



ARTIGO ORIGINAL

Igor Iverson Almeida¹
Reila Ferreira dos Santos²
Marcos Miguel Mayer³
Jordânia Zerrar da Silva³
Ayulle Thália W. Alcoforado³
Cássia Ângela Pedrozo^{4*}

¹ Universidade Estadual de Roraima (UERR), Rua Sete de Setembro, 231, Bairro Canarinho, 69309-395, Boa Vista, RR, Brasil.

² Universidade Federal de Roraima (UFRR), Avenida Capitão Ene Garcês, 2413, Bairro Aeroporto, 69310-000, Boa Vista, RR, Brasil.

³ Instituto Federal de Roraima (IFRR), Avenida Glaycon de Paiva, 2496, Bairro Pricumã, 69365-000, Boa Vista, RR, Brasil.

⁴ Embrapa Roraima, Rodovia BR 174, km 8, s/n, Distrito Industrial, 69301-970, Boa Vista, RR, Brasil.

* **Autora correspondente:**

E-mail: cassia.pedrozo@embrapa.br

PALAVRAS-CHAVE

Enxerto
Bertholletia excelsa
Propagação vegetativa

KEYWORDS

Grafted plants
Bertholletia excelsa
Vegetative propagation

Porta-enxertos e enxertia de castanheira-do-brasil pelo método da borbulhia em placa

Rootstocks and grafting of Brazil nuts by the patch budding

RESUMO: Grande parte da produção de castanha-do-brasil é oriunda do extrativismo em áreas nativas, sendo o sucesso da exploração em sistemas de cultivo altamente dependente de técnicas de propagação vegetativa, para manutenção das características genéticas e encurtamento do período juvenil de genótipos selecionados. Este estudo teve como objetivos determinar a idade ótima de porta-enxertos de castanheira para realização da enxertia por borbulhia em placa, bem como verificar a porcentagem de sobrevivência de enxertos e o crescimento inicial de brotações de diferentes genótipos em Roraima. Para isso foram instalados dois experimentos no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjados em esquema de parcela subdividida no tempo, sendo genótipos as parcelas e tempos de avaliação as subparcelas. Foram avaliadas variáveis de crescimento dos porta-enxertos e porcentagem de enxertos vivos e variáveis de crescimento das brotações dos enxertos. Os porta-enxertos atingiram porte recomendado para enxertia entre os 26 e 34 meses após o plantio, indicando crescimento mais lento quando comparado com outros locais. Aos 120 dias após a enxertia foram obtidas porcentagens de sobrevivência de enxertos variando de 25% a 100%, dependendo do genótipo do enxerto. A porcentagem média geral de sobrevivência foi superior a 70%. O crescimento (altura, diâmetro e número de brotações laterais) das brotações observado para alguns genótipos é indicativo da adaptação desses às condições de cultivo consideradas. Como a castanheira é uma espécie perene, tanto o crescimento em idades mais avançadas, quanto a futura produtividade e longevidade das plantas deverão ser monitoradas.

ABSTRACT: A large part of Brazil nut production comes from extraction in native areas. Thus, the successful exploitation in cultivation systems is highly dependent on vegetative propagation techniques, to maintain the genetic traits and shorten the juvenile period of selected genotypes. This study aimed to determine the optimal age of Brazil nut rootstocks to perform grafting by patch budding method, as well as to verify the percentage of graft survival and the initial growth of different clones in Roraima. For this purpose, two experiments were installed in a randomized block design, with four replications. The treatments were arranged in a split-time scheme in time, such as the genotypes considered the plots and the evaluation times the subplots. It were evaluated rootstock growth traits, percentage of alive grafts and sprouts growth traits. The rootstocks reached the recommended size for grafting between 26 and 34 months after planting, indicating slower growth when compared to other locations. At 120 days after grafting, it were obtained percentages of graft survival ranging from 25% to 100%, depending on the graft genotype. The overall average percentage of survival was over 70%. The initial growth (height, diameter and number of lateral shoots) of shoots observed for some genotypes is indicative of their adaptation to the cultivation conditions considered. As the Brazil nut tree is a perennial species, both the growth in older ages, as well as the future productivity and longevity of the plants must be monitored.

Recebido em: 18/08/2020
Aceite em: 08/12/2020

1 Introdução

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é encontrada naturalmente em vários países da região Amazônica. Trata-se de uma espécie de grande relevância social, econômica e ecológica para a região, principalmente, devido ao valor agregado às suas amêndoas (Wadt et al., 2015).

Embora grande parte da produção de castanha-do-brasil seja oriunda do extrativismo em áreas nativas (Costa et al., 2017), a exploração da espécie em sistemas de cultivo tem sido estimulada, sendo o sucesso dessa atividade dependente de material genético selecionado e de técnicas eficientes de propagação para que seja obtida boa produtividade e em menor período (Homma et al., 2014).

A castanha pode se propagar tanto via sementes, quanto de forma vegetativa, pela técnica da enxertia (Nascimento et al., 2010). O uso de mudas seminíferas é importante para cultivos visando a produção de madeira e porta-enxertos, enquanto a propagação vegetativa é almejada na produção de frutos, uma vez que possibilita a manutenção das características genéticas de genótipos selecionados, bem como o encurtamento do período juvenil das árvores.

O método de enxertia comumente utilizado para a castanha é o da borbulhia em placa, realizada diretamente no campo (Müller et al., 1995; Corvera-Gomringer et al. 2010; Nascimento et al., 2010). Segundo informações técnicas disponibilizadas pelos autores citados, esse tipo de enxertia deve ser realizado quando os porta-enxertos apresentam entre 1,5 m e 2,0 m de altura, crescimento que, para as condições do Pará, ocorre entre os 18 e 24 meses após o plantio das mudas no campo.

