

CASTANHA-DA-AMAZÔNIA

ESTUDOS SOBRE A ESPÉCIE E SUA CADEIA DE VALOR

MELHORAMENTO GENÉTICO E CULTIVO

Volume 4

OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL



Lúcia Helena de Oliveira Wadt
Julianna Fernandes Marocco
Marcelino Carneiro Guedes
Kátia Emídio da Silva

Editores Técnicos

Embrapa 50 ANOS

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Rondônia
Ministério da Agricultura e Pecuária*

Castanha-da-amazônia

Estudos sobre a espécie e sua cadeia de valor

Melhoramento genético e cultivo
Volume 4

*Lúcia Helena de Oliveira Wadt
Julianna Fernandes Marocco
Marcelino Carneiro Guedes
Kátia Emídio da Silva*

Editores técnicos

*Embrapa
Brasília, DF
2023*

Embrapa

Parque Estação Biológica
Av. W3 Norte (final)
70770-901 Brasília, DF
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Responsável pelo conteúdo e edição

Embrapa Rondônia
BR 364 Km 5,5, Caixa Postal 127
76815-800 Porto Velho, RO

Comitê Local de Publicações

Presidente

Pedro Gomes da Cruz

Secretário-executivo

Antônio Carlos Santana de Jesus

Membros

Victor Ferreira de Souza

Yara Santos Cioffi

Davi Melo de Oliveira

Maurício Reginaldo Alves dos Santos

Wilma Inês de França Araújo

Supervisão editorial

Lúcia Helena de Oliveira Wadt

Revisão de texto

Wilma Inês de Franca Araújo

Normalização bibliográfica

Marcia Maria Pereira de Souza

Foto da capa

Cássia Angela Pedrozo

Editoração eletrônica

André Luiz Garcia

1ª edição

Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa, Superintendência de Comunicação

Castanha-da-amazônia : estudos sobre a espécie e sua cadeia de valor :
melhoramento genético e cultivo / Lúcia Helena de Oliveira Wadt, Julianna
Fernandes Marocco, Marcelino Carneiro Guedes, Kátia Emídio da Silva,
editores técnicos. – Brasília, DF: Embrapa, 2023.
v. 4 (PDF 162 p.). il. color.

ISBN 978-65-89957-93-5 v. 4.

1. Castanha-da-amazônia - Extrativismo. 2. *Bertholletia excelsa*. 3.
Bioeconomia. 4. Sociobiodiversidade. 5. Manejo. 6. Cultivo. I. Wadt, Lucia Helena
de Oliveira. II. Marocco, Julianna Fernandes. III. Guedes, Marcelino Carneiro.
IV. Silva, Kátia Emídio da. V. Embrapa Rondônia.

CDD (21. ed.) 634.575

Capítulo 4

Melhoramento genético

Cássia Ângela Pedrozo; Lúcia Helena de Oliveira Wadt; José Edmar Urano de Carvalho; Aisy Botega Baldoni; Walnice Maria Oliveira do Nascimento; Ana Cláudia Lira-Guedes; Marcelino Carneiro Guedes; Ronald Corvera-Gomringer; Edgar Cusi Auca.

Introdução

A castanheira-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é uma espécie de uso múltiplo, podendo a madeira ser aproveitada na construção civil; os frutos serem usados na produção de peças ornamentais e de carvão; e as amêndoas, na alimentação ou na fabricação de cosméticos. O maior valor econômico da espécie, entretanto, é atribuído às amêndoas, que se caracterizam como o segundo produto extrativista não madeireiro em importância econômica para a Amazônia brasileira, perdendo apenas para o açaí fruto (IBGE, 2019).

Grande parcela da produção mundial de castanha é proveniente do extrativismo em áreas nativas (Homma et al., 2014), sendo o restante obtido de um número reduzido de plantios espalhados ao longo da Amazônia. Esse cenário pode, no futuro, ser alterado, pois tem se verificado, por parte de produtores e empresas, grande interesse pelo cultivo da castanheira, principalmente para uso em consórcios, como os Sistemas Agroflorestais (SAFs).

A falta de cultivares selecionadas e recomendadas e as dificuldades encontradas na propagação, principalmente vegetativa, são fatores que limitam a expansão de cultivos da castanheira visando à produção de frutos. Com isso, os poucos plantios existentes são geralmente feitos com material propagativo de origem genética desconhecida, resultando em baixa produtividade e qualidade das castanhas (Baldoni et al., 2019). Características como sanidade, produtividade, precocidade de produção, porte da planta e qualidade nutricional das amêndoas devem ser consideradas durante a seleção de genótipos de castanheira para a produção de frutos.

As primeiras iniciativas de melhoramento genético da castanheira foram realizadas pelo IIAP, no Peru, e pelas unidades descentralizadas da Embrapa, na Amazônia brasileira. Esses programas realizam, inicialmente, identificação, caracterização e seleção de genótipos para formação de jardins clonais, que são úteis para conservação de germoplasma e estudos de melhoramento e propagação (Corvera-Gomringer, 2014; Pedrozo et al., 2015, 2017).

O aproveitamento do conhecimento e das experiências e preferências de extrativistas e/ou produtores quanto às características de interesse para a seleção de castanheiras, bem como a seleção inicial em castanhais nativos e/ou cultivados, em fase de produção, é considerado no intuito de encurtar o processo de seleção e, conseqüentemente, a disponibilização de variedades de elevada produção e qualidade de castanhas (Baldoni et al., 2019).

Formas de propagação

A castanha-da-amazônia é uma espécie hermafrodita e, predominantemente, de fecundação cruzada (O'Malley et al., 1988; Cavalcante et al., 2012; Wadt et al., 2015), sendo a polinização realizada por espécies de abelhas de grande porte e de alta frequência de visitação (Cavalcante et al., 2012). Na natureza, se reproduz exclusivamente por sementes, sendo dispersada por pequenos roedores, destacando-se nesse mister as cutias (Peres et al., 1997; Haugaasen et al., 2012). A espécie também pode ser propagada de forma assexuada pela técnica da enxertia (Müller et al., 1995). No caso da propagação seminífera, as plantas resultantes apresentam variabilidade genética, devido à polinização cruzada da espécie, enquanto as plantas enxertadas são geneticamente idênticas à planta matriz utilizada como enxerto.

