

Artigos

Desempenho silvicultural de progênies de *Parkia multijuga* Benth. no Amazonas três anos após o plantio

Silvicultural performance of *Parkia multijuga* Benth. progenies in the Amazonas three years after planting

Zilza Thayane Matos Guimarães^I, Kamilla Freire Limongi Lopes^{II},
Mônica de Souza Barbosa^{II}, Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos^{III},
Thalita Vitória Mamede Silva^{II}, Rafael Gonçalves de Oliveira^{II},
Manuel de Jesus Vieira Lima Júnior^{II}, Narrúbia Oliveira de Almeida Martins^{II},
Marciel José Ferreira^{II}

^IInstituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, AM, Brasil

^{II}Universidade Federal do Amazonas, Manaus, AM, Brasil

^{III}Universidade do Estado do Amazonas, Itacoatiara, AM, Brasil

RESUMO

Os ensaios de progênies constituem estratégias de conservação genética *ex situ* e também de melhoramento genético, pois permitem selecionar genótipos de melhor qualidade e elevada produtividade. No entanto, o melhoramento genético florestal não tem sido devidamente aplicado para espécies nativas da região Amazônica. O objetivo deste trabalho foi investigar se progênies de *Parkia multijuga* possuem desempenho silvicultural diferenciado e se é possível agrupá-las em diferentes classes de desempenho. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados com 14 progênies, sendo, ao total, 18 mudas por cada progênie plantadas em seis blocos (252 plantas). Três anos após o plantio foram avaliados os caracteres: diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, altura do fuste, diâmetro da copa, comprimento da copa, área de copa, proporção de copa, grau de esbeltez (GE), índice de abrangência (IA), índice de saliência (IS), ocorrência de bifurcação, percentual de indivíduos com fuste retilíneo e o estado fitossanitário. Foram também calculados: a sobrevivência, o incremento médio anual em altura e diâmetro e o índice de resposta integrada (IRI = sobrevivência e incrementos). O IRI variou cerca de três vezes entre a melhor e a pior progênie, da qual as progênies 7, 6, 11 e 10 tiveram os maiores valores de IRI. Uma análise de componentes principais com as características silviculturais de maior interesse (IRI, DAP, GE, fuste retilíneo, bifurcação e estado fitossanitário) permitiu agrupar as progênies 6, 7 e 11 entre aquelas com melhor desempenho silvicultural. A maior parte das progênies apresentou desempenho intermediário e semelhante entre si, sendo o pior desempenho para a maioria das características relacionado à progênie 2. Progênies de *Parkia multijuga* divergem quanto ao desempenho silvicultural durante o estabelecimento inicial dos plantios. Logo, o agrupamento das progênies com melhores desempenhos é fundamental na seleção de materiais genéticos superiores para a composição de plantios de produção desta espécie na região Amazônica.

Palavras-chave: Ensaio de progênies; Sobrevivência; Crescimento; Morfometria

ABSTRACT

Progeny tests are strategies for *ex situ* genetic conservation and genetic improvement, as they allow the selection of genotypes of better quality and high productivity. However, the tree genetic improvement has not been properly applied to native species of the Amazon region. We investigated if *Parkia multijuga* progenies have different silvicultural performance and if it is possible to cluster them into different performance classes. The experiment was settled in a complete random block design with 14 progenies, a total of 18 seedlings from each progeny planted in six blocks (252 plants). Three years after planting, the following variables were evaluated: diameter at breast height (DBH), total height, stem height, crown diameter, crown length, crown area, crown ratio, slenderness (*S*), range index (RI), salience index (SI), bifurcation occurrence, percentage of individuals with rectilinear stem and phytosanitary status. Survival, mean annual increment in height and diameter and the integrated response index (IRI = survival and increments) were also calculated. IRI varied about three times between the best and the worst progeny, of which the progenies 7, 6, 11 and 10 had the highest IRI values. The Principal Component Analysis of the most interesting silvicultural characteristics (IRI, DBH, GE, rectilinear stem, bifurcation, and phytosanitary status) allowed to group progenies 6, 7 and 11 among those with the best silvicultural performance. Most progenies showed intermediate and similar performance, being the worst performance for most traits related to the progeny 2. Progenies of *Parkia multijuga* diverge as to the silvicultural performance during the initial establishment of the plantations. Therefore, the grouping of progenies with better performance is fundamental in the selection of superior genetic material for the composition of productive plantations of this species in the Amazon region.

Keywords: Progeny trial; Survival; Growth; Morphometry

1 INTRODUÇÃO

Na Amazônia Legal até 2020, já foram desflorestados cerca de 81 milhões de hectares e somente 0,42% dessas áreas são utilizadas para fins de reflorestamento com objetivos de abastecimento industrial (INPE, 2016; INPE, 2020). Plantios de espécies florestais de rápido crescimento e elevada produção de biomassa são alternativas viáveis para inserção de áreas desflorestadas em processos produtivos, possibilitando retorno econômico em médio prazo (SOUZA *et al.*, 2008). Entretanto, apesar da existência de inúmeras espécies arbóreas nativas com potencial ecológico e econômico para a composição de programas de reflorestamento, essas espécies são pouco utilizadas (SALOMÃO *et al.*, 2014). Atualmente, no Brasil existem cerca de 9 milhões de hectares de florestas plantadas, com predominância de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (IBÁ, 2020). Na Amazônia brasileira, em particular, somente

um pequeno número de espécies nativas são frequentemente plantadas, tais como o *Schizolobium amazonicum* (paricá), *Swietenia macrophylla* (mogno), *Bertholletia excelsa* (castanheira), *Cedrela odorata* (cedro) e *Handroanthus serratifolius* (ipê-amarelo) (WALTERS *et al.*, 2005).

A produção mundial de madeira em tora é crescente e está projetada para alcançar o patamar de 1,5 bilhões de metros cúbicos até 2050 (BARUA; LEHTONEN; PAHKASALO, 2014). Na região amazônica, diferente do cenário mundial e nacional, as florestas plantadas ainda têm baixa representatividade no quantitativo de produção madeireira (INPE, 2016). Em 2019, a Amazônia foi responsável por 81% da produção brasileira de madeira em tora proveniente de florestas nativas (9,7 dos 12 milhões de metros cúbicos), enquanto a contribuição a partir de florestas plantadas neste Bioma (incluindo espécies nativas e exóticas) foi de apenas 6% (somente 8 dos 131 milhões de metros cúbicos de madeira em tora produzidos no país) (IBGE, 2020). As florestas plantadas com espécies nativas, embora ainda não tenham grande representatividade na produção de madeira atual, poderão aumentar a sua participação futura e contribuir para reduzir a pressão de exploração sobre as florestas nativas maduras com a expansão dos plantios em áreas desflorestadas.

A seleção de espécies potenciais para programas de reflorestamento é uma tarefa difícil, considerando o pouco conhecimento sobre o desempenho silvicultural em campo da maioria das espécies nativas da Amazônia (WALTERS *et al.*, 2005). Os testes de progênies podem constituir estratégia de conservação genética *ex situ* (pois se guardam as informações sobre a origem materna dos indivíduos), além de permitir conhecer a variação genética nas características silviculturais de importância econômica e a seleção de genótipos superiores (TUNG *et al.*, 2010). Porém, no Brasil os ensaios de progênies em campo têm sido instalados em grande parte para plantios de produção dos principais gêneros de espécies introduzidas e intensivamente manejadas (por exemplo, *Eucalyptus* e *Pinus*) (CASTRO *et al.*, 2018; SANTOS *et al.*, 2018).

Estudos relacionados ao conhecimento da variabilidade genética de plantios com espécies nativas da Amazônia são escassos, principalmente no que se refere à seleção de materiais genéticos superiores (ALVES *et al.*, 2020; CRUZ *et al.*, 2020).