Ainda para as condições do Pará, a porcentagem de sobrevivência de enxertos de castanha pelo método da borbulhia em placa pode chegar a 90% (Müller et al., 1995). Entretanto, apesar dessas informações iniciais, o tempo necessário para que porta-enxertos atinjam o porte adequado para a enxertia, bem como a taxa de sobrevivência e o crescimento dos enxertos ainda precisam ser determinados para uma gama de condições edafoclimáticas da Amazônia brasileira. Além disso, genótipos selecionados devem ser avaliados quanto à capacidade de propagação pelo método da borbulhia, uma vez que estudos realizados para outras espécies têm demonstrado comportamento diferenciado de genótipos, quanto à capacidade de sobrevivência e ao desenvolvimento dos enxertos (Celant et al., 2009; Wendling, 2009).

O presente estudo teve como objetivos determinar a idade ótima de porta-enxertos de castanha-do-brasil para enxertia por borbulhia em placa, bem como determinar a porcentagem de sobrevivência e o crescimento inicial de enxertos de diferentes genótipos de castanha-do-brasil, em área de transição floresta-cerrado, em Roraima.

2 Material e Métodos

Foram implantados dois experimentos no Campo Experimental Serra da Prata, localizado no município de Mucajaí (RR) e pertencente à Embrapa Roraima. A área experimental é representativa de floresta ombrófila aberta e, no momento do preparo do solo, encontrava-se coberta por vegetação secundária. O solo é considerado como Latossolo Vermelho Amarelo e o clima da região é do tipo Aw (Köppen), com período seco de 4 meses por ano (Barbosa, 1997).

O primeiro experimento foi implantado para determinar a idade ótima de porta-enxertos para enxertia pelo método da borbulhia em placa. Em maio de 2015, mudas seminíferas de castanha de aproximadamente 6 meses de idade e provenientes de nove genótipos (Claudio 34, Claudio 54, Claudio 68, K7-106, K7-37, K7-85, Natanael 14, Natanael 15 e Natanael 24) selecionados de castanhas nativas do Amapá (Laranjal do Jari/Mazagão), foram plantadas no campo para serem avaliadas como porta-enxertos.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida no tempo, onde as parcelas foram representadas pelos nove genótipos e as subparcelas por três tempos de avaliação dos porta-enxertos (6 meses, 25 meses e 36 meses após o plantio). Cada parcela experimental consistiu de um porta-enxerto.

O espaçamento utilizado entre plantas foi de 7 m x 7 m, sendo o preparo do solo para plantio constituído, na sequência, de destoca, aração e nivelamento. Os tratos culturais pós-plantio consistiram de limpeza da área, coroamento das plantas e irrigação de salvação quando necessário. No plantio, cada cova foi preparada com 5 litros de esterco bovino e 100 g de superfosfato triplo. Decorridos 15 dias, realizou-se a adubação de cobertura com 50 g de ureia, 25 g de FTE e 30 g de KCl por planta. Aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, cada planta foi adubada com 25 g de FTE e 100 g de NPK 08:28:20.

Nos três tempos mencionados, os porta-enxertos foram avaliados quanto ao diâmetro a 10 cm do colo da planta (DIA; cm) e altura total da planta (ALT; m), sendo utilizados, para isso, paquímetro manual e trena, respectivamente.

O segundo experimento foi instalado para determinar a porcentagem de sobrevivência e o crescimento inicial de enxertos de nove genótipos de castanha (SJB-119, SJB-136, SJB-163, ITA-P0104, ITA-P0128, ITA-P0151, ITA-P0242, ITA-P02108 e CUJ-P0233) selecionados de três populações nativas de Roraima (São João da Baliza – SJB; região do Itã em Caracarái – ITÃ; região do Cujubim em Caracarái – CUJ). O método de enxertia utilizado foi a borbulhia em placa, conforme Müller et al. (1995) e Corvera-Gomringer et al. (2010).

O espaçamento entre plantas, preparo da área, plantio e manejo pós-plantio dos porta-enxertos foi realizado conforme mencionado no primeiro experimento. A enxertia ocorreu em novembro/dezembro de 2016. Os porta-enxertos, os quais foram produzidos de sementes

coletadas dos próprios genótipos selecionados, apresentavam cerca de dois anos e meio de plantio no campo quando foram enxertados.

Aos 45, 90 e 120 dias após a enxertia foi avaliada a porcentagem de sobrevivência de enxertos de cada genótipo. Uma vez que dois dos genótipos apresentaram baixo número de enxertos vivos (ITA-P0151 e CUJ-P0233), apenas sete genótipos prosseguiram para avaliação do crescimento das brotações, considerando-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os tratamentos foram arranjos em esquema de parcela subdividida no tempo, onde as parcelas foram constituídas pelos sete genótipos e as subparcelas por 12 tempos de avaliação (entre 8 e 19 meses após a enxertia). Cada parcela experimental foi constituída por uma planta enxertada.

Em cada um dos tempos de avaliação, as brotações dos enxertos foram avaliadas quanto às seguintes variáveis: número de brotações laterais (NBL); comprimento da brotação principal (CBP; m) e; diâmetro da brotação principal (DBP; cm). Para avaliação do DBP e CBP foram utilizados paquímetro manual e trena, respectivamente, sendo o DBP avaliado a 5,0 cm acima do enxerto.

Por não terem sido coletados sob delineamento experimental, os dados da porcentagem de sobrevivência de enxertos, obtidos no segundo experimento foram submetidos à análise estatística descritiva. Os dados das demais variáveis, coletados nos dois experimentos, foram inicialmente avaliados quanto à normalidade pelo método de Shapiro-Wilk e, posteriormente, submetidos à análise de variância. As médias dos genótipos foram agrupadas pelo teste de Skott-Knott, em nível de 5% de significância, enquanto as médias dos tempos de avaliação foram submetidas à análise de regressão. O Programa Sisvar (Ferreira, 2011) foi utilizado nas análises estatísticas.

3 Resultados e Discussão

Os dados obtidos no primeiro experimento, tanto para altura (ALT), quanto para o diâmetro (DIA) dos porta-enxertos seguiram distribuição normal. Na Tabela 1 é apresentado o resumo da análise de variância para as duas variáveis, podendo-se observar que houve significância ($p < 0,05$) apenas para o fator tempo, o que indica falta de variabilidade para os genótipos e independência entre estes dois fatores. Sendo assim, a idade ótima dos porta-enxertos para realização da enxertia independe do genótipo.