A produção de mudas seminíferas de castanheira é indicada quando o objetivo é o plantio para produção de madeira ou de porta-enxertos. A propagação assexuada, por outro lado, é recomendada para cultivos visando à produção de frutos, sendo a enxertia por borbúlia em placa e, mais recentemente, a garfagem no topo em feda cheia (Figuras 1A e B) os métodos recomendados (Müller et al., 1995; Corvera-Gomringer 2010; Nascimento et al., 2010; Carvalho; Nascimento, 2016; Almeida et al., 2020). Ainda de acordo com esses autores, a propagação por enxertia, quando comparada à propagação por sementes, apresenta como principais vantagens: i) redução da fase jovem, possibilitando a antecipação do florescimento e da frutificação; e ii) fixação do genótipo de plantas de interesse, sendo essa a principal vantagem para o melhoramento.



Fotos: Cássia Ângela Pedrozo

Figura 1. Castanheira enxertada pelo método da borbulhia em placa (A); castanheira enxertada pelo método da garfagem no topo em fenda cheia (B).

A propagação da castanheira via estaquia e cultivo *in vitro* também vem sendo estudada. No entanto, os resultados ainda são iniciais, sendo realizados, basicamente, testes para o estabelecimento e a adequação de protocolos para enraizamento e regeneração (Serra et al., 2000; Moraes et al., 2008; Vieira et al., 2009; Veltilari; Quisen, 2012).

Aspectos relacionados à produção de frutos

A produtividade em castanhais nativos é dependente de uma série de fatores, incluindo fatores genéticos e ambientais. Dados apresentados na Tabela 1, coletados pela Rede Kamukaia em diversas árvores, safras, estados e sítios na Amazônia brasileira, mostram grande variação na produção média de frutos. Foram contabilizados de 27 a 215 frutos por árvore em Roraima (ITA) e no Amapá (Natanael), respectivamente.

Tabela 1. Produção média de frutos por castanheira, em diferentes períodos de monitoramento, estados e sítios da Amazônia brasileira.

Estado e sítio	Produção média (frutos/árvore)
Acre – Filipinas	95
Acre – Cachoeira	188
Roraima – SJB	35
Roraima – ITA	27
Roraima – MVV	121
Amapá – Claudio	116
Amapá – Natanael	215
Amapá – K7	65

A produção comercial de castanha-da-amazônia é oriunda quase que exclusivamente do extrativismo em florestas nativas (Wadt et al., 2008; Homma et al., 2014; Tonini; Pedrozo, 2014). No Brasil, os poucos plantios existentes apresentam baixa produtividade de frutos (Cavalcante et al., 2012), devido, entre outros fatores, à incompatibilidade entre árvores aparentadas, causada pela reduzida variabilidade genética considerada nos plantios e pelo número insuficiente de polinizadores específicos nessas condições e ao longo tempo necessário para que as árvores atinjam estabilidade de produção (Moritz, 1984; Homma, 1989; Nascimento et al., 2010; Baldoni et al., 2019).

Apesar das oscilações anuais na produção e na exportação brasileira de castanha-da-amazônia, o produto vem sendo valorizado no mercado (IBGE, 2019), fato que, associado ao aumento da demanda interna e externa, tem despertado o interesse pelo plantio da espécie, seja na forma de plantios de enriquecimento (Scoles et al., 2011), seja na forma de áreas consorciadas, utilizando, principalmente, os sistemas agrofloreais – SAFs (Homma et al., 2014).

A opção de plantio de castanheiras em áreas já desmatadas e/ou degradadas se revela como alternativa de longo prazo para aumentar a oferta e gerar renda e emprego no meio rural (Homma et al., 2014). No entanto, a indisponibilidade de variedades recomendadas, aliada às dificuldades encontradas na produção de mudas e ao longo período necessário para que as árvores atinjam estabilização da produção, está entre os fatores que limitam os investimentos envolvendo plantios

comerciais de castanheira (Baldoni et al., 2019). Nesse sentido, são necessárias mais pesquisas voltadas à melhoria do processo de propagação, tanto seminífero como clonal, bem como ao melhoramento genético da castanheira, para que haja viabilidade econômica do cultivo comercial (Pimentel et al., 2007; Wadt; Kainer, 2009).

A Fazenda Aruanã, localizada no município de Itacoatiara-AM, possui o maior plantio de castanheiras em monocultivo, com 318 mil plantas enxertadas para produção de frutos e cerca de 939 mil plantas para produção de madeira (Agropecuária Aruanã S/A Produtos, 2020). Nas últimas décadas, várias outras experiências com plantios menores foram realizadas no Pará, em Mato Grosso e em Rondônia (Homma et al., 2014), visando principalmente à restauração florestal.

Sem disponibilidade de cultivares recomendadas, geralmente o material propagativo utilizado nos plantios é coletado de árvores matrizes de origem genética desconhecida (Baldoni et al., 2019), comprometendo a produtividade e a qualidade do produto obtido. No Brasil, no Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), consta apenas o registro da espécie (*Bertholletia excelsa*).

Iniciativas de melhoramento genético

A primeira iniciativa de melhoramento genético da castanheira para produção de frutos ocorre na década de 1960, realizada pelo extinto Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária no Norte (Ipean), sendo selecionadas 28 castanheiras de elevada produtividade em castanhais nativos do Pará. Alguns desses genótipos estão conservados em um banco de germoplasma da castanheira, mantido pela Embrapa Amazônia Oriental (Nascimento, 2011), e, atualmente, são utilizados para estudos de propagação e melhoramento. Na fazenda Aruanã, boa parte das plantas enxertadas para produção de frutos são desses clones da Embrapa Amazônia Oriental.

