

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA NO TRÓPICO ÚMIDO

**POTENCIAL DE RESGATE VEGETATIVO DA CASTANHA-DO-BRASIL
(*Bertholletia excelsa* Bonpl.) A PARTIR DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE
RAMOS DESTACADOS**

JÔNATHAN BRITO FONTOURA CONCEIÇÃO

Manaus, Amazonas

Setembro de 2019

JÔNATHAN BRITO FONTOURA CONCEIÇÃO

**POTENCIAL DE RESGATE VEGETATIVO DA CASTANHA-DO-BRASIL
(*Bertholletia excelsa* Bonpl.) A PARTIR DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE
RAMOS DESTACADOS**

Orientador: Dr. Sidney Alberto do Nascimento Ferreira

Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agricultura no Trópico Úmido.

Manaus, Amazonas

Setembro de 2019

Folha de aprovação

A Banca Julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação de Mestrado:

TÍTULO: "POTENCIAL DE RESGATE VEGETATIVO DA CASTANHA- DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa Bonpl*) A PARTIR DE BROTAÇÕES EPICÓRMICAS DE GALHOS DESTACADOS

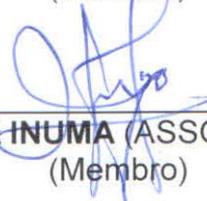
AUTOR(A):

JÔNATHAN BRITO FONTOURA CONCEIÇÃO

BANCA JULGADORA:



Dr. ROBERVAL MONTEIRO BEZERRA DE LIMA (EMBRAPA)
(Membro)



Dr. JOMBER CHOTA INUMA (ASSOCIAÇÃO BRASIL SGI)
(Membro)



Dr. EDUARDO OSSAMU NAGAO (UFAM)
(Membro)

Manaus, 16 de setembro de 2019

C744p Conceição, Jônathan Brito Fontoura
Potencial de resgate vegetativo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados / Jônathan Brito Fontoura Conceição; orientador Sidney Alberto do Nascimento Ferreira. -- Manaus: [s.l], 2019.
56 f.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós Graduação em Agricultura do Trópico Úmido) -- Coordenação do Programa de Pós-Graduação, INPA, 2019.

1. Lecythidaceae. 2. Propagação vegetativa. 3. Silvicultura clonal. I. Ferreira, Sidney Alberto do Nascimento, orient. II. Título.

CDD: 630

Sinopse:

Estudou-se a emissão de brotações epicórmicas em ramos destacados de castanheira, em função da matriz e do diâmetro dos mesmos, assim como, o efeito do ácido indolbutírico (0 e 1000 mg.kg⁻¹) no enraizamento de estacas provenientes destas brotações. A técnica de ramos destacados possibilitou a obtenção de material juvenil com potencial de aproveitamento na propagação vegetativa de castanha-do-brasil. O maior rendimento no número de brotações epicórmicas nas hastes de ramos com maior diâmetro (20-40 e 40-80 mm) favoreceu a obtenção de propágulos vegetativos com potencial de uso em técnicas de multiplicação clonal como estaquia, enxertia e cultivo *in vitro*.

Palavras-chave: Lecythidaceae, propagação assexuada, silvicultura clonal.

Dedico a Jesus e à minha amada família.

Agradecimentos

Ao único que é digno de toda honra e glória, Jesus.

Aos meus avós Raimunda Brito e Antônio Fontoura, por todo amor e suporte.

Aos meus pais Jutair da Conceição e Damares Brito, pelo apoio incondicional durante toda minha trajetória estudantil.

À minha família, meu alicerce nesta longa caminhada.

À Sande Batista, por cada palavra de carinho e motivação.

Ao meu orientador, Dr. Sidney Alberto do Nascimento Ferreira, por seu profissionalismo, acolhimento e ensinamentos. Sem o seu pleno apoio, esse trabalho não seria possível.

Aos meus amigos de longa data, que me encorajaram nessa jornada, e aos novos, com carinho, à Angelino, Genícia Masulo e Rosângela Lima. Obrigado por cada lembrança.

À equipe do Instituto Soka-Cepeam pelo aprendizado, confiança e amizade.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e ao Programa de Pós-Graduação, pela conquista profissional aqui alcançada.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo.

À todos os meus colegas de trabalho, em especial, a equipe de mestrandos do Laboratório de Sementes e Propagação de Plantas.

Aos professores do Programa da Pós-Graduação em Agricultura no Trópico Úmido.

À minha turma 2017.2, pelos bons momentos e recordações.

Aos servidores da instituição, em especial, Ana Serra, Guilherme, Jéssica, Paula, Raissa e Rogério Hanada, por toda assistência e contribuições.

À todas as pessoas que participaram deste momento, direta ou indiretamente, e não foram mencionadas nessas linhas.

Meu afetuoso obrigado.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Médias do número de brotações epicórmicas e do índice de velocidade de brotação, por matriz e por diâmetro da haste, provenientes de ramos destacados de castanha-do-brasil e referentes ao período de quarenta e cinco dias de observação, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.43
- Tabela 2.** Médias do tempo médio das brotações epicórmicas em haste de ramos destacados de diferentes matrizes de castanha-do-brasil, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.44

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Média do número de brotações epicórmicas emitidas, durante noventa dias, por matriz (A, matriz 1; B, matriz 2; C, matriz 3; D, matriz 4; E, matriz 5; e F, matriz 6) e por diâmetro da haste (<20 mm; 20-40 mm; e 40-80 mm), provenientes de ramos destacados de castanha-do-brasil, em viveiro com sistema de nebulização intermitente, na cidade de Manaus, AM..... 41
- Figura 2.** Visão geral do experimento sobre emissão de brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados de castanha-do-brasil, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM no momento da instalação (A) e 48 dias após a instalação (B). 42
- Figura 3.** Média (\pm desvio padrão) do diâmetro e comprimento das brotações epicórmicas por matriz de castanha-do-brasil, advindas de hastes de ramos destacados, após noventa dias de condicionamento em viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM. 45
- Figura 4.** Visão parcial do experimento de estaquia a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados de castanha-do-brasil, 56 dias após a instalação, evidenciando umedecimento irregular do substrato (4A) e apodrecimento da base das folhas das estacas (4B)..... 46
- Figura 5.** Estaca de castanha-do-brasil com formação de calo, obtida a partir de brotação epicórmica de ramo destacado, após 90 dias em viveiro, com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM..... 46

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	11
2.1. Objetivo Geral.....	11
2.2. Objetivos Específicos	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1. Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.)	12
3.1.1. Origem e distribuição geográfica	12
3.1.2. Características da planta	12
3.1.3. Importância, uso e perspectivas.....	13
3.1.4. Propagação da Castanha-do-Brasil.....	15
3.2. Propagação Vegetativa de Plantas	16
3.2.1. Aspectos gerais	16
3.2.2. Rejuvenescimento de espécies florestais para propagação clonal.....	17
3.2.3. Brotação em ramos destacados.....	19
3.2.4. Estaquia	20
3.2.5. Fatores que afetam o enraizamento das estacas.....	21
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
Potencial de resgate vegetativo da castanha-do-brasil (<i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.) a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados	34
RESUMO	34
ABSTRACT	34
INTRODUÇÃO	35
MATERIAL E MÉTODOS	37
RESULTADOS	40
DISCUSSÃO	47
CONCLUSÕES	52
REFERÊNCIAS	52

1. INTRODUÇÃO

A Amazônia possui a maior diversidade vegetal do mundo, abrigando entre 14.003 e 15.001 espécies de plantas, dividida em 1.788 gêneros e 188 famílias (Zappi *et al.* 2015; Cardoso *et al.* 2017). A grande maioria dessa diversidade de plantas é encontrada na Amazônia brasileira, que possui em torno de 10.674 espécies, das quais 4.539 são arbóreas (Cardoso *et al.* 2017). Dentre estas, a castanha-do-brasil, ou castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) destaca-se por sua importância ambiental, econômica e social para a região (Angelo *et al.* 2013a; Barbosa e Moret 2016; Brose 2016). É uma das espécies nativas mais valiosas, por ser uma fonte de alimento e renda de comunidades amazônicas através de seu fruto, o mais valioso produto florestal não-madeireiro da região norte do país (Pimentel *et al.* 2007; IBGE 2016).

O desflorestamento desenfreado, vinculado ao processo ilegal de exploração e expansão de atividades agropecuárias resultou na redução significativa de populações naturais de *B. excelsa* por toda Amazônia, colocando-a em risco de extinção (Laurance *et al.* 2001; Maués e Oliveira 2010; BRASIL 2014; FAO 2016).

A castanheira tem sido cultivada em plantios homogêneos e feito parte da composição de sistemas agroflorestais (Costa *et al.* 2009). Esta última forma de cultivo é uma estratégia eficiente no que diz respeito ao uso do solo, já que torna possível sua exploração em áreas alteradas na Amazônia (Costa *et al.* 2017).

A principal forma de propagação da castanha-do-brasil é através de sementes, porém, é prejudicada pela dormência das mesmas (Pinheiro 1967). As sementes de castanha-do-brasil apresentam uma dormência endógena morfológica que está relacionada ao embrião não desenvolvido por completo, ou seja, imaturo (Silva *et al.* 2009). Associado a isso, seu tegumento lenhoso dificulta o processo germinativo tornando-o lento e desuniforme, fazendo-se necessário o uso de tratamento pré-germinativo para minimizar tal problema (Cusi-Auca *et al.* 2018).

Deste modo, a dormência de suas sementes limita a propagação sexuada, dificultando a produção de mudas e, conseqüentemente, a expansão de áreas cultivadas. Em vista disso, a propagação vegetativa torna-se uma alternativa que, dentre outras vantagens, mantém as características da planta-mãe, podendo reduzir o período de formação da muda (Hartmann *et al.* 2002).

Até o momento, a propagação assexuada da castanheira é feita por enxertia do tipo borbulha (Nascimento *et al.* 2010). Vale salientar que este método depende da formação do porta-enxerto, que advém de sementes, com todos os problemas relacionados à germinação. Além do mais, esta enxertia deve ser feita no campo, um ano e meio a dois do porta-enxerto estabelecido no local definitivo, o que encarece ainda mais os custos.

Atualmente, a produção de mudas clonais de muitas espécies de importância econômica e/ou nativas tem se dado através da técnica de estaquia. Essa técnica permite o uso de propágulos mais juvenis (obtidos a partir de brotações da poda de ramos, da decepa, do anelamento, semi-anelamento) que irão favorecer o enraizamento dos mesmos e acelerar a formação da muda (Xavier *et al.* 2009; Stuepp *et al.* 2018). No Brasil, estudos como esse, direcionados à espécies arbóreas nativas, ainda são escassos, o que os torna imprescindíveis para potencializar ainda mais o uso dessas espécies (Stuepp *et al.* 2018).

Dessa forma, em função das dificuldades na germinação e da necessidade de alternativa de multiplicação de material selecionado, que envolva menor tempo e custo, justifica-se estudos sobre a propagação assexuada da castanha-do-brasil a partir da indução de brotações epicórmicas em ramos destacados, o que poderá contribuir na produção de mudas e expansão dos cultivos com material de qualidade.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Avaliar a propagação da castanha-do-brasil por estaquia, a partir de brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados.

2.2. Objetivos Específicos

a) Avaliar a emissão de brotações epicórmicas em função da planta-matriz e do diâmetro da haste de ramo destacado.

b) Avaliar o enraizamento de estacas, obtidas a partir de brotações epicórmicas, em função da planta-matriz, posição da estaca e do uso de regulador de crescimento.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.)

3.1.1. Origem e distribuição geográfica

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*), pertencente à família Lecythidaceae, é encontrada quase sempre em locais de difícil acesso, em mata alta de terra-firme. São sensíveis a alagamento e sua dispersão original provém desde a Bolívia, Colômbia e Peru até a Venezuela e Guianas, por toda região amazônica (Mori e Prance 1990; Müller *et al.* 1995). Já tem sido plantada no sudeste da Ásia e na África tropical (Dörken e Steinecke 2011).

No Brasil, sua ocorrência acontece nos estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima, Tocantins e Mato Grosso (Lorenzi 1992a). Segundo este mesmo autor, devido à grande área de ocorrência da espécie, esta pode ser também chamada de castanha-do-pará, castanha-da-amazônia, castanheiro, castanha-verdadeira ou amendoeira-da-américa.

O gênero *Bertholletia* é monotípico da família, ou seja, inclui unicamente a espécie tropical *Bertholletia excelsa* (Shepard e Ramirez 2011). Na Amazônia brasileira é encontrada em áreas que apresentam pluviosidade entre 1.400 mm e 2.800 mm/ano, temperaturas médias anuais entre 24 °C e 28 °C, com umidade relativa média de 80 % (Müller *et al.* 1995).

Com base nos indícios de que o homem foi o principal agente dispersor da castanha-do-brasil, aliado a teoria de que a origem da espécie ocorreu no norte/centro da Amazônia, têm-se amplificado o conhecimento sobre a origem e domesticação da espécie, porém as evidências não são absolutas (Clement *et al.* 2010; Shepard e Ramirez 2011; Thomas *et al.* 2014).

3.1.2. Características da planta

A castanha-do-brasil é uma árvore de grande porte, que pode atingir 50 metros de altura, alcançando na base da árvore diâmetro de até três metros (FAO 1986; Lorenzi 1992a). Caracteriza-se também pelo tronco retilíneo, casca escura e ocorrência em agrupamentos nativos com densidade variável de uma a quinze árvores por hectare (Kainer *et al.* 2010).

De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO 1986), a espécie tem boa adaptação em solo argiloso ou argilo-arenoso e o uso de fertilizantes nesses solos pode potencializar seu crescimento em altura e diâmetro (Schroth *et al.* 2015).

