

UERR

**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM
EMBRAPA E IFRR**

DISSERTAÇÃO

**Crescimento e desenvolvimento inicial de
castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima**

Reila Ferreira dos Santos

2020



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE RORAIMA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
MESTRADO ACADEMICO EM ASSOCIAÇÃO COM EMBRAPA E
IFRR**

**Crescimento e desenvolvimento inicial de castanheiras-do-brasil enxertadas
em Roraima**

REILA FERREIRA DOS SANTOS

Sob a Orientação da Pesquisadora
Dr^a. Cássia Ângela Pedrozo

e Coorientação da Pesquisadora
Dr^a. Karine Dias Batista

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Agroecologia**. Área de concentração em Agroecologia.

Boa Vista, RR
Fevereiro de 2020

1.1.1 Copyright © 2020 by Reila Ferreira dos Santos

Todos os direitos reservados. Está autorizada a reprodução total ou parcial deste trabalho, desde que seja informada a **fonte**.

Universidade Estadual de Roraima – UERR
 Coordenação do Sistema de Bibliotecas
 Multiteca Central
 Rua Sete de Setembro, 231 Bloco – F Bairro Canarinho
 CEP: 69.306-530 Boa Vista - RR
 Telefone: (95) 2121.0945
 E-mail: biblioteca@uerr.edu.br

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

S237c	<p>Santos, Reila Ferreira dos. Crescimento e desenvolvimento inicial de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima. / Reila Ferreira dos Santos. – Boa Vista (RR) : UERR, 2020. 73 f. : il. Color. 30 cm.</p> <p>Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Agroecologia, na área de concentração em Agroecologia, sob a orientação da Pesquisadora Dr^a. Cássia Ângela Pedrozo e coorientação da Pesquisadora Dr^a. Karine Dias Batista.</p> <p>1. <i>Bertholletia excelsa</i> 2. Fisiologia 3. Melhoramento I. Pedrozo, Cássia Ângela (orient.) II. Batista, Karine Dias (coorient.) III. Universidade Estadual de Roraima – UERR IV. Título</p> <p style="text-align: center;">UERR.Dis.Mes.Agr.2020.01 CDD – 634.575098114 (22. ed.)</p>
-------	--

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária
 Sônia Raimunda de Freitas Gaspar – CRB 11/273 – RR

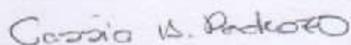
FOLHA DE APROVAÇÃO

REILA FERREIRA DOS SANTOS

Dissertação apresentada ao
Mestrado Acadêmico em
Agroecologia da Universidade
Estadual de Roraima, como parte
dos requisitos para obtenção do
título de Mestre em Agroecologia.

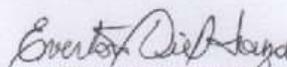
Aprovado em: 20/02/2020

Banca Examinadora



DR.ª CÁSSIA ÂNGELA PEDROZO

Orientadora



DR. EVERTON DIEL SOUZA

Membro Titular



DR. EDVAN ALVES CHAGAS

Membro Titular



PROF. DR. CARLOS EDUARDO MOURA DA SILVA

Membro Titular

Boa Vista – RR
2020

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Rogério,
fonte incentivadora de grande parte
das minhas conquistas.

Dedico

Aos
meus pais,
Shirley Santos
e Idio Santos (*in memoriam*) e
minha amada filha Évellyn Marinna.
Ofereço

AGRADECIMENTOS

À DEUS, por me abençoar ao longo da minha caminhada.

À CAPES, por conceder a bolsa auxílio durante a jornada no meio científico.

À Embrapa Roraima por conceder toda a estrutura e apoio para realização desta dissertação.

À Universidade Estadual por proporcionar o meu conhecimento e conclusão do curso.

Ao professor e coordenador do Programa de Mestrado em Agroecologia da Universidade Estadual de Roraima, Plínio Gômide de Carvalho, pela preocupação, pelo ensinamento, auxílio orientação e atenção a qualquer momento.

À orientadora, Dra. Cássia Ângela Pedrozo, por ser fundamental na conclusão deste trabalho, pela orientação, atenção, preocupação, compreensão, ensinamento, dedicação, conselhos e pela paciência. Minha gratidão.

À coorientadora, Dra. Karine Dias Batista, que desde a graduação vem me incentivando na vida acadêmica. Minha gratidão.

Ao Prof. Dr. Carlos Eduardo Moura da Silva, pelas considerações que permitiram melhorias na redação da dissertação. Minha gratidão.

Aos técnicos do Laboratório de Solos da Embrapa Roraima, Márcio André de Melo e Silva, e Cleiciane Mendonça da Silva por tirarem minhas dúvidas que surgiram no tempo de laboratório e pelo auxílio nas atividades. Minha gratidão.

Ao Senhor Adebaldo Sampaio Teles, pela amizade, conselhos e ajuda nas atividades de campo. Minha gratidão.

À Mestranda Simone Teixeira Moura de Aquino por dividir comigo os anseios e dificuldades durante o mestrado, pela nossa grande amizade e pelas palavras de carinho que me ajudaram chegar até aqui. Minha gratidão.

Aos amigos que me auxiliaram, Igor Ivison de Almeida, Ayulle Thalía Watson Alcoforado, Jordânia Zerrar da Silva, Marcos Miguel Mayer e Yarli Pereira da Silva, pela compressão, acompanhamento nas atividades de pesquisa, ajuda nas avaliações do experimento, palavras de carinho e momentos de descontração. Minha gratidão.

Ao meu querido esposo Rogério Patrocínio dos Santos pelas palavras de amor e encorajamento durante a jornada dos estudos. Minha gratidão.

À minha família e amigos que dividiram comigo as conquistas, alegrias, dificuldades e todos os momentos vividos durante o tempo que me dediquei aos estudos. Minha gratidão.

“O vencedor sabe que o caminho da vitória é longo, mas nunca tira os olhos da meta”

Autor desconhecido

BIOGRAFIA DA AUTORA

REILA FERREIRA DOS SANTOS, filha de Shirley Ferreira dos Santos e Idio Melo dos Santos (*in memorian*), nascida no dia 29 de junho de 1990, na cidade de Alto Taquari, Mato Grosso.

Ingressou no meio acadêmico no município de Boa Vista - Roraima, no curso de Bacharelado em Ciências Biológicas pela Faculdade Cathedral em janeiro de 2014, graduando-se em dezembro de 2017. Foi orientada pela Pesquisadora Dr^a Karine Dias Batista em sua monografia, sendo que foi bolsista CNPq/PIBIC por dois anos na EMBRAPA/Roraima. Participou de eventos regionais e nacionais e de publicações de trabalhos científicos, como: boletins de pesquisa, artigo científico (Qualis B1) e resumos de congresso.

Em março de 2018, ingressou no Programa de Pós-graduação, dando início ao Mestrado em Agroecologia pela Universidade Estadual de Roraima (UERR) sob a orientação da Pesquisadora Dr^a. Cássia Ângela Pedrozo e Coorientação da Pesquisadora Dr^a Karine Dias Batista. Suas atividades de pesquisa foram desenvolvidas na estrutura da EMBRAPA-Roraima. Novamente, participou de eventos científicos de âmbito internacional, nacional e regional e manteve a rotina das publicações.

RESUMO GERAL

SANTOS, Reila Ferreira dos. **Crescimento e desenvolvimento inicial de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima**. 2020. 73 p. Dissertação (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2020.