No princípio da década de 2000, um programa de melhoramento foi iniciado pelo IIAP, em Madre de Dios, no Peru, onde foram identificadas 164 árvores de elevado rendimento e das quais foram selecionadas as noventa melhores. Quarenta desses genótipos foram implantados em um jardim clonal, e, como resultado desse esforço, avanços significativos têm sido obtidos na cadeia produtiva da castanha na região de Madre de Dios (Corvera-Gomringer, 2014).

Outro programa de melhoramento conduzido pela Embrapa teve início em 2012 e conta com a participação de sete unidades descentralizadas (Roraima, Pará, Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia e Mato Grosso). Por meio de projetos aprovados de pré-melhoramento e melhoramento genético, pelo menos 120 castanheiras foram selecionadas em diversos castanhais nativos e cultivados dos sete estados. Esses genótipos estão sendo implantados em jardins clonais nos vários estados, os quais servirão como base para o programa de melhoramento, bem como para a conservação *ex situ* da castanheira.

Tanto nos jardins clonais da Embrapa quanto no do IIAP, os genótipos selecionados têm sido clonados pelo método da enxertia por borbulhia em placa, realizada diretamente no campo (Müller et al., 1995; Corvera-Gomringer, 2010; Nascimento et al., 2010; Almeida et al., 2020). Nessas condições, têm-se registrado dados de crescimento dos porta-enxertos, de pegamento da enxertia e de crescimento e da fenologia reprodutiva dos clones obtidos.

Em Madre de Dios (Corvera-Gomringer, 2014) e nos jardins clonais do Acre e de Roraima, alguns clones de castanheira apresentaram florescimento precoce, aos dois anos após a enxertia. No Acre e em Roraima, o vingamento dos primeiros frutos ocorreu a partir dos seis anos, enquanto em Madre de Dios o início da produção ocorreu antes, aos quatro anos após a enxertia (Corvera-Gomringer, 2014). Segundo informações de Moritz (1984), no Pará, algumas castanheiras floresceram 3,5 anos após a enxertia e produziram os primeiros frutos aos seis anos.

A característica de precocidade é bastante almejada no melhoramento, pois pode garantir retorno econômico mais rápido do investimento feito no plantio. No entanto, apesar da possibilidade de florescimento e frutificação precoce nos primeiros anos após a enxertia, as castanheiras ainda não apresentam porte suficiente para atingir produção comercial. Fotos de castanheiras nos jardins clonais de Roraima, de Rondônia e do Acre podem ser observadas nas Figuras 2A, B e C.

Segundo Bringham (1983), o melhoramento de castanheiras para produção de frutos deve seguir quatro etapas: i) identificação de plantas superiores em castanhais nativos; ii) propagação, em campo, das plantas selecionadas; iii) desenvolvimento de práticas de manejo para melhorar a performance das plantas selecionadas; e iv) cruzamentos entre plantas selecionadas, seguido pela seleção de progênies superiores. As etapas i e ii possibilitam a obtenção de ganhos no curto prazo,



A

Fotos: Cassia Ângela Pedrozo (A) e Lúcia H. de Oliveira Wadt (B e C)



B



C

Figura 2. Jardim clonal de castanheira em Roraima (A); Jardim clonal de castanheira em Rondônia (B); Jardim clonal de castanheira no Acre (C).

podendo a seleção ser realizada, também, em castanhais cultivados. A realização de cruzamentos para implantação de testes de progênes deve constituir, por outro lado, a base do melhoramento a longo prazo. A compatibilidade de cruzamento entre diferentes genótipos também é um fator que deve ser avaliado, já que Moritz (1984) sugere a presença de sistemas de incompatibilidade como uma das causas da baixa produtividade de frutos em cultivos.

Durante a seleção de matrizes em castanhais nativos, deve-se atentar para a distância entre as árvores selecionadas, não devendo ser selecionadas árvores muito próximas, porque podem ser aparentadas, devido à baixa distância de dispersão das sementes e à proximidade com a planta-mãe (Baldoni et al., 2017a; Giustina et al., 2018).

Seja em castanhais nativos, seja em cultivados, a seleção de plantas visando ao melhoramento para castanhas deve priorizar, além da elevada produção, a estabilidade de produção entre as safras, a boa sanidade e árvores com frutos grandes e que apresentem menor resistência ao corte. Espera-se que, somada às variáveis de produção desejáveis, as castanheiras também apresentem amêndoas de elevada qualidade nutricional (Corvera-Gomringer; Suri, 2008; Peña, 2008; Corvera-Gomringer, 2014; Baldoni et al., 2019). Das plantas selecionadas são coletados dados de “passaporte” que incluem, entre outros, localidade, coordenadas geográficas, características do solo, vegetação e relevo do local de seleção e características morfológicas e biométricas da árvore, do fruto e da castanha. Neste capítulo, o termo “castanha” é utilizado para se referir à castanha com casca, enquanto o termo “amêndoa”, para se referir à castanha beneficiada, sem a casca.

Estudos realizados no Acre, em Roraima e no Mato Grosso mostram que a produção em castanhais nativos é altamente influenciada por condições ambientais temporárias, sendo necessário, dependendo do(a) estado/população avaliado(a), de três a nove safras de avaliação para que genótipos sejam eficientemente selecionados quanto ao número de frutos por planta (Pedrozo et al., 2015; Baldoni et al., 2017b; Azevedo et al., 2020). Assim, a seleção inicial deve ser realizada, preferencialmente, com base nos valores fenotípicos permanentes das plantas, baseados em vários anos de avaliação.

Em Roraima, ao se avaliarem duas populações nativas (ITAe CUJ), durante oito e seis safras, respectivamente, as árvores selecionadas apresentaram produção média de

73 frutos.árv⁻¹.ano⁻¹ e 12 kg de castanhas.árv⁻¹.ano⁻¹, na primeira população, e 228 frutos.árv⁻¹.ano⁻¹ e 28 kg de castanhas.árv⁻¹.ano⁻¹, na segunda população (Pedrozo et al., 2015). No Acre, a produção média de frutos de árvores selecionadas em duas populações (Filipinas e Cachoeira), por 13 e 6 anos, foi de 400 e 445 frutos.ano⁻¹, ou 69 e 89 kg de castanha.árv⁻¹.ano⁻¹, respectivamente (Azevedo et al., 2020). Em castanhais nativos em Madre de Dios (Peru), foram selecionadas árvores com produção média de 240 kg de castanhas. árv⁻¹.ano⁻¹ (Corvera-Gomringer, 2014). Esses resultados mostram a grande variação de produção entre os(as) diferentes estados/populações quanto às árvores selecionadas.