A castanheira possui folhas verde-escuras simples, espaçadas, alternadas e pecioladas que são brilhosas na parte superior e pálidas na inferior. Sua floração começa no final da estação seca ou na transição entre os meses seco e chuvoso, apresentando um padrão de floração anual (Maués 2002; Kainer *et al.* 2010). Por ser uma espécie melitófila é polinizada por abelhas vigorosas e de grande porte, com dependência destes insetos para garantir a produção de frutos (Maués 2002).

Os frutos, também chamado de “ouricho”, são grandes, indeiscentes e possuem uma cor castanha, uma casca lenhosa e espessa, com pequeno opérculo interno (More e Prance 1990); mede de 8 a 15 cm de diâmetro e pode conter, em média, 17 sementes (Borella *et al.* 2017). Esses se desenvolvem em até 14 meses após a floração, variando o período de maturação e queda por todo bioma amazônico. No estado do Acre, a queda dos frutos tem seu pico de dezembro a fevereiro, enquanto no Pará registrou-se entre os meses de janeiro e abril (Kainer *et al.* 2010). Em Rondônia, Tonini e Pedrozo (2014) verificaram maior queda dos frutos entre março e julho, enquanto Vieira *et al.* (2009) observaram maior dispersão entre outubro e novembro.

As sementes de castanha-do-brasil destacam-se nutricionalmente por seu alto valor proteico, e morfológicamente por uma testa espessa, óssea, com leve curvatura e cor marrom-escura. São dispersas principalmente pelas cutias (*Dasyprocta* sp.) e por outros roedores (Haugaasen *et al.* 2010; Kainer *et al.* 2010; Martins *et al.* 2018).

3.1.3. Importância, uso e perspectivas

A castanha-do-brasil é um produto de grande relevância no setor econômico, atentando também ao seu valor nutricional, social e ecológico. Do ponto de vista econômico, há grande interesse comercial em suas sementes, bastante apreciada e comercializada globalmente, tendo atingido um valor de produção estimado em R\$ 110,1 milhões, com a perspectiva de aumento da produção (IBGE 2016; Souza e Souza 2018).

A exploração de castanha-do-brasil assumiu importância econômica na região amazônica desde a derrocada da exploração de borracha (Barbosa e Moret 2016),

estabelecendo-se progressivamente como fonte de renda dos povos extrativistas e de famílias que estão diretamente envolvidas com a cadeia de valor da espécie (Homma *et al.* 2014; Tonini *et al.* 2017). Associado a isso está o alto valor social agregado no manejo dos castanhais silvestres, na cadeia produtiva da castanha e na conservação das florestas (Duchelle *et al.* 2012; Soriano *et al.* 2012; Silva *et al.* 2013; Fernandes 2016). Do ponto de vista ecológico, é considerada uma árvore importante para a estrutura e funcionamento do ecossistema que está inserida por sua interação forte com polinizadores, dispersores e outros organismos (Santos-Silva *et al.* 2017).

O maior produtor nacional é o Estado do Amazonas, com 14.945 toneladas, favorecido pelo mercado doméstico da castanha, que absorve grande parte da produção nacional (65%), ao passo que, a outra parte da produção (35%) é exportada para Bolívia, Estados Unidos, Hong Kong, Austrália e países da Europa (BRASIL 1976, Angelo *et al.* 2013b; Pennacchio 2015; IBGE 2016).

A castanha-do-brasil fornece inúmeros produtos e subprodutos de usos múltiplos. Da árvore tudo se aproveita: sua madeira é utilizada na construção naval e civil, tábuas para assoalhos, forros, painéis decorativos (Loureiro e Lisboa 1979; Lorenzi 1992a), todavia, a sua exploração para fins madeireiros, em florestas naturais, é proibida por lei (BRASIL 2006; BRASIL 2014). Da casca tem-se o uso medicinal e fibra (Kainer *et al.* 2010; Almeida *et al.* 2012); o ouriço (endocarpo duro) tem sido utilizado para confecção de artesanato, carvão, painéis e combustível para fornalhas (Kainer *et al.* 2010; Nogueira *et al.* 2014; Nogueira *et al.* 2018); a semente é o produto de maior utilidade e valor econômico da espécie, usada para consumo (*in natura*, doces, sorvete, óleos comestíveis, leite e farinha), produção de biodiesel e empregada na agroindústria, a qual agrega valor comercial, em função do alto teor de proteínas, carboidratos, lipídios insaturados, vitaminas e minerais essenciais (Silva *et al.* 2010; Souza *et al.* 2012; Kluczkowski *et al.* 2015; Stachiw *et al.* 2016); o tegumento (casca da semente) é usado como matéria orgânica e/ou adubo (Anjos *et al.* 2017).

As maiores expectativas em relação a espécie são atribuídas ao cultivo comercial e seu grande potencial econômico (Muller 1981). Porém, este último é comprometido pela ineficiência do extrativismo, enquanto seu cultivo comercial é limitado pela falta de áreas cultivadas (Homma *et al.* 2014).

3.1.4. Propagação da Castanha-do-Brasil

Conhecer a silvicultura da castanha-do-brasil é fundamental para produção de mudas dessa espécie (Simões *et al.* 2015). Para tal fim, pode ser propagada por sementes (sexuada) ou vegetativamente por enxertia (assexuada), esta última, objetivando a precocidade na produção de frutos (Corvera-Gomringer *et al.* 2010; Nascimento *et al.* 2010).

A propagação sexuada é a técnica mais utilizada, por ser a maneira mais fácil e natural de produzir novas plantas. Todavia, as sementes manifestam um comportamento recalcitrante, de processo germinativo lento e desuniforme, decorrente de um tempo relativamente longo para que ocorra embebição, ativação enzimática e diferenciação dos tecidos meristemáticos existentes na semente, que ocorre em até 18 meses em condições naturais (Müller 1981; Camargo *et al.* 2000; Wadt *et al.* 2005). Neste caso, o uso de tratamentos pré-germinativos, como a remoção da casca das sementes, é uma prática necessária que reduz o tempo de germinação para 6 meses (Corvera-Gomringer *et al.* 2010).

No caso de propagação por enxertia (assexuada), a semente também é componente fundamental, já que, a partir dela, é obtido o porta-enxerto. Neste tipo de propagação o método normalmente utilizado é o de borbulha em escudo, realizado em porta-enxertos, com 18 meses idade, no local definitivo do plantio (Pinheiro 1967; Müller 1981). Estudo recente demonstrou a possibilidade da propagação da castanha-do-brasil através de enxertia pelo método de garfagem de topo, em fenda cheia, em mudas ainda no viveiro (Carvalho e Nascimento 2016). Nesse trabalho o pegamento dos enxertos foi superior a 70% e reduziu-se bastante o tempo para a produção de uma muda clonal.

Um dos obstáculos para plantios comerciais de castanha-do-brasil é a falta de protocolos para sua propagação clonal em larga escala. O desenvolvimento de métodos eficientes de propagação clonal encontra-se em diferentes níveis de avanço no Brasil para as espécies nativas e para espécies já consagradas, como eucalipto (Xavier *et al.* 2009; Oliveira *et al.* 2013; Trueman *et al.* 2018). Nesse contexto, é importante a realização de estudos que possam complementar métodos de propagação clonal para impulsionar o cultivo comercial da espécie.

3.2. Propagação Vegetativa de Plantas

3.2.1. Aspectos gerais

Geralmente a produção de mudas de espécies arbóreas é realizada por sementes (Lorenzi 1992b; Camargo *et al.* 2008) e estas, muitas vezes, apresentam certas limitações, como, por exemplo, a baixa viabilidade, dormência e índices baixos de germinação (Luna e Haase 2014; Fragoso *et al.* 2015; Zem *et al.* 2015). Dessa forma, a propagação vegetativa torna-se, uma alternativa à essas espécies.

A propagação vegetativa pode ser definida como a multiplicação de partes da planta (células, tecidos, órgãos e propágulos), que dão origem a descendentes com constituição genética igual à da planta matriz, ou seja, todas as características individuais e economicamente importantes da planta matriz são mantidas (Hartmann *et al.* 2002; Goh e Monteuis 2016). Esta forma de obter outros indivíduos com genótipo idêntico ao da planta original decorre em função da capacidade que uma célula vegetal tem em gerar um novo indivíduo, ou seja, da sua totipotência e pode trazer benefícios silviculturais desde a formação de plantios clonais produtivos à conservação de germoplasma (Fachinello *et al.* 2005; Xavier *et al.* 2009). Assim, espécies de grande potencial econômico ou de importância ecológica terão prioridade para constituir um programa de propagação vegetativa (Luna e Haase 2014). Além disso, investigações científicas relacionadas à propagação vegetativa e suas potencialidades em espécies florestais, frutíferas e ornamentais vem sendo realizadas (Feldberg *et al.* 2010; Silva *et al.* 2012; Martini e Biondi 2014; Sutili *et al.* 2018).

As técnicas de propagação vegetativa mais importantes para as espécies de árvores são estaquia, micropropagação, enxertia e alporquia (Jaenicke e Beniést 2002).

Utilizando a técnica de estaquia, Xavier *et al.* (2003), Souza *et al.* (2009) e Mantovani *et al.* (2017) viabilizaram a propagação vegetativa de cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), cedro-australiano (*Toona ciliata*) e canafístula (*Peltophorum dubium*), respectivamente, a partir do enraizamento de miniestacas, que favoreceu a produção de mudas clonais. A técnica de micropropagação, por sua vez, tem possibilitado o estabelecimento de protocolos para propagação de espécies nativas ameaçadas (Oliveira *et al.* 2013; Indacochea *et al.* 2018). Também tem proporcionado a propagação clonal e aumento da produtividade dos plantios de eucalipto nos locais onde a produção em escala comercial (por miniestacas) é limitada pelo ambiente (Trueman *et al.* 2018).

A enxertia é utilizada especialmente em espécies frutíferas buscando-se plantios mais uniformes, precoces e produtivos (Ferreira *et al.* 2016). Tem sido empregada na propagação de espécies florestais, dentre outras finalidades, para obtenção de precocidade de frutos, propagação de espécies ameaçadas e fins madeireiros (Corvera-Gomringer *et al.* 2010; Luna e Haase 2014; Wendling *et al.* 2017). Já a alporquia é usada na propagação vegetativa de árvores frutíferas e espécies tropicais raras (Luna e Haase 2014), tendo sido empregada também para superar problemas na germinação de sementes e resgate vegetativo de material para propagação clonal (Mantovani *et al.* 2010; Kamila e Panda 2019).

Baseado nessas técnicas, a propagação vegetativa de plantas se consolida como uma escolha viável para a produção de espécies florestais. Entretanto, a escolha do método a ser utilizado decorre da espécie e objetivo do propagador (Ferrari *et al.* 2004; Fachinello *et al.* 2005).

3.2.2. Rejuvenescimento de espécies florestais para propagação clonal

O sucesso da propagação vegetativa de espécies arbóreas adultas está amparado pela obtenção de material (propágulo) juvenil, conhecido também como resgate do material (Alfenas *et al.* 2004). Para compreender o conceito de rejuvenescimento é necessário diferenciar alguns termos referentes à idade e maturação de plantas. Tomando como base o trabalho de Fortanier e Jonkers (1976), temos:

a) Envelhecimento, ou idade, cronológico(a): diz respeito ao tempo decorrido da germinação à data de observação da planta, ou seja, é a idade registrada do tempo de vida da planta, porém não fornece informações sobre a condição fisiológica atingida por uma planta ou sua idade ontogenética.

b) Envelhecimento, ou idade, fisiológico(a): diz respeito ao vigor fisiológico da planta, que envolve a expressão do estado nutricional e hídrico, como também da sanidade. Está associado aos aspectos negativos do envelhecimento, como senescência e aumento da suscetibilidade a condições adversas.

c) Envelhecimento, ou idade, ontogenético(a): diz respeito às sucessivas fases de desenvolvimento que a planta passa desde a embriogênese à sua reprodução. Este termo corresponde à maturação da planta (fase juvenil → juvenil-adulta → fase adulta).

Visto isso, a idade ontogenética não pode ser confundida com a idade cronológica, pois é um processo reversível sob condições adequadas, diferentemente da idade cronológica, cujas células têm sua competência de regeneração diminuída nos órgãos e tecidos da planta à medida que a árvore cresce (Hackett e Murray 1993; Xavier *et al.* 2009).

Nas espécies florestais lenhosas, essa reversão é obtida pelo fato de existir um gradiente de juvenilidade ou “cone de juvenilidade”, que cresce em direção à base da árvore (Hackett e Murray 1993; Wendling *et al.* 2014a). A região basal da árvore é mais jovem na idade ontogenética e isso se deve à formação mais tardia dos meristemas apicais (regiões terminais) com relação aos meristemas basais numa árvore (Xavier *et al.* 2009).

O termo rejuvenescimento advém desse gradiente de juvenilidade e indica um processo de reversão do estágio adulto da planta para o estágio juvenil, ou seja, implica na redução da maturação ou idade ontogenética (Hackett e Murray 1993; Wendling *et al.* 2014a). É importante conhecer esse comportamento ontogenético das diferentes partes da árvore, uma vez que, dependendo do local da retirada do material vegetativo (parte da planta), seguramente interferirá no potencial de enraizamento do propágulo e consequentemente na produção de mudas (Wendling *et al.* 2014a; Stuepp *et al.* 2018).

O propágulo pode ser conseguido através de brotações epicórmicas, de modo que, favoreçam a propagação vegetativa e impulsione a silvicultura clonal, já estabelecida para eucalipto (Brondani *et al.* 2010; Rickli *et al.* 2015) e, em uma escala menor, de espécies nativas (Stuepp *et al.* 2018). Nesse contexto, o material fisiologicamente juvenil tem sido o diferencial na propagação vegetativa de árvores adultas, podendo ser obtido com diferentes técnicas, as quais se destacam a decepa do caule, ramos destacados, anelamento e semi-anelamento do caule (Santin *et al.* 2008; Wendling *et al.* 2013; Dias *et al.* 2015a; Pereira *et al.* 2015; Kratz *et al.* 2016; Stuepp *et al.* 2016; Nascimento *et al.* 2018).

