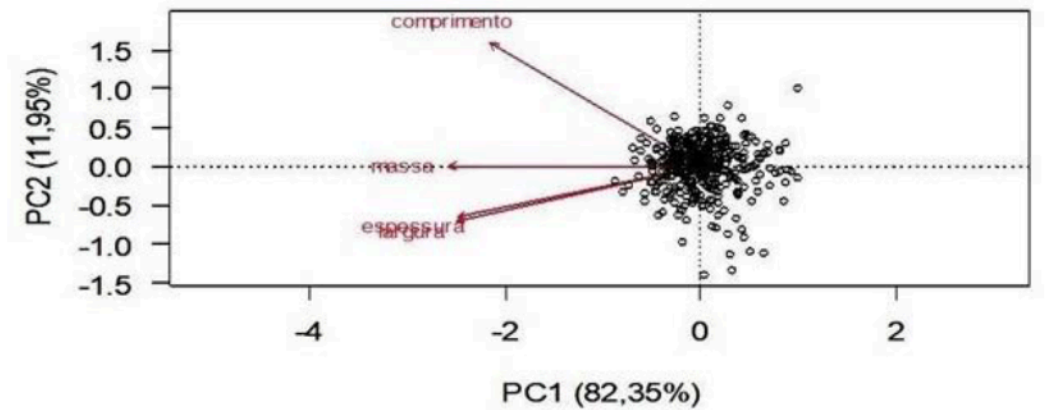


Figura 3: Análise de componentes principais das variáveis biométricas (comprimento, largura, espessura e massa fresca) em relação à germinação em sementes de *Vouacapoua americana*.

A biometria não afetou a emergência nem o tempo para emergência na primeira avaliação de emergência (30 DAS); na segunda avaliação (60 DAS) o tempo para emergência também não foi afetado, entretanto, a probabilidade de emergência foi positivamente influenciada pela biometria. Já o diâmetro do coleto e teores de clorofila a e b não foram influenciados pela biometria. Aos 140 DAS, as variáveis área foliar e clorofilas a e b não foram influenciadas pela biometria (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados dos Modelos Lineares Generalizados da relação da biometria sobre as variáveis de emergência de plântulas e estabelecimento de mudas de *Vouacapoua americana* em viveiro aos 30, 60 e 140 dias após a semeadura (DAS). PE=probabilidade para emergência; TE=tempo para emergência; APA=altura da parte aérea; DC=diâmetro do coleto; NF=número de folhas; NFO=número de folíolos; AF=área foliar; CA=clorofila a; CB=clorofila b.

Etapa 1 - Viveiro					
Avaliações	Variável resposta	Variável explicativa	Família de Distribuição	Desvio	p
Emergência 1 (30 DAS)	PE	Biometria	Binomial	1,652	0,198
	TE	(PC1)	Quasipoisson	4,203	0,097
Emergência 2 (30 – 60 DAS)	PE	Biometria	Binomial	7,890	0,004**
	TE	(PC1)	Quasipoisson	0,460	0,609
Avaliação 1 (60 DAS)	APA	Biometria (PC1)	Guassiana	148,420	0,048*
	DC		Gaussian	1,562	0,181
	NF		Quasipoisson	3,647	0,019*
	NFO		Quasipoisson	23,603	0,009**
	AF		Gaussian	498263	0,000***
	CA		Gaussian	2,843	0,648
	CB		Gaussian	0,216	0,764
Avaliação 2 (140 DAS)	APA	Biometria (PC1)	Gaussian	170,34	0,040*
	DC		Gaussian	7,578	0,023*
	NF		Quasipoisson	7,117	0,000***
	NFO		Quasipoisson	82,319	0,000***
	AF		Gaussian	107504	0,061
	CA		Gaussian	5,113	0,540

CB

Gaussian

0,471

0,657

Na avaliação de 30 a 60 DAS, as sementes com maiores valores biométricos de massa fresca apresentaram a maior probabilidade para emergência de plântulas (Figura 4).

Etapa em viveiro – Avaliação 1

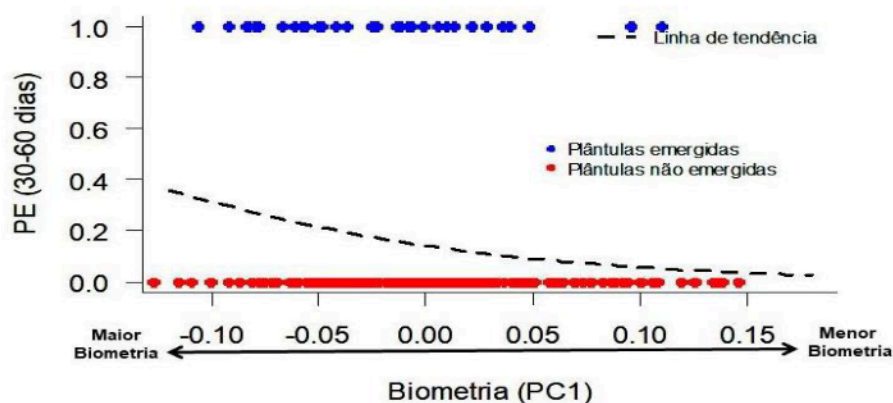


Figura 4: Probabilidade de emergência (PE) em relação a biometria (PC1) de sementes de *Vouacapoua americana* dos 30 aos 60 dias após a semeadura.

A biometria influenciou positivamente a altura da parte aérea, número de folhas e folíolos e área foliar aos 60 DAS (Figura 5), ou seja, maior biometria de sementes promoveu maiores valores para as variáveis resposta supracitadas.

A biometria das sementes também exerceu influência no crescimento de mudas na segunda avaliação em viveiro (140 DAS), em que sementes de maior massa deram origem a mudas com maior altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos (Figura 6).