Uma espécie que se destaca em toda região amazônica é a castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). Trata-se de uma arbórea nativa de importância ecológica e de grande valor para os povos da floresta, uma vez que suas amêndoas apresentam elevado valor agregado. Diversos fatores tem contribuído para estimular o cultivo da espécie, mas, para que isso ocorra é necessário disponibilizar material genético com origem e qualidade conhecidas, além de protocolos de propagação vegetativa que possibilitem a redução do período juvenil e a fixação dos genótipos selecionados. Este trabalho teve como objetivo verificar o crescimento e o desenvolvimento inicial de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima. O trabalho foi realizado no campo experimental Serra da Prata, pertencente à Embrapa Roraima e localizado no município de Mucajaí – RR. O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida no tempo, com 6 clones (parcelas) e 4 meses de avaliação (19; 25; 31 e 37 meses após a enxertia) (sub-parcelas). Cada parcela experimental foi constituída por uma planta enxertada. Nos quatro meses mencionados as plantas foram avaliadas quanto ao crescimento dos enxertos (altura e diâmetro); tipo de tronco, forma da copa e número de ramos secundários e terciários, índices de clorofila, área foliar específica e teor de nitrogênio nas folhas. Os dados quantitativos foram submetidos ao teste de normalidade e, posteriormente, à análise de variância. Em caso de efeito significativo foi realizada comparação de médias pelo teste de Tukey e/ou análise de regressão. Foi também realizada análise de correlação de Pearson entre as variáveis. Foram encontradas diferenças significativas quanto ao número de ramos secundários e terciários, comprimento da brotação principal, comprimento total, diâmetro da brotação principal, teor de N foliar e índices de clorofila ao longo dos meses de avaliação, sendo o desenvolvimento das plantas indicativo da adaptação em condição de cultivo. De forma geral, os genótipos apresentaram comportamento similar ao longo dos meses de avaliação. Foram obtidos coeficientes de correlação positivos e elevados entre as variáveis de crescimento e positivos e moderados entre comprimento da planta e índices de clorofila e entre teor de N e índices de clorofila. Estes resultados sugerem a possibilidade de seleção indireta para comprimento e número de ramos e o uso, com cautela, do clorofilômetro para prever o estado nutricional das plantas.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*; Fisiologia; Melhoramento.

GENERAL ABSTRACT

SANTOS, Reila Ferreira dos. **Silvicultural and Physiological Aspects of Grafted Brazil Nut Trees in Roraima**. 2020. 73 p. Dissertation (Master Science in Agroecology). State University of Roraima, Boa Vista, RR, 2020.

A species that stands out in the entire Amazon region is the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). It is a native tree of ecological importance and of great value to the peoples of the forest, once its almonds present high aggregate value. Several factors have contributed to stimulate the cultivation of the species, but so that it happens it is necessary to provide genetic material with known origin and quality. In addition to vegetative propagation protocols that make it possible to reduce the youthful period and fix the selected genotypes. This survey aimed to verify the silvicultural and physiological aspects of grafted Brazil Nut genotypes in Roraima. The work was carried out in Serra da Prata experimental field, belonging to Embrapa Roraima and located in Mucajaí - RR. The experiment was installed in a randomized block design, with four repetitions, the treatments being arranged in a split-time scheme, with 6 clones (plots) and 4 evaluation periods (Jul /18; Jan /19; Jul /19 and Jan/20) (subplots). Each experimental plot consisted of a grafted plant. In the four mentioned months the plants were evaluated by the growth of rootstocks and grafts (height and diameter); descriptive analysis of the type of trunk, crown shape and number of secondary and tertiary branches, chlorophyll indices, specific leaf area and nitrogen content in leaves. The data were submitted to the normality test and, subsequently, to the analysis of variance. In case of significant effect, a comparison of means was performed using the Tukey test and/or regression analysis. Pearson's correlation analysis between variables was also performed. Significant/Considerable differences were found in the number of secondary and tertiary branches, main sprout length, total length, main sprout diameter, leaf N content and chlorophyll indexes throughout the evaluation periods, the development of plants being indicative of adaptation in cultivation condition. In general, the genotypes showed similar silvicultural and physiological behavior throughout the evaluation periods. Positive and high correlation coefficients were obtained between growth variables and positive and moderate between length and chlorophyll indexes and between N content and chlorophyll indexes. These results suggest the possibility of indirect selection for length and number of branches and the use, with caution of the chlorophyll meter, to predict the nutritional status of the plants.

Keywords: *Bertholletia excelsa*; Physiology; Improvement.

LISTA DE ABREVIATURAS

AFE	Área foliar específica
ANOVA	Análise de variância
CBP	Comprimento da brotação principal
DBP	Diâmetro da brotação principal
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IIAP	Instituto de Investigações da Amazônia Peruana
IMAZON	Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia
ICC	Índice de conteúdo de clorofila
Ich_a	Índice de clorofila <i>a</i>
Ich_b	Índice de clorofila <i>b</i>
Ich_{ab}	Índice de clorofila <i>a+b</i>
Ich_{a/b}	Índice de clorofila <i>a/b</i>
ICBP	Incremento do comprimento da brotação principal
IDBP	Incremento do diâmetro da brotação principal
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MST	Movimento Sem Terra
NRS	Número de ramos secundários
NRT	Número de ramos terciários
QM	Quadrado médio
PFNMs	Produtos florestais não madeireiros
SAD	Sistema de Alerta de Desmatamento
SAFs	Sistemas Agroflorestais
SNIF	Sistema Nacional de Informações Florestais
TEOR DE N	Teor de nitrogênio

ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1** - Resumo da análise de variância para as variáveis comprimento da brotação principal (CBP) e diâmetro da brotação principal (DBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.....**41**
- Tabela 2** - Resumo da análise de variância para os incrementos do comprimento da brotação principal (ICBP) e diâmetro da brotação principal (IDBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.....**43**
- Tabela 3** - Resumo da análise de variância para as variáveis número de ramos secundários (NRS) e números de ramos terciários (NRT) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.....**47**
- Tabela 4** - Resumo da análise de variância para as variáveis teor de nitrogênio (Teor de N; g.kg⁻¹), índice de clorofila *a* (IChla), clorofila *b* (IChlb), clorofila *a+b* (IChlab) e razão clorofila *a/b* (IChla/*b*) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.....**52**
- Tabela 5** – Coeficientes de correlação simples de Pearson para as variáveis comprimento da brotação principal (CBP), diâmetro da brotação principal (DBP), número de ramos secundários (NRS), número de ramos terciários (NRT), teor de nitrogênio (Teor de N), área foliar específica(AFE), índice clorofila *a* (IChla), clorofila *b* (IChlb), clorofila *a+b* (IChlab) e razão clorofila *a/b* (IChla/*b*) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.....**55**

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Temperatura média mensal (°C) no Campo experimental Serra da Prata nos anos de 2018 e 2019..... **38**
- Figura 2** - Precipitação média mensal (mm) no Campo experimental Serra da Prata nos de 2018 e 2019..... **38**
- Figura 3** - Classificação da forma da copa segundo metodologia proposta por Dawkins (1963)..... **39**
- Figura 4** - Classificação da forma do tronco..... **39**
- Figura 5** – Comprimento da brotação principal (Figura 5-A) e diâmetro da brotação principal (Figura 5-B) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.....**42**
- Figura 6** - Incrementos do comprimento da brotação principal (ICBP) e do diâmetro da brotação principal (IDBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.....**44**
- Figura 7** – Diâmetro da brotação principal (cm) de seis clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e cultivados em campo, em Roraima.....**46**
- Figura 8** – Médias do número de ramos secundários (NRS) (Figura 8-A) e número de ramos terciários (NRT) (Figura 8-B) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.....**48**
- Figura 9** - Classificação da forma do tronco de clones de castanheira-do-brasil aos 37 meses após a enxertia.....**50**
- Figura 10** - Classificação da forma da copa de clones de castanheira aos 37 meses após a enxertia, segundo metodologia proposta por Dawkins (1963).....**51**

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	17
2.1 Recursos genéticos florestais nativos da Amazônia	17
2.2 Recursos florestais não madeireiros	19
2.3 Castanheira-do-brasil.....	20
2.3.1 Características biológicas da espécie.....	20
2.3.2 Características edafoclimáticas dos locais de ocorrência natural da castanheira.....	24
2.3.3 Importância ecológica, social e econômica.....	25
2.3.4 Cultivo da espécie.....	28
2.3.5 Propagação vegetativa da castanheira-do-brasil.....	30
2.4 Aspectos morfofisiológicos de plantas enxertadas... ..	33
3 OBJETIVOS	36
3.1 Objetivo Geral.....	36
3.2 Objetivos Específicos.....	36
4 METODOLOGIA.....	36
4.1 Caracterização da área experimental	36
4.2 Instalação do experimento	37
4.3 Avaliações.....	38
4.4 Análise estatística	40
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
6 CONCLUSÃO	57
7 REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é considerada uma espécie de grande importância ambiental, social e econômica para a região amazônica. Prevalece em áreas preservadas (MORI, 2001) e colabora com a sobrevivência de várias espécies vegetais e animais que atuam como dispersores e polinizadores da espécie.