Uma das técnicas mais recomendadas para atender esse pressuposto é a decepa da árvore, que consiste na derrubada do tronco, fator que estimula a formação de novas brotações epicórmicas no toco com maior capacidade de enraizamento (Bitencourt *et al.* 2009; Rickli *et al.* 2015). Entretanto, o sucesso dessa técnica varia de acordo com a espécie, não podendo ser aplicada em espécies com dificuldades de rebrota, além do risco de mortalidade das árvores (Kratz *et al.* 2010).

A decepa é eficaz para obtenção de brotações juvenis em espécies florestais visando a propagação por estacas como em *Eucalyptus cloeziana* (Almeida *et al.* 2007), *Vochysia bifalcata* (Rickli *et al.* 2015), *Calophyllum brasiliense* (Kratz *et al.* 2016) e *Ilex paraguariensis* (Stuepp *et al.* 2015), mas não é uma opção para castanha-do-brasil, por se tratar de uma espécie ameaçada de extinção (BRASIL 2014). Então, busca-se o uso de técnicas que não prejudiquem a sobrevivência da árvore e que possa rejuvenescer o material a ser propagado, como por exemplo, a técnica de ramos destacados.

Em levantamento recente, Stuepp *et al.* (2018) verificaram a eficiência destas técnicas de rejuvenescimento em espécies arbóreas nativas brasileiras. Os mesmos autores constataram escassez de estudos, encontrando trabalhos com apenas 12 espécies, sendo que a maioria dos estudos era com erva-mate (*Ilex paraguariensis*). Isso demonstra que apesar da imensa variedade e potencial de exploração comercial e/ou ambiental de nossas espécies arbóreas nativas, ainda existe um grande vazio na silvicultura clonal dessas espécies.

3.2.3. Brotação em ramos destacados

A técnica de ramos destacados é um método alternativo de rejuvenescimento do material vegetal de interesse para, posteriormente, propagá-lo vegetativamente (Xavier *et al.* 2009). Essa técnica tem apresentado boa eficácia na indução de brotações epicórmicas em espécies arbóreas, sendo importante para a obtenção de propágulos viáveis na multiplicação clonal (Almeida *et al.* 2007; Baccharin *et al.* 2015; Stuepp *et al.* 2018).

A eficiência dessa indução pode estar ligada ao fato do corte dos ramos ser uma perturbação antropogênica à árvore, desencadeando a liberação de brotos adormecidos em um ambiente que propicie o desenvolvimento dos mesmos (Meadows *et al.* 2013), apresentando-se fisiologicamente ligada à alteração do equilíbrio entre os reguladores de crescimento auxina e citocinina (Alfenas *et al.* 2004).

É um método pouco utilizado em relação a outros (decepa ou anelamento do caule), porém, tem como vantagem menos danos à planta-mãe, garantindo a manutenção e sobrevivência da árvore adulta (Wendling *et al.* 2013; Stuepp *et al.* 2018). O principal fator limitante da técnica é o enraizamento de estacas provenientes das brotações dos ramos.

Em nível experimental, o uso de estacas oriundas das brotações de ramos destacados de *Paulownia fortunei* resultou num melhor enraizamento quando comparada às estacas oriundas das brotações de decepta (Stuepp *et al.* 2014). Todavia, o sucesso no enraizamento adventício das estacas formadas a partir dessas brotações tem apresentado resultados variáveis (Wendling *et al.* 2009).

A técnica não se mostrou apropriada para *Araucaria angustifolia* (Wendling *et al.* 2009). Para *Eucalyptus cloeziana*, Almeida *et al.* (2007) obtiveram êxito na emissão de brotações para subsidiar estacas, porém, constataram que a aptidão dessas estacas ao enraizamento não é tão eficiente quando comparado a outras técnicas, devido a ação determinante da idade ontogênica. Baccarin *et al.* (2015) recomendam a técnica de ramos destacados para o resgate vegetativo árvores adultas de *Eucalyptus benthamii*.

Recentemente, a viabilidade desta técnica foi demonstrada por Nascimento *et al.* (2018) para *Ilex paraguariensis* com o rejuvenescimento do material adulto pelas brotações dos ramos destacados, indicando também, ser possível o enraizamento das estacas (Wendling *et al.* 2013).

Mesmo apresentando bons resultados na indução de material juvenil, a opção pelo uso de ramos podados, na literatura, demonstra a necessidade de ajustes para tornar-se uma alternativa viável de propagação para mais espécies florestais adultas, no que pode vir a ser uma estratégia para produzir mudas clonais e conservar genótipos selecionados sem deceptar a árvore.

3.2.4. Estaquia

A estaquia é uma técnica que consiste em promover o enraizamento de partes da planta (ramos, raízes, folhas) (Kielse *et al.* 2013; Stuepp *et al.* 2013; Zem *et al.* 2015) a fim de transformá-las em uma nova planta completa (Xavier *et al.* 2009). A estaca (caulinar, radicular ou foliar) define diretamente os parâmetros genéticos, nutricionais, fenológicos da planta originada e pode ser coletada diretamente da planta-mãe na natureza (Ferrari *et al.* 2004) ou de plantas doadoras cultivadas no viveiro (Hernández *et al.* 2012).

É considerada uma das metodologias mais importantes para propagação vegetativa das espécies florestais nativas e introduzidas, por sua viabilidade técnica, econômica e operacional (Xavier *et al.* 2009; Dias *et al.* 2012). Por essas características, a estaquia tem sido um instrumento importante em programas de melhoramento genético

de coníferas, cuja finalidade é a maximização da produção de madeira (Bonga 2016; Wendling *et al.* 2017).

Os estudos relacionados a espécies florestais nativas brasileiras, tendo a estaquia como técnica de propagação vegetativa, podem ser visto em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*), cedro-rosa (*Cedrela fissilis*), erva-mate (*Ilex paraguariensis*), ipê-roxo (*Handroanthus heptaphyllus*), pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha*), pinheiro-brasileiro (*Araucaria angustifolia*) e outras mais (Xavier *et al.* 2003; Hernández *et al.* 2012; Dias *et al.* 2015a; Sá *et al.* 2018; Stuepp *et al.* 2018).

Já para espécies arbóreas nativas da Amazônia, o uso da estaquia para produção de mudas gerou resultados satisfatórios quando foram usados propágulos de plantas juvenis, cultivadas no viveiro: *Schizolobium amazonicum* (Dias *et al.* 2015b) e *Aniba rosaeodora* (Menezes *et al.* 2018). Rodriguez *et al.* (2014) também obtiveram êxito na propagação via estaquia de *Myrciaria dubia*, mas usando propágulo de árvores adultas.

Em castanha-do-brasil, o uso da propagação vegetativa por estaquia poderá acelerar o processo de produção de mudas e a multiplicação de genótipos superiores, o que, segundo Bonga (2016), contribui no melhoramento genético de uma espécie.

3.2.5. Fatores que afetam o enraizamento das estacas

A garantia do enraizamento e conseqüente sucesso da propagação por estaquia dependem de cada espécie e da competência de seus brotos quanto à rizogênese. Para explicar a formação ou não de raízes é essencial conhecer os fatores internos e externos que podem afetá-la (Fachinello *et al.* 2005; Luna e Haase 2014).

Os fatores internos estão associados ao genótipo, à interação hormonal dos compostos internos produzidos pela planta, à presença de inibidores e à condição fisiológica da planta (Alfenas *et al.* 2004; Fachinello *et al.* 2005). Estes últimos, fundamentais no controle do processo de maturação e enraizamento de plantas lenhosas, todavia pouco compreendidos (Wendling *et al.* 2014b).

Trabalhando com três genótipos do híbrido *Eucalyptus benthamii* x *Eucalyptus dunnii*, Brondani *et al.* (2010) investigaram a influência da constituição genética e do uso de regulador vegetal e obtiveram diferentes respostas no enraizamento das miniestacas oriundas de minijardim clonal, reforçando assim, a relevância desses fatores.

Atingir sucesso no enraizamento requer também a atenção de fatores externos como época do ano, idade das plantas, uso de reguladores de crescimento e controle das condições do local onde se desenvolve o trabalho, como temperatura, luz, substrato, fitossanidade e umidade relativa do ar (Jaenicke e Beniest 2002).

Stuepp *et al.* (2017) avaliaram a influência de três desses fatores (idade da planta, regulador de crescimento e época do ano), em estacas de *Ilex paraguariensis*, e constataram que o melhor resultado de enraizamento foi alcançado com a utilização de matrizes de 12 anos, com a coleta de estacas feita no período do outono e sem o uso de regulador de crescimento. De acordo com Luna e Haase (2014), estacas de algumas espécies florestais independem da estação do ano e são facilmente propagadas, enquanto outras têm tendências sazonais muito específicas.

Kratz *et al.* (2010) estudando a influência da idade da planta, do regulador de crescimento e substrato em miniestacas de *Cupressus lusitanica*, constataram baixo enraizamento e pouca viabilidade da técnica, independente dos fatores estudados. Avaliando a incorporação de diferentes doses de polímero hidroretentor no substrato, Azevedo *et al.* (2015) potencializaram o enraizamento de miniestacas de clones de eucalipto. Para *Ilex paraguariensis*, Brondani *et al.* (2007) avaliando a influência do substrato e do ambiente (casa de vegetação automatizada e casa de vegetação simples) sobre o enraizamento, averiguaram que o substrato condiciona o sucesso do enraizamento nos locais estudados.

Outro fator externo importante é quanto a fitossanidade, sendo necessário manter o material e o local de propagação limpos, livres de patógenos prejudiciais ao processo de enraizamento. Assim, precisa-se inspecionar com frequência o aparecimento de eventuais patógenos que possam comprometer os resultados da técnica (Jaenicke e Beniest 2002; Luna e Haase 2014).

A umidade também é um fator a considerar, pois em excesso pode promover o aparecimento de fungos e apodrecer as estacas, enquanto que a pouca umidade pode dessecar as mesmas. Segundo Luna e Haase (2014), durante o período de formação do sistema radicular, é indispensável manter a alta umidade no ambiente de propagação usando, para isso, um sistema automático de nebulização. O controle da umidade do ar e da temperatura na casa de vegetação automatizada favoreceu o melhor desenvolvimento de raízes em estacas de erva-mate (Brondani *et al.* 2007).

A luz é outro fator externo, correlacionada ao processo de fotossíntese, que está fortemente associada ao processo de enraizamento (Jaenicke e Beniést 2002; Luna e Haase 2014). Este e os demais fatores listados acima são determinantes no sucesso do enraizamento de estacas e produção de mudas clonais, contudo estudos para melhor elucidar os efeitos dos mesmos ainda se fazem necessários.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A.C.; Zauza, E.A.V.; Mafia, R.G. Assis, T.F. 2004. *Clonagem e doenças do eucalipto*. 1ª ed. UFV, Viçosa, 442p.
- Almeida, F.D.; Xavier, A.; Dias, J.M.M. 2007. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. *Revista Árvore*, 31: 445-453.
- Almeida, L.S.; Gama, J.R.V.; Oliveira, F.A.; Carvalho, J.O.P; Gonçalves, D.C.M.; Araújo, D.C. 2012. Fitossociologia e uso múltiplo de espécies arbóreas em floresta manejada, Comunidade Santo Antônio, município de Santarém, Estado do Pará. *Acta Amazonica*, 42: 185-194.
- Angelo, H.; Almeida, A.N.; Calderon, R.A.; Pompermayer, R.S.; Souza, A.N. 2013b. Determinantes do preço da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) no mercado interno brasileiro. *Scientia Forestalis*, 41: 195-203.
- Angelo, H.; Pompermayer, R.S.; Almeida, A.N.; Moreira, J.M.M.A.P. 2013a. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: O caso da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). *Ciência Florestal*, 23: 183-191.
- Anjos, D.B.; Ribeiro, C.F.; Nunes, T.A.; Silva, T. 2017. Potencial da casca da castanha-do-brasil como biofertilizante no cultivo de *Lactuca sativa* L. *South American Journal of Basic Education, Technical and Technological*, 4: 193-199.
- Azevedo, G.T.O.S.; Souza, A.M.; Azevedo, G.B.; Cerqueira, P.H.A. 2015. Enraizamento de miniestacas de eucalipto com diferentes doses de polímero hidrorretentor incorporado ao substrato. *Scientia Forestalis*, 43: 773-780.
- Baccarin, F.J.B.; Brondani, G.B.; Almeida, L.V.; Vieira, I.G.; Oliveira, L.S.; Almeida, M. 2015. Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. *New Forests*, 46: 465-483.
- Barbosa, M.A.M.; Moret, A.S. 2016. Produção e comercialização da castanha-do-brasil: Economia e Disponibilidade financeira (Subsistência das famílias residentes em Reservas Extrativistas). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4: 413-428.
- Bitencourt, J.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Wendling, I.; Koehler, H.S. 2009. Enraizamento de estacas de erva-mate (*Ilex paraguariensis* A. St.-Hill.) provenientes de brotações rejuvenescidas. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 11: 277-281.