Os elevados coeficientes de variação observados para ALT e DIA, quando se considera o fator genótipos (46,16 e 57,68%, respectivamente), indicam existência de grande dispersão dos dados dentro de cada genótipo, o que era esperado devido ao fato de a castanheira ser considerada uma espécie de fecundação predominantemente cruzada (Wadt et al., 2015), bem como devido ao baixo número de repetições utilizado. Em relação ao fator tempo, os coeficientes de variação foram moderados para as duas variáveis (18,89 e 17,71%

para ALT e DIA, respectivamente).

Tabela 1. Resumo da análise de variância para altura (ALT; m) e diâmetro do caule a 10 cm do colo da planta (DIA; cm), de porta-enxertos provenientes de nove genótipos de castanheira-do-brasil, avaliados em diferentes tempos.

Table 1. Summary of analysis of variance for height (ALT; m) and stem diameter 10 cm from lap of the plant (DIA; cm), of rootstocks from nine Brazil nut genotypes, evaluated at different times.

FV	GL	QM	
		ALT	DIA
Bloco	3	0,0439	0,8269
Genótipo (G)	8	0,4595ns	2,3802ns
erro 1	24	0,4047	1,9757
Tempo (T)	2	23,7539*	108,3797*
G x T	16	0,0737ns	0,6714ns
erro 2	6	0,0678	0,1862
erro 3	48	0,0876	0,5589
CV1		46,16	57,68
CV2		18,89	17,71
CV3		21,47	30,68
Média geral		1,38	2,44

* e ns: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A enxertia quando é realizada diretamente no campo, como é o caso do método da borbulhia em placa aplicado para a castanheira, apresenta como principal vantagem a formação de um sistema radicular mais desenvolvido, resultando no desenvolvimento rápido e na uniformidade das brotações, proporcionando, conseqüentemente, maior vigor da parte aérea da planta (Wendling et al., 2017). Neste sentido, os porta-enxertos devem apresentar altura e diâmetro adequados para permitir a sobrevivência e o desenvolvimento dos enxertos. No presente estudo foi observado crescimento linear positivo significativo dos porta-enxertos ao longo do tempo, tanto para ALT quanto para DIA (Figuras 1A e 1B, respectivamente), com média de 2,17 m e 4,19 cm aos 36 meses após o plantio, respectivamente.

A obtenção de porta-enxertos adequados pode representar um grande desafio para a enxertia em espécies nativas, como é o caso da castanheira. No presente estudo, os porta-enxertos atingiram a altura recomendada para enxerto (Müller et al., 1995), ou seja, entre 1,5 e 2,0 m de altura (Figura 1A), quando apresentavam entre 26 e 34 meses de plantio no campo. Esses dados indicam que, em Roraima, os porta-enxertos de castanheira crescem mais lentamente que porta-enxertos implantados no Pará, os quais atingem o porte ideal para enxertia entre os 18 e 24 meses após o plantio no campo (Müller et al., 1995).

Recomenda-se que porta-enxertos sejam produzidos de sementes de origem regional, pelo fato de apresentarem maior adaptabilidade às condições de clima e solo do local de plantio (Wendling et al., 2017). Sendo assim, um dos fatores que poderia ter colaborado para o menor crescimento dos porta-enxertos em Roraima é a origem dos mesmos, uma vez que são provenientes de sementes coletadas de genótipos selecionados no Amapá. Além disso, diferenças de crescimento de porta-enxertos entre diferentes locais podem ser explicadas pelas diferenças genéticas entre as matrizes utilizadas para

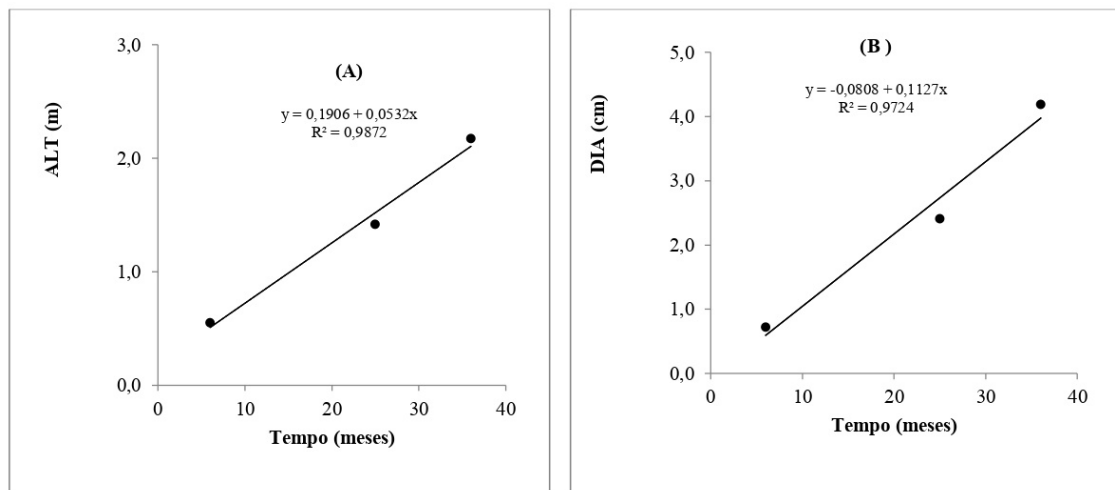


Figura 1. Altura (ALT; A) e diâmetro do caule a 10 cm do colo da planta (DIA; B) de porta-enxertos de castanheira-do-brasil em função de diferentes tempos de avaliação.

Figure 1. Height (ALT; A) and stem diameter 10 cm from lap of the plant (DIA; B) of Brazil nut rootstocks according to different evaluation times.

coleta de sementes, bem como pelas diferenças edafoclimáticas e de manejo pré e pós-plantio das mudas no campo.

Segundo Góes et al. (2016), o diâmetro do caule é a característica mais marcante para determinar se a planta está em condições de ser enxertada, sendo que, quanto maior o diâmetro, maior o estado de lignificação e maior é a dificuldade de cicatrização e de união entre enxerto e porta-enxerto. No período entre 26 e 34 meses, considerado o período ótimo de enxertia de acordo com a altura das plantas, os porta-enxertos de castanheira apresentavam diâmetro médio entre 2,41 e 3,75 cm, respectivamente (Figura 1B).