A madeira, os frutos e as amêndoas produzidas pela castanheira podem ser aproveitados na construção civil, na alimentação, na produção de peças ornamentais, carvão, na composição de substratos e para fins medicinais. No entanto, o maior valor econômico é atribuído às amêndoas, que apresentam elevado valor agregado (MÜLLER, 1981) e se destacam tanto no comércio nacional como internacional. Apesar de produzir madeira de excelente qualidade, a castanheira encontra-se protegida pelo decreto 1.282, de 19 de outubro de 1994, principalmente em ambiente nativo, sendo imune ao corte (BENTES; MARIN; EMMI, 1988; MARTINS; SILVA; SILVEIRA, 2008).

Além de fazer parte da base alimentar de povos tradicionais como quilombolas, indígenas e ribeirinhos, as amêndoas agregam renda para estes povos, por meio da sua comercialização (BRAGA, 2007). A castanha é responsável por movimentar a economia e, juntamente com outros produtos da floresta, arrecadar bilhões de dólares por ano (CYMERYYS et al., 2005).

Cerca de 95% da produção de castanha é proveniente do extrativismo. No entanto, há alguns anos tem sido notória a queda da produção assim obtida, fato que se deve, em partes, à dizimação de castanhais nativos por ações antrópicas (ENRÍQUEZ, 2009) e às mudanças climáticas (NOGUEIRA; SANTANA, 2018), as quais podem afetar as condições bióticas e abióticas dos locais de ocorrência natural da espécie. Além disso, estudos já constataram que os castanhais nativos estão envelhecendo e paralelo a isso apresentam indivíduos com baixa produtividade (SCOLES et al., 2016).

A queda na produção, aliada ao aumento da demanda pela castanha-do-brasil, tanto no mercado nacional quanto internacional, apontam para a necessidade de estímulos para enriquecimento de castanhais nativos e para plantios (SANTANA et al., 2017), sejam na forma de plantios solteiros, seja na forma de sistemas agroecológicos, a exemplo dos sistemas agroflorestais (SAFs).

A disponibilidade de material genético de boa qualidade pode ser um dos grandes responsáveis pelo sucesso dos plantios (WADT; KAINER, 2009). No entanto, ainda não existem clones nem variedades devidamente lançadas para a castanheira. Sendo assim, os

poucos pomares existentes da espécie provêm de sementes retiradas de plantas de populações naturais, de base genética desconhecida (BALDONI; TONINI, 2019).

Programas de melhoramento genético da castanheira foram implementados pelo IIAP (Instituto de Investigações da Amazônia Peruana) no Peru e, pela Embrapa, no Brasil. Ambos programas se iniciaram pela identificação, caracterização e seleção de genótipos em castanhais nativos, onde se priorizou a produção final da árvore e caracteres como tamanho e peso dos frutos e castanhas. Os genótipos selecionados tem sido utilizados para formação de jardins clonais com objetivo futuro de disponibilizar material propagativo melhorado (PEDROZO et al., 2015; PEDROZO C et al., 2017).

Além da disponibilidade de material genético selecionado, a redução do período juvenil da castanheira, bem como a redução do porte das árvores, também são características almejadas no plantio, visando retorno econômico mais rápido para o produtor. Neste sentido, a algumas décadas o método da enxertia por borbulhia em placa vem sendo utilizado para propagação da castanheira (MÜLLER, 1982).

Seja na forma de pé-franco ou por meio da enxertia, o crescimento e o desenvolvimento das plantas estão relacionados à diferentes processos fisiológicos, os quais podem ser afetados por fatores abióticos característicos do local de cultivo (SILVA, 2017). Neste sentido, estudos sobre a expressão fenotípica de genótipos em um dado local de cultivo é de fundamental importância, pois estes podem apresentar variação de comportamento em função das diferentes regiões agroecológicas (CONFORTO et al., 2015). Informações sobre o comportamento silvicultural e fisiológico de determinada espécie sob condições de plantio podem auxiliar na seleção de genótipos mais produtivos nestas condições.

Dentre as variáveis silviculturais possíveis de serem estudadas em árvores frutíferas, pode-se citar o crescimento em altura e o diâmetro, bem como variáveis do caule e da copa. Em relação às variáveis fisiológicas, índices de clorofila determinados por clorofilômetros, área foliar específica e teor de nitrogênio nas folhas geralmente se destacam. No caso da castanheira enxertada, os estudos que envolvem a associação destes grupos de variáveis podem esclarecer se existem diferenças na adaptação em campo entre diferentes genótipos e, futuramente, favorecer o processo de seleção precoce.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Recursos genéticos florestais nativos da Amazônia

O contato entre o ser humano e o ambiente constroem o conhecimento ecológico local dos moradores e agricultores, sendo que a redução de espécies florestais nativas limita drasticamente a sabedoria popular (ZUCHIWSCHI et al., 2010). O uso indiscriminado de recursos florestais vem contribuindo para a eliminação de grande parte das florestas tropicais do mundo e esse ritmo de dizimação pode desfavorecer o equilíbrio da floresta e afetar a sustentabilidade do ambiente (CAVALCANTI; KAGEYAMA, 1997).

Já no início dos anos 80, a Amazônia era mencionada como a última fronteira agrícola de grande extensão no mundo. Desde então se questionava sobre a necessidade do manejo adequado de seus recursos graças a sua ecologia única. Neste mesmo período, programas de estudo fomentados pelas agências de pesquisa voltaram sua atenção para preservação de inúmeros recursos genéticos da região (CLEMENT; MULLER; FLORES, 1982). Muitos destes estudos assegurariam que os recursos florestais que são explorados comercialmente contivessem informações relevantes para sua propagação, independente da finalidade à qual seriam destinados (MELO; VARELA, 2006).

De acordo com o boletim de desmatamento da Amazônia Legal, publicado em outubro de 2019, pelo IMAZON (Instituto do Homem e do Meio Ambiente da Amazônia), através do SAD (Sistema de Alerta de Desmatamento), houve um aumento de 218% no desmatamento em relação ao mesmo período em 2018, somando neste período cerca de 583 km² de áreas desmatadas. Mais de 50% dessa área desmatada se concentra em apenas um estado (Pará com 59%) seguido por Mato Grosso com 14%. Outros 27% estão divididos entre os estados de Rondônia, Amazonas, Acre, Roraima e Amapá.

Em relação às áreas de floresta degradada da Amazônia legal, em 2019 houve grande aumento (394%) em relação ao mesmo período no ano anterior. Em outubro de 2019, dois estados (Mato Grosso e Pará) constavam com 91% do total dessas áreas (618 km²), havendo uma grande mudança em relação a março de 2018, onde Roraima era o estado que sozinho aparecia com 95% das áreas de floresta degradada enquanto o Mato Grosso tinha apenas 5% (FONSECA et al., 2018; FONSECA et al., 2019).

O elevado potencial econômico de inúmeras espécies florestais no comércio favorece a exploração da mata nativa (TONINI; OLIVEIRA JÚNIOR; SCHWENGBER, 2008). Na região Amazônica, muitas espécies se destacam por possuírem elevado valor comercial no

mercado regional. Apenas se tratando de espécies madeireiras, há cerca de 230 espécies na Amazônia que podem ser aproveitadas (BARBOSA et al., 2010), fato que, juntamente com as extensas áreas de florestas intocadas da Amazônia, despertam o interesse das madeireiras (IWAKIRI, et al., 2016).