- Bonga, J.M. 2016. Conifer clonal propagation in tree improvement programs *In*: Park, Y.S.; Bonga, J.M.; Moon, H.K. (Ed.). *Vegetative Propagation of Forest Trees*. National Institute of Forest Science. Seoul, p.3-31.
- Borella, D.R.; Silva, A.C.; Souza, A.P.; Bouvié, L.; Nogueira, L.A.S.; Pereira, C.A.L.; Silva, M.A.L.V. 2017. Biometria de frutos e sementes da castanheira-do-Brasil da região Médio-Norte do Mato Grosso. *Nativa*, 5: 628-633.
- BRASIL. 1976. *Portaria MAPA nº 846, de 8 de novembro de 1976*. Aprova as especificações para a padronização, classificação e comercialização interna da castanha-do-brasil.
- BRASIL. 2006. *Decreto nº 5975, de 30 de novembro de 2006*. Proíbe a exploração para fins madeireiros da castanheira (*Bertholletia excelsa*) em florestas naturais, primitivas ou regeneradas.
- BRASIL. 2014. *Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014*. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora ameaçadas de Extinção.
- Brondani, G.E.; Grossi, F.; Dutra, L.F.; Araujo, M.A. 2010. Aplicação de IBA para o enraizamento de miniestacas de *Eucalyptus benthamii* Maiden & Cabbage x *Eucalyptus dunnii* Maiden. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 32: 667-674.
- Brondani, G.E.; Wendling, I.; Santin, D.; Benedetti, E.L.; Roveda, L.S.; Orrutéa, A.G. 2007. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. *Scientia Agraria*, 8: 257-267.
- Brose, M.E. 2016. Cadeias produtivas sustentáveis no desenvolvimento territorial: A castanha na Bolívia e no Acre, Brasil. *Interações*, 17: 77-86.
- Camargo, I.P.; Castro, E.M.; Gavilanes, M.L. 2000. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-brasil. *Cerne*, 6: 11-18.
- Camargo, J.L.C.; Ferraz, I.D.K.; Mesquita, M.R.; Santos, B.A.; Brum, H.D. 2008. *Guia de propágulos e plântulas da Amazônia*. 1ª ed. INPA, Manaus, AM, 168p.
- Cardoso, D.; Särkinen, T.; Alexander, S.; Amorim, A.M.; Bittrich, V.; Celis, M.; *et al.* 2017. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114: 10695-10700.
- Carvalho, J.E.U; Nascimento, W.M.O. 2016. Enxertia da castanheira-do-brasil pelo método de garfagem no topo em fenda cheia. Embrapa, *Comunicado Técnico*, Belém, 5p.
- Clement, C.R.; Cristo-Araújo, M.; D'Eeckenbrugge, G.C.; Pereira, A.A.; Picanço-Rodrigues, D. 2010. Origin and Domestication of Native Amazonian Crops. *Diversity*, 2: 72-106.

- Corvera-Gomringer, R.; Cusi-Auca, C.; Palomino, W.S.; Zamora, A.C.; Medina, R.C. 2010. *La castaña amazónica (Bertholletia excelsa): manual de cultivo*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Puerto Maldonado, 71p.
- Costa, J.R.; Wandelli, E.V.; Castro, A.B.C. 2009. Aspectos Silviculturais da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em Sistemas Agroflorestais na Amazônia Central. Embrapa, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Manaus, 21p.
- Costa, M.G.; Tonini, H.; Filho, P.M. 2017. Atributos do Solo Relacionados com a Produção da Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). *Floresta e Ambiente*, 24: 1-10.
- Cusi-Auca, E.; Dionisio, L.F.S.; Bardales-Lozano, R.M.; Schwartz, G. 2018. Propagation of Brazil nut (*Humb. y Bonpl*) seedlings using seeds in mini-greenhouses. *Revista Agroambiente*, 12: 300-313.
- Dias, P.C.; Ataíde, G.M.; Xavier, A.; Oliveira, L.S.; Paiva, H.N. 2015b. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. *Cerne*, 21: 379-386.
- Dias, P.C.; Oliveira, L.S.; Xavier, A.; Wendling, I. 2012. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32: 453-462.
- Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S.; Félix, G.A.; Pires, I.E. 2015a. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. *Cerne*, 21: 83-89.
- Dörken, V.M.; Steinecke, H. 2011. *Bertholletia excelsa* – Paranuss, eine Art der Affentopfgewächse (Lecythidaceae). *Jahrbuch des Bochumer Botanischen Vereins*, 2: 183-186.
- Duchelle, A.E.; Guariguata, M.R.; Less, G.; Albornoz, M.A.; Chavez, A.; Melo, T. 2012. Evaluating the opportunities and limitations to multiple use of Brazil nuts and timber in Western Amazonia. *Forest Ecology and Management*, 268: 39-48.
- Fachinello, J.C.; Hoffmann, A.; Nachhtigal, J.C. Kersten, E. 2005. Propagação vegetativa por estaquia In: Fachinello, J.C.; Hoffmann, A.; Nachhtigal (Ed.). *Propagação de plantas frutíferas*. Embrapa, Brasília, DF. p.69-109.
- Feldberg, N.P.; Barbosa, W.; Mayer, N.A.; Santos, F.M.C. 2010. Propagação vegetativa de porta-enxertos de pereira por estacas semi-lenhosas. *Revista Ceres*, 57: 810-816.
- FAO. 1986. *Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p.41-44.
- FAO. 2016. *El Estado de los bosques del mundo, Los bosques y la agricultura: desafíos y oportunidades en relación con el uso de la tierra*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, p.20-24.
- Fernandes, F. 2016. *Potencialidades e limites da cadeia de valor da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa) no município de Manicoré, sul do Amazonas*. 1ª ed. Instituto Internacional de Educação do Brasil-IEB, Brasília, 29p.

- Ferreira, L.G.; Junior, E.N.; Valente, J.P.; Távora, C.; Ferreira, C.B. 2016. Avaliação de métodos de enxertia para mangueira e cajueiro na baixada cuiabana. *Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 20: 126-130.
- Ferrari, M.P.; Grossi, F.; Wendling, I. 2004. *Propagação vegetativa de espécies florestais*. Embrapa, Documentos, Colombo, 22p.
- Fortanier, E.J.; Jonkers, H. 1976. Juvenility and maturity of plants as influenced by their ontogenetical and physiological ageing. *Acta Horticulturae*, 56: 37-44.
- Fragoso, R.O.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Macanhão, G.; Stuepp, C.A.; Koehler, H.E. 2015. Propagação vegetativa de *Juniperus chinensis*. *Comunicata Scientiae*, 6: 307-316.
- Goh, D.; Monteuiis, O. 2016. Teak *In*: Park, Y.S.; Bonga, J.M.; Moon, H.K. (Ed.). *Vegetative Propagation of Forest Trees*. National Institute of Forest Science. Seoul, p.425-440.
- Hackett, W.P.; Murray, J.R. 1993. Maturation and Rejuvenation in woody species *In*: Ahuja, M.R. (Ed.). *Micropropagation of wood plants*. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, p.93-105.
- Hartmann, H.T.; Kester, D.E.; Davies Junior, F.T.; Geneve, R.L. 2002. *Plant propagation: principles and practices*. 7ª ed. Prentice Hall, New Jersey, 880p.
- Haugaasen, J.M.T.; Haugaasen, T.; Peres, C.A.; Gribel, R.; Wegge, P. 2010. Seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) by scatter-hoarding rodents in a Central Amazonian Forest. *Journal of Tropical Ecology*, 26: 251-262.
- Hernández, W.; Xavier, A.; Paiva, H.N.; Wendling, I. 2012. Propagação vegetativa do pau-jacaré (*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.) por estaquia. *Revista Árvore*, 36: 813-823.
- Homma, A.K.O.; Menezes, A.J.E.A.; Maués, M.M. 2014. Brazil nut tree: the challenges of extractivism for agricultural plantations. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, 9: 293-306.
- Indacochea, B.; Parrales, J.; Hernández, A.; Castro, C.; Vera, M.; Zhindón, A.; Gabriel, J. 2018. Evaluación de medios de cultivo *in vitro* para especies forestales nativas en peligro de extinción en Ecuador. *Agronomía Costarricense*, 42: 63-89.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. *Produção da extração vegetal e da silvicultura de 2016*. Brasil, Rio de Janeiro, 55p.
- Jaenicke, H.; Beniest, J. 2002. *Vegetative Tree Propagation in Agroforestry*. ICRAF, Nairobi, 150p.
- Kainer, K.; Cymerys, M.; Wadt, L.; Argolo, V. 2010. Castanheira: *Bertholletia excelsa* Bonpl. *In*: Shanley, P.; Medina, G.; Serra, M. (Ed.). *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Cifor, Bogor, p.65-77.

- Kamila, P.K.; Panda, P.C. 2019. Large-scale vegetative propagation of *Lasiococca comberi* by air layering. *Journal of Tropical Forest Science*, 31: 37-42.
- Kluczkovski, A.M.; Martins, M.; Mundim, S.M.; Simões, R.H.; Nascimento, K.S.; Marinho, H.A.; Kluczkovski Junior, A. 2015. Properties of Brazil nuts: A review. *African Journal of Biotechnology*, 14: 642-648.
- Kielse, P.; Bisognin, D.A.; Heberle, M.; Fleig, F.D.; Xavier, A.; Rauber, M.A. 2013. Propagação vegetativa de *Cordia trichotoma* (Vell.) Arrab. Ex Steudel por estaquia radicular. *Revista Árvore*, 37: 59-66.
- Kratz, D.; Wendling, I.; Brondani, G.E.; Dutra, L.F. 2010. Propagação assexuada de *Cupressus lusitânica*. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 30: 161-164.
- Kratz, D.; Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Kalil Filho, A.N. 2016. Epicormic shoots induction and rooting cuttings of *Calophyllum brasiliense*. *Cerne*, 22: 365-372.
- Laurance, W.F.; Cochrane, M.A.; Bergen, S.; Fearnside, P.M.; Delamônica, P.; Barber, C.; D'Angelo, S.; Fernandes, T. 2001. The Future of the Brazilian Amazon. *Science*, 291: 438-439.
- Lorenzi, H. 1992a. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum, Nova Odessa, p.133.
- Lorenzi, H. 1992b. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Plantarum, Nova Odessa, 385p.
- Loureiro, A.A.; Lisboa, P.L.B. 1979. Madeiras do Município de Aripuanã e suas utilidades. *Acta Amazonica*, 9: 1-88.
- Luna, T.; Haase, D.L. 2014. Vegetative Propagation In: Wilkinson, K.M.; Landis, T.D.; Haase, D.L.; Daley, B.F.; Dumroese, R.K. (Ed.). *Tropical Nursery Manual: A Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants*. v.1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, p.185-205.
- Mantovani, N.C.; Grando, M.F.; Xavier A.; Otoni, W.C. 2010. Resgate vegetativo por alporquia de genótipos adultos de urucum (*Bixa orellana* L.). *Ciência Florestal*, 20: 403-410.
- Mantovani, N.; Roveda, M.; Tres, L.; Fortes, F.O.; Grando, M.F. 2017. Cultivo de canafístula (*Peltophorum dubium*) em minijardim clonal e propagação por miniestacas. *Ciência Florestal*, 27: 225-236.
- Martini, A.; Biondi, D. 2014. Propagação vegetativa e sexuada de *Hypericum hookerianum* Wight & Arn. *Enciclopédia Biosfera*, 10: 2499-2507.
- Martins, K.; Santos, R.S.O. Campos, T.; Wadt, L.H.O. 2018. Pollen and seed dispersal of Brazil nut trees in the southwestern Brazilian Amazon. *Acta Amazonica*, 48: 217-223.

- Maués, M.M. 2002. Reproductive phenology and pollination of the brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl. Lecythidaceae) in eastern Amazonia. In: Kevan, P.; Imperatriz Fonseca, V.L. (Ed.). *Pollinating Bees - The Conservation Link Between Agriculture and Nature*. Ministry of Environment, Brasília, p.245-254.
- Maués, M.M.; Oliveira, P.E.A.M. 2010. Consequências da fragmentação do habitat na ecologia reprodutiva de espécies arbóreas em florestas tropicais, com ênfase na Amazônia. *Oecologia Australis*, 14: 238-250.
- Meadows, J.S.; Goelz, J.C.G.; Skojac, D.A. 2013. Influences of tree, stand, and site characteristics on the production of epicormic branches in southern bottomland hardwood forests In: Guldin, J.M. (Ed.). *Proceedings of the 15th biennial southern silvicultural research conference*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, p.47-55.
- Menezes, A.; Sampaio, P.T.B.; Blind, A.D. 2018. Propagação de pau-rosa (*Aniba Rosaeodora* Ducke) por estacas e miniestacas. *Nucleus*, 15: 515-522.
- Mori, S.A.; Prance, G.T. 1990. Taxonomy, ecology, and economy botany of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. e Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in Economic Botany*, 8: 130-150.
- Müller, C.H. 1981. *Castanha-do-brasil: estudos agronômicos*. Embrapa-CPATU, Belém, 25p.
- Müller, C.H.; Figueiredo, F.J.C.; Kato, A.K.; Carvalho, J.E.U.; Stein, R.L.B.; Silva, A.B. 1995. *A cultura da castanha-do-brasil*. Embrapa, Brasília, 65p.
- Nascimento, B.; Sá, A.C.S.; Lemos, L.B.; Rosa, D.P.; Pereira, M.O.; Navroski, M.C. 2018. Three epicormic shoot techniques in *I. paraguariensis* mother trees and its cutting according to the material rejuvenation degree. *Cerne*, 24: 240-248.
- Nascimento, W.M.O.; Carvalho, J.E.U.; Müller, C.H. 2010. *Castanha-do-brasil*. Funep, São Paulo, 41p.
- Nogueira, R.M.; Ruffato, S.; Carneiro, J.S.; Pires, E.M.; Álvares, V.S. 2014. Avaliação da carbonização do ouriço da castanha-do-brasil em forno tipo tambor. *Scientific Electronic Archives*, 6: 7-17.
- Nogueira, I.M.S.; Lahr, F.A.R.; Giacon, V.M. 2018. Desenvolvimento e caracterização de painéis de partículas aglomeradas utilizando o resíduo do ouriço da castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e resina poliuretana derivada do óleo da mamona. *Revista Matéria*, 23: e11985.
- Oliveira, L.S.; Dias, P.C.; Brondani, B.E. 2013. Micropropagação de espécies florestais brasileiras. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 33: 439-453.
- Pennacchio, H.L. 2015. Castanha-do-brasil In: Teixeira W.S.; Souto, G. (Ed.). *Companhia Nacional de Abastecimento: Proposta de Preços Mínimos*. v.2. Conab, Brasília, DF, p.84-89.