Uma alternativa à seleção de castanheiras com base na avaliação de várias safras é utilizar o conhecimento de extrativistas ou produtores quanto às árvores mais produtivas e com boa estabilidade de produção ao longo dos anos. Com essa informação, é possível encurtar o processo de seleção em castanhais nativos ou cultivados. Após a seleção por essa estratégia, as árvores selecionadas devem ser monitoradas no seu ambiente natural, visando à confirmação da superioridade.

Conservação de germoplasma

Independentemente se o objetivo final do melhoramento é a produção de mudas seminíferas ou de propagação vegetativa, deve-se contar com uma base genética ampla para que ganhos suficientes sejam obtidos a curto e a longo prazo. Nesse sentido, a seleção de material diversificado e a adoção de estratégias eficientes de conservação são imprescindíveis, devendo-se considerar tanto a conservação *in situ*, em nível de populações, quanto a conservação *ex situ* de indivíduos com características de interesse agrônomo.

Além da conservação que é realizada nos jardins clonais do programa de melhoramento da Embrapa, no Brasil há dois bancos de germoplasma da castanheira, sendo o primeiro deles o Banco Ativo de Germoplasma (BAG-Castanha), mantido pela Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-PA (Nascimento, 2011), e o segundo mantido pela Mineração Rio do Norte, em Porto Trombetas, também no Pará. O BAG-Castanha conserva dez clones (Santa Fé I e II, Manuel Pedro I e II, C-606, C-609, C-612, C-614, C-710 e C-722), que foram selecionados em áreas de ocorrência natural nos municípios de Alenquer e Oriximiná-PA, na década de 1960, pelo então Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária no Norte (Ipean).

O banco de germoplasma mantido pela Mineração Rio do Norte conserva castanheiras obtidas de sementes coletadas em dez municípios, no Pará, no Amazonas, em Rondônia, no Amapá e no Acre (Quaresma, 2017), não havendo, no entanto, informações sobre o número total de acessos, nem informações sobre o desenvolvimento e as características dos acessos conservados (dados de passaporte).

Diversidade molecular, morfológica e agrônômica

Estudos de diversidade genética da castanheira, visando ao embasamento para conservação e melhoramento da espécie, têm sido realizados pelo uso de marcadores moleculares e marcadores fenotípicos relacionados a aspectos das árvores, dos frutos, das castanhas e das mudas. No caso dos marcadores moleculares, isoenzimas, marcadores RAPD, AFLP, SSR e STR já foram utilizados para acessar a diversidade genética de populações nativas e cultivadas em vários locais (Buckley et al., 1988; Kanashiro et al., 1997; Reátegui-Zirena et al., 2009; Sujii et al., 2015; Coelho et al., 2017; Santos et al., 2017; Giustina et al., 2018; Baldoni et al., 2020).

Grande parte dos estudos citados anteriormente mostram que a distribuição da diversidade genética em populações naturais de castanheira é similar àquela observada para a maioria das populações naturais de espécies arbóreas tropicais, ou seja, apresenta maior diversidade genética dentro de populações do que entre populações, sugerindo que na castanheira o fluxo gênico é eficiente. A manutenção da diversidade genética dentro de populações é importante no sentido de assegurar a produção de sementes em quantidades suficientes para o extrativismo, bem como para a perpetuação da espécie em seu ambiente natural (Sujii et al., 2015; Santos et al., 2017). Entretanto, diferentemente do exposto, Baldoni et al. (2020) observaram maior diversidade genética entre do que dentro de populações naturais do Mato Grosso ao utilizarem marcadores microssatélites. Ainda segundo os autores, as populações avaliadas também apresentam grandes diferenças quanto a aspectos morfológicos dos frutos e das castanhas. Esse resultado sugere que, para a castanheira, a estrutura genética e, conseqüentemente, a estratégia de conservação podem variar de acordo com a origem geográfica das populações, o que é respaldado por Buckley *et al.* (1988) quando afirmam que, ao se considerar a gama de mecanismos de dispersão de pólen e sementes possível, é de se esperar estruturas populacionais diversificadas nas árvores da floresta tropical.

Os frutos da castanheira, popularmente conhecidos como ouriços, apresentam variações quanto a tamanho, peso, forma, número de castanhas, resistência ao corte e espessura do pericarpo. Em paralelo, as castanhas apresentam variações quanto a tamanho, forma, peso e resistência do tegumento (Corvera-Gomringer, 2014; Teixeira et al., 2015; Roelis et al., 2018).

Em castanheiras nativas selecionadas no Acre, no Amazonas, em Mato Grosso e em Roraima, foram registrados frutos com peso variando de 326 g a 1.292 g, largura de 8,67 cm a 14,79 cm, comprimento de 8,65 cm a 13,83 cm, espessura do pericarpo de 4,8 mm a 17,6 mm, 10 a 24 castanhas por fruto, 71,67 g a 220,05 g de castanhas por fruto e castanhas com peso de 3,88 g a 12,08 g (Tabela 2). É possível observar variabilidade tanto entre genótipos dentro de cada estado quanto entre os diferentes estados, informação importante para o melhoramento.