O corte de espécies madeireiras ocasiona grandes prejuízos na densidade de outras árvores por morte ou danos, sendo que muitas destas espécies além de serem raras são vulneráveis à exploração (REIS et al., 2013). Das espécies florestais nativas da Amazônia, existem algumas que são mais valorizadas, destacando-se pelo elevado valor comercial no mercado madeireiro, como por exemplo a cerejeira (*Amburana acreana*) e o mogno (*Swietenia macrophylla*) (SHANLEY; ROSA, 2004; FEARNESIDE, 1992).

Além das espécies madeireiras, também se destacam as frutíferas [*Solanum topiro* Humb. & Bonpl. (cubiu), *Bertholletia excelsa* (castanheira-do-brasil), *Mauritia flexuosa* L. (buriti), *Rollinia mucosa* (Jacq.) Bail. (biribá), *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk (abiu)] (PAHLEN, 1977; SEMEDO; BARBOSA, 2007); as medicinais: [*Croton cajucara* Benth., (sacaca), *Croton sacaquinha* Benth. (sacaquinha), *Genipa americana* Linnaeus (jenipapo), *Antirhea borbonica* J. F. Gmel. (quina)] (KALIL FILHO; KALIL; LUZ, 2000; ROCHA et al., 2015); e, as laticíferas: [*Hevea brasiliensis* (seringueira)] e os coloríficos [*Bixa orellana* L. (urucuzeiro)] (EMBRAPA, 2009).

A castanheira-do-brasil é uma espécie nativa da região amazônica, conhecida por apresentar diferentes formas de aproveitamento, ou seja, para extração de madeira, confecção de artesanatos, produção de amêndoas e para fins medicinais e inseticidas (CYMERYYS et al., 2005; FAZOLIN et al., 2002). No entanto, em relação à madeira, nas normas florestais federais para a Amazônia, constam que a castanheira-do-brasil não é passível de exploração madeireira, seja em ambiente nativo ou regenerado (BRASIL, 2007, p. 123).

Para os povos da floresta, a espécie também é utilizada na medicina popular, sendo que a resina da castanheira tem ação repelente contra insetos (FAZOLIN et al., 2002). O chá da casca é usado para tratamento do fígado, anemia e diarreia. A infusão de suas sementes alivia males do estômago e, há relatos de que gestantes que comem diariamente de 1 a 2 amêndoas sentem alívio da azia (CYMERYYS et al., 2005).

Embora existam estes múltiplos usos para a castanheira, a atividade mais representativa e que proporciona maior rentabilidade atualmente é a comercialização das castanhas. A amêndoa é bastante apreciada pela indústria e vem ganhando destaque nas linhas de produtos de origem da biodiversidade brasileira (PICANÇO; COSTA, 2019).

2.2 Recursos florestais não madeireiros

Historicamente, a valorização das florestas é representada pelo seu amplo benefício, que vai desde o uso pelas comunidades tradicionais, para sua subsistência, até a exploração para fins comerciais, sendo que, a utilização dos produtos florestais não madeireiros possui importância socioeconômica e assegura a sustentabilidade da floresta (SANTOS et al., 2003; BALZON; SILVA; SANTOS, 2004).

Segundo Alves (2010), a floresta está diretamente presente no cotidiano de cerca de 1,2 bilhão de pessoas. O mesmo autor enfatiza que aproximadamente 500 milhões de pessoas possuem grande dependência dos produtos florestais não madeireiros (PFNMs), considerando que eles são essenciais para seu sustento. De maneira geral, essas espécies tem se destacado cada vez mais, não somente pelas múltiplas formas de uso, mas também pelo valor comercial (ALVES, 2013).

Os PFNMs têm, ainda, grande significado na economia tradicional, local e regional, sendo que, na maioria dos estados em que o bioma amazônico está presente, inúmeras comunidades sobrevivem desses produtos como fonte de subsistência (PAES-DE-SOUZA et al., 2017).

Os PFNMs são descritos por Pedrozo E et al. (2017) como sendo todos os tipos de recursos oriundos de florestas nativas, sistemas agroflorestais e plantios, que podem ser utilizados pelo homem. Embora os produtos não madeireiros (florestais ou não) representem hoje um desafio para o mercado, graças a sua abundância, diversidade e variedade em formas de uso, todos são considerados de grande valor, o que atrai a atenção de certificadores para novos produtos que antes interessavam-se unicamente pelos recursos madeireiros (SHANLEY; PIERCI; LAIRD, 2005; SANTOS et al., 2003).

Silva (1996) classificou os produtos não madeireiros explorados no Brasil em nove grupos, os quais foram diferenciados de acordo com sua forma de utilização: 1) oleaginosas (andiroba, babaçu, copaíba, cumaru, ucuri, macaúba, olicica, pequi, tucum e outros); 2) alimentícios (açai, castanha de caju, castanha-do-brasil, erva mate, mangaba, palmito, pinhão, umbú); 3) aromáticos, medicinais tóxicos e corantes (ipecacunha, jaborandi, jatobá, quina, timbó, urucu e outros); 4) pinheiro (nó de pinho); 5) borracha (cauchu, hevea – coagulada e líquida – e mangabeira); 6) gomas (balata, maçaranduba e sorva); 7) cera (carnaúba – cera e pó – e licurí); 8) fibras (buriti, carnaúba, caroá, cipóimbé, butiá, guaxima, malva, paina, piaçava, taboa, tucum); e 9) tanantes (angico, barbatimão, mangue e outros).

Os produtos não madeireiros foram responsáveis, no ano de 2016, pelo saldo na economia de aproximadamente R\$ 1,9 bilhões de reais, sendo que, 86,5% (R\$1,6 bilhões)

desse valor é de responsabilidade do extrativismo de produtos de origem das florestas nativas. Houve um incremento de 4,6% com a venda dos PFNMs em relação a 2015, quando foram arrecadados R\$1.809.408.000 e de 18% em relação a 2014, com R\$1.604.107.000 de arrecadação (BRASIL, 2018).

Segundo Shanley, Pierci e Laird (2005), a venda de PFNMs está crescendo no mercado externo, com grande destaque para a castanha-do-brasil e para o óleo de copaíba. A castanha-do-brasil aparece, juntamente com açaí e com a erva mate, em posição de destaque no boletim do Sistema Nacional de Informações Florestais (SNIF) (BRASIL, 2018).

A castanheira é amplamente valorizada como um modelo de produto florestal não-madeireiro, possuindo grande aceitação no mercado externo. Embora ainda hoje sua produção quase total seja oriunda de florestas nativas, a espécie é vista como peça fundamental no desenvolvimento socioeconômico das comunidades e também, para manutenção dos benefícios indiretos e diretos das matas nativas (TONINI; PEDROZO, 2014).

A castanheira-do-brasil contribui para a promoção da preservação das florestas tropicais pois, em regiões onde prevalecem sua ocorrência, há forte influência da criação de áreas protegidas (WADT; KAINER, 2009). A espécie encontra-se ainda, entre as frutíferas que tem recebido atenção da pesquisa nas últimas décadas com objetivo de domesticação, o que irá fortalecer sua cadeia produtiva (DONADIO, 2008).

2.3 Castanheira-do-brasil

2.3.1 Características biológicas da espécie

Condé et al. (2013) e Tonini e Arco-Verde (2005) destacaram a superioridade da castanheira-do-brasil entre os produtos florestais não madeireiros devido a seus parâmetros de: distribuição, altura, diâmetro, forma/área da copa e povoamento. Afirmam ainda, que o indicativo de plantas mais vigorosas está relacionado ao incremento em seu diâmetro e área de copa durante sua fase de desenvolvimento e, alertam que a espécie possui uma grande necessidade por espaço em sua fase inicial de crescimento.

A espécie pode atingir até 60 m de altura (MÜLLER; CALZAVARA 1989; MÜLLER et al., 1995) e 4,0 m de diâmetro na base do tronco, se destacando por possuir troncos mais grossos que as demais espécies florestais da Amazônia. Árvores deste porte podem apresentar aproximadamente 800 anos (MÜLLER et al., 1995; CYMERYYS et al., 2005; SALOMÃO, 2009). As castanheiras se apresentam geralmente em aglomerações, podendo ter de 6 (MORITIZ, 1984) até 100 indivíduos (MORI; PRANCE, 1990) que podem estar espaçados por distâncias de até um quilômetro.