- Pereira, M.O.; Wendling, I.; Nogueira, A.C.; Kalil Filho, A.N.; Navroski, M.C. 2015. Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50: 282-289.
- Pimentel, L.D.; Júnior, A.W.; Santos, C.E.M.; Bruckner, C.H. 2007. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-brasil. *Informações Econômicas*, 37: 26-36.
- Pinheiro, E. 1967. *Propagação vegetativa da castanheira (Bertholletia excelsa. H.B.K.)*. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Norte, Belém, 16p.
- Rickli, H.C.; Bona, C.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2015. Origem de brotações epicórmicas e aplicação de ácido indolilbutírico no enraizamento de estacas de *Vochysia bifalcata* Warm. *Ciência Florestal*, 25: 385-393.
- Rodriguez, C.A.; Chagas, E.A.; Sánchez-Choy, J.; Santos, V.A.; Lozano, R.M.B.; Ríos, G.S. 2014. Capacidad de enraizamiento de plantas matrices promisorias de *Myrciaria dubia* (Kunth) Mc Vaugh en cámaras de subirrigación. *Revista Ceres*, 61: 134-140.
- Sá, F.P.; Portes, D.C.; Wendling, I.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2018. Miniestaquia de erva-mate em quatro épocas do ano. *Ciência Florestal*, 28: 1431-1442.
- Santin, D.; Wendling, I.; Benedetti, E.L.; Brondani, G.E.; Reissmann, C.B.; Morandi, D.; Roveda, L.F. 2008. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56: 97-104.
- Santos-Silva, L.; Silva, L.C.D.P.; Corassa, J.D.N.; Battirola, L.D. 2017. The Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. (Lecythidaceae)): Importance and biological interactions. *Scientific Electronic Archives*, 10: 71-84.
- Schroth, G.; Mota, M.S.S.; Elias, M.E.A. 2015. Growth and nutrient accumulation of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry at different fertilizer levels. *Journal of Forestry Research*, 26: 347-353.
- Shepard, G.H.; Ramirez, H. 2011. "Made in Brazil": Human Dispersal of the Brazil Nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) in Ancient Amazonia. *Economic Botany*, 65: 44-65.
- Silva, A.A.; Santos, M.K.V.; Gama, J.R.V.; Noce, R.; Leão, S. 2013. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da Mesorregião Baixo Amazonas, Pará. *Floresta e Ambiente*, 20: 500-509.
- Silva, A.N.; Coelho, M.F.B.; Guimarães, S.C.; Figueiredo e Albuquerque, M.C. 2009. Germinação de sementes de castanheira-do-pará armazenadas em areia úmida. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 44: 1431-1436.
- Silva, R.F.; Ascheri, J.R.L.; Souza, J.M.L. 2010. Influence of Brazil nut processing on the quality of nuts. *Ciência e Agrotecnologia*, 34: 445-450.

- Silva, K.N.; Pio, R.; Tadeu, M.H.; Assis, C.N.; Curi, P.N.; Moura, P.H.A.; Patto, L.S. 2012. Produção de mudas de framboeseira negra por diferentes métodos de propagação vegetativa. *Ciência Rural*, 42: 418-422.
- Simões, P.H.O.; Palheta, L.F.; Vale, R.S.; Correia, R.G.; Neves, R.L.P. 2015. Crescimento e qualidade de mudas de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.-Lecythidaceae) em substratos fertilizados com macronutrientes. *Enciclopédia Biosfera*, 11: 689-703.
- Soriano, M.; Kainer, K.A.; Staudhammer, C.L.; Sorino, E. 2012. Implementing multiple forest management in Brazil nut-rich community forests: Effects of logging on natural regeneration and forest disturbance. *Forest Ecology and Management*, 268: 92-102.
- Souza, J.C.A.V.; Barroso, D.G.; Carneiro, J.G.A.; Teixeira, S.L.; Balbinot, E. 2009. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. *Revista Árvore*, 33: 205-213.
- Souza, J.M.L.; Silva, R.F.; Leite, F.M.N.; Reis, F.S. 2012. *Castanha-do-Brasil despeliculada e salgada*. Embrapa, Brasília, 37p.
- Souza, L.G.S.; Souza, M.R.S. 2018. Crescimento da produção de açaí e castanha-do-brasil no Acre. *Revista de Administração e Negócios da Amazônia*, 10: 157-171.
- Stachiw, R.; Ribeiro, S.B.; Jardim, M.A.G.; Possimoser, D.; Alves, W.C.; Cavalheiro, W.C.S. 2016. Potencial de produção de biodiesel com espécies oleaginosas nativas de Rondônia, Brasil. *Acta Amazonica*, 46: 81-90.
- Stuepp, C.A.; Bitencourt, J.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2016. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepta em erva-mate. *Ciência Florestal*, 26: 1009-1022.
- Stuepp, C.A.; Bitencourt, J.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2017. Métodos de resgate e idades cronológicas de plantas-matrizes no enraizamento de brotações epicórmicas de *Ilex paraguariensis*. *Ciência Florestal*, 27: 1409-1413.
- Stuepp, C.A.; Pereira, G.P.; Zem, L.M.; Peña, M.L.; Bueno, P.M.C.; Spader, V.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Rosa, G.M. 2013. Enraizamento de melaleuca: influência da altura de coleta das estacas e aplicação de IBA. *Colloquium Agrariae*, 9: 01-09.
- Stuepp, C.A.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2015. Estaquia de árvores adultas de *Paulownia fortunei* var. mikado a partir de brotações epicórmicas de decepta. *Ciência Florestal*, 25: 667-677.
- Stuepp, C.A.; Wendling, I.; Xavier, A.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2018. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53: 985-1002.

- Stuepp, C.A.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Bona, C. 2014. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. *Bosque*, 35: 337-345.
- Sutili, F.J.; Dorneles, R.F.; Vargas, C.O.; Kettenhuber, P.L.W. 2018. Avaliação da propagação vegetativa de espécies utilizadas na estabilização de obras de terra com técnicas de engenharia natural. *Ciência Florestal*, 28: 1-12.
- Thomas, E.; Caicedo, C.A.; Loo, J.; Kindt, R. 2014. The distribution of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) through time: from range contraction in glacial refugia, over human-mediated expansion, to anthropogenic climate change. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais*, 9: 267-291.
- Tonini, H.; Pedrozo, C.A. 2014. Variações anuais na produção de frutos e sementes de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima. *Revista Árvore*, 38: 133-144.
- Tonini, H.; Baldoni, A.B.; Hoogerheide, E.S.S.; Botelho, S.C.C. 2017. Caracterização e rentabilidade do sistema extrativista da castanha-do-brasil praticado em Itaúba (MT). *Nativa*, 5: 175-181.
- Trueman, S.J.; Hung, C.D.; Wendling, I. 2018. Tissue Culture of *Corymbia* and *Eucalyptus*. *Forests*, 9: 1-45.
- Vieira, A.H.; Bentes-Gama, M.M.; Rocha, R.B.; Locatelli, M.; Oliveira, A.C. 2009. Fenologia reprodutiva de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. Bompl.), em Porto Velho, RO. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, Porto Velho, 13p.
- Wadt, L.G.O.; Kainer, K.A.; Cartaxo, C.B.C.; Nunes, G.M.; Leite, F.M.N.; Souza, J.M.L.; Gomes-Silva, D.A.P.; Sousa, M.M.M. 2005. *Manejo da Castanha-do-brasil*. 19ª ed. Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar, Rio Branco, 42p.
- Wendling, I.; Brondani, G.E.; Biassio, A.; Dutra, L.F. 2013. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. *Acta Scientiarum Agronomy*, 35: 117-125.
- Wendling, I.; Dutra, L.F.; Hoffmann, H.A.; Bettio, G.; Hansel, F. 2009. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. *Agronomía Costarricense*, 33: 309-319.
- Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Santin, D.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2017. Clonal forestry of *Araucaria angustifolia*: plants produced by grafting and cuttings can be used for wood production. *Revista Árvore*, 41: e410117.
- Wendling, I.; Trueman, S.J.; Xavier, A. 2014a. Maturation and related aspects in clonal forestry - part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests*, 45: 473-486.

- Wendling, I.; Trueman, S.J.; Xavier, A. 2014b. Maturation and related aspects in clonal forestry - part I: concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests*, 45: 449-471.
- Xavier, A.; Santos, G.A.; Wendling, I.; Oliveira, M.L. 2003. Propagação vegetativa de cedro-rosa por miniestaquia. *Revista Árvore*, 27: 139-143.
- Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R.L. 2009. *Silvicultura Clonal: princípios e técnicas*. 2ª ed. UFV, Viçosa, 272p.
- Zappi, D.C.; Filardi, F.L.R.; Leitman, T.; Souza, V.C.; Walter, B.M.T.; Pirani, J.R. et al. 2015. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, 66: 1085-1113.
- Zem, L.M.; Weiser, A.H.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Radomski, M.I. 2015. Estaquia caulinar herbácea e semilenhosa de *Drimys brasiliensis*. *Revista Ciência Agronômica*, 46: 396-403.

Conceição, J.B.F.; Ferreira, S.A.N.; Lima, N.N.; 2019. Potencial de resgate vegetativo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados. p. 34-56.

Potencial de resgate vegetativo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados

Jônathan B. F. CONCEIÇÃO*, Sidney A. N. FERREIRA, Natália N. LIMA
Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, Coordenação de Biodiversidade - COBIO, Av. André Araújo 2936, Petrópolis, Manaus, Amazonas, Brasil.

*E-mail autor: Johnbrito.jbfc@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-2017-4126>

RESUMO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma das espécies amazônica mais apreciadas por seu valor nutricional, importância econômica, relevância socioambiental e ecológica. Sua propagação é normalmente feita por sementes que apresentam certas limitações enquanto a propagação assexuada pode potencializar a obtenção de mudas clonais e/ou de material selecionado. Neste trabalho, objetivou-se avaliar a emissão de brotações epicórmicas em ramos destacados em função da matriz e do diâmetro dos mesmos, assim como, o efeito do ácido indolbutírico (0 e 1000 mg.kg⁻¹) no enraizamento de estacas provenientes destas brotações. Para a emissão de brotos, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 (plantas matrizes) x 3 (diâmetros dos ramos), com quatro repetições, cada uma contendo 5 hastes. A cada cinco dias foi feita a contagem do número de brotos por haste e, a partir destes dados, calculado o índice de velocidade e tempo médio de brotação. Já para o enraizamento das brotações, utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 6 (plantas matrizes) x 2 (tipos de estaca) x 2 (concentrações de ácido indolbutírico), com quatro repetições, cada uma contendo 5 estacas, avaliando-se principalmente a sobrevivência, enraizamento e calogênese. A técnica de ramos destacados possibilitou a obtenção de material juvenil com potencial de aproveitamento na propagação vegetativa de castanha-do-brasil. O número de brotações epicórmicas e o índice de velocidade de brotação são dependentes da associação entre a planta-matriz e o diâmetro do ramo destacado. O maior rendimento no número de brotações epicórmicas nas hastes de ramos com maior diâmetro (20-40 e 40-80 mm) favorece a obtenção de propágulos vegetativos com potencial de uso na multiplicação clonal. Devido a problema no sistema de nebulização e, possivelmente, relacionado ao substrato utilizado, os resultados da estaquia foram praticamente nulos, necessitando que o experimento seja reinstalado, com ajustes.

Palavras-chave: Lecythidaceae; propagação assexuada; estaquia; silvicultura clonal

Vegetative rescue potential of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) through epicormic shoots of detached live branches

ABSTRACT

Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) is one of the Amazonian species most appreciated for its nutritional value, economic importance, socioenvironmental and ecological relevance. Its propagation is usually made by seeds that have certain limitations, while propagation by cutting can boost the production of clonal seedlings and / or selected

material. The objective of this study was to evaluate the emission of epicormic shoots on branches live detached from the stock plant and their diameter, as well as the effect of indolebutyric acid (0 and 1000 mg.kg⁻¹) on the rooting of cuttings from these shoots. For the shoot emission, the experimental design was a completely randomized design, in factorial scheme 6 (stock plants) x 3 (tree diameters), with four replications, each containing 5 stems. The number of shoots per stem was counted every five days and, from these data, the velocity index and average sprouting time were calculated. For the rooting of the shoots, we used the completely randomized design, factorial scheme 6 (stock plants) x 2 (cutting types) x 2 (concentrations of indolbutiric acid), with four replicates, each containing 5 cuttings, mainly evaluating survival, rooting and callogenesis. The technique of detached live branches made it possible to obtain juvenile material with potential for use in the vegetative propagation of Brazil nuts. The number of epicormic shoots and the rate of shoot speed are dependent of the association between the stock plant and the diameter of the detached branch. The higher yield in the number of epicormic shoots on the stems of larger diameter branches (20-40 and 40-80 mm) favors the obtaining of vegetative propagules with potential for use in clonal multiplication. Due to a problem in the nebulization system and possibly related to the substrate used, the cuttings results were practically null, requiring the experiment to be reinstalled, with adjustments.