Variabilidade para variáveis biométricas do fruto e da castanha também tem sido observada entre genótipos cultivados com mudas seminíferas e clonais (Teixeira et al., 2015; Passos et al., 2018). Em um castanhal cultivado em Roraima, foi observado que plantas com frutos maiores e mais pesados apresentam também castanhas maiores e mais pesadas. Assim, se existir correlação genética entre essas variáveis, a seleção com base no tamanho do fruto pode resultar em plantas com características desejáveis tanto para a comercialização quanto para a produção de mudas, uma vez que as castanhas grandes são preferidas (Müller et al., 1995). Correlação positiva entre produção de castanhas e número de frutos (Teixeira et al., 2015) também pode possibilitar a seleção indireta para a primeira variável, por meio da segunda, a qual é muito mais fácil de ser quantificada do que peso ou volume de castanhas.

Durante a prospecção de matrizes em castanhais de cultivo estabelecidos no município de Tomé-Açu-PA, a partir de mudas oriundas de sementes, foram observadas expressivas variações nas características dos frutos entre matrizes. Uma das matrizes apresentou frutos muito grandes, com peso médio superior a 2.150 g e contendo 423,9 g de castanhas de tamanho grande (Tabela 3). Também foi observada uma forte correlação entre o tamanho dos frutos e o tamanho das castanhas ($r = 0,95$). Castanhas grandes são particularmente interessantes para o mercado de castanhas fatiadas, que ainda é pouco explorado nos países produtores de castanha-da-amazônia. Também tem ampla utilização na indústria de confeitaria. Convém ressaltar que o mercado para consumo *in natura* tem preferência por castanhas de tamanho médio e que castanhas miudinhas podem ser interessantes para produtos diversificados, como castanha coberta por chocolate, por exemplo.

Tabela 2. Informações da morfologia do fruto (ouriço) de castanheiras nativas do Acre, do Amazonas, do Mato Grosso e de Roraima.

Estado		PF (g)	LF (cm)	CF (cm)	EPF (mm)	NCF	PCF (g)	PMC (g)
Acre	Média	509,81	9,98	9,96	12,0	17,0	-	-
	Mínimo	326,00	8,67	8,65	9,6	13,2	-	-
	Máximo	822,00	11,62	11,51	14,9	20,9	-	-
	Desvio-padrão	98,92	0,62	0,77	1,4	1,89	-	-
Amazonas	Média	918,35	12,41	11,61	6,5	16,3	-	-
	Mínimo	437,50	9,76	9,74	4,8	12,2	-	-
	Máximo	1292,00	14,34	13,97	9,7	21,0	-	-
	Desvio-padrão	183,72	0,87	1,05	1,1	2,27	-	-
Mato Grosso	Média	574,11	10,62	10,40	9,3	17,4	128,40	7,45
	Mínimo	342,12	8,34	8,98	6,3	10,6	71,67	3,88
	Máximo	934,20	13,40	11,92	12,3	24,0	220,05	12,08
	Desvio-padrão	132,04	0,93	0,66	1,1	2,48	33,92	1,80
Roraima	Média	785,62	12,21	11,99	1,07	16,0	124,61	7,83
	Mínimo	404,40	10,26	9,98	0,70	10,4	71,68	5,81
	Máximo	1218,88	14,79	13,83	1,76	20,6	188,48	10,63
	Desvio-padrão	185,61	0,83	0,89	0,22	2,38	24,25	1,16

Obs.: Peso médio do fruto (PF), largura média do fruto (LF), comprimento médio do fruto (CF), espessura média do pericarpo do fruto (EPF), número médio de castanhas por fruto (NCF), peso médio de castanhas por fruto (PCF) e peso médio da castanha (PMC).

Tabela 3. Informações da morfologia do fruto (ouriço) de castanheiras estabelecidas no município de Tomé-Açu-PA a partir de mudas oriundas de sementes.

Genótipo	PF (g)	LF (cm)	CF (cm)	EPF (cm)	NCF	PCF (g)	PMC (g)
Maria 1	584,20	10,60	10,80	1,28	16,2	167,30	10,33
Maria 2	668,30	10,80	11,50	1,30	15,0	160,10	10,67
Sasahara P	1217,10	12,90	12,10	2,04	20,2	315,80	15,63
Sasahara G	1537,90	11,50	14,80	2,48	17,9	313,80	17,53
Inatam 1	1143,60	14,70	13,30	2,13	15,6	258,10	16,54
Inatam 2	830,10	11,90	13,00	2,04	16,9	183,20	10,84
Inatam 3	612,20	9,30	11,60	1,67	15,8	147,70	9,35
Inatam 4	497,40	9,90	10,60	1,51	17,0	91,60	5,39
Inatam 5	302,20	8,60	10,10	1,10	15,0	88,70	5,91
GG	2150,70	16,50	17,40	3,86	20,3	423,90	21,00

Obs.: Peso médio do fruto (PF), largura média do fruto (LF), comprimento médio do fruto (CF), espessura média do pericarpo (EPF), número médio de castanhas por fruto (NCF), peso médio de castanhas por fruto (PCF) e peso médio da castanha (PMC).

A seleção de plantas com frutos de menor resistência ao corte interfere positivamente no rendimento final de extração das castanhas, pois quanto menor for a resistência, maior será o rendimento e menor o esforço físico. A forma e a resistência do tegumento da castanha também podem interferir no processo de produção de mudas seminíferas. Algumas matrizes produzem castanhas predominantemente com quatro arestas, que são mais difíceis de descascar que castanhas com três arestas, o que implica menor rendimento de mão de obra e provoca perdas acentuadas de sementes por danos mecânicos.

No Acre, os extrativistas costumam classificar as castanheiras em dois tipos fenotípicos: branca e vermelha. Além da cor e da qualidade da madeira, o potencial produtivo, o porte das árvores e a forma e o tamanho dos frutos e das castanhas são as características utilizadas para diferenciar os dois tipos. Por essa classificação, castanheiras vermelhas apresentam madeira de melhor qualidade, maior diâmetro à altura do peito (DAP), maior produção de frutos, frutos e castanhas maiores e mais pesados e amêndoas mais oleaginosas (Braga, 2007; Fernandes et al., 2007; Sujii et al., 2008). Em árvores avaliadas na Reserva Extrativista Chico Mendes, no

Acre, as castanheiras vermelhas apresentaram pericarpo mais espesso e foram mais produtivas que as brancas (Braga et al., 2009), sem, contudo, mostrarem diferenças para as demais variáveis avaliadas.