A composição dos plantios de produção industrial deve combinar espécies de rápido crescimento, elevada produtividade e alta sobrevivência (GALEÃO *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2008; SALOMÃO *et al.*, 2014). A seleção de espécies ou indivíduos, principalmente em plantios para a produção de madeira, também deve considerar características silviculturais indicadoras de qualidade, como por exemplo, forma do fuste, ocorrência de bifurcação, altura até a primeira bifurcação e estado fitossanitário, pois tais características aumentam o aproveitamento da tora (TUNG *et al.*, 2010; GIUSTINA *et al.*, 2017; MACHADO *et al.*, 2018). Um aprimoramento nos ganhos de seleção de progênies pode ser alcançado com a inclusão dessas características silviculturais indicadoras de qualidade (TUNG *et al.*, 2010), especialmente pela produção de madeira em tora requerer indivíduos com maior produção volumétrica de madeira, fuste retilíneo e sem ocorrência de bifurcação. Além disso, características relacionadas à morfometria, como grau de esbeltez (relacionado à estabilidade da árvore) e índice de abrangência (relacionado ao espaço vital de crescimento) podem auxiliar na tomada de decisão acerca do manejo do povoamento (DIONISIO *et al.*, 2017).

Parkia multijuga Benth. é uma espécie nativa da Amazônia pertencente à família Fabaceae, também conhecida como faveira, faveira-benguê ou pinho-cuiabano (CARVALHO, 2009). A floração ocorre em agosto no Acre; em setembro em Rondônia; de setembro a abril no Amazonas e de setembro a maio no Pará (CARVALHO, 2009). É uma espécie alógama e com ausência de autofecundação (OLIVEIRA, 2019), possui síndrome de polinização do tipo quiropterofilia (feita por morcegos) e sua dispersão é do tipo barocórica (por gravidade) (CARVALHO, 2009). As sementes têm forte dormência tegumentar e necessitam de tratamento para quebra de dormência, como imersão em ácido sulfúrico ou esscarificação (CARVALHO, 2009). *Parkia multijuga* é parcialmente tolerante à sombra (FINEGAN, 1992) e possui densidade da madeira entre 0,44 g cm⁻³

a $0,52 \text{ g cm}^{-3}$, com potencial para a produção de celulose e papel, energia e de madeira para serraria (TONINI *et al.*, 2006; CARVALHO, 2009). Essa espécie também tem potencial para programas de reflorestamento, especialmente para a composição de plantios em sítios com baixa disponibilidade de nutrientes, como os solos amazônicos (COSTA *et al.*, 2014). A espécie tem alcançado bom crescimento, via semeadura direta, em diferentes sistemas de plantios como o enriquecimento de florestas maduras e secundárias, além de áreas desflorestadas com solo exposto (CAMARGO; FERRAZ; IMAKAWA, 2002) e baixas taxas de mortalidade em plantios sobre áreas degradadas (SALOMÃO *et al.*, 2014).

Diante da importância de se aumentar a produtividade dos plantios de espécies florestais nativas para atender a demanda crescente de madeira, um ensaio de campo com 14 progênies de *Parkia multijuga* foi monitorado durante três anos com o objetivo de investigar se progênies desta espécie possuem desempenho silvicultural diferenciado e se é possível agrupá-las em diferentes classes de desempenho, na expectativa de subsidiar a seleção futura de material genético superior para a expansão de plantios dessa espécie na região amazônica, da qual são discutidas as principais implicações silviculturais dos resultados para plantios de produção.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 Localização e caracterização do sítio de plantio

O experimento foi instalado na Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM), localizada no km 38 da rodovia BR – 174 no município de Manaus, Amazonas ($02^{\circ}37'17,1''$ e $02^{\circ}39'41,4''\text{S}$; $60^{\circ}03'29,1''$ e $60^{\circ}07'57,5''\text{O}$). O clima na região é classificado como Af de acordo com o sistema de classificação Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). A precipitação pluviométrica média anual é de 2.730 mm com período seco ($<100 \text{ mm mês}^{-1}$) entre os meses de agosto e setembro, com médias

mensais de temperatura do ar variando entre 24°C e 27°C (ARAÚJO *et al.*, 2002). O solo predominante na área é classificado como Latossolo amarelo álico argiloso (CHAUVEL, 1982). O solo é ácido (pH = 4,42 ± 0,26), com teor médio de matéria orgânica (27,72 ± 2,72 g kg⁻¹), altas concentrações de ferro (157,6 ± 16,0 mg kg⁻¹) e alumínio (0,93 ± 0,14 cmoc kg⁻¹) e baixa disponibilidade de nutrientes, especialmente fósforo (1,45 ± 0,43 mg kg⁻¹) (GUIMARÃES *et al.*, 2018).

2.2 Caracterização das progênies

Foram utilizadas duas fontes de sementes localizadas na Amazônia Central, mais precisamente no estado do Amazonas. Em março de 2014, foram coletados 12 lotes de sementes (progênies 1 a 12) na região de Apuí (07°11'25" S e 59°52'51,4" O) e em abril de 2014, foram coletados dois lotes de sementes (progênies 13 e 14) na região do Rio Andirá, terra indígena Andirá-Maraú (03°15'49,93" S e 57°06'27,61" O) do município de Parintins. As sementes foram coletadas de árvores matrizes com uma distância mínima de 300 m entre elas, como recomendado para evitar a coleta de material geneticamente relacionado em espécies arbóreas tropicais de baixa densidade (DEGEN; SEBEN, 2014). Todas as coletas foram realizadas pelos coletores de sementes treinados pelo Centro de Sementes Nativas do Amazonas, da Universidade Federal do Amazonas – CSNAM / UFAM (Renasem N° 00027/2015).

As mudas foram produzidas no Viveiro Florestal da Universidade Federal do Amazonas em recipientes de polietileno com volume de 2 L (16 cm de largura e 26 cm de altura) preenchidos com substrato na proporção de 2:1 de terra preta e latossolo amarelo fertilizado com calcário, superfosfato simples, cloreto de potássio, sulfato de amônio e micronutrientes (FTE BR 12) nas dosagens de 0,891; 3,170; 0,235; 0,151 e 0,185 g dm⁻³, respectivamente. Após seis meses de cultivo, as mudas tiveram valores médios de altura, diâmetro à altura do coleto e número de folhas de 32,5±5,4 cm, 6,1±0,47 mm e 3±0,5, respectivamente.

2.3 Delineamento e instalação do experimento

O experimento de progênies de *Parkia multijuga* foi instalado seguindo o delineamento de blocos casualizados, com 14 tratamentos (progênies) e seis repetições (blocos), em espaçamento de 3 m x 3 m, totalizando área de 0,3 ha. Em cada bloco foram plantadas três mudas de cada uma das 14 progênies dispostas em seis linhas de plantio, totalizando 42 mudas por bloco e 374 mudas (252 em parcela útil e 122 formando as bordaduras em todos os blocos) plantadas ao total.

Anteriormente ao plantio, foi feito o preparo do solo a partir da subsolagem em área total até a profundidade média de 40 cm. Em seguida, covas de 40 cm (diâmetro) x 50 cm (profundidade) foram abertas com auxílio de um perfurador mecânico acoplado a um trator. Embora não tenha sido realizada a adubação de plantio, a correção da acidez do solo foi realizada 30 dias antes do plantio com a aplicação de 206 g de calcário dolomítico por cova. As mudas foram plantadas em julho de 2015 e como o plantio foi realizado no período seco (agravado por cinco meses com precipitação < 100 mm em decorrência do El Niño 2015), foi feita a suplementação hídrica (~2 L planta⁻¹) três vezes por semana de julho a novembro, quando as primeiras chuvas foram retomadas. A irrigação foi necessária para evitar alta mortalidade das mudas em decorrência da deficiência hídrica durante o estabelecimento do plantio. A condução do plantio foi realizada mediante o controle de formigas (aplicação de formicida granulado tipo isca de acordo com especificações do fabricante) sempre que necessário e mediante o controle de plantas invasoras (capina semi-mecanizada) a cada quatro meses.