O tronco da espécie pode ser assim descrito: caule cilíndrico, liso, com desrama natural, esparsamente dotado de lenticela, casca escura, com fissuras longitudinais aparentes e elevado diâmetro, sendo a casca a principal característica que lhe possibilita fácil identificação na floresta (MORI; PRANCE, 1990; WADT; KAINER, 2009).

Suas folhas apresentam-se de forma alternada, simples, nervuras pinadas, coriáceas, lisas em ambas as superfícies, estriadas longitudinalmente, apresentando protuberância filiforme na face abaxial, com nervura central proeminente acima e abaixo, com aproximadamente 29 a 45 pares de veias laterais aparentes em ambas as superfícies; ápice de 3 a 10 mm de comprimento; base arredondada; margens inteiras; pecíolo de 20 a 35 mm de comprimento, liso ou levemente puberulento quando jovem (MORI; PRANCE, 1990).

A espécie pode ser descrita como de crescimento verde contínuo, mas, o padrão fenológico da mudança de folhas tende a variar anualmente, sendo sensíveis a baixas precipitações. Portanto, perde as folhas em épocas de transição climática (TONINI, 2011; CAMPOS et al., 2013).

Em Roraima, Tonini (2011) constatou um grande número de indivíduos que perdem e emitem folhas simultaneamente por um longo período de tempo. Durante três anos de observações, o autor constatou ainda que há uma maior proporção de plantas com queda de folhas entre os meses de agosto e outubro. Na região esse período é caracterizado pela transição entre a estação mais chuvosa e a mais seca, com sensível redução de precipitação. Moritz (1984) afirmou que no estado do Pará, há uma tendência de as folhas caírem após o período das chuvas, geralmente em julho, antes que se inicie a floração em agosto, mas que esse período pode ser mais tardio.

As folhas novas apresentam coloração marrom e são inclinadas para baixo como forma de se proteger contra a intensa radiação solar. É somente no momento que se forma uma camada cerosa que as folhas se tornam verdes e então erguem-se, abandonando sua posição inclinada. Logo, brotam-se novos ramos por debaixo das inflorescências do ano anterior, surgindo inicialmente as folhas, e em seguida os botões nas extremidades dos ramos (MORITIZ, 1984).

A inflorescência da castanheira é descrita como em forma de espiga, axilar ou em panículas terminais de poucos ramos e eretas. Flores sem pedicelo (subsésseis) com três bractéolas na base; cálice a princípio inteiro e no momento da maturação da flor apresenta-se bipartido, com ápice dos lobos tridentes; corola branca ou ligeiramente amarelada, perfumada, com seis pétalas (MÜLLER, 1981), apresentando cinco delas livres e uma modificada, sendo

esta lígula formada por uma estrutura de estaminódios soldados que recobre as anteras e o estigma, dificultando a polinização por insetos de pequeno porte.

Segundo Maués et al. (2015), as flores de castanheira-do-brasil são hermafroditas, o que significa que ela possui os dois sexos na mesma flor. A autopolinização das flores pode ser difícil de ser realizada, devido ao estigma apresentar-se acima das anteras, porém em raros casos ela pode ser feita mesmo sem a interferência de polinizadores (MÜLLER, 1980; SANTOS et al., 2011). Em média 1 ou 2 flores se abrem diariamente (WADT; KAINER, 2009). Santos et al. (2011) afirmaram que a castanheira é uma espécie com predominância de polinização cruzada.

O período de floração varia de acordo com as regiões de ocorrência da espécie, embora geralmente apresente-se de forma anual, longa e sincrônica. Em Roraima, o evento apresentou-se nos períodos de menor precipitação (TONINI, 2011), divergindo do estudo de Campos et al. (2013) para o estado do Amapá. Como o período de maturação dos frutos pode ser de até quinze meses, é comum que durante a floração e o desenvolvimento dos frutos novos, a castanheira conserve os frutos velhos e quase maduros (MORITIZ, 1984). No Acre, Cymerys et al. (2005) afirmaram que, na estação seca a abertura das flores coincide com a queda dos frutos da estação anterior.

Um dos principais fatores que diferencia a castanheira das demais espécies da família, reside no fato da castanheira ter o fruto indeiscente, ou seja, que não se rompe de forma espontânea quando maduro. Logo, a espécie possui ineficiência da dispersão das sementes por meios naturais e depende, então, da abertura do fruto por agentes externos (SCOLES; GRIBEL; KLEIN, 2011).

A cutia (*Dasyprocta leporina*) é a responsável por dispersar as sementes da castanheira e, conseqüentemente, colabora para a regeneração da espécie na floresta. No Acre, o conhecimento tradicional dos seringueiros afirma que duas espécies de macaco também são capazes de abrir os ouriços velhos (CYMERYYS et al., 2005).

Kaminski et al. (2008) e Costa et al. (2014) enfatizam a relevância de estudos de caracterização dos frutos como pré-requisitos de programas de melhoramento genético visando seleção de germoplasma de espécies nativas para plantios comerciais.

O fruto da castanheira é pixídio, conhecido como ouriço, que apresenta casca dura, resistente e de cor castanha. Seu formato é globuloso quase esférico, medindo de 8 a 15 cm de diâmetro, sendo visível, na parte superior, o vestígio do cálice (WADT; KAINER, 2009). Cada fruto armazena entre 15 e 25 sementes envolvidas por casca lenhosa e dura, sendo que,

o fruto pode ter inúmeras utilidades como: artesanato, combustível, cofres, cinzeiros ou mesmo para defumar a borracha (MÜLLER, 1981).

Em trabalho realizado por Fernandes, Wadt e Martins (2007), o qual avaliou a produção de *Bertholletia excelsa* no sudeste do estado do Acre, foi constatado que a variação encontrada na produção anual de frutos foi significativa, sendo que castanheiras vermelhas produziram, em média, 75,5 frutos, enquanto castanheiras brancas produziram 31,1 frutos/ano. Conforme informado por Braga (2007) estas classificações são feitas com base na morfologia de frutos, sementes, cor da madeira e porte das arvores, e segundo Tonini (2011), é geralmente realizado com base no conhecimento dos extrativistas.

Borges et al. (2016), em um estudo realizado em área nativa no estado do Mato Grosso, amostraram 444 frutos de castanheira de duas safras, sendo observados na sua produção um número médio de 55 frutos/planta e 17 sementes por fruto. Além disso, cada árvore produziu em média de 5,85 kg de sementes (peso úmido).

Em Roraima, Ferreira e Tonini (2009), constataram que aos dez anos de plantio a média de frutos produzidos por árvore foi de 6 frutos/planta, o número de sementes em média de 112 sementes/planta, e o peso dos frutos com média de 750 g/planta. Na árvore mais produtiva foram observados 33 frutos e 4 kg de sementes. Ainda em Roraima, Tonini e Pedrozo (2014) constataram em três regiões distintas de área nativa, diferenças na produção de frutos, sendo que em São João da Baliza, a produção média por planta durante os sete anos de avaliação foi de 4,2 kg/planta e 26 frutos, na região do ITA a média foi de 3,4 kg/planta e 21 frutos e na área do Cujubim foi possível obter valores superiores, sendo que a média de peso dos frutos foi de 13,2 kg/planta e 121 frutos. Todos estes valores, no entanto, foram superiores quando se descartou as árvores consideradas imaturas.

Em estudos realizados em Roraima por Tonini (2011) e no Amapá por Campos et al. (2013), a frutificação mostrou-se anual e longa. Pelo fato de a espécie não apresentar padrão produtivo constante, existe grande variabilidade produtiva em função de cada indivíduo e de cada local (HERRAIZ, 2016). Em estudo fenológico da castanheira em Roraima, Tonini (2011) constatou um período médio de 10 meses entre a observação de frutos novos e a sua dispersão, sendo que houveram variações entre períodos de frutificação em relação aos anos de estudo. Em 2006, a frutificação se iniciou em março e, em 2007 e 2008 a frutificação se iniciou em fevereiro.