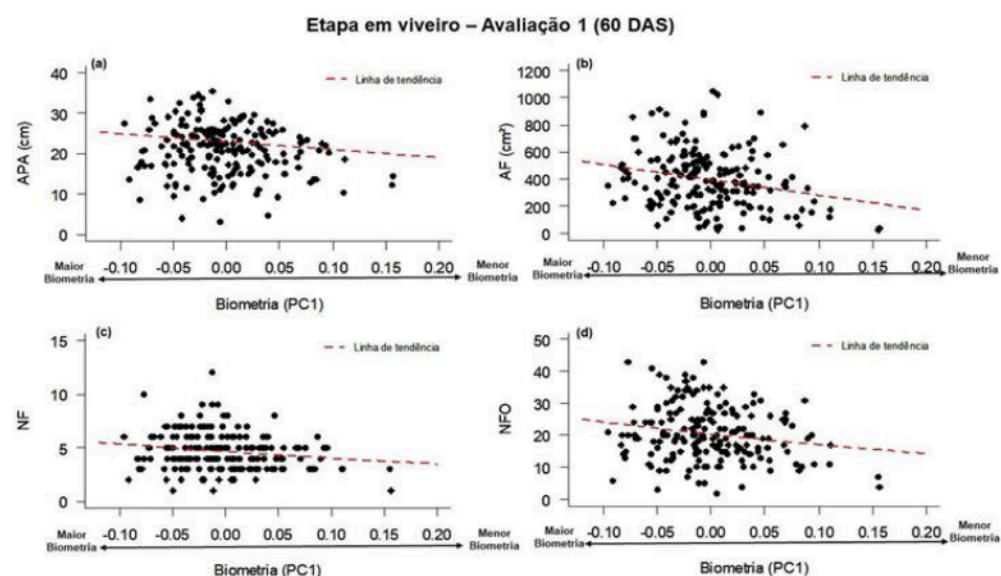


Figura 5. Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados significativos para influência da biometria de sementes de *Vouacapoua americana* sobre o desenvolvimento de mudas aos 60 dias após a semeadura.

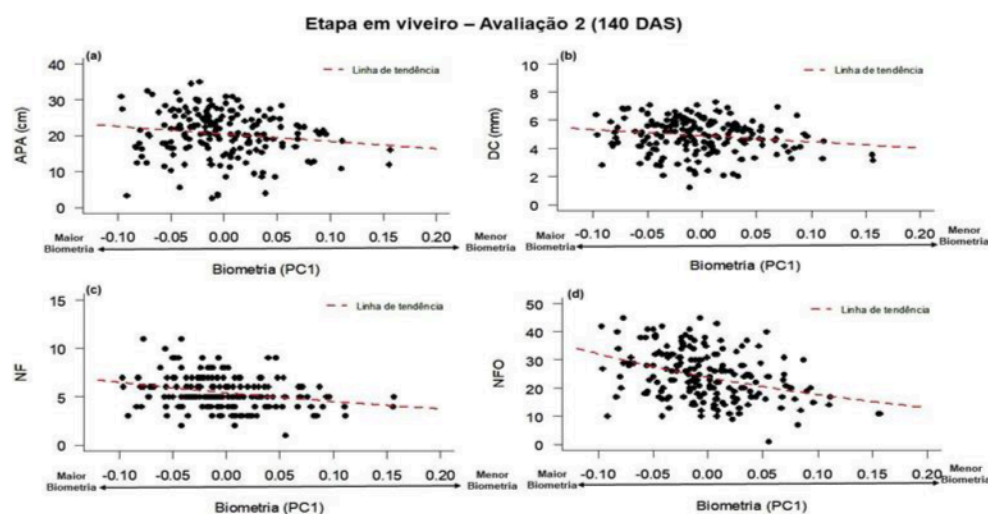


Figura 6. Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados significativos para influência da biometria de sementes de *Vouacapoua americana* sobre o desenvolvimento de mudas aos 140 dias após a semeadura (DAS). (a) altura da parte aérea (APA), (b) diâmetro do coleto (DC), (c) número de folhas (NF) e (d) número de folíolos (NFO).

Na etapa de campo, aos 60 DAT, onde considerou-se a relação da Biometria-PC1, radiação fotossinteticamente ativa e abertura de dossel nas variáveis-resposta, a probabilidade para sobrevivência foi positivamente afetada apenas pela variável abertura do dossel. Altura da parte aérea, diâmetro do coleto foram afetados pela biometria (Tabela 3). Os teores de clorofilas a e b foram afetados por RFA.

Tabela 3. Modelos Lineares Generalizados da relação da biometria de semente (PC1), abertura do dossel (DC) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre o crescimento de mudas de *Vouacapoua americana*, aos 60 dias após o transplântio (DAT). PS=probabilidade para sobrevivência; APA=altura da parte aérea; DC=diâmetro do coleto; NF=número de folhas; NFO=número de folíolos; CA=clorofila a; CB=clorofila b.

Etapa 2 - Campo					
Avaliação	Variável resposta	Variável Explicativa	Família de Distribuição	Desvio	p
Avaliação 2 (60 DAT)	PS	Hipótese nula	Quasibinomial	9,749	0,030*
		Biometria (PC1)		2,713	0,111
		AD		6,580	0,011*
		RFA		0,000	0,986
	APA	Hipótese nula	Guassiana	286,89	0,021*
		Biometria (PC1)		119,880	0,045*
		AD		60,112	0,149
		RFA		75,059	0,110
	DC	Hipótese nula	Gaussian	10,564	0,008**
		Biometria (PC1)		7,597	0,003**
		AD		1,328	0,221
		RFA		2,180	0,117
	NF	Hipótese nula	Quasipoisson	2,099	0,597
		Biometria (PC1)		1,157	0,309
		AD		0,634	0,451
		RFA		0,307	0,599
	NFO	Hipótese nula	Quasipoisson	27,267	0,281
		Biometria (PC1)		6,785	0,328
		AD		16,550	0,128
		RFA		3,930	0,457
	CA	Hipótese nula	Gaussian	132,620	0,006**
		Biometria (PC1)		17,266	0,198
		AD		1,383	0,715

		RFA	113,540	0,001**
		Hipótese nula	31,806	0,007**
CB	Gaussian	Biometria (PC1)	3,298	0,257
		AD	1,403	0,458
		RFA	25,568	0,001**

Nesta primeira avaliação em campo, 92,77% das mudas sobreviveram (Figura 7) e nas variáveis altura da parte aérea e diâmetro do coleto houve a influência positiva da biometria.