Keywords: Lecythidaceae; asexual propagation; cutting; clonal forestry

INTRODUÇÃO

Uma das maiores diversidades de plantas do planeta é encontrada na Amazônia brasileira, que possui em torno de 10.674 espécies, sendo 4.539 espécies arbóreas (Cardoso *et al.* 2017). Nessa diversidade se destaca a castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.), espécie protegida por lei, que tem sua ocorrência em quase todas as áreas de floresta de terra-firme da região norte do Brasil (Wadt e Kainer 2009; BRASIL 2014). Pertencente à família Lecythidaceae, é uma das espécies nativas mais valiosas, utilizada como fonte de renda e subsistência (Silva *et al.* 2013), englobando também questões socioeconômicas e ecológicas para conservação da floresta (Bayma *et al.* 2014; Barbosa e Moret 2016; IBGE 2016). Além disso, tem sido bastante comum seu uso em diferentes sistemas de plantios na região, seja em cultivos homogêneos ou na composição de sistemas agroflorestais (Schroth *et al.* 2015).

É propagada normalmente via sexuada, com certas limitações, visto que as sementes apresentam dormência variável e a germinação é irregular, o que resulta num longo período para o preparo de mudas (Müller *et al.* 1995).

A aquisição de mudas clonais é o principal impedimento para o cultivo em larga escala de material selecionado da castanha-do-brasil. Sendo assim, o uso e/ou aperfeiçoamento de técnicas de propagação vegetativa, como a enxertia (Nascimento *et al.* 2010) e a estaquia, torna-se uma alternativa que poderá contribuir na silvicultura clonal da espécie, favorecendo o acesso à mudas de material de qualidade e em quantidade. A enxertia do tipo borbulha é a prática mais comum em castanha-do-brasil, contudo, além de depender da semente para a formação do porta-enxerto, é realizada após 18 meses de idade no local definitivo (Müller *et al.* 1995). Mais recentemente, Corvera-Goringer *et al.* (2010) investigaram a técnica de enxertia do tipo garfagem de topo no viveiro visando reduzir o tempo de formação da muda, mas que ainda depende da semente e suas particularidades.

A estaquia é o método de propagação assexuada mais empregada em espécies tropicais de importância ecológica e econômica (Dias *et al.* 2012; Dias *et al.* 2015a). As estacas são obtidas da planta-mãe e advém do caule, raiz ou por brotação epicórmica, propágulo juvenil indispensável à propagação vegetativa de árvores adultas. O desenvolvimento de brotações epicórmicas pode ser estimulado por diversas técnicas, destacando-se a decepa do caule, o anelamento e semi-anelamento do caule, além do uso de ramos destacados (Wendling *et al.* 2013; Dias *et al.* 2015b; Pereira *et al.* 2015; Kratz *et al.* 2016; Stuepp *et al.* 2016; Nascimento *et al.* 2018).

O uso de ramos destacados tem apresentado bons resultados de indução de brotações epicórmicas em espécies arbóreas, sendo importante alternativa para a obtenção

de propágulos viáveis na multiplicação clonal (Baccarin *et al.* 2015). Apesar de ser um método ainda pouco utilizado em relação a outros (decepa ou anelamento total do caule), tem a vantagem de causar menos danos à planta-mãe, garantindo a manutenção e sobrevivência da mesma (Stuepp *et al.* 2018).

O uso de estacas oriundas das brotações de ramos de *Paulownia fortunei* resultou num melhor enraizamento quando comparada às estacas oriundas das brotações de decepa (Stuepp *et al.* 2014). Contudo, o enraizamento adventício dessas estacas tem apresentado resultados variáveis (Wendling *et al.* 2009), assim como, o emprego de reguladores de crescimento vegetal no seu estímulo (Fragoso *et al.* 2017). Além disso, Bisognin *et al.* (2018) ressaltam a influência do efeito da matriz e da posição de coleta das brotações epicórmicas sobre o enraizamento adventício desse tipo de estaca.

Em função das dificuldades da propagação sexuada e necessidade de viabilizar, em menor tempo, a produção de mudas de material selecionado, o presente trabalho objetivou avaliar a emissão de brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados, bem como a utilização dessas para confecção de estaca, visando a propagação de castanha-do-brasil.

MATERIAL E MÉTODOS

Origem do material e local dos experimentos

Foram utilizados ramos de seis plantas adultas de castanha-do-brasil provenientes de sementes, com idade de 23 anos, diâmetro na altura do peito (DAP) médio acima 40 cm, localizadas na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), do Instituto Soka-CEPEAM (Centro de Projetos e Estudos Ambientais do Amazonas), em Manaus, AM (03° 06' 53" S e 59° 54' 17" O). A vegetação do local é caracterizada como um fragmento

de floresta secundária, reflorestada com espécies nativas (Tapia-Coral e Waldez 2016). O clima da região, conforme a classificação de Koppen, é do tipo Af (tropical úmido a superúmido), com temperatura média anual e pluviosidade média anual entorno de 26,7 C° e 2.419 mm, respectivamente, e umidade relativa do ar de 87,5% (Ribeiro 1976).

Os experimentos foram desenvolvidos no Viveiro de Mudas da Coordenação de Biodiversidade (COBIO), do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Campus III (V8) em Manaus, AM (3° 08' S e 60° 01' O). Esse é coberto com tela de sombreamento de 70%; o chão é revestido com seixo; e a irrigação é feita por nebulização intermitente, controlada por balança de evaporação (Miranda 1983).

Brotações epicórmicas em haste de ramos destacados

Através de escadas das árvores, com técnica de rapel, acessou-se aos ramos da parte inferior da copa, os quais foram cortados com serra de poda. No chão, esses foram seccionados em hastes de diferentes diâmetros (<20 mm; 20-40 mm; 40-80 mm), com comprimento padronizado de 40 cm. Então, estas foram acondicionadas em sacos de rafia, contendo jornal umedecido, e transportadas até o viveiro de mudas.

Antecedendo a instalação do experimento, a extremidade superior das hastes foi mergulhada em parafina aquecida, com o propósito de reduzir a perda de água. No viveiro, as hastes foram dispostas em caixas plásticas (43 cm x 63 cm x 18 cm), contendo areia, posicionadas verticalmente, com 10 cm da base enterrada, onde permaneceram por 90 dias. A cada cinco dias, foi feita a contagem do número de brotações e, no encerramento, estimou-se o diâmetro e o comprimento médio das brotações, utilizando vinte unidades por matriz, escolhidas ao acaso, independente do diâmetro da haste. A partir da contagem periódica das brotações foi calculado o índice de velocidade de

brotação [adaptado de Maguire (1962)] e o tempo médio de brotação [adaptado de Labouriau (1983)].

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 (matrizes) x 3 (diâmetros das hastes), com quatro repetições, cada uma contendo 5 hastes. Para normalização dos dados, estes foram transformados em \sqrt{x} . Após análise de variância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade, ambos utilizando o programa ASSISTAT 7.7 (Silva e Azevedo 2016).

Estaquia a partir de brotações epicórmicas

Neste experimento foram utilizadas brotações epicórmicas obtidas nas hastes das matrizes do experimento anterior. A coleta das brotações foi feita pela manhã, realizada com auxílio de uma lâmina de aço, previamente esterilizada. A partir daí, foram confeccionadas estacas com dois “nós”, de dois tipos: basais (com a extremidade inferior próxima a haste de origem); e superior (retiradas logo acima da estaca anterior). Essas, com comprimento médio de 5 cm (± 1 cm), tinham um par de folhas alternas, que foram reduzidas à metade para minimizar a perda de água. Ainda, na confecção das estacas foi feito um corte reto 1 cm abaixo do nó inferior e outro corte 1 cm acima do nó superior. Durante a coleta das brotações e preparo das estacas, estas foram acondicionadas em bandejas plásticas contendo água, assim evitando a perda de turgidez dos tecidos. Em seguida, as estacas foram imersas em solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, por dez minutos, para tratamento fitossanitário. Depois, foram lavadas em água corrente por mais dez minutos e novamente acondicionadas em bandejas plásticas contendo água, até a fase de estaqueamento.

Antecedendo o estaqueamento, a metade das estacas de cada combinação (matriz x posição) foi tratada com ácido indolbutírico (1000 mg AIB por Kg de talco inerte) enquanto a outra metade não foi tratada. No tratamento, a porção basal das estacas foi inserida no regulador de crescimento, retirando-se o excesso, e, imediatamente, fez-se o estaqueamento de todas as estacas (tratadas e não tratadas).

As estacas foram plantadas em tubetes, com capacidade para 60 cm³, contendo substrato comercial (Vivatto Slim Pro 10, uma mistura de casca de pinus bio-estabilizada, vermiculita, moinha de carvão vegetal, espuma fenólica e água), sem adição de fertilizantes.

As estacas foram mantidas em viveiro com nebulização intermitente para promoção do enraizamento. Decorrido 90 dias, foram averiguados: sobrevivência, enraizamento, formação de calo, retenção foliar (estacas que mantiveram as folhas originais), brotações desenvolvidas e mortalidade (estacas necrosadas).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 (matrizes) X 2 (tipos de estaca) X 2 (concentrações de AIB), com quatro repetições, cada uma contendo 5 estacas.

RESULTADOS

Brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados

A emissão de brotos epicórmicos em castanha-do-brasil aconteceu de forma distinta, dependendo da matriz e do diâmetro da haste utilizado (Figuras 1 e 2). Os primeiros lançamentos de brotos aconteceram aos 10 dias, nas hastes com diâmetro entre 20-40 mm da matriz 2. Com 15 dias, iniciou-se as brotações nas hastes dos demais diâmetro da matriz 2 (<20 mm e 40-80 mm), assim como nas de todos os diâmetros da

matriz 3 e 5. As matrizes 1, 4 e 6 foram as de início de brotação tardio, variando entre 20 a 25 dias.

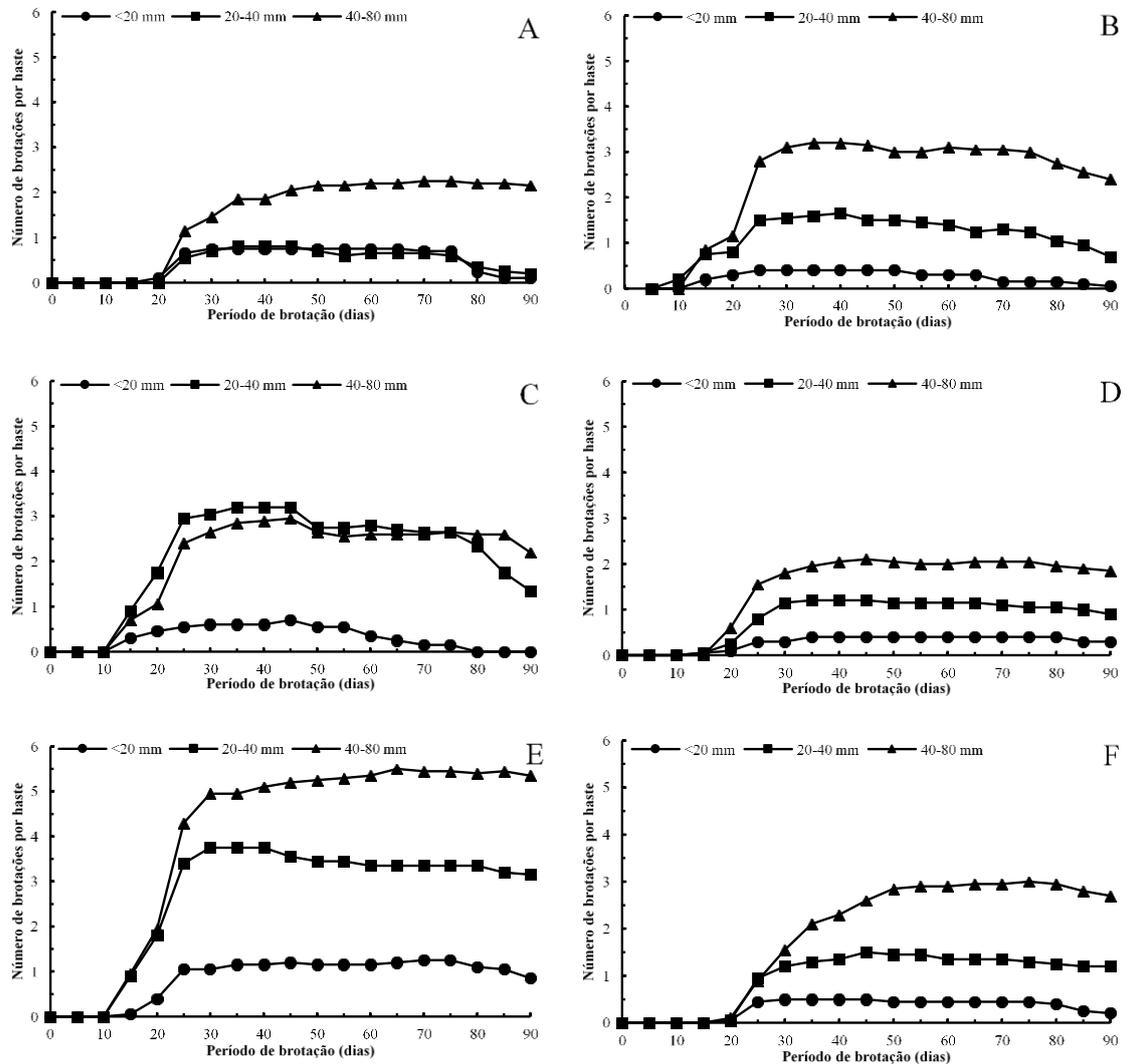


Figura 1. Média do número de brotações epicórmicas emitidas, durante noventa dias, por matriz (A, matriz 1; B, matriz 2; C, matriz 3; D, matriz 4; E, matriz 5; e F, matriz 6) e por diâmetro da haste (<20 mm; 20-40 mm; e 40-80 mm), provenientes de ramos destacados de castanha-do-brasil, em viveiro com sistema de nebulização intermitente, na cidade de Manaus, AM.