2.4 Coleta de dados

Em julho de 2018 (três anos após o plantio), foram realizadas as medições dos caracteres: diâmetro à altura do peito – DAP (diâmetro a 1,30 m do solo); altura total - HT (distância entre o solo e o final da copa da árvore); altura do fuste – HF (altura entre o solo e a inserção da copa da árvore); diâmetro da copa - DC (diâmetro da copa no sentido norte-sul e leste-oeste). Para DAP, foram considerados somente os

indivíduos que atingiram 1,30 m, variando de 66,7% (progênies 4) a 100% (progênies 6 e 10) do número total de indivíduos de cada progênie. Foram calculados os índices morfométricos: comprimento de copa (Equação 1), área de copa (Equação 2), proporção de copa (Equação 3), grau de esbeltez (Equação 4), índice de abrangência (Equação 5) e índice de saliência (Equação 6).

$$CC=HT-HF \quad (1)$$

$$AC=\frac{(DC1 \times DC2) \times \pi}{4} \quad (2)$$

$$PC=\frac{CC}{HT} \times 100 \quad (3)$$

$$GE=\frac{HT}{DAP} \quad (4)$$

$$IA=\frac{DC}{HT} \quad (5)$$

$$IS=\frac{DC}{DAP} \quad (6)$$

Em que: CC = comprimento da copa (m); HT = altura total (m); HF = altura do fuste (m); AC = área da copa (m²); DC1 = diâmetro da copa no sentido norte-sul; DC2 = diâmetro da copa no sentido leste-oeste; PC = proporção de copa (%); GE = grau de esbeltez; DAP = diâmetro à altura do peito; IA = índice de abrangência e IS = índice de saliência.

A avaliação qualitativa das progênies foi realizada por meio da inspeção visual tendo como critérios os seguintes caracteres: ocorrência de bifurcação (percentual de indivíduos bifurcados), qualidade do fuste (percentual de indivíduos com fuste reto, levemente tortuoso ou com tortuosidade acentuada) e estado fitossanitário (satisfatório e não-satisfatório). Entende-se como não-satisfatório, fuste e folhas com presença de danos por insetos e/ou doenças. As classes de qualidade do fuste foram adaptadas de Ferreira e Tonini (2009), que consideraram quatro níveis de classificação da qualidade do fuste (1 - fuste reto sem defeitos que permite obter madeira de boa qualidade; 2 - fuste reto a levemente tortuoso com pequena excentricidade e presença de pequenos galhos que permite obter madeira de boa qualidade; 3 - fuste com tortuosidade acentuada, com defeitos e presença de galhos de porte regular e 4 - fuste inaproveitável, podre, oco, que não permite qualquer aproveitamento). Para este trabalho, a classe 2 foi dividida em duas classes (fuste reto e fuste levemente tortuoso) e realizada a manutenção da classe 3 (fuste com tortuosidade acentuada), sem especificidade quanto aos galhos.

Foram calculados: a sobrevivência (Equação 7) e os incrementos médios anuais em altura (Equação 8) e diâmetro (Equação 9).

$$S = \frac{N_f}{N_i} \times 100 \quad (7)$$

$$IMA_H = \frac{HT}{idade} \quad (8)$$

$$IMA_{DAP} = \frac{DAP}{idade} \quad (9)$$

Em que: S = sobrevivência (%); N_f = número de mudas vivas três anos após o plantio; N_i = número de mudas plantadas; IMA_H = incremento médio anual em altura (m ano⁻¹); HT = altura total (m); IMA_{DAP} = incremento médio anual em diâmetro à altura do peito (cm ano⁻¹); DAP = diâmetro à altura do peito e idade = período final de avaliação (três anos após o plantio).

Foi também calculado o índice de resposta integrada (IRI) (Equação 10).

$$IRI = S \times IMA_H \times IMA_{DAP} \quad (10)$$

Em que: IRI = índice de resposta integrada; IMA_H = incremento médio anual em altura ($m \text{ ano}^{-1}$) e IMA_{DAP} = incremento médio anual em diâmetro à altura do peito ($cm \text{ ano}^{-1}$). Este índice foi adaptado de De Steven (1991) e reflete o sucesso no estabelecimento do plantio, pois integra as contribuições individuais de crescimento e sobrevivência.

2.5 Análises estatísticas

Os resultados de cada característica foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk e Levene com o objetivo de verificar as premissas de distribuição normal e homogeneidade de variâncias, respectivamente. Os caracteres que não atenderam as premissas foram log-transformados (AC, GE e IA). Para verificar as diferenças de sobrevivência, incremento e das características silviculturais (quantitativas) entre progênies foi realizada a análise de variância (ANOVA one-way) e teste post hoc de Scott-Knott ($P < 0,05$); para sobrevivência, que não atendeu ao pressuposto de distribuição normal, foi realizada a análise não-paramétrica de Kruskal-Wallis ($P < 0,05$). Foi calculado o coeficiente de variação ($CV = \text{desvio padrão} / \text{média} * 100$) de todas as características quantitativas e para o índice de resposta integrada (IRI), foi realizada uma regressão múltipla para verificar a contribuição relativa de cada uma das características que integram esse índice. Adicionalmente, foi realizada a análise de componentes principais para separar as progênies de acordo com as características silviculturais de maior interesse e maior coeficiente de variação: IRI, DAP, GE, percentual de indivíduos com fuste retilíneo (%FR), percentual de indivíduos com fuste bifurcado, (%BIF) e percentual de indivíduos com estado fitossanitário satisfatório (%EFS). Para essa análise, foram selecionadas preferencialmente características que diferiram estatisticamente entre progênies, que tiveram maior coeficiente de variação e que não integrassem características já incluídas nas análises. As análises foram realizadas nos softwares Statistica versão 9.0 e Sisvar versão 5.6.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após três anos, as progênes de *Parkia multijuga* apresentaram não só diferenças quanto ao crescimento, mas também diferenças quanto aos caracteres silviculturais morfométricos e qualitativos, sendo que as características silviculturais de incremento e qualitativas não coincidiram, uma vez que as progênes com os maiores incrementos não tiveram os melhores indicadores de bifurcação, qualidade do fuste e estado fitossanitário. Isso reforça a necessidade do monitoramento deste ensaio de progênes por maior período de avaliação, durante toda a fase de estabelecimento em campo, para que essas características possam ser melhor avaliadas. Vale destacar que os indivíduos avaliados não iniciaram a fase reprodutiva até os três anos. Mediante a falta de informações sobre a rotação de plantios de *Parkia multijuga*, sugere-se considerar entre 25 e 30 anos, para um ciclo de corte condizente com uma produtividade de 10 m³ ha⁻¹ ano, como observado em curvas de crescimento de espécies nativas (ROLIM; PIOTTO, 2018). Além disso, a seleção de progênes deve considerar outras características silviculturais relevantes, como as características qualitativas relacionadas à qualidade do fuste e ataque de insetos.

3.1 Sobrevivência e crescimento de progênes de *Parkia multijuga*

Todas as progênes apresentaram alta sobrevivência (> 80%), aos três anos após o plantio (Tabela 1). A espécie não teve o mesmo desempenho em reflorestamentos sobre áreas degradadas após atividades de mineração, onde 40% dos 65 indivíduos plantados morreram, porém, a taxa de mortalidade foi considerada baixa devido às condições limitantes do sítio que passou por atividade de mineração de bauxita (SALOMÃO *et al.*, 2014). No presente estudo, a maior sobrevivência está atrelada ao fato dessa espécie ser bem adaptada à região de plantio (região de ocorrência da espécie) e, também, por estar relacionada ao preparo do solo. Em particular, a subsolagem realizada em toda a área do experimento, pode ter sido determinante para o bom desenvolvimento do sistema radicular das plantas (favorecendo a absorção de água e nutrientes) e, ao mesmo tempo, estimulando a capacidade competitiva contra a mato-competição (LÖF *et al.*, 2012).