A porcentagem geral de sobrevivência de enxertos, obtida no segundo experimento, foi de 84,4, 77,1 e 74,0%, respectivamente, aos 45, 90 e 120 dias após a enxertia (Tabela 2). Esses resultados demonstram maior confiabilidade na avaliação realizada aos 120 dias, visto que alguns enxertos secaram ao longo do tempo de avaliação. Domingos & Wendling (2006) também observaram decréscimo ao longo do tempo, na sobrevivência dos enxertos de genótipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*) realizados diretamente no campo, pelo método da garfagem em fenda cheia. Apesar do decréscimo, a porcentagem de sobrevivência de enxertos para a castanheira foi satisfatória, demonstrando o sucesso na união dos tecidos do enxerto e porta-enxerto.

A porcentagem média de enxertos vivos obtida aos 45 dias após a enxertia foi inferior à obtida no Pará, que é de cerca de 90% (Müller et al., 1995). No entanto, vale ressaltar que a amostragem utilizada no presente estudo é pequena, o que pode subestimar ou superestimar a porcentagem de sobrevivência de enxertos. Além das condições edafoclimáticas, vários outros fatores podem afetar a sobrevivência de enxertos entre diferentes locais, dentre eles, genótipo do porta-enxerto e do enxerto, qualidade fisiológica e vigor do material propagativo a ser utilizado como enxerto e habilidade do enxertador (Novelli et al., 2019).

Cinco genótipos apresentaram 100% dos enxertos

vivos em todos os períodos avaliados (SJB-119, SJB-136, ITA-P0104, ITA-P0242 e ITA-P02108), enquanto os genótipos CUJ-P0233 e ITA-P0151 apresentaram apenas 25 ou 50% dos enxertos vivos. Essas diferenças podem ser atribuídas ao fator genótipo, bem como à baixa qualidade das hastes utilizadas. Domingos & Wendling (2006) e Wendling (2009) encontraram diferentes porcentagens de sobrevivência de enxertos para genótipos de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), pelo método da garfagem em fenda cheia, demonstrando a influência do genótipo no pegamento. Ainda segundo estes autores, o baixo percentual final de sobrevivência pode estar relacionado à avançada idade fisiológica dos enxertos, bem como à avançada idade das plantas selecionadas. Três genótipos (SJB-163, ITA-P0128 e CUJ-P0233) apresentaram queda no número de enxertos vivos ao longo do tempo.

Tabela 2. Porcentagem de sobrevivência de enxertos de nove genótipos de castanheira-do-brasil, avaliados aos 45, 90 e 120 dias após a enxertia.

Table 2. Percentage of graft survival from nine Brazil nut genotypes, evaluated at 45, 90 and 120 days after grafting.

Genótipo	% de sobrevivência de enxertos		
	45 dias	90 dias	120 dias
SJB-119	100	100	100
SJB-136	100	100	100
SJB-163	100	75	75
ITA-P0104	100	100	100
ITA-P0128	100	75	75
ITA-P0151	25	25	25
ITA-P0242	100	100	100
ITA-P02108	100	100	100
CUJ-P0233	50	50	25
Porcentagem média geral (%)	84,4	77,1	74,0

De acordo com a Tabela 3, que mostra o resumo da análise de variância do NBL, DBP e CBP, houve significância ($p < 0,05$) para o fator tempo e para a interação Genótipo x Tempo (G x T).

Os coeficientes de variação para tempo e para a interação G x T foram de baixos a moderados (abaixo de 18,51%), enquanto os coeficientes para genótipos

Tabela 3. Resumo da análise de variância para número de brotações laterais (NBL), comprimento da brotação principal (CBP; cm) e diâmetro da brotação principal (DBP; mm) de sete genótipos de castanheira-do-brasil, avaliados dos 8 aos 19 meses após a enxertia.

Table 3. Summary of analysis of variance for number of lateral shoots (NBL), length of the main shoot (CBP; cm) and diameter of the main shoot (DBP; mm) of seven Brazil nut genotypes, evaluated from 8 to 19 months after grafting.

FV	GL	NBL	CBP		DBP
			QM		
Bloco	3	8,8419	11684,1566		1,0686
Genótipo (G)	6	4,6420 ^{ns}	7272,7180 ^{ns}		8,8196 ^{ns}
erro 1	18	6,8614	21053,6470		12,5307
Tempo (T)	11	6,3831 [*]	24833,9196 [*]		12,4611 [*]
G x T	66	0,2669 [*]	382,5209 [*]		0,0472 [*]
erro 2	33	0,1709	357,6719		0,0952
erro 3	198	0,0549	169,1385		0,0307
CV1 (%)		117,33	110,04		70,18
CV2 (%)		18,51	14,34		6,12
CV3 (%)		10,50	9,86		3,47
Média geral		2,2 (5,3)	131,86		5,04 (26,23)

* e ^{ns}: significativo e não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; Números entre parênteses representam a média dos valores não transformados. Os dados do número de brotações laterais (NBL) e do diâmetro da brotação principal (DBP) não apresentaram normalidade e foram transformados para $\sqrt{x} + 0,5$.

apresentaram elevadas magnitudes (acima de 70,18%), o que pode ser explicado, em partes, pelo baixo número de repetições e pela interação entre porta-enxerto e enxerto. Visando redução de possíveis problemas de incompatibilidade entre porta-enxerto e enxerto, os porta-enxertos utilizados foram produzidos de sementes coletadas nos genótipos selecionados para enxertia, de forma que a planta mãe foi enxertada na planta filho. No entanto, pelo fato de a castanheira ser uma espécie com predominância de fecundação cruzada (Wadt et al., 2015), cada porta-enxerto é geneticamente diferente do outro, o que pode acarretar interação entre eles e os enxertos. Elevados coeficientes de variação foram também obtidos para variáveis relacionadas ao vigor em enxertos de ervamate, o que, segundo Wendling et al. (2009), é um resultado coerente para esse tipo de variável em condições de campo.