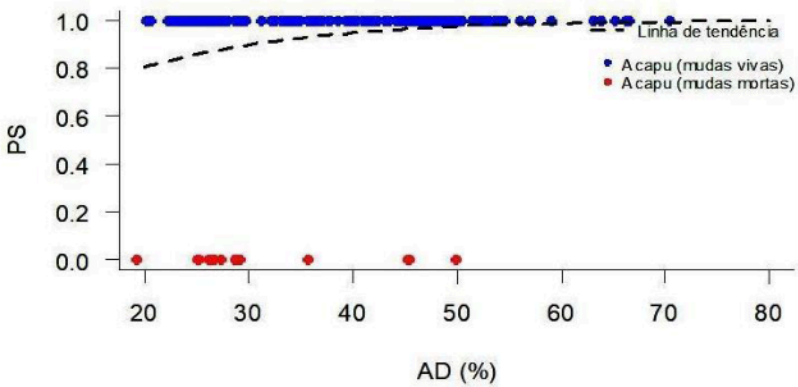


Figura 7. Probabilidade de sobrevivência (PS) de mudas de *Vouacapoua americana* em relação a abertura de dossel (AD) aos 60 dias após o transplante (60 DAT).

A biometria influenciou positivamente a altura da parte aérea e diâmetro do coleto, enquanto que os teores de clorofilas a e b foram influenciados negativamente pela radiação fotossinteticamente ativa (RFA) (Figura 8).

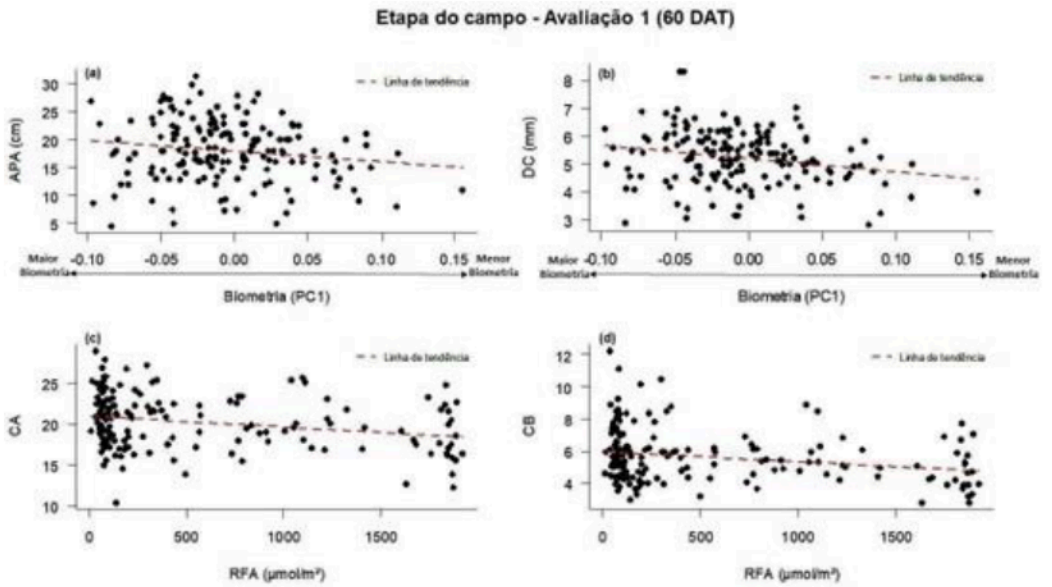


Figura 8. Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados significativos da primeira avaliação de mudas de *Vouacapoua americana* em campo – aos 60 dias após o transplante (DAT), considerando (a) relação da biometria das sementes sobre altura da parte aérea (APA); (b) relação da biometria das sementes sobre diâmetro do coleto (DC); (c) Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre clorofila a (CA); (d) Radiação fotossinteticamente ativa (RFA) clorofila b (CB).

Na segunda avaliação realizada em campo (180 DAT), 88,88% das mudas sobreviveram (160/180) e destas, 35 foram de rebrotas (63,63%) das mudas que perderam suas folhas, não morreram e tiveram capacidade de rebrota. Não houve relação entre a probabilidade de sobrevivência, rebrota e altura com as variáveis explicativas (Tabela 4).

Tabela 4. Modelos Lineares Generalizados da relação da biometria (PC1), abertura do dossel (DC) e radiação fotossinteticamente ativa (RFA) sobre o crescimento de mudas de *Vouacapoua americana*, aos 180 dias após o transplante (DAT). PS=probabilidade para sobrevivência; PR=probabilidade para rebrota; APA=altura da parte aérea; DC=diâmetro do coleto; NF=número de folhas; NFO=número de folíolos; CA=clorofila *a*; CB=clorofila *b*.

Etapa 2 - Campo					
Avaliação	Variável resposta	Variável Explicativa	Família de Distribuição	Desvio	p
Avaliação 1 (180 DAT)	PS	Hipótese nula	Quasibinomial	3,862	0,316
		Biometria (PC1)		0,951	0,350
		AD		2,699	0,116
		RFA		0,212	0,658
	PR	Hipótese nula	Quasibinomial	3,232	0,404
		Biometria (PC1)		0,001	0,971
		AD		1,026	0,335
		RFA		2,204	0,160
	APA	Hipótese nula	Gaussian	244,220	0,108
		Biometria (PC1)		50,704	0,259
		AD		128,417	0,073
		RFA		65,100	0,201
	DC	Hipótese nula	Gaussian	19,660	0,001**
		Biometria (PC1)		15,774	0,000***
		AD		0,029	0,873
		RFA		3,849	0,070
	NF	Hipótese nula	Quasipoisson	18,349	0,016*
		Biometria (PC1)		0,292	0,682
		AD		13,002	0,007**
		RFA		4,883	0,094
	NFO	Hipótese nula	Quasipoisson	79,754	0,058
		Biometria (PC1)		4,452	0,514
		AD		36,849	0,062
		RFA		38,453	0,056
	CA	Hipótese nula	Gaussian	436,750	0,000***
		Biometria (PC1)		4,980	0,621
		AD		436,750	0,000***
		RFA		11,130	0,458
	CB	Hipótese nula	Gaussian	106,140	0,000***
		Biometria (PC1)		0,446	0,744
		AD		103,070	0,000***
		RFA		11,863	0,092