Tabela 1 – Sobrevivência, altura total, diâmetro à altura do peito e incremento médio anual de 14 progênies de *Parkia multijuga* Benth., três anos após o plantio, no município de Manaus, Amazonas

Progênie	S (%)	HT (m)	DAP (cm)	IMA-H (m ano ⁻¹)	IMA-DAP (cm ano ⁻¹)
1	100 a	2,23 ± 0,56 b	3,21 ± 1,11 c	0,74 ± 0,19 b	1,07 ± 0,37 c
2	100 a	2,22 ± 0,43 b	2,96 ± 0,82 c	0,74 ± 0,14 b	0,99 ± 0,27 c
3	100 a	2,32 ± 0,25 b	4,07 ± 0,95 b	0,77 ± 0,08 b	1,36 ± 0,32 b
4	100 a	1,87 ± 0,44 b	3,90 ± 1,13 b	0,62 ± 0,14 b	1,30 ± 0,37 b
5	100 a	2,21 ± 0,57 b	3,40 ± 1,29 c	0,73 ± 0,19 b	1,13 ± 0,43 c
6	100 a	2,91 ± 0,61 a	4,91 ± 1,62 a	0,97 ± 0,20 a	1,63 ± 0,54 a
7	100 a	2,84 ± 0,36 a	5,38 ± 0,81 a	0,95 ± 0,12 a	1,79 ± 0,27 a
8	100 a	<u>1,80</u> ± 0,37 b	<u>2,75</u> ± 0,80 c	<u>0,60</u> ± 0,13 b	<u>0,92</u> ± 0,27 c
9	100 a	2,36 ± 0,33 b	4,20 ± 1,16 b	0,79 ± 0,11 b	1,40 ± 0,39 b
10	100 a	2,81 ± 0,55 a	4,23 ± 1,28 b	0,94 ± 0,18 a	1,41 ± 0,42 b
11	89 a	2,43 ± 0,69 b	5,54 ± 1,33 a	0,81 ± 0,23 b	1,85 ± 0,44 a
12	100 a	2,52 ± 0,64 a	3,90 ± 1,51 b	0,84 ± 0,21 a	1,30 ± 0,50 b
13	100 a	1,98 ± 0,35 b	3,28 ± 1,09 c	0,66 ± 0,12 b	1,09 ± 0,36 c
14	94 a	2,29 ± 0,23 b	3,47 ± 0,56 c	0,76 ± 0,07 b	1,16 ± 0,18 c
F (P)	20,83 (0,0762)	4,19 (<0,0001)	5,01 (<0,0001)	4,19 (<0,0001)	5,01 (<0,0001)
CV (%)	3,14	14,06	20,99	14,06	20,99

Fonte: Autores (2021)

Em que: S = sobrevivência; HT = altura total; DAP = diâmetro à altura do peito; IMA-H = incremento médio anual em altura e IMA-DAP = incremento médio anual em diâmetro à altura do peito. Valores em negrito e sublinhado indicam as maiores e menores médias, respectivamente. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre progênies pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) (n = 6).

As progênies apresentaram valores médios de altura total (HT) entre 1,80 e 2,91 m, enquanto o DAP variou de 2,75 a 5,54 cm (Tabela 1). Considerando tanto os valores absolutos de HT e DAP quanto os seus respectivos incrementos, se destacaram as progênies 6 e 7. Essas duas progênies tiveram valores de HT e DAP próximos aos obtidos por Costa *et al.* (2014), para a mesma espécie aos quatro anos de idade. Em relação ao incremento médio anual, o IMA-DAP teve maior variação (0,92 a 1,85 cm ano⁻¹) do que o IMA-H (0,60 a 0,97 m ano⁻¹), fato comprovado por meio das estimativas de CV% (Tabela 1). A progênie 11 teve duas vezes maior incremento em diâmetro (IMA-DAP) do que a progênie com menor incremento (progênie 8). A progênie 8 também obteve o menor IMA-H, enquanto o maior valor foi obtido pela progênie 6. No presente estudo, as melhores progênies de *Parkia multijuga* obtiveram valores de IMA

superiores aos observados por Costa *et al.* (2014), que encontraram IMA de 1,35 cm ano⁻¹ em DAP e 0,72 m ano⁻¹ em altura, aos quatro anos de idade em área degradada no Amazonas. Neste estudo, as progênies com melhor desempenho apresentaram valores de incremento em diâmetro superiores àqueles observados para espécies de rápido crescimento, em área de mineração, como o *Sclerolobium paniculatum* (IMA-DAP de 1,45 cm ano⁻¹) e valores de incremento em altura superiores a espécie *Trattinnickia rhoifolia* (IMA-H de 0,77 m ano⁻¹) (SALOMÃO *et al.*, 2014).

O índice de resposta integrada (IRI) variou cerca de três vezes entre as progênies 7 (IRI = 169,8) e 8 (IRI = 55,1). O IRI indica o sucesso no estabelecimento de cada progênie, ou seja, quanto maiores os valores de sobrevivência, IMA-H e IMA-DAP, maior o valor de IRI. As progênies com maiores valores de IRI foram 7, 6, 11 e 10 (Tabela 2).

Tabela 2 – Valores do índice de resposta integrada (IRI = sobrevivência x IMA_H x IMA_{DAP}) de 14 progênies de *Parkia multijuga* Benth. três anos após o plantio no município de Manaus, Amazonas

Progênie	IRI
7	169,79
6	158,91
11	132,74
10	132,14
9	109,91
12	109,33
3	105,04
5	83,32
14	83,07
4	81,19
1	79,67
2	73,20
13	72,25
8	55,12

Fonte: Autores (2021)

Em que: IRI = índice de resposta integrada; IMA_H = incremento médio anual em altura e IMA_{DAP} = incremento médio anual em diâmetro à altura do peito. As progênies foram ranqueadas em ordem decrescente dos valores de IRI.

Em geral, as quatro melhores progênies em IRI apresentaram, conforme esperado, os melhores valores para sobrevivência, IMA-H e IMA-DAP. No entanto, ao examinar esse índice de maneira mais detalhada, uma regressão múltipla mostrou que o IRI é mais determinado pelos IMA-DAP (beta = 0,66; $P < 0,0001$) e IMA-H (beta = 0,45; $P < 0,0001$) que pela sobrevivência (beta = 0,15; $P = 0,0006$). Dessa forma, as progênies 7, 6 e 10, que alcançaram 100% de sobrevivência e valores similares para IMA-H (0,95, 0,97 e 0,94 m ano⁻¹, respectivamente), tiveram sua ordenação baseada no incremento diferenciado em diâmetro entre elas (1,79; 1,64 e 1,41 cm ano⁻¹, respectivamente). Não obstante, o fato da progênie 11 ocupar a terceira posição quanto ao IRI, se deve principalmente ao valor de IMA-DAP mais alto dentre todas as progênies (1,85 cm ano⁻¹). Apesar da progênie 11 ter tido a menor sobrevivência dentre todas as progênies (89%) e o menor valor de IMA-H entre as quatro melhores progênies (0,81 m ano⁻¹), esses resultados foram compensados pelo seu maior investimento em diâmetro.

3.2 Morfometria e aspectos qualitativos das progênies

A maioria das características analisadas apresentaram coeficientes de variação considerados médios, ou seja, entre 10% e 20% (Tabela 3). Isso indica que não há uma grande dispersão de valores entre as progênies. Em relação às características de copa, diâmetro de copa (DC), área de copa (AC) e proporção da copa (PC), não houve diferenças significativas entre as progênies (Tabela 3). Houve maior variação apenas para o comprimento de copa (CC), onde os valores variaram de 0,30 m (progênie 6) a 0,87 m (progênie 4).

Para as características morfométricas com maiores diferenças entre as progênies, a altura do fuste (HF) variou de 1,30 m (progênie 8) a 2,19 m (progênie 6), o grau de esbeltez (GE) variou de 0,55 (progênie 11) a 0,88 (progênie 2), o índice de saliência (IS) variou de 0,37 (progênie 7) a 0,70 (progênie 8) e o índice de abrangência (IA) variou de 0,64 (progênie 10) a 0,92 (progênie 13). De maneira geral, as progênies 6 e 7 tiveram melhores desempenhos em relação às características morfométricas, seguidas pelas

progênes 10 e 11 (Tabela 3). Essas progênes reuniram um conjunto de características desejáveis para a produção de madeira, tais como: maior altura do fuste, menor grau de esbeltez, menor índice de saliência e menor índice de abrangência. Valores de GE iguais a 1 significam que com o aumento da altura dos indivíduos, a cada 1 m, aumenta menos que 1 cm em DAP, tornando-os menos robustos e mais suscetíveis a danos provocados por ventos (BOSCHETTI *et al.*, 2015). Dessa forma, quanto menores os valores para este índice, como aqueles apresentados pelas progênes 11 e 7, maior a estabilidade da árvore e menos suscetível a quebra ocasionada por ventos fortes.