Em relação à enxertia da castanheira-do-brasil, poucas são as informações na literatura sobre o desenvolvimento dos enxertos em condições de campo (Passos et al., 2018). O estudo da correlação de variáveis de crescimento com variáveis de produção pode auxiliar na identificação precoce de genótipos mais produtivos e adaptados à região de interesse. Em estudo realizado por Tonini et al. (2008), em castanheiras adultas e nativas de Roraima, a produção de sementes correlacionou-se de forma significativa com o diâmetro à altura do peito e com a forma e posição da copa. Neste sentido, é importante o monitoramento do crescimento e da produção das castanheiras enxertadas, a fim de se verificar a existência dessa correlação em condições de cultivo e, conseqüentemente, a possibilidade de seleção precoce de clones.

Para a variável NBL, todos os genótipos apresentaram ajuste significativo (R^2 acima de 0,76; $p < 0,05$) à regressão polinomial de terceiro grau (Figura 2). Para o DBP e CBP (Figuras 3 e 4, respectivamente), com

exceção do genótipo ITA-P02108 para DBP e dos genótipos ITA-P02108, SJB-136 e ITA-P0128 para CBP, os quais apresentaram ajuste significativo para a regressão polinomial de terceiro grau (R^2 acima de 0,94; $p \leq 0,05$), todas as demais combinações se ajustaram à regressão linear (R^2 acima de 0,92; $p < 0,05$). As médias para as três variáveis no último tempo de avaliação (19 meses após o plantio) foram 10,6 brotos, 32,67 mm e 150,66 cm, para NBL, DBP e CBP, respectivamente.

Foi observado, de forma geral, aumento no NBL entre os 8 e os 9 meses após a enxertia. A partir desse período até os 15/16 meses após a enxertia foi verificada estabilização na emissão de novas brotações, voltando a ser crescente até o último mês de avaliação. Por estes resultados é possível afirmar que as plantas paralisaram a emissão de novas brotações no período caracterizado como seco em Roraima (outubro de 2017 a abril de 2018). Os resultados obtidos em relação ao NBL confirmam o sucesso na soldadura dos enxertos, como já mencionado para a porcentagem de enxertos vivos. Conforme Góes et al. (2016), a intensa atividade cambial, bem como a disponibilidade de reservas do material propagado podem favorecer o processo de ligação cambial e o desenvolvimento das brotações.

As brotações laterais são responsáveis pela emissão de folhas, as quais são importantes para o desenvolvimento da planta após o pegamento do enxerto (Taiz & Zeiger, 2013). Sendo assim, espera-se que, quanto maior o número de brotações laterais, maior o desenvolvimento da planta enxertada. Os genótipos ITAP02-108, ITA-P0128 e SJB-136 apresentaram os maiores valores médios do NBL até os 15 meses após a enxertia. Após esse período, ITA-P0104 e SJB-163 passaram a ter maior número de brotações. O período entre 15 e 19 meses, que ocorreu entre fevereiro e junho de 2018, foi caracterizado por aumento da precipitação e umidade relativa, bem como pela redução da temperatura. A partir dessas informações é possível concluir que ITA-P0104 e SJB-163, sob condições climáticas favoráveis, apresentaram maior capacidade de emissão de novas brotações, quando comparado aos demais genótipos. Aos 11 meses após a enxertia, ITA-P0242 apresentou redução no NBL, fato que ocorreu devido à morte de brotações.

O desenvolvimento do enxerto é dado pelo aumento da altura da planta formada e do diâmetro no nível da área enxertada, sendo essa segunda variável, um indicador da qualidade das plantas obtidas (Florea et al., 2019). Os genótipos ITA-P02108 e ITAP02-42 apresentaram elevadas médias de DBP para todos os meses avaliados (Figura 3).

O método de enxertia por borbulhia utiliza uma única gema, o que limita o desenvolvimento da planta a um único broto principal. Dessa forma, toda a reserva da planta é direcionada ao crescimento do broto (Lewis & Alexander, 2009; Paiva et al., 2015), sendo essa uma vantagem em relação a outros métodos de enxertia. Em relação ao CBP, o genótipo SJB-136 apresentou elevadas médias até os 13 meses após a enxertia, sendo que após esse período, SJB-119 e ITA-P0242, se destacaram (Figura 4). SJB-136 e SJB-163 apresentaram médias