A produção de frutos e sementes em Roraima demonstrou variações em outro estudo realizado por Tonini e Pedrozo (2014), sendo essas variações significativas entre locais e dentro de um mesmo local. A menor produção foi registrada em 2010 e a maior em 2012,

neste período os castanhais registraram uma produção de 8 a 52 vezes maior que no ano de menor produção.

Na botânica, as castanhas (sementes) se constituem em caroços de pixídio e não em nozes (MORITIZ, 1984), e podem ser assim descritas: externamente possuem pouca variação para largura e espessura, são triangulares e angulosa; ordenada em três series; base, margem e ápice angulosos, envolta em duas camadas de tegumento, a testa, mais externa, possui tons castanho claros, opaca, rugosa, lisa e lígnea; a camada mais interna, o tegumento, é membranoso e castanho mais escuro que a testa. Hilo em depressão, subapical, grande, oblongo, castanho mais claro que a testa, rafe rígida e saliente, em tons castanhos escuros e homócroma (GURGEL; SANTOS; BASTOS, 2006).

Segundo Pinheiro e Albuquerque (1968), as sementes da castanheira, sob condições normais, levam de 12 a 18 meses para germinar. No entanto, esse tempo pode ser drasticamente reduzido (cerca de 2 a 3 semanas) ao se semear sementes sem o tegumento (MÜLLER, 1982; CYMERYYS et al., 2005; PEDROZO C et al., 2017).

2.3.2 Características edafoclimáticas dos locais de ocorrência natural da castanheira

Há ocorrência de castanheiras na região amazônica, desde o extremo sul das Guianas, passando pela Bolívia, Peru, Colômbia, Venezuela e Brasil (MORI; PRANCE, 1990; CYMERYYS et al., 2005; SALOMÃO, 2009). No Brasil é encontrada na extensão do território Amazônico, nos estados de Rondônia, Acre, Amazonas, Amapá, Mato Grosso, Pará e Roraima (CYMERYYS et al., 2005; HERRAIZ, 2016).

A castanheira-do-brasil está presente em ambiente nativo nos três tipos climáticos que podem ser encontrados na Amazônia segundo Koppen, ou seja, Aw, Am e Af. Entretanto, prevalece principalmente em áreas onde o clima é Aw ou Am. A espécie se desenvolve bem em temperaturas médias anuais entre 24,3 °C e 27,2 °C, precipitação pluviométrica anual entre 1.400 e 2.800mm e umidade relativa média anual situando-se entre 79% e 86%. Estas características evidenciam que o clima tropical úmido favorece o desenvolvimento da espécie (DINIZ; BASTOS, 1974).

A espécie é fortemente afetada pelo ambiente, principalmente pela dependência da luminosidade. Apresenta-se como uma espécie heliófila, sendo a luz primordial para seu desenvolvimento (MORI; PRANCE, 1990; SALOMÃO 2009; ALBUQUERQUE; EVANGELISTA; ALBUQUERQUE NETO, 2015; SOUZA et al., 2017).

A castanheira habita áreas altas e não inundáveis, onde prevalecem as matas de terra firme, sendo característica nas florestas do tipo densa. Mas também pode ocorrer nas matas do

tipo cipó, em uma associação nem um pouco rara com o babaçu (BRAGA, 1979). Habita solos argilosos ou argilo-arenosos, geralmente pobres, desestruturados e drenados (NOGUEIRA; SANTANA, 2018). As árvores podem estar arrançadas em agrupamentos mais ou menos extensos (denominados castanhais), e sempre associadas a outras espécies florestais de elevado porte (FERNANDES; ALENCAR, 1993).

2.3.3 Importância ecológica, social e econômica

A família Lecythidaceae é formada por aproximadamente 25 gêneros e 350 espécies distribuídas pelo mundo, dos quais 10 gêneros e 204 espécies são encontrados nas Américas. Essa família é uma das mais bem representadas em número de espécies (COELHO et al., 2016). O gênero *Eschweilera* possui o maior número de espécies da família, representado por mais árvores do que qualquer outro gênero existente na região Amazônica (SMITH; MORI, 2006). Da família Lecythidaceae, o Tucari do campo (*Eschweilera nana*), encontrado nos cerrados do Brasil é a espécie de menor porte e, dentre as mais altas, tem-se a castanheira-do-brasil (MORI, 2001).

A castanheira-do-brasil é a única representante do gênero *Bertholletia* (MARTINS L.; MARTINS W., 2011; BRAGA, 2007), sendo descrita por Humboldt e Bonpland em 1807. O gênero deriva do nome do químico Claude Louis Berthollet (1748-1822) e, uma das suas curiosidades taxonômicas refere-se ao uso da terminologia “excelsa”, que foi adotada graças a forma com que a sua copa frondosamente se destaca acima do dossel da floresta (MÜLLER et al., 1980).

Na Amazônia, a castanheira-do-brasil também é popularmente conhecida como: castanheira, castanheira verdadeira, castanheiro, castanheira-do-pará, castanheira-do-maranhão e, mais recentemente, castanheira-da-amazônia. Em outros países tem as seguintes denominações: inglesa (Brazil-nut ou Pará-nut); espanhola (Nuez dei Brasil); francesa (Noix du Brésil) e, alemã (Paranu) (MORITIZ, 1984).

A espécie desempenha papel relevante no ecossistema florestal, e em áreas nativas, a presença de muitas espécies e indivíduos da família da castanheira (Lecythidaceae) é considerada pelos botânicos e ecólogos como indicativo de florestas preservadas (MORI, 2001).

Embora ainda hoje exista o corte e a venda de madeira da castanheira, essa atividade é realizada de forma clandestina, pois devido à sua importância socioeconômica, a espécie é protegida desde 1994 pelo decreto 1.282, de 19 de outubro (MARTINS; SILVA; SILVEIRA, 2008). É na coleta e comércio das amêndoas, as quais são utilizadas para fins alimentícios,

que a castanheira-do-brasil apresenta maior expressão comercial e ainda promove a conservação da floresta, podendo ser utilizada como fonte de renda familiar complementar ou alternativa (SILVA et al., 2013).

As amêndoas podem ser consumidas na forma *in natura* ou processada. Os pesquisadores Müller et al. (1980) afirmam que as amêndoas compensam as faltas de minerais e vitaminas, e o consumo de duas amêndoas equivale ao mesmo valor proteico encontrado em um ovo. Por ser rica em selênio, as sementes da castanheira têm conteúdo antioxidante, apresentando ação anticancerígena e de proteção cardiovascular (SANCANARI et al., 2019).

Além do consumo direto, as amêndoas podem ser utilizadas, também, para obtenção de óleo para confecção de cosméticos, de farinha que é utilizada na confecção de pães e bolos (CYMERS et al., 2005) ou ainda para a obtenção do leite que tanto pode ser utilizado no preparo de pratos especiais como na dieta alternativa para substituir o leite de vaca a partir de oleaginosas e castanhas (FELBERG et al., 2004).

Inicialmente a castanha era, em pequena escala, a base da alimentação indígena, mas, logo a coleta do produto tornou-se uma atividade de importância econômica e cultural para os povos ribeirinhos, indígenas, seringueiros e pequenos produtores (MÜLLER et al., 1980; BRAGA, 2007). A castanheira possui elevado potencial para o extrativismo e pode influenciar na oferta de emprego e na geração de renda para inúmeros trabalhadores do campo e da cidade (TONINI, 2011; CAMPOS et al., 2013). A castanha passou a se destacar, a partir do momento que houve o declínio do extrativismo da borracha (FERREIRA et al., 2017a).

Em geral, o que se tem observado da produção de castanha é que há um movimento cíclico, que oscila entre picos de produção ora muito baixos outrora muito altos, mas que não mantém a produção constante. Por exemplo, entre os anos de 1994 a 2005 houve uma queda de 22%, com a quantidade produzida passando de 38,6 para 30,1 mil toneladas (ENRÍQUEZ, 2009).