Tabela 3 – Características silviculturais morfométricas de 14 progênes de *Parkia multijuga* Benth. três anos após o plantio no município de Manaus, Amazonas

Progênie	HF (m)	CC (m)	DC (m)	AC (m ²)	PC (%)	GE	IS	IA
1	1,77 ± 0,58 b	0,46 ± 0,23 b	1,70 ± 0,37 a	2,55 ± 0,91 a	25,08 ± 7,30 a	0,77 ± 0,11 a	0,61 ± 0,10 a	0,80 ± 0,10 a
2	1,66 ± 0,20 b	0,57 ± 0,29 b	1,66 ± 0,31 a	2,43 ± 0,72 a	24,16 ± 7,74 a	0,88 ± 0,14 a	0,64 ± 0,15 a	0,76 ± 0,12 a
3	1,78 ± 0,14 b	0,54 ± 0,19 b	1,88 ± 0,48 a	2,91 ± 1,52 a	26,78 ± 9,05 a	0,68 ± 0,11 a	0,51 ± 0,14 b	0,76 ± 0,08 a
4	1,58 ± 0,35 b	<u>0,30</u> ± 0,25 b	1,43 ± 0,39 a	1,88 ± 0,99 a	19,12 ± 9,66 a	0,63 ± 0,15 b	0,48 ± 0,20 b	0,89 ± 0,28 a
5	1,73 ± 0,25 b	0,47 ± 0,37 b	1,88 ± 0,26 a	2,90 ± 0,96 a	22,43 ± 7,67 a	0,78 ± 0,33 a	0,60 ± 0,25 a	0,82 ± 0,12 a
6	2,19 ± 0,31 a	0,87 ± 0,32 a	2,04 ± 0,42 a	3,40 ± 1,29 a	29,08 ± 3,31 a	0,63 ± 0,11 b	0,46 ± 0,16 b	0,70 ± 0,16 b
7	2,13 ± 0,27 a	0,71 ± 0,28 a	1,86 ± 0,18 a	2,67 ± 0,66 a	25,07 ± 5,30 a	0,57 ± 0,06 b	<u>0,37</u> ± 0,06 b	0,68 ± 0,09 b
8	<u>1,30</u> ± 0,20 c	0,50 ± 0,28 b	1,47 ± 0,31 a	1,82 ± 0,65 a	24,98 ± 12,39 a	0,80 ± 0,21 a	0,70 ± 0,24 a	0,83 ± 0,18 a
9	1,89 ± 0,22 a	0,47 ± 0,25 b	1,57 ± 0,12 a	2,11 ± 0,42 a	25,96 ± 9,17 a	0,64 ± 0,10 b	0,49 ± 0,18 b	0,69 ± 0,13 b
10	2,06 ± 0,45 a	0,75 ± 0,24 a	1,72 ± 0,17 a	2,30 ± 0,29 a	28,34 ± 9,53 a	0,73 ± 0,10 a	0,48 ± 0,15 b	<u>0,64</u> ± 0,11 b
11	1,60 ± 0,42 b	0,83 ± 0,28 a	1,87 ± 0,52 a	3,38 ± 1,55 a	29,84 ± 6,53 a	<u>0,55</u> ± 0,08 b	0,41 ± 0,08 b	0,81 ± 0,16 a
12	1,84 ± 0,29 a	0,68 ± 0,40 a	1,70 ± 0,28 a	2,46 ± 0,83 a	27,66 ± 6,38 a	0,76 ± 0,21 a	0,52 ± 0,21 b	0,66 ± 0,10 b
13	1,41 ± 0,26 c	0,57 ± 0,23 b	1,68 ± 0,20 a	2,29 ± 0,52 a	28,18 ± 8,08 a	0,80 ± 0,22 a	0,71 ± 0,26 a	0,92 ± 0,19 a
14	1,72 ± 0,25 b	0,56 ± 0,18 b	1,74 ± 0,39 a	2,25 ± 0,37 a	29,55 ± 5,10 a	0,70 ± 0,09 a	0,55 ± 0,14 b	0,76 ± 0,10 a
F (P)	4,73 (<0,0001)	2,08 (0,0273)	1,52 (0,1360)	1,62 (0,1019)	0,88 (0,5775)	2,96 (0,0019)	2,32 (0,0138)	2,30 (0,0144)
CV (%)	13,88	25,69	9,43	18,66	11,01	13,29	18,25	10,91

Fonte: Autores (2021)

Em que: HF = altura do fuste; CC = comprimento da copa; DC = diâmetro da copa; AC = área da copa; PC = proporção da copa; GE = índice de esbeltez; IS = índice saliência e IA = índice de abrangência. Valores em negrito e sublinhado indicam as maiores e menores médias, respectivamente. Letras diferentes na mesma coluna indicam diferenças significativas entre progênes pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$) ($n = 6$).

O índice de saliência expressa quantas vezes o diâmetro da copa é maior que o DAP e pode ser usado como critério de planejamento da implantação e decisão acerca da intervenção silvicultural via desbaste (DIONISIO *et al.*, 2017), então as progênes com

menores valores para este parâmetro (7 e 11) têm maior incremento em diâmetro com menor diâmetro de copa, o que possibilitaria um plantio com um menor espaçamento ou menor necessidade de desbastes.

O índice de abrangência expressa a relação entre diâmetro da copa e altura total da árvore e está relacionado ao espaço vital de crescimento. As dimensões das copas e as alturas das árvores estão relacionadas à sua capacidade de competir por luz e por espaço de crescimento (COSTA; FINGER; HESS, 2018), e o índice pode ser usado como um indicador do espaço necessário para cada árvore quando alcançar um determinado diâmetro (CISNEROS; MOGLIA; ÁLVAREZ, 2019). Dessa forma, maiores valores de IA, como encontrados para as progênies 4 e 13, podem estar relacionados à maior competição entre as copas das árvores ao longo do desenvolvimento. Índices de competição (especialmente aqueles que incluem características relacionadas ao DAP, H e tamanho da copa) explicaram a variação do incremento anual periódico na área basal de *Araucaria angustifolia* (COSTA; FINGER; HESS, 2018). Assim, a maior competição induz o menor crescimento das progênies suprimidas.

A seleção de fenótipos superiores também deve ser baseada em características silviculturais qualitativas (Tabela 4), sendo possível selecionar as melhores progênies para plantios de acordo com a finalidade de produção, já que árvores com troncos múltiplos são indesejáveis para postes, produtos serrados e laminados, podendo ser utilizadas apenas para energia (TONINI *et al.*, 2006). A produção de madeira em tora requer indivíduos com menor ocorrência de bifurcação, com fustes retilíneos e estado fitossanitário satisfatório. Fustes maiores e sem ocorrência de bifurcação e danos garantem o maior aproveitamento da madeira. As progênies com melhor qualidade de fuste (fuste retilíneo) foram as progênies 1, 2 e 12, com a percentagem de indivíduos bifurcados entre as progênies variando de 6% (progênie 11) a 44% (progênie 2), valores bem abaixo daqueles obtidos por Tonini *et al.* (2006) em um plantio de *Parkia multijuga* de cinco anos de idade (80,9% de árvores bifurcadas).

Tabela 4 – Características silviculturais qualitativas de 14 progênes de *Parkia multijuga* Benth. três anos após o plantio no município de Manaus, Amazonas

Progênie	Bifurcação (%)	Qualidade do Fuste (%)			Estado Fitossanitário (%)	
		R	T1	T2	Satisfatório	Não-Satisfatório
1	22	78	22	0	94	6
2	44	78	22	0	100	0
3	33	72	17	11	94	6
4	33	56	33	11	89	11
5	22	61	28	11	94	6
6	39	55	28	17	83	17
7	33	44	50	6	89	11
8	22	56	33	11	83	17
9	39	61	33	6	72	28
10	17	72	22	6	83	17
11	6	50	31	19	63	37
12	33	83	11	6	94	6
13	33	56	39	5	89	11
14	41	71	23	6	100	0

Fonte: Autores (2021)

Em que: R = retilíneo; T1 = levemente tortuoso e T2 = tortuosidade acentuada.