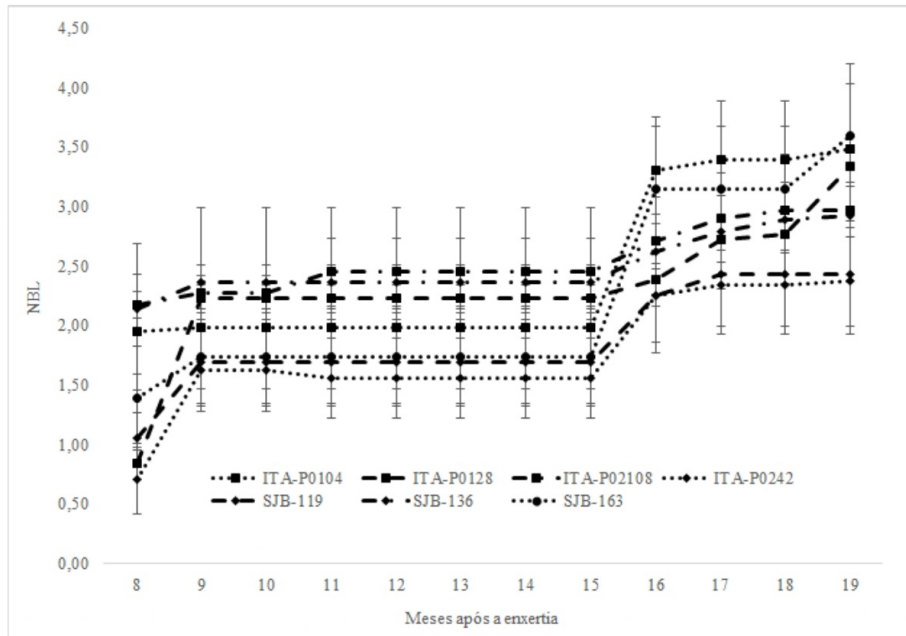


Figura 2. Número de brotações laterais (NBL; dados transformados) de enxertos de sete genótipos de castanha-do-brasil em função de 12 tempos de avaliação (8 a 19 meses após a enxertia). (ITA-P02108: $y = 0,0006x^3 - 0,008x^2 + 0,0814x + 2,1225$ e $R^2 = 0,9252$; SJB-119: $y = 0,0018x^3 - 0,0306x^2 + 0,2395x + 1,0689$ e $R^2 = 0,8131$; SJB-136: $y = 0,0011x^3 - 0,0151x^2 + 0,0894x + 2,1504$ e $R^2 = 0,9048$; SJB-163: $y = 0,0005x^3 + 0,0145x^2 - 0,0702x + 1,6483$ e $R^2 = 0,8592$; ITA-P0104: $y = -0,0021x^3 + 0,0642x^2 - 0,365x + 2,4038$ e $R^2 = 0,8413$; ITA-P0128: $y = 0,0086x^3 - 0,169x^2 + 1,0492x + 0,2667$ e $R^2 = 0,8777$; ITA-P0242: $y = 0,0026x^3 - 0,0491x^2 + 0,3645x + 0,7078$ e $R^2 = 0,7634$).

Figure 2. Number of lateral shoots (NBL; transformed data) of grafts from seven Brazil nut genotypes as a function of 12 evaluation times (8 to 19 months after grafting). (ITA-P02108: $y = 0,0006x^3 - 0,008x^2 + 0,0814x + 2,1225$ e $R^2 = 0,9252$; SJB-119: $y = 0,0018x^3 - 0,0306x^2 + 0,2395x + 1,0689$ e $R^2 = 0,8131$; SJB-136: $y = 0,0011x^3 - 0,0151x^2 + 0,0894x + 2,1504$ e $R^2 = 0,9048$; SJB-163: $y = 0,0005x^3 + 0,0145x^2 - 0,0702x + 1,6483$ e $R^2 = 0,8592$; ITA-P0104: $y = -0,0021x^3 + 0,0642x^2 - 0,365x + 2,4038$ e $R^2 = 0,8413$; ITA-P0128: $y = 0,0086x^3 - 0,169x^2 + 1,0492x + 0,2667$ e $R^2 = 0,8777$; ITA-P0242: $y = 0,0026x^3 - 0,0491x^2 + 0,3645x + 0,7078$ e $R^2 = 0,7634$).

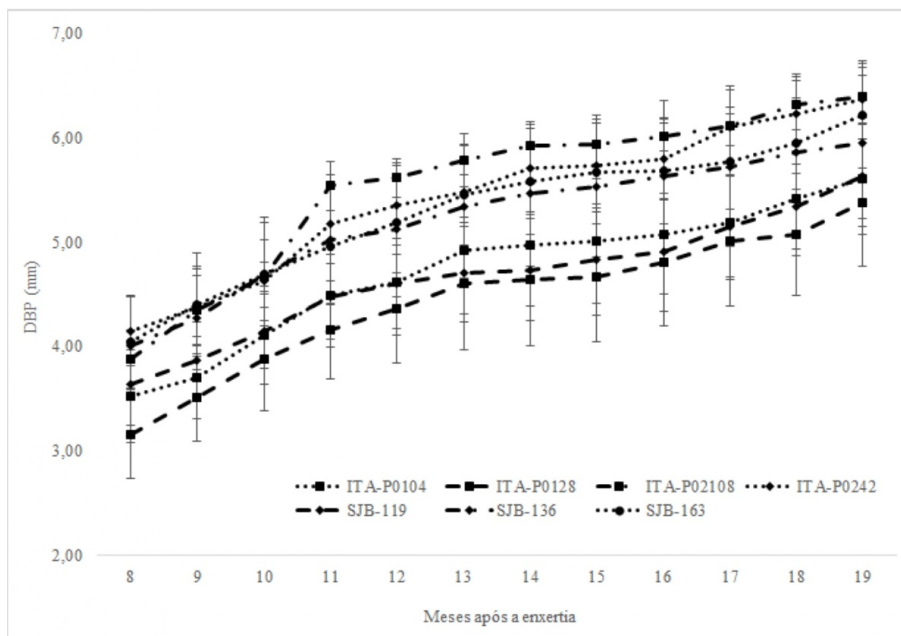


Figura 3. Diâmetro da brotação principal (DBP; dados transformados) de enxertos de sete genótipos de castanha-do-brasil em função de 12 tempos de avaliação (8 a 19 meses após a enxertia). (ITA-P02108: $y = 0,0037x^3 - 0,0961x^2 + 0,9134x + 2,955$ e $R^2 = 0,9788$; SJB-119: $y = 0,1575x + 3,6459$ e $R^2 = 0,954$; SJB-136: $y = 0,1651x + 4,1449$ e $R^2 = 0,9223$; SJB-163: $y = 0,1765x + 4,1524$ e $R^2 = 0,9401$; ITA-P0104: $y = 0,1749x + 3,5822$ e $R^2 = 0,931$; ITA-P0128: $y = 0,1765x + 3,2894$ e $R^2 = 0,9386$; ITA-P0242: $y = 80,8740 + 10,7401x$ e $R^2 = 0,9552$).

Figure 3. Main shoot diameter (DBP; transformed data) of grafts from seven Brazil nut genotypes as a function of 12 evaluation times (8 to 19 months after grafting). (ITA-P02108: $y = 0,0037x^3 - 0,0961x^2 + 0,9134x + 2,955$ e $R^2 = 0,9788$; SJB-119: $y = 0,1575x + 3,6459$ e $R^2 = 0,954$; SJB-136: $y = 0,1651x + 4,1449$ e $R^2 = 0,9223$; SJB-163: $y = 0,1765x + 4,1524$ e $R^2 = 0,9401$; ITA-P0104: $y = 0,1749x + 3,5822$ e $R^2 = 0,931$; ITA-P0128: $y = 0,1765x + 3,2894$ e $R^2 = 0,9386$; ITA-P0242: $y = 80,8740 + 10,7401x$ e $R^2 = 0,9552$).