Se as variáveis usadas pelos extrativistas para classificar castanheiras vermelhas e brancas forem geneticamente consistentes para separação dos tipos em outras populações, a seleção de castanheiras vermelhas poderia favorecer a seleção de árvores mais produtivas, o que seria bastante favorável para o melhoramento da espécie. No entanto, resultados preliminares com marcadores moleculares não mostraram diferenças genéticas entre a castanheira vermelha e a branca (Sujii et al., 2008).

A qualidade fisiológica e sanitária das sementes, bem como sua capacidade de produzir mudas de qualidade satisfatória, seja para emprego em plantios de pé-franco, seja para uso como porta-enxertos, também deve ser considerada no melhoramento. Foi observada diversidade entre castanheiras nativas de Roraima e do Mato Grosso quanto ao número de dias para o início da germinação, à porcentagem de plântulas emergidas e ao desenvolvimento das mudas no viveiro (Pedrozo et al., 2017; Giustina et al., 2018). Em Roraima, por exemplo, após estratificação das sementes em areia úmida por dois meses, dependendo da matriz, o tempo para o início da germinação variou de quinze a 27 dias e a porcentagem de plântulas emergidas, de 57,33 a 93,88%. Mesmo dentro da matriz, há grande variação entre sementes quanto ao tempo necessário para germinação, sendo esse um grande desafio à propagação seminífera da castanheira. Em relação às mudas avaliadas, aos três meses após o transplante, o número de folhas variou de sete a treze unidades; a altura, de 6,3 a 16,6 cm; e o diâmetro do colo, de 2,20 a 3,68 mm (Pedrozo et al., 2017).

Considerações finais

O próximo passo no melhoramento genético da castanheira deve considerar a seleção de novos genótipos para ampliar a base genética já existente nos jardins clonais e bancos de germoplasma, visando à obtenção de ganhos genéticos a curto e a longo prazo. Além dos castanhais nativos, essa seleção deve incorporar castanheiras presentes em plantios florestais ou agroflorestais e que apresentem características desejáveis, como: bom desenvolvimento, precocidade e elevada produção de frutos. Para fins de seleção e recomendação de clones, devem ser implantados testes clonais em diferentes condições edafoclimáticas, com o intuito

de avaliar a adaptação e, com isso, o crescimento e a produção dos genótipos nessas condições. Para o melhoramento a longo prazo, os melhores clones devem ser utilizados em cruzamentos controlados para obtenção de testes de progênesis.

Referências

AGROPECUÁRIA ARUANÃ S/A PRODUTOS. **Produtos**. Disponível em: <http://agropecuariaaruana.wordpress.com/produtos>. Acesso em: 3 ago. 2020.

ALMEIDA, I. I.; SANTOS, R. F. dos; MAYER, M. M.; SILVA, J. Z. da; ALCOFORADO, A. T. W.; PEDROZO, C. A. Porta-enxertos e enxertia de castanheira-do-brasil pelo método da borbulhia em placa. **Revista de Ciências Agrárias**: Amazonian Journal of Agricultural and Environmental Science, v. 63, 2020. Disponível em: <https://ajaes.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/3353>. Acesso em: 22 ago. 2021.

AZEVEDO, V. R.; WADT, L. H. de O.; PEDROZO, C. A.; FONSECA, F. L. da; RESENDE, M. D. V. de. Coeficiente de repetibilidade para produção de frutos e seleção de matrizes de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do estado do Acre. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 1, p. 135-144, jan./mar. 2020. <https://doi.org/10.5902/1980509834304>

BALDONI, A. B.; WADT, L. H. O.; CAMPOS, T.; SILVA, V. S.; AZEVEDO, V. C. R.; MATA, L. R.; BOTIN, A. A.; MENDES, N. O.; TARDIN, F. D.; TONINI, H.; HOOGEHEIDE, E. S. S.; SEBBENN, A. M. Contemporary pollen and seed dispersal in natural populations of *Bertholletia excelsa* (Bonpl.). **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, p. 1-14, 2017a. DOI: 10.4238/gmr16039756.

BALDONI, A. B.; WADT, L. H. O.; PEDROZO, C. A. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) breeding. In: AL-KHAYRI, J. M.; JAIN, S. M.; DENNIS, V. (ed.). **Advances in plant breeding strategies: nut and beverage crops**. Cham: Springer, 2019. V. 4, p. 57-76.

BALDONI, A. B.; TONINI, H.; TARDIN, F. D.; BOTELHO, S. C. C. TEODORO, P. E. Minimum number of measurements for evaluating *Bertholletia excelsa*. **Genetics and Molecular Research**, v. 16, n. 3, 2017b. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr16039783>.

BALDONI, A. B.; TEODORO, L. P. R.; TEODORO, P. E.; TONINI, H.; TARDIN, F. D.; BOTIN, A. A.; HOOGERHEID, E. S. S.; BOTELHO, S. da C. C.; FARIAS, NETO, A. L. de; AZEVEDO, V. C. R. Genetic diversity of Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) in southern Brazilian Amazon. **Forest Ecology and Management**, v. 458, Article number e117795, Feb. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117795>.

BRAGA, E. T. M. **Diversidade morfológica e produção de *Bertholletia excelsa* HBK (Lecythidaceae) no sudeste do estado do Acre-Brasil**. 2007. 60 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC.

BRAGA, E. T. M.; WADT, L. H. O.; MARTINS, K. Morfologia de frutos e análise de produção de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) na Reserva Extrativista Chico Mendes – Acre. In: SEMINÁRIO ANUAL DE COOPERAÇÃO UFAC/UF, 7., 2009, Rio Branco, AC. **Anais...** Rio Branco, AC, 2009. p. 109-113. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/631779>. Acesso em: 22 ago. 2021.

BRINGHURST, R. E. Breeding strategy. In: JANICK, J.; MOORE, J. N. (ed.). **Methods in fruit breeding**. Indiana: Purdue University, 1983. p. 147- 153.