As progênes 2 e 14 apresentaram os melhores estados fitossanitários, com 100% dos indivíduos sem registros de danos por doenças e insetos. Entretanto, a progênie com maior percentual de ataque de insetos (progênie 11) apresentou 37% dos indivíduos com ocorrência de danos, valores superiores aos obtidos por Tonini *et al.* (2006), que encontraram 14,3% das árvores atacadas por insetos, embora não tenham especificado de qual ordem se tratava. Neste estudo, até o presente momento, não foi observado ocorrência de ataque de fungos, apenas o ataque de insetos, especificamente lagartas (ordem Lepidóptera) (Figura 1). O ataque ocorre na gema (apical ou lateral) com exsudação de goma, que o caracteriza. O ataque se restringe ao caule e ramos, mas não compromete a copa, onde as folhas são usadas somente para a formação do casulo. Ao contrário do observado para *Hypsipyla grandella* em *Swietenia macrophylla* (mogno), em que a severidade do ataque compromete o estabelecimento

do plantio e a produção de madeira da espécie. Em *Parkia multijuga* os danos causados pelas lagartas podem ser considerados leves, pois não comprometem a integridade do fuste e a dominância apical, não sendo necessária realização da poda. A identificação do inseto não foi possível devido somente a presença de material imaturo na época da coleta de dados e, até o momento, não há conhecimento sobre trabalhos que observaram ataque de insetos desta natureza em indivíduos de *Parkia multijuga* em condições de plantio, seja na fase juvenil ou adulta, embora haja registro de predação por besouros nas sementes (HOPKINS, 1983; ALVES, 2019). Em um estudo recente, cerca de 32% das sementes de *Parkia multijuga* foram atingidas pela predação de besouros dos gêneros *Acanthoscelides* e *Mimosestes* (família Chrysomelidae, subfamília Bruchinae) (ALVES, 2019). O autor destaca que entre as sementes predadas, 75% tiveram seus cotilédones consumidos em até 30% e, em 42% dos casos, o embrião foi consumido inviabilizando a semente e que apenas cerca de 20% das sementes predadas sobreviveram e geraram plântulas saudáveis.

Figura 1 – Ocorrência de ataque de lagartas em progênes de *Parkia multijuga* Benth., três anos após o plantio, no município de Manaus, Amazonas. (A) Experimento três anos após o plantio. (B) Ataque na gema lateral. (C) Ataque na gema apical. (D) Exsudação de goma após o ataque



Fonte: Autores (2021)

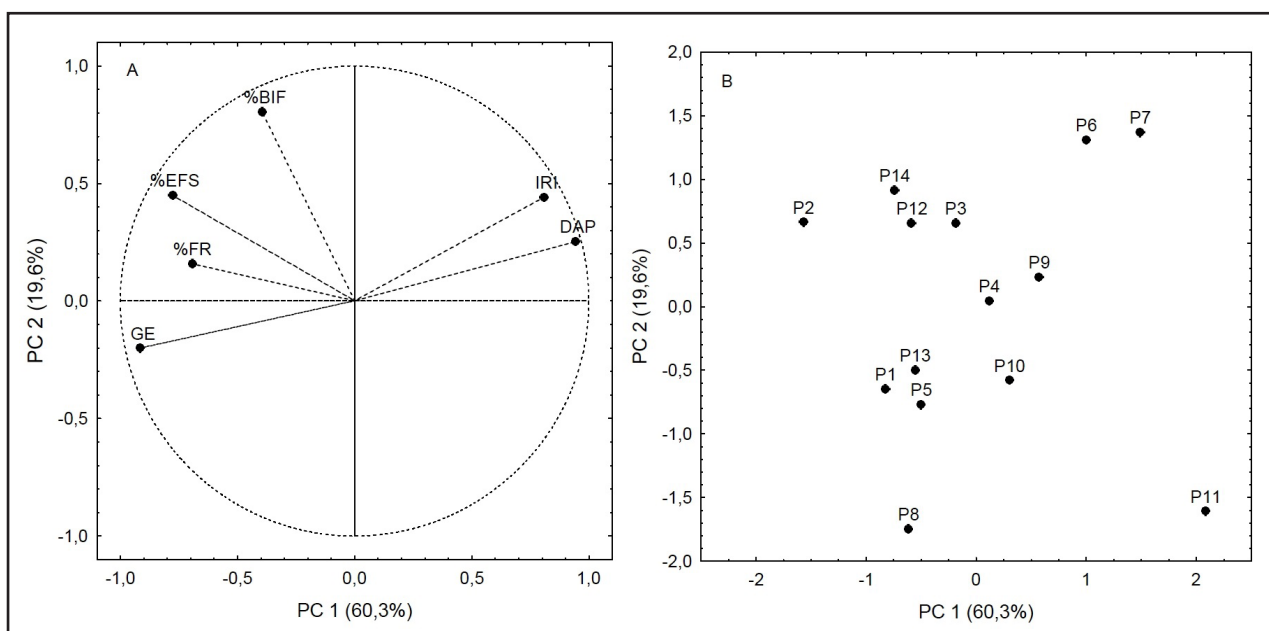
De maneira geral, a progênie 11 possui parte das características desejáveis, como o maior incremento em DAP e menor percentual de bifurcação. Por outro lado,

possui o pior estado fitossanitário, com 37% dos indivíduos atacados por insetos, o que provavelmente contribuiu para a menor sobrevivência dentre as progênies. De acordo com Walters *et al.* (2005), a ocorrência de ataques de pragas é um dos fatores que mais dificultam a implementação de experiências silviculturais na Amazônia. No entanto, como a progênie 11 apresentou o maior incremento, apesar do maior percentual de indivíduos atacados, esse maior incremento, mesmo após a ocorrência do dano, pode ser um indicativo de resistência ou de alta capacidade de recuperação desta progênie. Ademais, 63% dos indivíduos da progênie 11 (progênie que teve maior incremento e menor percentual de indivíduos bifurcados) não apresentaram ataque de insetos. Assim, apesar do estado fitossanitário aos três anos, a progênie 11 não deve ser excluída das etapas futuras de seleção de fenótipo superiores, especialmente quando analisado o desempenho individual em idades mais avançadas. Também é possível que a fenologia foliar de *Parkia multijuga* (troca de folhas regular observada em campo) possa ter contribuído para a capacidade de recuperação após o dano. Além disso, os danos atingem especialmente os ramos, não comprometendo a região do fuste, e quando danos mais severos ocorrem, esses têm maior impacto nas medidas de incremento em altura, por atingir a gema apical. Portanto, não é suficiente ter indivíduos de maior porte e maior incremento, mas precisam ser resistentes a fatores de estresse bióticos, características apresentadas pela progênie 11.

3.3 Agrupamento das progênies em relação ao desempenho silvicultural

Com o objetivo de separar as progênies em grupos de desempenho, foi realizada uma análise de componentes principais com as características silviculturais de maior interesse (IRI, DAP, GE, Fuste retilíneo, Bifurcação e Estado fitossanitário), como mostrado na Figura 2.

Figura 2 – Análise de componentes principais do índice de resposta integrada e médias de diâmetro à altura do peito, grau de esbeltez, percentual de indivíduos com fustes retilíneos e bifurcados e percentual de indivíduos com estado fitossanitário satisfatório para 14 progênies de *Parkia multijuga* Benth., três anos após o plantio, no município de Manaus, Amazonas. (A) Projeção das variáveis no plano fatorial (1x2). (B) Projeção dos scores das progênies no mesmo plano



Fonte: Autores (2021)

Em que: IRI = índice de resposta integrada; DAP = diâmetro à altura do peito; GE = grau de esbeltez; %FR = percentual de indivíduos com fustes retilíneos; %BIF = percentual de indivíduos com fustes bifurcados e %EFS = percentual de indivíduos com estado fitossanitário satisfatório.