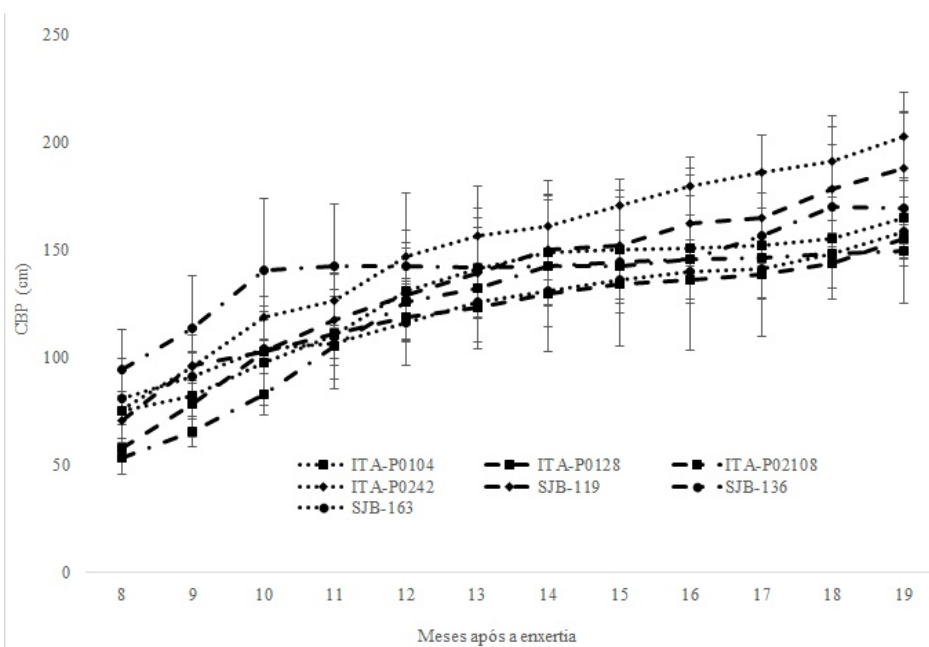


Figura 4. Comprimento da brotação principal (CBP) de enxertos de sete genótipos de castanheira-do-brasil em função de 12 tempos de avaliação. (ITA-P02108: $y = 0,024x^3 - 1,6993x^2 + 27,308x + 22,111$ e $R^2 = 0,9864$; SJB-119: $y = 9,6591x + 74,695$ e $R^2 = 0,9709$; SJB-136: $y = 0,2402x^3 - 4,9967x^2 + 34,539x + 66,061$ e $R^2 = 0,9418$; SJB-163: $y = 6,4905x + 80,885$ e $R^2 = 0,9727$; ITA-P0104: $y = 3,582205 + 0,174851x$ e $R^2 = 0,9310$; ITA-P0128: $y = 0,1666x^3 - 3,9609x^2 + 34,122x + 27,304$ e $R^2 = 0,9957$; ITA-P0242: $y = 10,74x + 80,874$ e $R^2 = 0,9552$).

Figure 4. Length of the main shoot (CBP) of grafts from seven Brazil nut genotypes as a function of 12 evaluation times. (ITA-P02108: $y = 0,024x^3 - 1,6993x^2 + 27,308x + 22,111$ e $R^2 = 0,9864$; SJB-119: $y = 9,6591x + 74,695$ e $R^2 = 0,9709$; SJB-136: $y = 0,2402x^3 - 4,9967x^2 + 34,539x + 66,061$ e $R^2 = 0,9418$; SJB-163: $y = 6,4905x + 80,885$ e $R^2 = 0,9727$; ITA-P0104: $y = 3,582205 + 0,174851x$ e $R^2 = 0,9310$; ITA-P0128: $y = 0,1666x^3 - 3,9609x^2 + 34,122x + 27,304$ e $R^2 = 0,9957$; ITA-P0242: $y = 10,74x + 80,874$ e $R^2 = 0,9552$).

intermediárias ao longo dos meses, tanto para DBP quanto para CBP. No entanto, vale ressaltar que o crescimento das plantas é dependente da situação ambiental em que se encontram, sendo importante, também, a avaliação quanto à sua futura produtividade e longevidade. Também, em estudo realizado com enxertia de borbulhia em placa com clones de castanheira de 31 anos de idade na Amazônia Central, a altura das plantas variou de 11,57 m a 22,25 m e o diâmetro à altura do peito (DAP) de 50,33 cm a 77,58 cm (Passos et al., 2018).

Considerando conjuntamente o DBP e o CBP, é possível observar que alguns genótipos tenderam a apresentar redução na taxa de crescimento entre os 14 e os 17 meses, período que caracteriza o final do período seco em Roraima. A associação de fatores abióticos como estresse hídrico e altas temperaturas foliares reduzem o crescimento e o desenvolvimento das plantas, uma vez que, a assimilação de CO_2 está vinculada a uma elevada demanda de água (Liberato et al., 2006). Segundo Lewis & Alexander (2009), o desenvolvimento de plantas enxertadas é influenciado, dentre outros fatores, pela disponibilidade hídrica, nutrientes, temperatura e sucesso na união do enxerto.

De acordo com os resultados obtidos em relação à sobrevivência dos enxertos e desenvolvimento das brotações em campo, é possível afirmar que o método da enxertia por borbulhia em placa da castanheira-do-brasil se mostrou eficiente para as condições edafoclimáticas características de área de transição floresta-cerrado em Roraima. Dessa forma, o método pode ser utilizado, com

eficiência, no resgate de árvores visando a conservação e o melhoramento genético, bem como na implantação de plantios clonais da espécie.

4 Conclusão

Os porta-enxertos de castanheira-do-brasil atingem porte recomendado para enxertia por borbulhia em placa entre 26 meses e 34 meses após o plantio no campo. A porcentagem de sobrevivência de enxertos sofre redução ao longo do tempo de avaliação, sendo que, aos 120 dias após a enxertia foi superior a 70%. De forma geral, ITA-P02108, ITA-P0242, SJB-163 e SJB-136 apresentam bom desenvolvimento, sendo um indicativo da adaptação desses genótipos às condições de cultivo consideradas.