Valor significativo de p: * = $\leq 0,05$; ** = $\leq 0,01$; *** = $\leq 0,001$

O diâmetro do coleto ainda foi afetado positivamente pela biometria de sementes, já o número de folhas e teores de clorofilas *a* e *b* foram afetados negativamente pela abertura de dossel (Figura 9). A influência positiva da biometria da semente sobre altura da parte aérea e diâmetro do coleto se manteve na primeira avaliação em campo (60 DAT), já na segunda avaliação (180 DAT), não houve influência.

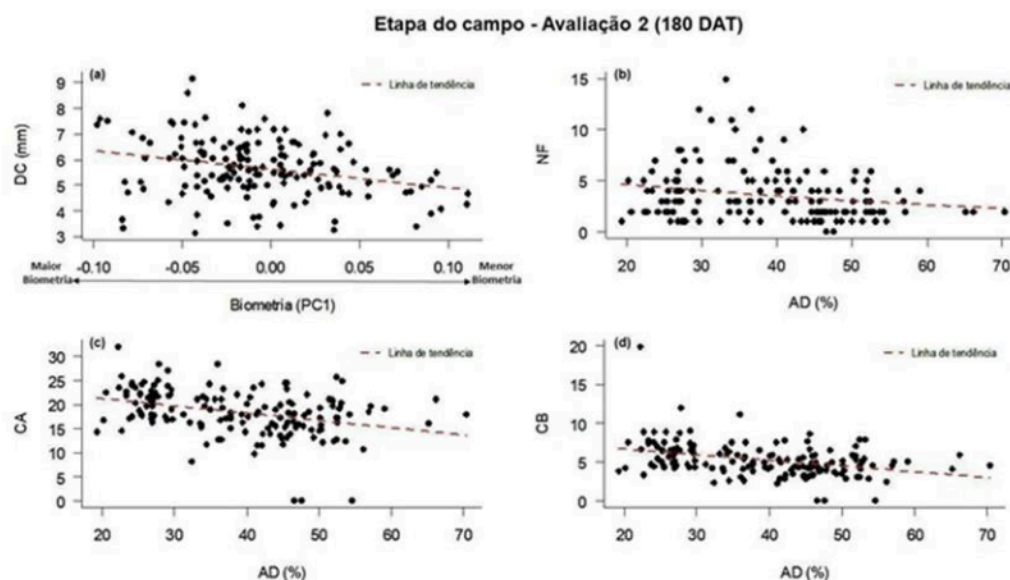


Figura 9. Ajustes dos Modelos Lineares Generalizados significativos da segunda avaliação de mudas de *Vouacapoua americana* em campo – aos 180 dias após o transplante (DAT), considerando (a) relação da biometria das sementes sobre diâmetro do coleto (DC); (b) Abertura de dossel (AD) sobre o número de folhas (NF); (c) Abertura de dossel (AD) sobre clorofila a (CA); Abertura de dossel (AD) sobre clorofila b (CB).

Discussão

A variação biométrica das sementes de *V. americana*, apresentada na Tabela 1, também foi observada em outros trabalhos (Cruz, Pereira, 2016, Pereira, 2017, Batista *et al.*, 2020), podendo ser uma característica intrínseca da espécie (fator genético) (Nogueira *et al.*, 2010, Pratavieira *et al.*, 2015). No entanto, deve-se considerar que a interação com os fatores ambientais também influencia a floração, a maturação dos frutos e o desenvolvimento das sementes (Souza *et al.*, 2017a; Hawes *et al.*, 2020), evento comum às espécies arbóreas tropicais (Bezerra *et al.*, 2014, Meirelles; Souza, 2015, Santos *et al.*, 2020).

A porcentagem de germinação (42,50%), foi similar ao encontrado por Souza *et al.* (2000), que obtiveram a média de taxa de germinação de 47,98% em 144 lotes de sementes. Estas taxas podem ser atribuídas a dispersão barocórica, em que a semente entra em contato com o solo.

A influência positiva da biometria (PC1) sobre a probabilidade de emergência dos 30 aos 60 DAS foi atribuída às sementes de maior biometria (Figura 2), provavelmente devido a estas possuírem embriões mais bem formados e maior quantidade de substâncias de reserva, consequentemente, são as mais vigorosas (Carvalho; Nakagawa, 2000, Barros Neto *et al.*, 2014, Adjí *et al.*, 2022). Além disso, na maioria das vezes, as sementes menores possuem maior porcentagem de má-formação, devido à ocorrência de doenças, ataque por insetos e por apresentarem maior sensibilidade quando armazenadas (Beckert *et al.*, 2000).

Conforme apresentado na Tabela 2 e nas Figuras 3, 4 e 5, a partir do estabelecimento de mudas em viveiro foi possível observar que, as sementes maiores geraram mudas com maior altura da parte aérea, número de folhas e folíolos e área foliar na Avaliação 1 (60 DAS) e altura da parte aérea, diâmetro do coleto, número de folhas e folíolos na Avaliação 2 (140 DAS), o que pode estar relacionado a maior quantidade de nutrientes e reservas de energia contidas nas sementes maiores facilitar o estabelecimento das mudas, e essas serem mais vigorosas (Haig; Westoby, 1991, Carvalho; Nakagawa, 2000, Malavasi; Malavasi, 2001, Gaspar; Nakagawa, 2002).