O eixo 1 explicou 60,3% da variação das características silviculturais e foi positivamente correlacionado à IRI ($r = 0,81$) e DAP ($r = 0,94$) e negativamente correlacionado a GE ($r = -0,91$), EFS ($r = -0,78$) e percentual de fuste retilíneo - %FR ($r = -0,69$) (Figura 2A). O lado positivo do eixo está relacionando as progênies com maiores valores de IRI e DAP, e menores valores de GE, estado fitossanitário satisfatório (EFS) e menor percentual de indivíduos com fuste retilíneo (progênies 6, 7 e 11). O lado negativo está relacionado às progênies com menor desempenho (IRI, DAP e GE), porém com maior percentual de indivíduos com fuste retilíneo e melhor

estado fitossanitário, como a progênie 2. Essa estratégia oposta entre potencial de estabelecimento e qualidade do indivíduo se deve ao fato das características silviculturais de desempenho (especialmente IRI e DAP) não coincidirem com as características silviculturais indicadoras de qualidade desejáveis (GE, EFS e FR). Vale destacar que só existe correlação significativa ($r = -0,59$) entre IMA-DAP (que compõe o IRI) e EFS. Dessa forma, o ataque de insetos não parece ter afetado o incremento em diâmetro das melhores progênies, como discutido anteriormente. Esses resultados contrariam ao observado por Machado *et al.* (2018), em que o intenso ataque de *Hypsipyla grandella* em todos os indivíduos de *Swietenia macrophylla* (mogno) resultou no menor incremento em altura e segundo menor incremento em diâmetro dentre as cinco espécies estudadas. É possível que haja um balanço entre o potencial de estabelecimento e qualidade do indivíduo, porém tal estratégia pode ser dependente da espécie. Embora as árvores com ataque de pragas serem imediatamente excluídas do processo seletivo em programas de melhoramento, acredita-se que, neste estudo, o ataque de insetos não compromete o processo de seleção devido a alguns fatores: 1) o ataque ter ocorrido em 12 das 14 progênies avaliadas no estudo e que nem todos os indivíduos de cada progênie foram atacados (o valor máximo de 37% de indivíduos atacados de uma progênie), o que pode ser indicativo de que não há um genótipo mais suscetível; 2) ocorrência somente de danos leves que não comprometeram o incremento da árvore e 3) os ataques de insetos terem sido observados nos primeiros anos de estabelecimento, os quais podem não ocorrer a longo prazo. Avaliações futuras serão realizadas neste teste de progênies de forma a melhor elucidar essa questão.

O eixo 2 explicou 19,6% da variação e foi positivamente correlacionado ao percentual de bifurcação - BIF ($r = 0,80$) (Figura 2B), com as progênies com maior percentual de indivíduos bifurcados no topo (2 e 14). A progênie 11 apresentou alta correlação negativa com %BIF, com somente 6 indivíduos dessa progênie com fuste

bifurcado. Em relação ao eixo 1, é importante destacar que a maior parte das progênies apresenta desempenho intermediário e semelhante entre si (progênies 1, 3, 4, 5, 8, 9, 10, 12, 13 e 14). Dessa forma, para esse conjunto de progênies, considerando esse conjunto de características, é necessário um maior tempo de acompanhamento para melhor avaliá-las. Vale destacar que o manejo do plantio, como o desbaste seletivo, por exemplo, baseado somente nas características de incremento pode resultar na eliminação de indivíduos com outras características silviculturais desejáveis.

3.4 Implicações silviculturais para plantios de produção na Amazônia

Três anos após o plantio, a maioria das progênies apresentou alto grau de similaridade para características morfométricas, porém é possível separar os comportamentos mais contrastantes, especialmente com base no incremento em DAP. Esta seleção inicial possibilitará maior informação para tomada de decisão sobre intervenções silviculturais que estimulem o desempenho das progênies com fenótipo superior.

Progênies com indivíduos que reúnem a maior parte das características desejáveis para produção de madeira, como as progênies 6, 7 e 11, podem ser intensamente manejadas com o objetivo de aumentar a produtividade dos plantios ou serem selecionadas para a composição de áreas de produção de sementes, como os pomares de sementes, desde que resultados mais conclusivos sejam obtidos a partir da avaliação após o início do estágio reprodutivo e em idades mais próximas a rotação. Em contrapartida, progênies com pior desempenho, no caso da progênie 2, podem ser suprimidas para favorecer progênies com características silviculturais de maior interesse. Entretanto, vale destacar que a seleção de um grupo de características de maior interesse é fundamental nessa etapa de seleção de progênies, que em outras palavras, algumas progênies apresentaram características importantes, como a progênie 2, que tem 100% dos indivíduos sem ocorrência de insetos e/ ou doenças.

4 CONCLUSÃO

Três anos após o plantio, já é possível identificar progênes de *Parkia multijuga* com melhor desempenho silvicultural. A seleção de progênes com fenótipos superiores para programas de melhoramento deve considerar tanto características quantitativas como as qualitativas, visto que nem sempre essas características convergem.

AGRADECIMENTOS

Os autores dessa pesquisa agradecem à Fazenda Experimental da Universidade Federal do Amazonas (FAEXP/UFAM) pelo suporte logístico e infraestrutura dos experimentos, ao Laboratório de Silvicultura, Centro de Sementes Nativas do Amazonas (CSNAM) e ao Viveiro Florestal da mesma Universidade pela disponibilidade dos equipamentos e insumos para a realização do experimento. O Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM) que concederam bolsas de iniciação científica, mestrado e doutorado durante a pesquisa. Marciel José Ferreira agradece à bolsa de produtividade concedida pelo CNPq (processo 309870/2020-8).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES, G. DE; LEONARDO, J.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, dec. 2013.
- ALVES, R. M.; CHAVES, S. F. D. S.; GAMA, M. A. P.; PEDROZA NETO, J. L.; SANTOS, T. G. D. Simultaneous selection of cupuassu tree and Brazilian mahogany genotypes in an agroforestry system in Pará state, Brazil. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 50, n. 3, p. 183-191, jul./set. 2020.
- ALVES, Marcelo Menezes. ***Parkia multijuga (fabaceae): interações multi-espécie e estratégias que maximizam a sobrevivência nos estágios iniciais de sua história de vida.*** 2019. 92 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas – Botânica) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Manaus, 2019.
- ARAÚJO, A. C.; NOBRE, A. D.; KRUIJT, B.; ELBERS, J. A.; DALLAROSA, R.; STEFANI, P.; VON RANDOW, C.; MANZI, A. O.; CULF, A. D.; GASH, J. H. C.; VALENTINI, R.; KABAT, P. Comparative measurements of carbon dioxide fluxes from two nearby towers in a central Amazonian rainforest: The Manaus LBA site. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, [s.l], v. 107, n. D20, p. LBA 58-1-LBA 58-20, oct. 2002.

BARUA, S. K.; LEHTONEN, P.; PAHKASALO, T. Plantation vision: potentials, challenges and policy options for global industrial forest plantation development. **International Forestry Review**, [s.l.], v. 16, n. 2, p. 117-127, abr. 2014.

BOSCHETTI, W. T. N.; PAES, J. B.; VIDAURRE, G. B.; ARANTES, M. D. C.; LEITE, F. P. Dendrometric parameters and eccentricity of the pith in leaning eucalypt trees. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 781-789, dez. 2015.

CAMARGO, J. L. C.; FERRAZ, I. D. K.; IMAKAWA, A. M. Rehabilitation of degraded areas of central Amazonia using direct sowing of forest tree seeds. **Restoration ecology**, [s.l.], v. 10, n. 4, p. 636-644, dec. 2002.

CARVALHO, P. E. R. Faveira-Benguê-*Parkia multijuga*. **Embrapa Florestas - Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, Colombo, Paraná, n. 227, p. 6, 2009.

CASTRO, C. E. C.; SILVA, P. H. M.; ARAÚJO, M. J.; MIRANDA, A. C.; MORAES, M. L. T.; PAULA, R. C. Adaptability, stability and productivity of *Eucalyptus grandis* progenies. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 118, p. 157-166, jun. 2018.

CISNEROS, A. B.; MOGLIA, J. G.; ÁLVAREZ, J. A. Morfometría de copa en *Prosopis alba* Griseb. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 29, n. 2, p. 863-884, abr./jun. 2019.

CHAUVEL, A. Os latossolos amarelos, álicos, argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 12, supl. 3, p. 47-60, 1982.

COSTA, E. A.; FINGER, C. A. G.; HESS, A. F. Competition Indices and Their Relationship With Basal Area Increment of Araucaria. **Journal of Agricultural Science**, Ontario, v. 10, n. 5, p. 198-210, abr. 2018.

COSTA, K. C. P.; FERRAZ, J. B. S.; BASTOS, R. P.; FERREIRA, M. J.; REIS, T. S.; TRINDADE, A. S.; GUIMARÃES, G. P. Estoques de biomassa e nutrientes em três espécies de parkia em plantios jovens sobre área degradada na Amazônia central. **Floresta**, Curitiba, v. 44, n. 4, p. 637-646, out./dez. 2014.

CRUZ, S. L.; PEDROZO, C. Â.; OLIVEIRA, V. X. A.; SILVA, A. M. D.; RESENDE, M. D. V. D.; GONÇALVES, D. D. A. Parâmetros genéticos e seleção inicial de procedências e progênies de taxi-branco (*Tachigali vulgaris*) em Roraima. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 258-269, jan./mar. 2020.