Segundo a EMBRAPA (2017), na safra de 2017 houve uma grande queda na produção da castanha em todos os locais de ocorrência da espécie, fator nunca antes registrado. Por exemplo, houve queda de 25% no Acre, de 96% no Amapá e de até 99% em Roraima, o que pode ser explicado pelo atraso das chuvas em alguns locais da Amazônia, ou mesmo seca extrema em outros locais, como em Roraima e no Amapá.

As oscilações na produção de castanha fazem com que os valores também sejam modificados. Por exemplo, os valores pagos da castanha com casca para a região norte e para o estado do Mato Grosso para as safras 2015/2016 foi de R\$ 1,18 kg; 2016/2017 R\$ 1,27 kg (CONAB, 2017) e 17/18 R\$ 0,89 kg (CONAB, 2018). Na safra de 2017, os valores pagos no

kg da castanha fossem superiores, onde, no Amazonas, 1 hectolitro da castanha com casca passou de R\$ 182,35 em março de 2016 para R\$ 312,24 em março de 2017 (CONAB, 2017).

A coleta das castanhas pelo extrativista exige que ele permaneça na floresta por vários dias em busca do fruto (KITAMURA; MÜLLER, 1984), fato que faz com que, anualmente, o rendimento econômico gerado pelo comércio de castanhas em razão da oferta e demanda sofra variações. Os preços altos podem compensar os esforços da atividade extrativista, principalmente em regiões onde o acesso é difícil, mas por outro lado, barreiras físicas podem dificultar o transporte e reduzir a quantidade de castanhas colhida (MORITIZ, 1984). Em 2012, Homma (2012) alertou para os conflitos que podem haver entre oferta e demanda de produtos extrativos alimentícios, sendo necessário dar atenção urgente ao processo de domesticação.

Além das condições climáticas, em especial os índices pluviométricos (IVANOV, 2011; NOGUEIRA; SANTANA, 2018), alguns outros fatores são citados como influentes na queda de produção da castanha-do-brasil: a) substituição da cobertura vegetal nativa por lavouras e pastagens; 2) extração ilegal da madeira da castanheira; 3) ausência de polinizadores; e 4) invasão de terras em áreas de castanhais nativos (KITAMURA; MÜLLER, 1984;).

Segundo Angelo et al. (2013), o desmatamento na região da Amazônia brasileira acarretou em perdas significativas dos benefícios gerados pelo comércio da castanha entre os anos de 1998 a 2008 (equivalente a 11,59 milhões de reais), sendo que a maior perda foi no ano de 1998. Neste período houveram transformações no comércio internacional da castanha-do-brasil, sendo que a mais marcante delas esteve relacionada ao seu fornecimento mundial, que passou a ser praticado de forma mais expressiva pela Bolívia, tirando o lugar do Brasil nessa atividade (BAYMA et al., 2014). Ainda segundo os autores de 2004 até 2014 destacaram-se como compradores: Bolívia, Estados Unidos da América, China, União Européia e Peru, enquanto os principais países produtores e exportadores de castanha-do-brasil no mundo são a Bolívia, o Brasil e o Peru.

A região norte destaca-se na produção brasileira de castanha-do-brasil, detendo cerca de 99% do comércio. Com uma coleta estimada em 272.420 toneladas durante os anos de 2010 até 2016, com destaque para os maiores produtores nacionais Acre e Amazonas que juntos, respondem por mais de 60% da produção nacional, seguido do estado do Pará (SILVA et al., 2019). O Pará que manteve-se de 2012 a 2017 como o terceiro maior produtor de castanha no Brasil (KRAG et al., 2017)

Durante os anos de 2010 até 2017 outros estados entram nesta soma de produção: Rondônia, Mato Grosso, Amapá e Roraima que aparece na última posição em relação à produção de castanha, registrando média máxima de apenas 1,45% de toda produção nacional em 2017 (SILVA et al., 2019). No entanto, estes dados podem estar subestimados, uma vez que grande parte da produção que sai do estado não é contabilizada. Da mesma forma, possivelmente, o que coloca o estado do Acre como maior produtor é o deslocamento da produção dos demais estados produtores para essa região, e não a produção em si, já que a castanha-do-brasil estaria sendo exportada pela Bolívia, em razão da existência de menores controles de exportação e fitossanitárias com relação ao Brasil (BARBOSA; MORET, 2016).

A Bolívia ao receber investimentos do Banco Mundial, nos últimos anos se consolidou como o principal exportador de castanha (MELO, 2008). Este foi um dos principais fatores que fez o Brasil perder a posição de produtor quase que exclusivo da castanha-do-brasil, para a Bolívia, que atualmente ocupa a posição de maior produtor (CYMERYYS et al., 2005).

Desde 1911 as castanhas brasileiras são exportadas pelos Estados produtores para países como a Inglaterra e os Estados Unidos (CYMERYYS et al., 2005; ENRIQUEZ, 2009). A exportação brasileira de castanha para o mercado internacional movimentou quase 60 milhões de dólares no ano de 2018 (MDIC, 2019). Isso se deve ao bom regime de chuvas no ano anterior e conseqüentemente alta produtividade dos castanhais elevando em mais de 35% sua produção em relação a 2017 (IBGE, 2018). Entretanto, acredita-se que o comércio de castanhas nativas (castanha-do-brasil, de caju e baru) e as cultivadas (pecã e macadâmia), que em 2017 movimentaram cerca de US\$ 200 milhões, devem alavancar as vendas no mercado externo, saltando para US\$ 1 bilhão em 2027 (COMEX DO BRASIL, 2017).

2.3.4 Cultivo da espécie

Grande parte (aproximadamente 95%) da castanha-do-brasil produzida nacionalmente vem do extrativismo, sendo escassos os plantios destinados à produção de frutos (MAUÉS et al., 2015). No Brasil são elencados alguns plantios pioneiros da espécie: 1) A Agropecuária Aruanã, localizada no estado do Amazonas, na região de Itacoatiara, sendo o maior plantio do mundo (CASTRO, 2017) com aproximadamente 318.000 árvores enxertadas em fase de início de produção de frutos e 679.000 árvores para produção de madeira e mais recentemente um jardim clonal com 6.400 árvores de castanha enxertadas com todos os clones selecionados pela EMBRAPA, com a finalidade de produzir gemas para enxertia (PASSOS, 2014); 2) um plantio na região de Marabá e, que foi implantado pelo ex grupo Bamerindus, porém, destruído pelos integrantes do MST (Movimento Sem Terra) e por posseiros e; 3) plantios

agroflorestais na região de Tomé-Açu e que apresentam-se semelhantes às castanheiras nativas (HOMMA, 2012). Estes plantios mencionados foram implantados na década de 80.

A castanheira, embora esteja protegida para corte por lei, ainda enfrenta efeitos da dizimação nas áreas nativas, tendo sua produção econômica afetada devido aos consequentes fragmentos gerados nas florestas, os quais interferem na polinização da espécie. Com isso, o cultivo da castanha-do-brasil tem sido estimulado, principalmente em sistemas agroflorestais (SAFs), servindo para fins de reflorestamento ou para o processo produtivo (COSTA et al., 2009).

Como a produtividade da castanheira está muito relacionada com a ação dos polinizadores, qualquer perturbação que afete estas populações refletirá diretamente na produção de frutos e sementes (MAUÉS et al., 2015). Contudo, Müller (1981) sugere que para assegurar uma boa frutificação nas áreas de plantio da espécie, sejam deixadas faixas de área nativa, pois os polinizadores tem hábitos de fazer seus ninhos em áreas de mata ou capoeira.

Bentes-Gama et al. (2005) destacam que o sucesso para o cultivo da espécie é o investimento em SAFs, os quais trazem benefícios financeiros, através da diversificação de renda e contribuem para a recuperação ambiental. Em seu estudo, os autores concluíram que de três tipos de SAFs testados, o que mostrou rendimento econômico mais satisfatório foi o que continha: castanha-do-brasil, banana, pimenta-do-reino e cupuaçu, apresentando inclusive receitas elevadas desde o primeiro ano de implantação. Esse rendimento poderá ser ainda maior e com retorno mais rápido, caso sejam utilizadas castanheiras selecionadas e enxertadas.