Estudos realizados por Dranski et al. (2019), Macera et al. (2017), Souza et al. (2017a), Mishra et al. (2014), Souza e Fagundes (2014), Dresch et al. (2013) e Skogen et al. (2010) também observaram que sementes maiores deram origem a mudas mais desenvolvidas. O rápido crescimento inicial é de grande importância, porque é a fase com elevada demanda por metabólitos (Lima et al., 2016) e pode resultar em maior captura de luz pelas folhas, facilitando atingir o índice de área foliar máximo rapidamente.

Na etapa de plantio em campo, de acordo com os resultados das Tabelas 3, os 60 DAT (com 300 DAS = 10 meses de idade) e 180 DAT (com 420 DAS = 14 meses de idade), a influência da biometria de sementes foi cessada para altura da parte aérea, mas o diâmetro do coleto ainda foi influenciado, corroborando com a hipótese de Macera et al. (2017) que o crescimento de mudas é correlacionado com o tamanho das sementes; e o tamanho das sementes está diretamente relacionado com sua massa.

Foi observada boa porcentagem de sobrevivência na última avaliação quando comparado com os resultados de Serrão et al. (2003), que estudando a mesma espécie (com dez meses de idade), obtiveram 58,96% de sobrevivência. Uma boa porcentagem de sobrevivência e rebrota são importantes atributos para regeneração das florestas (Cordeiro et al., 2017; Vieira; Proctor, 2007) e podem contribuir para sua inclusão em programas de reflorestamento (Souza; Piña-Rodrigues, 2013).

A maior taxa de sobrevivência das mudas em áreas com maior abertura de dossel que foi observado na primeira avaliação em campo (aos 60 dias após o transplante) pode estar relacionada ao fato de as mudas estarem anteriormente acondicionadas no viveiro com 50% de sombreamento. Na segunda avaliação em campo, a sobrevivência não foi mais afetada pela abertura de dossel, o que pode indicar que as mudas apresentaram boa capacidade de adaptação nos diferentes níveis de abertura de dossel.

Já o número de folhas e folíolos não foram mais influenciados pelo tamanho da semente, uma vez que as mudas não dependerem do material de reserva da semente para a formação de folhas, e sim de fatores ambientais (luz) para desempenhar a fotossíntese com as clorofilas e fotomorfogênese com os fitocromos (Klein et al., 2007; Fragoso et al., 2017; Honório et al., 2019). Diferente do observado por Guardia et al. (2021), o maior número de folhas foi obtido na menor radiação ($133,20 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e, inicialmente, as maiores quantidades de clorofila a e b foram obtidas nesse ambiente sombreado.

Na Tabela 4, foi observada boa porcentagem de sobrevivência na última avaliação (88,88%) e rebrota (63,63%) quando comparado com os resultados de Serrão et al. (2003), que estudando a mesma espécie (com dez meses de idade), obtiveram média de apenas 58,96% de sobrevivência. Uma boa porcentagem de sobrevivência e rebrota são importantes atributos para regeneração das florestas (Cordeiro et al., 2017; Vieira; Proctor, 2007) e podem contribuir para sua inclusão em programas de reflorestamento (Souza; Piña-Rodrigues, 2013).

A biometria da semente não tem relação com a probabilidade de sobrevivência e rebrota das mudas em campo, todavia, apesar de terem capacidade de sobreviver em áreas sombreadas, a abertura de dossel influenciou positivamente a probabilidade de sobrevivência das mudas na primeira avaliação (60 DAT). Esses resultados corroboram com os obtidos por Baraloto, Forget e Golderbeg (2005), os quais estudaram a influência da massa de sementes e luminosidade sobre a sobrevivência e crescimento de mudas de *V. americana* com até os cinco anos de idade. Serrão et al. (2003) também observaram resultados semelhantes, em que mudas mais próximas de clareiras tiveram maior taxa de sobrevivência.

Na segunda avaliação em campo (180 DAT), a abertura de dossel influenciou negativamente o número de folhas e clorofilas a e b, possivelmente devido à maior abertura de dossel desencadear uma série de alterações de luminosidade que influenciou negativamente essas variáveis.

Nota-se que, na segunda avaliação em campo, nenhuma das variáveis de crescimento foi afetada pela radiação fotossinteticamente ativa, mostrando que a alta tolerância das mudas a diferentes níveis de irradiância, permitem que sejam plantadas em diferentes

sistemas agroflorestais. As adaptações perante diferentes condições de luz do ambiente estão relacionadas à produção de clorofilas a e b em plantas pioneiras ou climáticas devido à plasticidade fotossintética (Portes, 2010), além do fato que a eficiência e a rapidez com que os padrões de alocação de biomassa e o comportamento fisiológico são ajustados (Mota *et al.*, 2012).

Segundo Jardim, Serrão e Nemer (2007), o conhecimento da autoecologia das espécies arbóreas fornece suporte para a execução do manejo florestal em bases sustentáveis, então, torna-se necessário conhecer as exigências das espécies em relação à radiação, fator que desencadeia a atividade metabólica das plantas.

5. Conclusão

Na produção de mudas de *V. americana*, a avaliação da biometria de sementes é importante para se obter plantas de forma homogênea em viveiro e plantio em campo. Deve haver espaço adequado manejo da radiação fotossinteticamente ativa e da abertura de dossel para otimizar cada etapa do crescimento de *V. americana* em campo.

Contribuições dos autores:

Karolina Motta de Campos: conceituação, metodologia em viveiro, campo e laboratório, curadoria de dados, preparação de rascunho de escrita.

Raírys Cravo Herrera: conceituação, revisão e edição, supervisão, administração de projetos e aquisição de financiamento.

Hevely Ueda Silveira Prates: metodologia em viveiro, campo e laboratório.

Lucas de Oliveira Lima: metodologia em viveiro, campo e laboratório, curadoria de dados.

Israeli Ingrid Costa de Brito: metodologia em viveiro, campo e laboratório, revisão e edição.

Cassiele Fonseca da Cruz: metodologia em viveiro, campo e laboratório, curadoria de dados.

Magali Gonçalves Garcia: revisão e edição.

Guilherme Coelho Britto: revisão e edição.

Financiamento: Esta pesquisa foi financiada pelo Programa de Cooperação acadêmica (PROCAD-Amazônia) da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo Edital no. 21/2018.