De um modo geral, entre 35 a 45 dias, observou-se uma tendência de estabilização dos lançamentos de brotos, identificando-se neste período o potencial máximo de emissões de brotações epicórmicas por matriz e por diâmetro da haste. Após 45 dias, na maioria dos casos, notou-se uma pequena diminuição no número de brotos registrados, o que se deu em consequência do secamento e queda de brotos recém-formados. Devido a

isto, a análise de variância e a comparação das médias das variáveis estudadas foram processadas com dados obtidos até aos 45 dias.



Figura 2. Visão geral do experimento sobre emissão de brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados de castanha-do-brasil, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM no momento da instalação (A) e 48 dias após a instalação (B).

O número de brotos e o índice de velocidade de brotação apresentaram efeito de interação entre os fatores matriz e diâmetro da haste, enquanto o tempo médio de emissão dos brotos apresentou diferenças significativas apenas com relação aos níveis do fator matriz.

As hastes de maior diâmetro (40-80 mm) foram as que apresentaram maior número de brotos emitidos, embora seus valores nem sempre tenham diferido

significativamente dos alcançados pelas hastes com diâmetro de 20-40 mm (Tabela 1). As hastes de menor diâmetro (<20 mm) foram as que emitiram menor número de brotações, em média, quase sempre menor que uma por haste, o que sugere que não deveriam ser utilizadas com o propósito de obtenção de brotações epicórmicas para fins de propagação. A matriz 5 foi a que emitiu maior número de brotações por haste, chegando em média a 5,2 para a de maior diâmetro (40-80 mm), com por volta de 3 para as matrizes que seguem logo abaixo (matriz 2 e 3), dentro desta mesma categoria de diâmetro.

Tabela 1. Médias do número de brotações epicórmicas e do índice de velocidade de brotação, por matriz e por diâmetro da haste, provenientes de ramos destacados de castanha-do-brasil e referentes ao período de quarenta e cinco dias de observação, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.

Diâmetro da haste (mm)	Matriz 1	Matriz 2	Matriz 3	Matriz 4	Matriz 5	Matriz 6
<i>Número de brotações</i>						
<20	0,8aB	0,5aC	0,7aB	0,4aB	1,2aB	0,6aB
20-40	0,8bB	1,5bB	3,2aA	1,2bA	3,6aA	1,5bA
40-80	2,1bA	3,2abA	3,0bA	2,1bA	5,2aA	2,6bA
CV (%) = 20,41			Teste F (interação) = 2,09			
<i>Índice de velocidade de brotação (broto dia⁻¹)</i>						
<20	0,03aA	0,02aB	0,04aB	0,02aB	0,05aB	0,02aB
20-40	0,03bA	0,09abA	0,16aA	0,05bAB	0,18aA	0,05bAB
40-80	0,07bA	0,15abA	0,13abA	0,08bA	0,24aA	0,09bA
CV (%) = 23,80			Teste F (interação) = 2,12			

Médias seguidas de mesma letra entre as matrizes, dentro de cada diâmetro, ou entre diâmetros, dentro de cada matriz, não diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao índice de velocidade de brotação, o comportamento desta variável se assemelha ao do número de brotações por haste (Tabela 1). As hastes de maior diâmetro obtiveram os valores mais elevados, com destaque para as da categoria de 40-80 mm. Nas maiores classes de diâmetro a matriz 5 apresentou valores superiores às demais, para essa variável, embora não tenha diferido estatisticamente das matrizes 2 e 3.

No que diz respeito ao tempo médio de brotação, foi observado efeito significativo apenas para o fator matriz. A matriz 2, que apresentou comportamento intermediário para as variáveis “número de brotos” e “índice de velocidade de brotação”, foi a que se destacou com o menor tempo médio de brotação (19,5 dias), seguida das matrizes 5 e 3, com 22,5 e 23,7 dias, respectivamente, e que não diferiram entre si.

Tabela 2. Médias do tempo médio das brotações epicórmicas em haste de ramos destacados de diferentes matrizes de castanha-do-brasil, em condições de viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.

Matriz 1	Matriz 2	Matriz 3	Matriz 4	Matriz 5	Matriz 6
27,0ab	19,5d	23,7bcd	25,7abc	22,5cd	28,6a
CV(%) = 7,55			Test F (matriz) = 10,10		
Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade.					

Após 90 dias de condicionamento das hastes no viveiro, as matrizes apresentaram diâmetro e comprimento médios das brotações epicórmicas nos valores de 4,0 mm e 7,9 cm, respectivamente, com expressiva variação para cada matriz em particular (Figura 3). Vale salientar que, na maioria das vezes, cada brotação permitia a confecção de pelo menos duas estacas, com dois “nós”, com potencial de serem utilizadas para propagação.

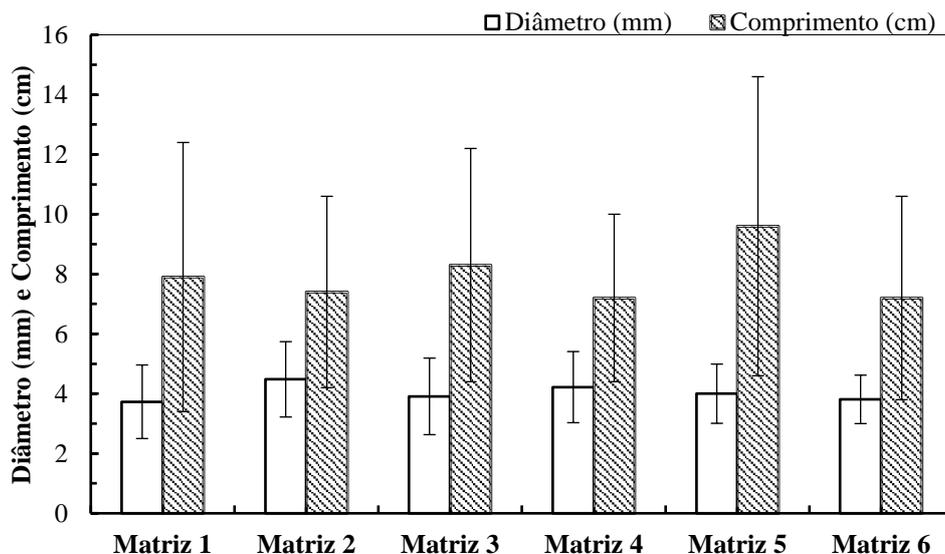


Figura 3. Média (\pm desvio padrão) do diâmetro e comprimento das brotações epicórmicas por matriz de castanha-do-brasil, advindas de hastes de ramos destacados, após noventa dias de condicionamento em viveiro com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.

Estaquia a partir de brotações epicórmicas

Os resultados deste experimento foram praticamente nulos, não sendo possível inferir sobre os níveis dos fatores previstos (matriz x tipo de estaca x regulador de crescimento). Um dos problemas notados durante a condução do mesmo foi o umedecimento irregular da estaca e do substrato (Figura 4A) devido a falha no sistema de nebulização (aspersores com problema) e a falta de energia elétrica, que, num determinado momento, impediu o funcionamento da bomba-d'água.

Além disso, suspeita-se que o substrato utilizado não tenha sido adequado, pois, desde as primeiras semanas após a instalação do experimento, observou-se um apodrecimento das folhas das estacas, o qual migrava progressivamente do pecíolo (parte enterrada) para a lâmina foliar (Figura 4B). Contudo, aos 90 dias de instalação do experimento, verificou-se a formação de calo nas poucas estacas que sobreviveram (Figura 5).



Figura 4. Visão parcial do experimento de estaquia a partir de brotações epicórmicas de ramos destacados de castanha-do-brasil, 56 dias após e instalação, evidenciando umedecimento irregular do substrato (4A) e apodrecimento da base das folhas das estacas (4B).



Figura 5. Estaca de castanha-do-brasil com formação de calo, obtida a partir de brotação epicórmica de ramo destacado, após 90 dias em viveiro, com sistema de nebulização intermitente, em Manaus, AM.

DISCUSSÃO

Brotações epicórmicas em hastes de ramos destacados

O início da emissão de brotações epicórmicas, nos três diâmetros de hastes destacadas de castanheira, aconteceu entre 10 e 25 dias para todas as matrizes. Utilizando essa mesma técnica de resgate em árvores adultas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), Wendling *et al.* (2013) verificaram o aparecimento das primeiras brotações epicórmicas nos ramos destacados aos 30 dias. Em ramos destacados de *Eucalyptus cloeziana* a emissão de brotos aconteceu apenas aos 40 dias após acondicionamento do material em casa de vegetação (Almeida *et al.* 2007). Ou seja, a emissão de brotos epicórmicos em hastes destacadas de castanha-do-brasil foi mais rápida que algumas espécies florestais submetidas à mesma técnica de resgate. Este fato, porém, não indica uma grande produção e disponibilidade de brotos.

A técnica de ramos destacados mostrou uma maior competência para promover a indução (produção) de propágulos juvenis nas hastes de maior diâmetro. Com base na quantidade de brotações produzidas nos três diâmetros de haste, a matriz 5 mostrou-se superior às demais. Segundo Meadows *et al.* (2013), árvores florestais adultas de qualquer e/ou mesma espécie podem apresentar diferentes tendências na emissão e crescimento de estruturas epicórmicas.

Além da técnica utilizada ter produzido resultados satisfatório quanto na indução de brotações epicórmicas em castanha-do-brasil, o sucesso na emissão de brotos pode estar relacionado ao vigor das árvores selecionadas (matrizes sadias, ausência de doenças e pragas, ou cipós), uma vez que, estudos apontam um papel importante do vigor na tendência das árvores produzirem brotos epicórmicos (Meier *et al.* 2012).

O potencial epicórmico de ramos destacados de castanha-do-brasil caracterizou-se por uma queda no número de brotos após a estabilização dos lançamentos (até 45 dias). Assim como nesse trabalho, a redução no número de brotações em ramos podados de *Ilex paraguariensis*, de dimensões 60-70 cm de comprimento e diâmetro entre 5-10 cm, iniciou a partir dos 50 dias (Wendling *et al.* 2013). Para essa mesma espécie, Nascimento *et al.* (2018) relataram que essa queda pode variar até 180 dias.

Assim como no estudo desenvolvido com *Araucaria angustifolia* (Wendling *et al.* 2009), pode-se condicionar a redução da emissão de brotações epicórmicas à exaustão das reservas presentes nos ramos podados de castanha-do-brasil, ou seja, a longevidade das brotações epicórmicas é limitada pelo depósito de reserva nas hastes. A influência da quantidade de reserva na emissão de brotos epicórmicos também foi constatado em ramos podados de *Ilex paraguariensis* (Nascimento *et al.* 2018). A redução no número de brotações epicórmicas ainda pode ser associado à competição por água, luz, nutrientes e espaço quando há uso de outras técnicas de resgate (Dias *et al.* 2015b).

No intuito de preservar as reservas de nutrientes, observou-se o direcionamento destas aos primeiros brotos epicórmicos emitidos, provocando um secamento de brotos recém-formados e contribuindo para o declínio do número de brotações. Segundo Meier *et al.* (2012), essa secagem das brotações recém-formadas acontece quando brotos mais vigorosos formam folhas maduras, tornando-se exportadores líquidos de carboidratos, o que causa a completa cessação do crescimento nos brotos epicórmicos recém-formados.

O número de brotos epicórmicos emitidos é um fator determinante para subsidiar a viabilidade da técnica de resgate vegetativo, como também, o tamanho desses brotos (comprimento) e seu vigor fisiológico. São características que podem prejudicar o aproveitamento das brotações na fase de enraizamento (Nascimento *et al.* 2018), mas

também identificar a eficiência das estacas no enraizamento e no vigor das raízes numa eventual propagação clonal (Duarte *et al.* 2019).

No que diz respeito ao comprimento e diâmetro das brotações, os resultados demonstram potencial de uso dos brotos à estaquia por suas dimensões que, em média, foram de 7,9 cm e 4,0 mm, respectivamente. Brotações oriundas do anelamento de árvores adultas de erva-mate (*Ilex paraguariensis*), com diâmetro médio de 3,80 mm, também apontaram aptidão à técnica de estaquia (Stuepp *et al.* 2016). Utilizando anelamento e decepa, Dias *et al.* (2015b) constataram que estacas medindo de 1,0 e 4,0 mm de diâmetro proporcionaram os maiores percentuais de enraizamento em angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa*).

Os comprimentos médios das brotações encontrados nesse estudo assemelham-se ao de brotações epicórmicas de árvores de erva-mate, submetidas a uma alta intensidade de poda dos ramos, cujo comprimento médio foi de 8,9 cm de comprimento aos 90 dias (Santin *et al.* 2008). Para essa mesma espécie, utilizando a técnica de ramos podados, Wendling *et al.* (2013) encontraram valores inferiores ($\leq 4,0$ cm) ao comprimento encontrado neste trabalho, o que justifica-se pela obtenção dos dados aos 50 dias, pelos autores.

Em árvores adultas de *Ilex paraguariensis*, com 17 anos de idade, Stuepp *et al.* (2016) obtiveram o comprimento médio das brotações superior ($22,58 \pm 0,69$ cm) a do presente trabalho. Com base em Wendling *et al.* (2014a), este fato pode ser devido ao maior vigor vegetativo de brotações basais quando comparadas às produzidas a partir de material da copa de árvores adultas.

Em trabalho com *Araucaria angustifolia*, Wendling e Zanette (2017) recomendaram brotações entre 25-45 cm de comprimento para confecção de estacas e

posterior propagação clonal da espécie a partir da técnica de decepta. Já em estacas provenientes de brotações epicórmicas de árvores adultas dessa mesma espécie, Wendling e Brondani (2015) empregaram estacas com $12,0 \pm 2,0$ cm de comprimento, porém, esse comprimento é alcançado somente entre 110 e 160 dias após a poda dos ramos (Wendling *et al.* 2009).