BUCKLEY, D. P.; O'MALLEY, D. M.; PRANCE, G. T.; BAWA, K. S. Genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl. Lecythidaceae): 1. Genetic variation in natural populations. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 76, p. 923-928, Dec. 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00273683>.

CARVALHO, J. E. U.; NASCIMENTO, W. M. O. **Enxertia da castanheira-do-brasil pelo método de garfagem no topo em fenda cheia**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2016. 4 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado técnico, 283). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1049139>. Acesso em: 22 ago. 2021.

CAVALCANTE, M. C.; OLIVEIRA, F. F.; MAUÉS, M. M.; FREITAS, B. M. Pollination requirements and the foraging behavior of potential pollinators of cultivated Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) Trees in central Amazon rainforest. **Psyche: A Journal of Entomology**, Article number ID 978019, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1155/2012/978019>.

COELHO, L. M.; LOPES, M. T. G.; CHAGAS, E. A.; PIO, R.; PASQUAL, M.; COSTA NETO, P. de Q.; MAGALHÃES, M. A. Genetic diversity in populations of Brazil nut. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, n. 4, p. 382-389, Dec. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n4a57>.

CORVERA-GOMRINGER, R. **Sub proyecto: mejoramiento genetico de la castaña (*Bertholletia excelsa*) aplicado ao desarrollo regional de Madre de Dios**. Puerto Maldonado: IIAP, 2010. 46 p. (IIAP. Informe final).

CORVERA-GOMRINGER, R. **Servicio para la integracion del estado actual de la diversidad biologica y genetica de la castaña (*Bertholletia excelsa*) en el Peru**. Puerto Maldonado: IIAP, 2014. 39 p. (IIAP. Segundo informe final).

CORVERA-GOMRINGER, R.; SURI, W. **Base tecnológica y genética del germoplasma de castaña (*Bertholletia excelsa* H.B.K) en la región de Madre de Dios**. Loreto: IIAP, 2008.

FERNANDES, E. T. M. B.; WADT, L. H. O.; MARTINS, K. Diversidade morfológica e produção de *Bertholletia excelsa* HBK (Lecythidaceae) no sudeste do estado do Acre-Brasil. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. **Ecologia no tempo de mudanças globais: anais**. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/495715>. Acesso em: 22 ago. 2021.

GIUSTINA, L. D.; BALDONI, A. B.; TONINI, H.; AZEVEDO, V. C. R.; NEVES, L. G.; TARDIN, F. D.; SEBBENN, A. M. Hierarchical outcrossing among and within fruits in *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae) open-pollinated seeds. **Genetics and Molecular Research**, v. 17, n. 1, p. 1-11, 2018. DOI: <https://doi.org/10.4238/gmr16039872>.

HAUGAASEN, J. M. T.; HAUGAASEN, T.; PERES, C. A.; GRIBEL, R.; WEGGE, P. Fruit removal and natural seed dispersal of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in Central Amazonia, Brazil. **Biotropica**, v. 44, n. 2, p. 205-210, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2011.00796.x>.

HOMMA, A. K. O. **A extração de recursos naturais renováveis: o caso do extrativismo vegetal na Amazônia**. 1989. 575 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

HOMMA, A. K. O.; MENEZES, A. J. E. A.; MAUÉS, M. M. Castanheira-do-pará: os desafios do extrativismo para plantios agrícolas. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 293-306, 2014. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v9i2.526>.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura**. Rio de Janeiro, v. 34, p. 1-8, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2019_v34_informativo.pdf. Acesso em: 2 ago. 2021.

KANASHIRO, M.; HARRIS, S. A.; SIMON, S. A. RAPD diversity in Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae). **Silvae Genetica**, v. 46, n. 4, p. 219-223, May 1997.

MORAES, R. P.; GARCIA, L. C.; LIMA, R. M. B. Propagação vegetativa de *Bertholletia excelsa* H. B. K. por estaquia. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 6., 2008, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008. p. 122-131. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 58). Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/684051>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MORITZ, A. **Estudos biológicos da floração da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.; Lecythidaceae)**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 1984. 82 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 29). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/387228>. Acesso em: 2 ago. 2021.

MÜLLER, C. H.; FIGUEIRERO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U. de; STEINE, R. L. B.; SILVA, A. de B. **A cultura da castanha-do-brasil**. Brasília, DF: Embrapa-SPI, 1995. 65 p. (Coleção plantar, 23).

NASCIMENTO, W. M. O. Banco ativo de germoplasma de castanheira-do-brasil (BAG) castanha. In: WORKSHOP DE CURADORES DE GERMOPLASMA DO BRASIL, 1., 2011, Campinas. **Anais...** Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2011.

NASCIMENTO, W. O. N.; CARVALHO, J. E. U.; MÜLLER, C. H. **Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.)**. Jabotical, SP: Funep, 2010. 45 p. (Série frutas nativas, 8).

O'MALLEY, D. M. O.; BUCKLEY, D. P.; PRANCE, G. T.; BAWA, K. S. Genetics of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). **Theoretical and Applied Genetics**, v. 76, p. 929-932, Dec. 1988. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00273683>.

PASSOS, R. M. O.; AZEVEDO, R. M. de; LIMA, C. P. de; SOUZA, C. R. de. **Características biométricas e produção de frutos de castanha-da-amazônia em plantios clonais na Amazônia Central**. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2018. 37 p. (Embrapa Amazônia Ocidental. Documentos, 140). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1103273>. Acesso em: 2 ago. 2021.

PEDROZO, C. A.; TONINI, H.; RESENDE, M. D. V.; JORDÃO, S. M. S. Repeatability of fruits and seeds production and selection of Brazil nut genotypes in native populations in Roraima. **Revista Árvore**, v. 39, n. 5, p. 863-871, out. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-67622015000500009>.