Agradecimentos: À Pró-reitoria de pesquisa e pós-graduação da Universidade Federal do Pará (PROPESP-UPFA) pelas bolsas de Iniciação científica.

Conflitos de interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesses. Os financiadores não tiveram qualquer papel na concepção do estudo; na coleta, análise ou interpretação dos dados; na redação do manuscrito, ou na decisão de publicar os resultados.

Referência bibliográfica

- Almeida, SL, Maia, N, Ortega, AR, Ângelo, AC. Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. em viveiro submetidas a diferentes níveis de luminosidade. *Ciência Florestal*, 15(3), 323-329 (2005).
- Adj, BI, Akaffou, DS, De Reffye, P. et al. O ambiente materno e o tamanho da semente são importantes para o sucesso da germinação e estabelecimento de plântulas de *Pterocarpus erinaceus* (Fabaceae). *J. Para. Res.* 33 , 977–990 (2022). <https://doi-org.ez3.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11676-021-01412-x>
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. de M., Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, 22(6), 711-728 (2013). doi:10.1127/0941-2948/2013/0507

- Azevedo, GFC; Marengo, RA. Growth and physiological changes in saplings of *Minquartia guianensis* and *Swietenia macrophylla* during acclimation to full sunlight. *Photosynthetica*, Praha, 50 (1), 86-94 (2012). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11099-012-0001-2>
- Baraloto, C, Forget, PM, Golderbeg, D. Seed mass, seedling size and neotropical tree seedling establishment. *Journal of Ecology*, 93 (6), 1156-1166 (2005). DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2005.01041.x>
- Barros Neto, JJS, Almeida, FAC, Queiroga, VP; Gonçalves, CC. Sementes: estudos tecnológicos, Aracaju: Edifs, (1), p. 285 (2014).
- Batista, MA, Herrera, RC, Campos, KM, Lima, LO, Prates, HUS, Costa, RCL. Fenologia reprodutiva e características de propágulos de *V. americana* Aubl. *Scientia Amazonia*, 9 (2), B40-B56 (2020). Disponível em: <http://scientia-amazonia.org/wp-content/uploads/2020/05/v9-n2-B40-B56-2020.pdf>
- Beckert, OP, Miguel, MH, Marcos Filho, J. Absorção de água e potencial fisiológico em sementes de soja de diferentes tamanhos. *Scientia Agrícola*, 57 (4), 671-675 (2000).
- Bezerra, FTC, Andrade, LA, Bezerra, MAF, Silva, MLM, Nunes, RCR, Costa, EG. Biometria de frutos e sementes e tratamentos pré-germinativos em *Cassia fistula* L. (Fabaceae-Caesalpinioideae). *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina-PR, 35 (4), 2273-2286 (2014). DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2014v35n4Suplp2273>
- Borghetti, F.; Ferreira, A.G. Interpretação de resultados de germinação. In: Ferreira, A.G.; Borghetti, F. (Ed.). *Germinação: Do Básico ao Aplicado*. Artmed, Porto Alegre, p.209-222 (2004).
- Campos, KM, Herrera, RC, Lima, LO, Prates, HUS, Garcia, MG. Ocorrência de *Vouacapoua americana* Aubl. e *Virola surinamensis* Warb. em áreas impactadas pela UHE Belo Monte. *InterEspaço: Revista de Geografia e Interdisciplinaridade* (2020). DOI: <https://doi.org/10.18764/2446-6549.2019.15857>
- Caron, BO, Schmidt, D, Manfron, PA, Behling, A, Eloy, E, Busanello, C. Eficiência do uso da radiação solar por plantas *Ilex paraguariensis* A. ST. HIL. Cultivadas sob sombreamento e a pleno sol. *Ciência Florestal*, 24, 257-265 (2013). DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764040005>
- Carvalho, NM, Nakagawa, J. Sementes: ciência, tecnologia e produção. 4.ed. Jaboticabal: Funep, p. 588 (2000).
- Chuma, V.J.U.R., Norris, D. Contribution of *Vouacapoua americana* fruit-fall to the release of biomass in a lowland Amazon forest. *Sci Rep* 11, 4302 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41598-021-83803-y>
- Climate- data.org. Clima Vitória do Xingu (2020). Disponível em: <https://pt.climate-data.org/americas-do-sul/brasil/para/vitoria-do-xingu-313630/>
- Cordeiro, IMCC, Rangel-Vasconcelos, LGT, Schwartz, G., Oliveira, FA. Nordeste Paraense: panorama geral e uso sustentável das florestas secundárias. Belém: EDUFRA: p.323 (2017).
- Custódio, LLM, Silva, BB, DA, Santos, C. A. C. DOS. Relationship between photosynthetically active radiation and global radiation in Petrolina and Brasília, Brazil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 25, n. 9, p. 612-619, set. (2021). Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v25n9p612-619>
- Cruz, ED, Pereira, AG. Germinação de sementes de espécies amazônicas: acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.). *Comunicado Técnico*, Embrapa Amazônia Oriental, 288 (1), 1-4 (2016). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/152292/1/COMUNICADO-TECNICO-288.pdf>
- Dresch, DM, Scaloni, SPQ, Masetto, TE, Vieira, M. Germinação e vigor de sementes de gabioba em função do tamanho do fruto e da semente. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 43 (3), 262-271 (2013). Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/22087/15153>
- Dranski, JAL, Sonda, ET, Junior, JCD. Tamanho de sementes e fertilizante de liberação controlada na produção de mudas de *Schizolobium parahyba* [(Vell.) S. F. Blake]. *Biotemas*, 32 (2), 23-31 (2019). DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7925.2019v32n2p23>