O número de brotos e o índice de velocidade de brotação apresentaram efeito de interação entre matriz x diâmetro da haste, indicando que os resultados dos níveis de um dependem dos níveis do outro fator. Embora essas duas variáveis, em geral, decresçam com a diminuição do diâmetro da haste, as mesmas são de dimensões distintas em função de cada matriz e diâmetro.

O maior número de brotos nas hastes de maior diâmetro (40-80 mm) provavelmente está relacionado à maior quantidade de reservas e de gemas dormentes que estas contêm. Nesse diâmetro, a matriz 5 atingiu uma média de cinco brotos por haste, mostrando boa capacidade de produção de material com potencial de utilização como propágulo. Este resultado foi superior ao encontrado por Santin *et al.* (2008) e Dias *et al.* (2015b), que encontraram até quatro brotos por árvore anelada de erva-mate e angico-vermelho, respectivamente. Diferentemente do relato de Meier *et al.* (2012) que afirmam que a casca mais grossa causa um impedimento à erupção de gemas, nossos resultados mostram o contrário, considerando que as hastes de castanheiras de maior diâmetro, também possuíam casca mais espessa.

A classe de menor diâmetro (<20 mm) não parece adequada para o resgate de material adulto em castanha-do-brasil, visto que, em média, produziu menos que uma brotação por haste, além do reduzido índice de velocidade de brotação.

Quanto ao tempo médio de brotação, constataram-se diferentes comportamentos em função da matriz, com aquelas de melhor desempenho (2, 3 e 5), quanto ao número de brotos produzidos e índice de velocidade de brotação, alcançando os menores valores.

Estaquia a partir de brotações epicórmicas

O insucesso deste experimento, devido a fatores que deveriam ter sido controlados e/ou a falta de condições adequadas, sugere que o mesmo deve ser reinstalado, com as devidas correções, a fim de que se possa inferir, com segurança, sobre os reais efeitos dos tratamentos aplicados. O mau funcionamento do sistema de nebulização e o substrato (aparentemente inadequado) podem ter contribuído para o não enraizamento das estacas de castanha, demonstrando a importância do controle de fatores externos na condução de um experimento de estaquia. Testando outros tipos de substrato no enraizamento de estacas oriundas de brotações de ramos podados de camu-camu (*Myrciaria dubia*), estas apresentaram comportamento diferente para sobrevivência e enraizamento, sob as mesmas condições desse trabalho (dados não publicados). Brondani *et al.* (2007) condicionaram o sucesso no enraizamento de estacas de *Ilex paraguariensis* ao substrato e ao ambiente de acondicionamento.

O sistema de nebulização não proporcionou uniformidade de molhamento e foi também prejudicado por falta de energia. Desse modo, verificou-se desidratação e morte de boa parte das estacas nas primeiras semanas de condução deste trabalho. Segundo Luna e Haase (2014), durante o período de formação do sistema radicular, é indispensável manter a umidade elevada no ambiente de propagação.

Houve a formação de calo nas estacas que sobreviveram, o que indica alto grau de maturação do propágulo utilizado, conforme Wendling *et al.* (2014b). Embora não seja algo satisfatório no que diz respeito ao enraizamento, o aparecimento dessa massa de

células parenquimáticas desorganizadas na base das estacas pode orientar na formação radicular adventícia de forma indireta (Xavier *et al.* 2009).

A alta taxa de mortalidade e o surgimento de calos nessas estacas orientam a necessidade de aprimoramento na execução desta técnica. Aconselha-se adotar alguns ajustes como maior número de matrizes para coleta de material, maior controle da condição ambiental, diferentes substratos para enraizamento e o uso de outros métodos para o processo de estaquia da espécie vislumbrando plantações comerciais.

CONCLUSÕES

A técnica de ramos destacados possibilitou a obtenção de material juvenil com potencial de aproveitamento na propagação vegetativa de castanha-do-brasil.

O número de brotações epicórmicas e o índice de velocidade de brotação são dependentes da associação entre planta-matriz e diâmetro do ramo destacado.

O maior rendimento no número de brotações epicórmicas nas hastes de ramos com maior diâmetro (20-40 e 40-80 mm) favorece a obtenção de propágulos vegetativos com potencial de uso em técnicas de multiplicação clonal (estaquia, cultivo *in vitro*, enxertia).

Sob as condições em que o experimento foi conduzido não se constatou enraizamento das estacas obtidas a partir de brotações epicórmicas.

REFERÊNCIAS

- Almeida, F.D.; Xavier, A.; Dias, J.M.M. 2007. Propagação vegetativa de árvores selecionadas de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. por estaquia. *Revista Árvore*, 31: 445-453.
- Baccarin, F.J.B.; Brondani, G.B.; Almeida, L.V.; Vieira, I.G.; Oliveira, L.S.; Almeida, M. 2015. Vegetative rescue and cloning of *Eucalyptus benthamii* selected adult trees. *New Forests*, 46: 465-483.

- Barbosa, M.A.M.; Moret, A.S. 2016. Produção e comercialização da castanha-do-brasil: Economia e Disponibilidade financeira (Subsistência das famílias residentes em Reservas Extrativistas). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, 4: 413-428.
- Bayma, M.M.A.; Malavazi, F.W.; Sá, C.P.; Fonseca, F.L.; Andrade, E. P.; Wadt, L.H.O. 2014. Aspectos da cadeia produtiva da castanha-do-brasil no estado do Acre, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, 9: 417-426.
- Bisognin, D.A.; Lencina, K.H.; Luz, L.V.; Fleig, F.D.; Gazzana, D. 2018. Adventitious rooting competence and rescue of adult mate plants by cuttings. *Revista Árvore*, 42: e420312.
- BRASIL. *Portaria nº 443, de 17 de dezembro de 2014*. Reconhece como espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção aquelas constantes da Lista Nacional Oficial de Espécies da Flora ameaçadas de Extinção.
- Brondani, G.E.; Wendling, I.; Santin, D.; Benedetti, E.L.; Roveda, L.S.; Orrutéa, A.G. 2007. Ambiente de enraizamento e substratos na miniestaquia de erva-mate. *Scientia Agraria*, 8: 257-267.
- Cardoso, D.; Särkinen, T.; Alexander, S.; Amorim, A.M.; Bittrich, V.; Celis, M. et al. 2017. Amazon plant diversity revealed by a taxonomically verified species list. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114: 10695-10700.
- Corvera-Gomringer, R.; Cusi-Auca, C.; Palomino, W.S.; Zamora, A.C.; Medina, R.C. 2010. *La castaña amazónica (Bertholletia excelsa): manual de cultivo*. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana, Puerto Maldonado, 71p.
- Dias, P.C.; Oliveira, L.S.; Xavier, A.; Wendling, I. 2012. Estaquia e miniestaquia de espécies florestais lenhosas do Brasil. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 32: 453-462.
- Dias, P.C.; Ataíde, G.M.; Xavier, A.; Oliveira, L.S.; Paiva, H.N. 2015a. Propagação vegetativa de *Schizolobium amazonicum* por estaquia. *Cerne*, 21: 379-386.
- Dias, P.C.; Xavier, A.; Oliveira, L.S.; Félix, G.A.; Pires, I.E. 2015b. Resgate vegetativo de árvores de *Anadenanthera macrocarpa*. *Cerne*, 21: 83-89.
- Duarte, M.M.; Mireski, M.C.; Oliszeski, A.; Wendling, I.; Stuepp, C.A. 2019. Rooting of yerba mate cuttings with different lengths. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, 5: 05-11.
- Fragoso, R.O.; Stuepp, C.A.; Sá, F.P.; Kratz, D.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Wendling, I. 2017. Vegetative rescue and *ex vitro* system production of *Tibouchina sellowiana* clonal plants by cutting and mini-cutting. *Ciência Rural*, 47: e20160098.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2016. *Produção da extração vegetal e da silvicultura de 2016*. Brasil, 55p.

- Kratz, D.; Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Filho, A.N.K. 2016. Epicormic shoots induction and rooting cuttings of *Calophyllum brasiliense*. *Cerne*, 22: 365-372.
- Labouriau, L.G. 1983. *A germinação das sementes*. Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 174p.
- Luna, T.; Haase, D.L. 2014. Vegetative Propagation *In*: Wilkinson, K.M.; Landis, T.D.; Haase, D.L.; Daley, B.F.; Dumroese, R.K. (Ed.). *Tropical Nursery Manual: A Guide to Starting and Operating a Nursery for Native and Traditional Plants*. v.1. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, p.185-205.
- Maguire, J.D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science*, 2: 176-177.
- Meadows, J.S.; Goelz, J.C.G.; Skojac, D.A. 2013. Influences of tree, stand, and site characteristics on the production of epicormic branches in southern bottomland hardwood forests *In*: Guldin, J.M. (Ed.). *Proceedings of the 15th biennial southern silvicultural research conference*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington, DC, p.47-55.
- Meier, A.R.; Saunders, M.R.; Michler, C.H. 2012. Epicormic buds in trees: a review of bud establishment, development and dormancy release. *Tree Physiology*, 32: 565-584.
- Miranda, R.M. 1983. *Irrigação por nebulização intermitente para enraizamento de estacas de guaraná*. Embrapa, Manaus, Amazonas, 34p.
- Müller, C.H.; Figueiredo, F.J.C.; Kato, A.K.; Carvalho, J.E.U.; Stein, R.L.B.; Silva, A.B. 1995. *A cultura da castanha-do-brasil*. Embrapa, Brasília, 65p.
- Nascimento, B.; Sá, A.C.S.; Lemos, L.B.; Rosa, D.P.; Pereira, M.O.; Navroski, M.C. 2018. Three epicormic shoot techniques in *I. paraguariensis* mother trees and its cutting according to the material rejuvenation degree. *Cerne*, 24: 240-248.
- Nascimento, W.M.O.; Carvalho, J.E.U.; Müller, C.H. 2010. *Castanha-do-brasil*. Funep, São Paulo, 41p.
- Pereira, M.O.; Wendling, I.; Nogueira, A.C.; Kalil Filho, A.N.; Navroski, M.C. 2015. Resgate vegetativo e propagação de cedro-australiano por estaquia. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 50: 282-289.
- Ribeiro, M.N.G. 1976. Aspectos climatológicos de Manaus. *Acta Amazonica*, 8: 229-233.
- Santin, D.; Wendling, I.; Benedetti, E.L.; Brondani, G.E.; Reissmann, C.B.; Morandi, D.; Roveda, L.F. 2008. Poda e anelamento em erva-mate (*Ilex paraguariensis*) visando à indução de brotações basais. *Pesquisa Florestal Brasileira*, 56: 97-104.
- Schroth, G.; Mota, M.S.S.; Elias, M.E.A. 2015. Growth and nutrient accumulation of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry at different fertilizer levels. *Journal of Forestry Research*, 26: 347-353.

- Silva, A.A.; Santos, M.K.V.; Gama, J.R.V.; Noce, R.; Leão, S. 2013. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da Mesorregião Baixo Amazonas, Pará. *Floresta e Ambiente*, 20: 500-509.
- Silva, F.A.S.; Azevedo, C.A.V. 2016. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. *African Journal of Agricultural Research*, 11: 3733-3740.
- Stuepp, C.A.; Bitencourt, J.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2016. Indução de brotações epicórmicas por meio de anelamento e decepa em erva-mate. *Ciência Florestal*, 26: 1009-1022.
- Stuepp, C.A.; Wendling, I.; Xavier, A.; Zuffellato-Ribas, K.C. 2018. Vegetative propagation and application of clonal forestry in Brazilian native tree species. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 53: 985-1002.
- Stuepp, C.A.; Zuffellato-Ribas, K.C.; Wendling, I.; Koehler, H.S.; Bona, C. 2014. Vegetative propagation of mature dragon trees through epicormic shoots. *Bosque*, 35: 337-345.
- Tapia-Coral, S.; Waldez, F. 2016. Notas sobre a biologia do minhocoçu *Rhinodrilus priollii* Righi 1967 em fragmento florestal urbano da Amazônia central, Brasil. *Revista Colombiana de Ciência Animal*, 8: 243-249.
- Wadt, L.H.; Kainer, K.A. 2009. Domesticação e melhoramento de castanheira. In: Borém, A.; Lopes, M.T.G.; Clement, C.R. (Ed.). *Domesticação e Melhoramento - Espécies Amazônicas*. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. p.297-318.
- Wendling, I.; Brondani, G.E. 2015. Vegetative rescue and cuttings propagation of *Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze. *Revista Árvore*, 39: 93-104.
- Wendling, I.; Brondani, G.E.; Biassio, A.; Dutra, L.F. 2013. Vegetative propagation of adult *Ilex paraguariensis* trees through epicormic shoots. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 35: 117-125.
- Wendling, I.; Dutra, L.F.; Hoffmann, H.A.; Bettio, G.; Hansel, F. 2009. Indução de brotações epicórmicas ortotrópicas para a propagação vegetativa de árvores adultas de *Araucaria angustifolia*. *Agronomía Costarricense*, 33: 309-319.
- Wendling, I.; Stuepp, C.A.; Zanette, F. 2017. Produção de mudas de araucária por estaquia e miniestaquia. In: Wendling, I.; Zanette, F. (Ed.). *Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios*. Embrapa, Brasília, Distrito Federal, p.63-103.
- Wendling, I.; Trueman, S.J.; Xavier, A. 2014a. Maturation and related aspects in clonal forestry - part II: reinvigoration, rejuvenation and juvenility maintenance. *New Forests*, 45: 473-486.

Wendling, I.; Trueman, S.J.; Xavier, A. 2014b. Maturation and related aspects in clonal forestry - part I: concepts, regulation and consequences of phase change. *New Forests*, 45: 449-471.

Xavier, A.; Wendling, I.; Silva, R.L. 2009. *Silvicultura Clonal: princípios e técnicas*. 2ª ed. UFV, Viçosa, 272p.