Referências

CELANT, V. M.; PIO, R.; CHAGAS, E. A.; ALVARENGA, Â. A.; DALASTRA, I. M.; CAMPAGNOLO, M. A. Armazenamento a frio de ramos porta-borbulhas e métodos de enxertia de cultivares de marmeleiro. *Ciência Rural*, v. 40, n. 1, p. 20-24, 2010. doi: 10.1590/S0103-84782009005000223

COSTA, M. G; TONINI, H; MENDES FILHO, P. Atributos do solo relacionados com a produção da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). *Floresta e ambiente*, v. 24, p. 01-10, 2017. doi: 10.1590/2179-8087.004215

- DOMINGOS, D. M.; WENDLING, I. Sobrevivência e vigor vegetativo de plantas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hil.) enxertadas diretamente a campo. **Ciência florestal**, v. 16, n. 1, p. 107-112, 2006. doi: 10.5902/198050981892
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011. doi: 10.1590/S1413-70542011000600001
- FLOREA, M.; ISTRATE, M.; APOSTOL, M. Research on the growth and development of planting material for the walnut grafted using the chip budding method. **Lucrări Științifice Seria Horticultură**, v. 62, n. 2, p. 217-224, 2019.
- GÓES, G. B. M.; COSTA E MELO, I. G.; MENDONÇA, V.; DANTAS, D. J.; LEITE, G. A. Métodos de enxertia na produção de mudas de tamarindeiro. **Revista Ceres**, v. 63, n. 6, p. 853-859, 2016. doi: 10.1590/0034-737x201663060015
- HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A; MAUÉS, M. M. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 293-306, 2014.
- LEWIS, W.; ALEXANDER, M. **Grafting and budding: a practical guide for fruit and nut plants and ornamentals**. 2 ed. Australia: Collingwood, 2009. 102p.
- LIBERATO, M. A. R.; GONÇALVES, J. F. C.; CHEVREUIL, L. R.; NINA JUNIOR, A. R.; FERNANDES, A. V.; SANTOS JUNIOR, U. M. Leaf water potential, gas exchange and chlorophyll a fluorescence in acariquara seedlings (*Minquartia guianensis* Aubl.) under water stress and recovery. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 315-323, 2006. doi: 10.1590/S1677-04202006000200008
- MARTINS, A. L. M.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, P. S.; DOVAL, K. S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 9, p. 1743-1750, 2000. doi: 10.1590/S0100-204X2000000900006
- MÜLLER, C. H.; FIGUEIREDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U.; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. B. **A cultura da castanha-do-brasil**. Brasília: Embrapa Amazônia Oriental (Coleção Plantar), 1995. 65p.
- NASCIMENTO, W. M. O.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Castanha-do-brasil**. Jaboticabal: SBF/Funep (Coleção Frutas Nativas, 8) 2010. 41p.
- NOVELLI, D. S.; SOUZA, L. G; SILVA, N. M. Enraizamento e enxertia para propagação assexuada de envira-caju (*Onychopetalum periquino*). **Revista Brasileira de Ciências da Amazônia**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 2019.
- PAIVA, E. P.; ROCHA, R. H. C.; SOUSA, F. A.; NOBRE, R. G.; GUEDES, W. A.; MOREIRA, I. S.; SÁ, F. V. S. Crescimento e fisiologia de mudas de romãzeira cv. wonderful propagadas por enxertia. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 10, n. 1, p. 117-122, 2015.
- PASSOS, R. M. O.; AZEVEDO, C. P.; LIMA, R. M. B.; SOUZA, C. R. **Características biométricas e produção de frutos de castanha-na-Amazônia Central**. Brasília: Embrapa Amazônia Ocidental (Documentos, 140), 2018. 37p.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.
- TONINI, H.; COSTA, P.; KAMINSKI, P. E. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* o. berg) em Roraima. **Floresta**, v. 38, n. 3, p. 445-457, 2008. doi: 10.5380/rev.v38i3.12410
- WADT, L. H. O; BALDONI, A. B.; SILVA, V. S.; CAMPOS, T.; MARTINS, K.; AZEVEDO, V. C. R.; MATA, L. R.; BOTIN, A. A.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; TONINI, H.; SEBBENN, A. M. Mating system variation among populations, individuals and within and among fruits in *Bertholletia excelsa*. **Silvae Genetica**, v. 65, n. 5-6, p. 248-259, 2015. doi: 10.1515/sg-2015-0023
- WENDLING, I; LAVORANTI, O. J.; RESENDE, M. D. V.; HORMANN, H. A. Seleção de matrizes e tipo de propágulo na enxertia de substituição de copa em *Ilex paraguariensis*. **Revista Árvore**, v. 33, n. 5, p. 811-819, 2009. doi: 10.1590/S0100-67622009000500004
- WENDLING, I; ZANETTE, F.; RICKLI-HORSTI, H. C.; CONSTANTINO, V. Produção de mudas de araucária por enxertia. In: WENDLING, I; ZANETTE, F. (Eds.). **Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 107-144.

Contribuição dos autores: Igor Ivison Almeida: Investigação, Escrita - Primeira redação; Reila Ferreira dos Santos: Escrita - Revisão e Edição; Marcos Miguel Mayer: Investigação, Escrita - Revisão e Edição; Jordânia Zerrar da Silva: Investigação, Escrita - Revisão e Edição; Ayulle Thalía Watson Alcoforado: Investigação, Escrita - Revisão e Edição; Cássia Ângela Pedrozo: Obtenção de Financiamento, Investigação, Metodologia, Administração do Projeto, Escrita - Revisão e Edição.

Fontes de financiamento: Recursos custeados pela Embrapa, bolsas de iniciação científica concedidas pelo CNPq ao quarto e quinto autor e bolsas de mestrado concedidas pela CAPES ao primeiro e segundo autor.

Conflito de Interesse: Os autores declaram não haver conflito de interesse.

Editora de seção: Rafaelle Fazzi Gomes