- Fragoso, V. et al. Functional specialization of *Nicotiana attenuata* phytochromes in leaf development and flowering time. *Journal of Integrative Plant Biology*, 59(3), 205-224 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1111/jipb.12516>
- Frazer, GW, Canham, CD, Lertzman, KP. Gap light analyzer (GLA), version 2.0: imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation (1999). DOI: <http://www.rem.sfu.ca/forestry/downloads/gap-light-analyzer.htm>
- Freire, J., Piña-Rodrigues, F., Santos, A., Pereira, M.. Variação entre e dentro de populações em tamanho e dormência de sementes de *Schizolobium parahyba* (Vell.) Blake na floresta atlântica. *Ciência Florestal*, 25(4), 897-907 (2015). doi: <https://doi.org/10.5902/1980509820592>
- Fontana, DC, Alves, GM, Roberti, D, Moraes, OLL, Gerhardt, A. Estimativa da radiação fotossinteticamente ativa absorvida pela cultura da soja através de dados do sensor Modis. *Bragantia*, 71, 563-571 (2012).
- Fox, J, Weisberg, S. 2011. An {R} Companion to Applied Regression, Second Edition. Thousand Oaks CA: Sage (2011). Disponível em: <http://socserv.socsci.mcmaster.ca/jfox/Books/Companion>
- Haig, D, Westoby, M. Seed size, pollination casts and angiosperm success. *Evolutionary Ecology*, 5, 231-247 (1991).
- Hawes, JE, Viera, IMACG, Magnago, LFS, Berenguer, E., Ferreira, J., Aragão, LEOC, Cardoso, A., Lees, AC, Lennox, GD, Tobias, JA, Waldron, A., Barlow, J. A large-scale assessment of plant dispersal mode and seed traits across human-modified Amazonian forests. *Journal of Ecology*, 108 (4), 1373-1385 (2020). DOI: <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13358>
- Honorio, ABM, Lopes, MBS, Siebeneichler, SC, Souza, CM, Leal, TCAB. Análise de crescimento e parâmetros fisiológicos em mudas de *Dipteryx alata* Vogel. *Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia*, Guarapuava-PR, v.12, n.1, p.41-52 (2019). DOI: <https://doi.org/10.5935/PAeT.V12.N1.04>
- Horikoshi, M, Tang, Y, Li W. ggfortify: Unified Interface to Visualize Statistical Result of Popular R Packages. *The R Journal* 8.2. p. 478-489 (2016). DOI: <https://CRAN.R-project.org/package=ggfortify>
- Jardim, FCS, Serrão, DR, Nemer, TC.. Efeito de diferentes tamanhos de clareiras, sobre o crescimento e a mortalidade de espécies arbóreas, em Moju-PA. *Acta Amazonica*, 37(1) 37-47 (2007). <https://doi.org/10.1590/S0044-59672007000100004>
- Juniori, EB, Rossiello, OP, Silva, RVMM, Ribeiro, RC, Morenzi, MJF. Um novo clorofilômetro para estimar os teores de clorofila em folhas do capim Tifton 85. *Ciência Rural*, Santa Maria, 42 (12), 2242-2245 (2012). DOI: <https://doi.org/10.1590/S0103-84782012005000109>
- Klein, J, Zucareli, V, Kestring, D, Camilli, L, Rodrigues, JD. Efeito do Tamanho da Semente na Emergência e Desenvolvimento Inicial de Mudas de Pitangueira (*Eugenia uniflora* L.). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5 (2), 861-863 (2007).
- Labouriau, LG. A germinação das sementes. Washington: Secretaria de OEA, p. 174 (1983).
- Lewis, GP, Schrire, BD, Mackinder, B., Lock, M. Legumes of the World. Royal Botanic Gardens, KEW, p. 592 (2005).
- Lima, PAF, Gatto, A., Albuquerque, LB, Malaquias, JV, Aquino, FG. Crescimento de mudas de espécies nativas na restauração ecológica de matas ripárias. *Neotropical Biology and Conservation*, 11 (2), 72-79 (2016). DOI: 10.4013/nbc.2016.112.03
- Lorenzi, H. Árvores Brasileiras. 3ª ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, p. 384 (2009).
- Macera, LG, Pereira, SR, Souza, ALT. Survival and growth of tree seedlings as a function of seed size in a gallery forest under restoration. *Acta Botânica Brasileira*, Belo Horizonte, 31 (4), 539-545 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-33062017abb0075>
- Malavasi, UC, Malavasi, MM. Influência do tamanho e do peso da semente na germinação e no estabelecimento de espécies de diferentes estágios da sucessão vegetal. *Floresta e Ambiente*, 8(1), 211- 215 (2001). <https://www.floram.org/article/588e21fbe710ab87018b45d1/pdf/floram-8-%C3%BAnico-212.pdf>