PEDROZO, C. A.; COSTA, E. K. L. da; OLIVEIRA, V. X. A.; BATISTA, K. D.; SMIDERLE, O. J.; ALBUQUERQUE, T. C. S. de. **Emergência de plântulas e desenvolvimento de mudas de matrizes selecionadas de castanha-do-brasil**. Boa Vista, RR: Embrapa Roraima, 2017. (Embrapa Roraima. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 44). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1074259>. Acesso em: 2 ago. 2021.

PEÑA, J. **Identificación y caracterización fenotípica de árboles plus de “castaña”, *Bertholletia excelsa* H.B.K. (Lecythidaceae) en el Departamento de Madre de Dios**. 2008. 88 f. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Forestal y Medio Ambiente) – Universidade Nacional Agraria La Molina, Peru.

PERES, C. A.; SCHIESARI, L. C.; DIAS-LEME, C. L. Vertebrate predation of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae), an agouti-dispersed Amazonian seed crop: a test of the escape hypothesis. **Journal of Tropical Ecology**, v. 13, n. 1, p. 69-79, Jan. 1997. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0266467400010269>.

PIMENTEL, L. D.; WAGNER JUNIOR, A.; SANTOAS, C. E. MAGALHÃES DOS; BRUCKNER, C. H. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-brasil. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 6, p. 26-36, jun. 2007. Disponível em: <http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=8999>. Acesso em: 2 ago. 2021.

QUARESMA, S. S. **Banco de germoplasma de castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*)**. 28 fev. 2017. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/banco-de-germoplasma-castanha-do-par%C3%A1-bertholletia-excelsa-santos>. Acesso em: 2 ago. 2021.

REÁTEGUI-ZIRENA, E.; RENINO, J. F.; CARVAJAL-VALLEJOS, F.; CORVERA-GOMRINGER, R.; CASTILLO-TORRES, D.; GARCIA-DÁVILA, C. R. Evaluación de la variabilidad genética de la castaña *Bertholletia excelsa* en la región de Madre de dios (Perú), mediante marcadores microsatélites. **Folia Amazónica**, v. 18, n. 1-2, p. 41-50, 2009.

ROELIS, B. V.; ROSSI, A. A. B.; BALDONI, A. B.; TIAGO, A. V.; TONINI, H. Divergência genética de castanheira-do-brasil por meio de caracteres biométricos de frutos e sementes. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 9, n. 8, p. 249-259, 2018. DOI: <https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2018.008.0022>.

VIEIRA, F. S.; ROSSI, A. A. B.; IREMA, L.; OTTONI, W. C. Ajuste de protocolo para micropropagação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (Lecythidaceae). In: JORNADA CIENTÍFICA DA UNEMAT, 2., 2009, Barra do Bugres. **Anais...** Barra do Bugres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2009.

SANTOS, R. S. O.; CAMPOS, T. de; MARTINS, K.; WADT, L. H. de O. Estrutura genética de duas populações naturais de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob exploração no Vale do Rio Acre. **Biota Amazônia**, v. 7, n. 3, p. 37-40, 2017. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1079269>. Acesso em: 2 ago. 2021.

SCOLES, R.; GRIBEL, R.; KLEIN, G. N. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em diferentes condições ambientais na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 6, n. 3, p. 273-293, 2011. DOI: <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v6i3.610>.

SERRA, A. G. P.; PAIVA, R.; PAIVA, P. D. O. Análises bioquímicas de calos formados de explantes foliares de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 24, n. 4, p. 833-840, out./dez. 2000.

SUJII, O. S.; AZEVEDO, V. C. R.; CIAMPI, A. Y.; WADT, L. H. de O. Diferenciação de dois tipos de castanheiras-do-brasil por meio de marcadores moleculares. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2., 2008, Brasília, DF. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa-Recursos Genéticos e Biotecnologia: Fundação de Apoio à Pesquisa Científica e Tecnológica - FUNCREDI, 2008.

SUJII, P. S.; MARTINS, K.; WADT, L. H. de O.; AZEVEDO, V. C. R.; SOLFERINI, V. N. Genetic structure of *Bertholletia excelsa* populations from the Amazon at different spatial scales. **Conservation Genetics**, v. 16, n. 4, p. 955-964, Aug. 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10592-015-0714-4>.

TEIXEIRA, R. A.; PEDROZO, C. A.; COSTA, E. K. L. da; BATISTA, K. D.; TONINI, H.; PESSONI, L. A. Correlações e divergência fenotípica entre genótipos cultivados de castanha-do-brasil. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p. 523-531, set. 2015. Disponível em: <http://www.bibliotecaflorista.ufv.br/handle/123456789/16330>. Acesso em: 2 ago. 2021.

TONINI, H.; PEDROZO, C. A. Variações anuais na produção de frutos e sementes de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl. Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 133-144, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622014000100013>.

VELTILARI, M. C. D.; QUISEN, R. Cultivo *in vitro* de espécies florestais tropicais – controle de contaminação e estabelecimento de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, 8., 2012, Manaus. **Anais...** Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2012. p. 39-50. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/950184>. Acesso em: 2 ago 2021.

WADT, L. H. de O.; KAINER, K. A.; STAUDHAMMER, C. L.; SERRANO, R. O. P. Sustainable Forest use in Brazilian extractive reserves: natural regeneration of Brazil nut in exploited populations. **Biological Conservation**, v. 141, n. 1, p. 332-346, jan. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.10.007>.

WADT, L. H. de O.; KAINER, K. A. Domesticação e melhoramento de castanheira. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (ed.). **Domesticação e melhoramento genético: espécies amazônicas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2009. p. 297-317. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/511908>. Acesso em: 2 ago 2021.

WADT, L. H. de O.; BALDONI, A. B.; SILVA, V. S.; CAMPOS, T. de; MARTINS, K.; AZEVEDO, V. C. R.; MATA, L. R. da; BOTIN, A. A.; HOOGERHEIDE, E. S. S.; TONINI, H.; SEBBENN, A. M. Mating system variation among populations, individuals and within and among fruits in *Bertholletia excelsa*. **Silvae Genetica**, v. 65, n. 5-6, p. 248-259, 2015. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1055132>. Acesso em: 2 ago. 2021.