DEGEN, B.; SEBBENN, A. M. Genetics and tropical forests. In: **Tropical Forestry Handbook, 2nd ed. Berlin Heidelberg: Springer Verlag**, p. 1-30, 2014.

DE STEVEN, D. Experiments on mechanisms of tree establishment in old-field succession: seedling survival and growth. **Ecology**, Washington, v. 72, n. 3, p. 1076-1088, jun. 1991.

DIONISIO, L. F. S.; CONDÉ, T. M.; GOMES, J. P.; MARTINS, W. B. R.; SILVA, M. T.; SILVA, M. W. Caracterização morfométrica de árvores solitárias de *Bertholletia excelsa* H.B.K. no sudeste de Roraima. **Agro@ambiente On-line**, v. 11, n. 2, p. 163-173, 2017.

FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá-Roraima. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 39, n. 4, p. 835-842, dez. 2009.

FINEGAN, B. The management potential of neotropical secondary lowland rain forest. **Forest ecology and management**, Amsterdam, v. 47, n. 1-4, p. 295-321, jan. 1992.

GALEÃO, R. R.; CARVALHO, J. O. P.; YARED, J. A. G.; MARQUES, L. C. T.; COSTA FILHO, P. P. Diagnóstico dos projetos de reposição florestal no Estado do Pará. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 45, p. 101-120, jan./jun. 2006.

GIUSTINA, L. D.; ROSSI, A. A. B.; VIEIRA, F. S.; TARDIN, F. D.; NEVES, L. G.; PEREIRA, T. N. S. Variabilidade genética em genótipos de teca (*Tectona grandis* Linn. F.) baseada em marcadores moleculares ISSR e caracteres morfológicos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 4, p. 1311-1324, out./dez. 2017.

GUIMARÃES, Z. T. M.; SANTOS, V. A. H. F.; NOGUEIRA, W. L. P.; MARTINS, N. O. A.; FERREIRA, M. J. Leaf traits explaining the growth of tree species planted in a Central Amazonian disturbed area. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 430, p. 618-628, set. 2018.

HOPKINS, Michael John Gilbert. Unusual diversities of seed beetles (Coleoptera: Bruchidae) on *Parkia* (Leguminosae: Mimosoideae) in Brazil. **Biological Journal of the Linnean Society**, London, v. 19, n. 4, p. 329-338, 1983.

IBÁ – Indústria Brasileira de árvores. **Relatório Anual 2020**. Disponível em: <https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/relatorio-iba-2020.pdf>. Acesso: em 25 jan. 2021.

IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura** – PEVS, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=resultados>. Acesso em: 26 jan. 2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2020. **Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite**, Projeto PRODES. Disponível em http://terrabrazilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 25 jan. 2021.

INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2016. **Projeto Terraclass 2012** – Mapeamento da vegetação secundária para a Amazônia Legal. Disponível em: http://www.inpe.br/cra/projetos_pesquisas/terraclass2012/. Acesso em: 10 jan. 2019.

LÖF, M.; DEY, D. C.; NAVARRO, R. M.; JACOBS, D. F. Mechanical site preparation for forest restoration. **New Forests**, West Lafayette, v. 43, n. 5-6, p. 825-848, abr. 2012.

MACHADO, M. R.; CAMARA, R.; SAMPAIO, P. T. B.; FERRAZ, J. B. S.; PEREIRA, M. G. Silvicultural performance of five forest species in the central Brazilian Amazon. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 48, n. 1, p. 10-17, jan./mar. 2018.

OLIVEIRA, A. M. **Sistema reprodutivo e parâmetros genéticos de progênies de *Parkia multijuga* Benth. em plantio de produção na Amazônia Central.** 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2019.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e tecnologia de espécies da mata atlântica.** Belo Horizonte: Rona, 2018.

SALOMÃO, R. P.; BRIENZA JÚNIOR, S.; ROSA, N. A. Dinâmica de reflorestamento em áreas de restauração após mineração em unidade de conservação na Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 1-24, jan./fev. 2014.

SANTOS, W.; SILVA, M. S. C.; DENIZ, L. D.; KIERAS, W. S.; SHIMIZU, J. Y.; SOUSA, V. A.; AGUIAR, A. V. Proceedings for the identification of provenances and progenies with wood productive potential in *Pinus maximinoi*. **Scientia Forestalis**, Santa Maria, v. 46, n. 117, p. 127-136, mar. 2018.

SOUZA, C. R.; LIMA, R. M. B.; AZEVEDO, C. P.; ROSSI, L. M. B. Efficiency of forest species for multiple use in Amazonia. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 77, p. 7-14, mar. 2008.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F.; SCHWENGBER, D.; MOURÃO JUNIOR, M. Avaliação de espécies florestais em área de mata no estado de Roraima. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 8-18, jan./mar. 2006.

TUNG, E. S. C.; FREITAS, M. L. M.; FLORSHEIM, S. M. B.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; SANTOS, F. W.; MORAES, M. L. T.; SEBBENN, A. M. Variação genética para caracteres silviculturais e anatômicos da madeira em progênies de *Myracrodruon urundeuva* (Engler) Fr. Allem. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 87, p. 499-508, set. 2010.

WALTERS, B. B.; SABOGAL, C.; SNOOK, L. K.; ALMEIDA, E. Constraints and opportunities for better silvicultural practice in tropical forestry: an interdisciplinary approach. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 209, n. 1-2, p. 3-18, abr. 2005.

Contribuição de Autoria

1 – Zilza Thayane Matos Guimarães

Engenheira Florestal, Ma., Doutoranda em Ciências de Florestas Tropicais

<https://orcid.org/0000-0002-3375-009X> • thayanematos91@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Metodologia, Administração do projeto, Validação, Visualização de dados, Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição

2 – Kamilla Freire Limongi Lopes

Graduanda em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-4625-6506> • lmngi@hotmail.com

Contribuição: Curadoria de dados, Análise Formal, Investigação, Visualização de dados,
Escrita – revisão e edição

3 – Mônica de Souza Barbosa

Graduanda em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0001-6685-316X> • barbosamonica11@gmail.com

Contribuição: Investigação, Escrita – revisão e edição

4 – Victor Alexandre Hardt Ferreira dos Santos

Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto

<https://orcid.org/0000-0002-3510-5035> • vasantos@uea.edu.br

Contribuição: Investigação, Escrita – revisão e edição

5 – Thalita Vitória Mamede Silva

Graduanda em Engenharia Florestal

<https://orcid.org/0000-0003-4498-0832> • thalitamamede4@gmail.com

Contribuição: Investigação, Escrita – revisão e edição

6 – Rafael Gonçalves de Oliveira

Engenheiro Florestal, Me., Técnico Administrativo de Ensino Superior

<https://orcid.org/0000-0002-1019-3710> • rafaelgo@ufam.edu.br

Contribuição: Investigação, Escrita – revisão e edição

7 – Manuel de Jesus Vieira Lima Júnior

Engenheiro Florestal, PhD., Professor Titular

<https://orcid.org/0000-0001-9885-1214> • mjlimajunior@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Recursos, Escrita – revisão e edição

8 – Narrúbia Oliveira de Almeida Martins

Engenheira Florestal, Dra., Professora Adjunta

<https://orcid.org/0000-0002-4273-6441> • narrubia.almeida@gmail.com

Contribuição: Avaliação, Escrita – revisão e edição

9 – Marciel José Ferreira

Engenheiro Florestal, Dr., Professor Adjunto

<https://orcid.org/0000-0002-7164-2284> • mjf.ufam@gmail.com

Contribuição: Conceituação, Administração do projeto, Recursos, Investigação, Metodologia, Supervisão, Validação, Visualização de dados, Escrita – revisão e edição

Como citar este artigo

Guimarães, Z. T. M.; Lopes, K. F. L.; Barbosa, M. S.; Santos, V. A. H. F.; Silva, T. V. M.; Oliveira, R. G.; Lima Júnior, M. J. V.; Martins, N. O. A.; Ferreira, M. J. Desempenho silvicultural de progênies de *Parkia multijuga* Benth. no Amazonas três anos após o plantio. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 43-70, 2022. DOI 10.5902/1980509839133. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509839133>.