- Maués, MM, Santos, LFC, Macqueen, D, Martins-da-Silva, RCV. Biologia da polinização do acapu (*Vouacapoua americana* Aubl. Leguminosae), uma essência florestal amazônica. In: Simpósio Silvicultura na Amazônia oriental, Belém. Resumos expandidos... Belém: EMBRAPACPATU, 142-145 (1999).
- Meirelles, AC, Souza, AG. Germinação natural de oito espécies de *Swartzia* (Fabaceae, Faboideae) da Amazônia. *Scientia Amazonia*, 4 (3), 84-92 (2015). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/301541461>
- Mishra, Y, Rawat, R, Rana, PK, Sonkar, MK, Mohammad, N. Effect of seed mass on emergence and seedling development in *Pterocarpus marsupium* Roxb. *Journal of Forestry Research*, 25 (2), 415-418 (2014). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11676-014-0469-7>
- Mota, LH, Scalón, SPQ, Heinz, R. Sombreamento na emergência de plântulas e no crescimento inicial de *Dipteryx alata* Vog. *Ciência Florestal*, 22 (3), 423-431 (2012). DOI: <https://doi.org/10.5902/198050986611>
- Moreira et al. Crescimento inicial de espécies arbóreas nativas e exóticas. In: OLIVEIRA, A. C. A Produção do Conhecimento na Engenharia Florestal. Ponta Grossa (PR): Atena Editora. p 01- 07 (2020). DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.00620261017>
- Nogueira, FCB, Medeiros Filho, S., Gallao, M.. Caracterização da germinação e morfologia de frutos, sementes e plântulas de *Dalbergia cearensis* Ducke (pau-violeta) - Fabaceae. *Acta Botanica Brasilica*, Feira de Santana, 24 (4), 978-985 (2010). DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-33062010000400013>
- Oksanen, J, Blanchet, FG, Friendly, M, Kindt, R, Legendre, P, Mcglinn, D, et al. *Vegan: Community Ecology Package*, R package version 2.4-3 (2019). DOI: <https://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- Pereira, AG. Morfometria de frutos, sementes, desenvolvimento pós-seminal, plântulas e de plantas jovens e fisiologia de sementes de *Vouacapoua americana* Aubl. (Leguminosae). Dissertação (Mestrado em Botânica Tropical) Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, Pará. p. 61 (2017).
- Portes, MT. et al. Evidence of higher photosynthetic plasticity in the early successional *Guazuma ulmifolia* Lam. compared to the late successional *Hymenaea courbaril* L. grown in contrasting light environments (2010). <https://doi.org/10.1590/S1519-69842010000100011>
- Prataviera, JS, Lamarca, EV, Teixeira, CC, Barbedo, CJ. The germination success of the cut seeds of *Eugenia pyriformis* depends on their size and origin. *Journal of Seed Science*, 37 (2015).
- R core team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Áustria (2019). DOI: <https://www.R-project.org/>
- Santos, A., Freitas, J., Santos, E. Comportamento Fenológico de Espécies Florestais com Potencial Madeireiro em Ecossistema de Terra Firme, Amazônia Oriental (Phenological Behavior of Forest Species with Timber Potential in Terra Firme Ecosystem, Eastern Amazon). *Revista Brasileira de Geografia Física*, 11(3), 924-933 (2018). doi: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p924-933>
- Santos, LR, Almeida, MC, Wittmann, F. Biometria e germinação de sementes de *Macrolobium acaciifolium* (Benth.) Benth. de várzea e igapó da Amazônia Central. *Iheringia, Série Botânica*, Porto Alegre, 75 (1), 1-7 (2020). DOI: <https://doi.org/10.21826/2446-82312020v75e2020004>
- Scalón, SPQ, Alvarenga, AA. Efeito do sombreamento sobre a formação de mudas de Pau-pereira (*Platycyamus regnelli* Benth). *Revista Árvore*, 17 (3), 265-270 (1993).
- Schmidt, D, Caron, BO, Pilau, J, Nardino, M, Elli, EF. Morfoanatomia foliar de azevém no sub-bosque de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais. *Revista Ceres*, 64(4), 368-375 (2017). DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737x201764040005>
- Serrão, DR, Jardim, CS, Nemer, TC. Sobrevivência de seis espécies florestais em uma área explorada seletivamente no município de moju, PARÁ. *Cerne*, 9 (2) 153-163 (2003). Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74409203>

- Skogen, KA, Senack, L, Holsinger, KE. Dormancy, small seed size and low germination rates contribute to low recruitment in *Desmodium cuspidatum* (Fabaceae). *The Journal of the Torrey Botanical Society*, 137 (4), 355-365 (2010). DOI: <https://doi.org/10.3159/10-RA-003.1>
- Souza, L.A.G., Dantas, A.R., Matos, R.B, Silva, M.F, Sampaio, P.T.B. Período de frutificação e viabilidade das sementes do "acapu" (*Vouacapoua americana* Aubl. - Leg. Caesalp.) da região do médio Rio Tocantins, Pará, Brasil. *Mus. Para. Emilio Goeldi*, 16, 3-21 (2000). Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/333274762>
- Souza, OM, Smiderle, OJ, Souza, AG, Chagas, EA, Chagas, PC, Lima, CGB, Moraes, BS. Influência do tamanho da semente na germinação e vigor de plântulas de populações de Camu-Camu. *Scientia Agropecuaria*, 8 (2), 119-125 (2017a). DOI: <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.04>
- Souza, CSCR, Santos, VAHF, Ferreira, MJ, Gonçalves, JFC. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* bonpl. submetidas a diferentes níveis de irradiância. *Ciência Florestal*, 27 (2), 557-569 (2017b). DOI: <https://doi.org/10.5902/1980509827736>
- Souza, ML, & Fagundes, M. Seed size as key factor in germination and seedling development of *Copaifera langsdorffii* (Fabaceae). *American Journal of Plant Sciences*, 5 (17), 2566-2573 (2014). DOI: <https://doi.org/10.4236/ajps.2014.517270>
- Souza, MCS, Piña-Rodriguez, FCM. Desenvolvimento de espécies arbóreas em sistemas agroflorestais para recuperação de áreas degradadas na Floresta Ombrófila Densa, Paraty, RJ. *Revista Árvore*, Goiânia, 37 (1), 89-98 (2013). DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622013000100010>
- Sturion, JÁ, Antunes, BMA. Produção de mudas de espécies florestais. In: Galvão, APM. Reflorestamento de propriedades rurais para fins de produtivos e ambientais. Colombo: EMBRAPA Florestas, 125-150 (2000).
- União Internacional para Conservação da Natureza (IUCN). Classificação da *Vouacapoua americana* Aubl (2020). Disponível em: <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.1998.RLTS.T33918A9820054>
- Vechiato, MH, & Parisi, JJD. Importância da qualidade sanitária de sementes florestais na produção de mudas. *Biológico*. 75 (1), 27-32 (2013).
- Veiga, DF, Leão, NVM Leão, Ohashi, ST. Armazenamento de sementes de acapu (*Vouacapoua americana* Aubl.). In: Simpósio Silvicultura na Amazônia oriental, Belém. Resumos expandidos... Belém: EMBRAPACPATU, 293-299 (1999).
- Vieira, LCG, Proctor, J. Mechanisms of plant regeneration during succession after shifting cultivation in eastern Amazonia. *Plant Ecology*, 92 (2), 303-315 (2007). DOI: <https://doi.org/10.1007/s11258-007-9327-4>
- White, JW, Gonzáles, A. Characterization of the negative association between seed yield and seed size among genotypes of common bean. *Field Crops Research*, 23,159-175 (1990).