O Estado do Pará começou estudos pioneiros sobre germinação, enxertia, biologia floral, polinização e polinizadores da castanheira, visando à racionalização do cultivo e promovendo, assim, algumas indicações para estudos futuros (MÜLLER et al., 1980). Desde os anos 80, Moritz (1984) alertou para o abastecimento de bancos de germoplasma e, para a necessidade de coleta de material vegetativo para enxertia, tendo em vista a possibilidade de danos causados em castanhais nativos por ações antrópicas.

Kitamura e Müller (1984) propõem que nas áreas de castanhais nativos sejam feitos plantios de enriquecimento com castanheiras cultivadas. Müller e Calzavara (1989) sugerem que seja feita a quebra de dormência das sementes ou mesmo a técnica de enxertia em áreas onde deseja-se implementar castanhais cultivados. Para Wadt e Kainer (2009) deve-se ter cautela para não cometer equívocos na implantação de castanhais cultivados com mudas enxertadas de material genético desconhecido, pois isso pode ser a causa de retardos de

desenvolvimento em plantios comerciais de castanheira. Müller et al. (1980) também recomendam que a enxertia seja realizada com hastes coletadas de matrizes produtivas.

O cultivo da castanheira em sistema de monocultivo não foi considerado viável para a exploração de frutos, em estudo realizado por Pimentel et al. (2007). Os autores sugerem que sejam realizados investimentos em pesquisas na área de melhoramento vegetal e manejo da cultura, a fim de minimizar o período jovem da espécie e elevar a produtividade, o que além de reduzir os custos, promoverá melhor remuneração da atividade.

Homma et al. (2014) ressalta alguns fatores que dificultam o cultivo da castanheira, como: dependência de polinizadores, demandando que seu plantio seja associado a áreas de floresta nativa; planta ainda não domesticada necessitando de investimentos a longo prazo em pesquisas e ainda, mudanças na legislação que dispõe sobre o acesso ao patrimônio genético nativo e ao conhecimento tradicional associado.

2.3.5 Propagação vegetativa da castanheira-do-brasil

A castanheira possui meios de propagação tanto via sexuada como, assexuada. A propagação via sementes é indicada quando o objetivo principal do plantio é a produção de madeira, pois as plantas formam caule retilíneo, com desrama natural, e atingem maior altura (CARVALHO; NASCIMENTO, 2016). Além disso, a produção de mudas por sementes também é necessária para a produção de porta-enxertos.

Um dos fatores que aponta para o aprimoramento de técnicas de propagação das castanheiras é o fato de suas sementes serem recalcitrantes e com germinação desuniforme, o que afeta negativamente o processo de produção de mudas (CORDEIRO et al., 2016). Os autores citados e Müller e Calzavara (1989) pontuam que para acelerar o procedimento de germinação descascam-se as amêndoas. Porém, esta atividade precisa ser feita com cuidado para não provocar injúrias mecânicas que acarretam em perda da semente.

Além do problema relacionado à falta de uniformidade no processo de germinação das sementes, castanheiras produzidas por meio de mudas de pé-franco demoram de oito a 10 anos para iniciar a produção e um período ainda maior para que a mesma seja estabilizada. O problema do longo período juvenil pode ser resolvido com a enxertia (MÜLLER e CALZAVARA, 1989).

A enxertia tem como função unir partes de plantas, que posteriormente se tornarão um único indivíduo, que convivem de forma harmônica. Trata-se de um método bastante utilizado para unir uma copa e um sistema radicular que são vigorosos e com excelentes qualidades (LOPES et al., 2016).

Segundo Lopes et al. (2016) alguns fatores tornam a enxertia um meio de propagação vegetativa vantajoso, pois ela confere a obtenção de populações homogêneas, resistência a patógenos, boa adaptabilidade ao clima, aumento do vigor, redução do porte que é de extrema importância para facilitar a colheita nas frutíferas, principalmente as muito altas, período juvenil eliminado, floração mais precoce, etc. No caso da castanheira, os objetivos almejados com a enxertia são a fixação de genótipos selecionados, a redução do tempo de produção, a estabilização da produção e a redução do porte da árvore, em relação às árvores nativas.

A técnica da enxertia em campo, pelo método da borbulhia em placa, já era realizada com sucesso (cerca de 90% de pegamento) (MÜLLER et al., 1995) desde a década de 60. Segundo resultados obtidos por Ferreira et al. (2017b), o pegamento de enxertos realizados em Roraima aos 45 dias após a enxertia foi de 84,4%. Porém, essa porcentagem sofreu redução ao longo do tempo, com pegamento de 77,1% aos 90 dias e 74% aos 120 dias. Baldoni et al. (2017) obtiveram 58% de pegamento aos 90 dias após a enxertia no Mato Grosso. Tanto Ferreira et al. (2017b), quanto Baldoni et al. (2017), obtiveram variabilidade de pegamento entre diferentes matrizes, resultado que, além do fator genético das matrizes pode ter resultado da maturidade fisiológica das hastes e dos porta-enxertos.

Para a castanheira, o método de borbulhia em placa deve ser realizado em porta-enxertos previamente plantados no local definitivo (CARVALHO; NASCIMENTO, 2016; BALDONI, 2018). Desta forma, a primeira atividade a ser realizada para enxertia é a produção das mudas que serão utilizadas como porta-enxertos, as quais são produzidas via sementes. Com os porta-enxertos já em campo, é realizada a enxertia, sendo recomendado que isso ocorra quando os porta-enxertos tiverem entre 1 ano e meio a dois anos de plantadas (MÜLLER; CALZAVARA, 1989). Entretanto, em Roraima foi gasto um tempo de aproximadamente dois anos e meio de idade à partir da produção das sementes para que os porta-enxertos estivessem aptos a receber os enxertos (SILVA et al., 2019).

Em relação ao número de clones utilizados como doadores de hastes, segundo Müller et al. (1980), para garantir a produção, o cultivo da castanheira não deverá ser formado por um único clone, visto que há auto-incompatibilidade na fecundação dos óvulos. Sendo assim, quanto maior o número de clones no plantio, maiores serão as chances de cruzamento e menor a vulnerabilidade genética, uma vez que a variabilidade genética do plantio é aumentada.

Além do número de clones que, segundo recomendações do MAPA (2014), não deve ser menor que 20, os clones devem apresentar boas características de copa, floração desejável e frutos produtivos e fáceis de serem quebrados. Ao avaliar castanheiras nativas por vários anos de produção, Pedrozo et al. (2015) selecionaram 20 matrizes com elevada produção de

frutos e sementes, dentre as quais, duas apresentaram produção média acima de 350 frutos e de 44 kg de sementes.

Em estudo recente e pioneiro realizado por Carvalho e Nascimento (2016), a propagação via enxertia utilizando o método de garfagem em topo fenda cheia foi realizado com sucesso na castanheira. Neste estudo a porcentagem de pegamento variou de 72,5% a 80%, sendo que, no Pará, julho foi o mês que apresentou o melhor pegamento. De dois a três meses após a emissão da brotação do enxerto, as plantas estão aptas para serem plantadas em local definitivo. Segundo os autores, o uso desta técnica torna-se mais vantajosa, em relação à borbulhia em placa, pois permite que o processo seja realizado em viveiro.

Apesar das vantagens em relação à borbulhia, a obtenção de mudas enxertadas pela técnica da garfagem apresenta menor rendimento em relação à quantidade de material utilizado, uma vez que um garfo é capaz de produzir uma única muda, enquanto que uma haste pode ser utilizada para produzir várias plantas enxertadas pela técnica da borbulhia. Este fato ressalta ainda mais a importância de instalação de jardins clonais com abundância de material propagativo e de elevada qualidade genética.

A formação de uma população clonal pode ser realizada a partir da seleção de múltiplos clones, sendo este mais vantajoso que o plantio monoclonal, pois proporcionam maior estabilidade no plantio operacional com relação a resistência a pragas e doenças e menor estresse ambiental (funciona como se fosse uma população de sementes melhorada), além disso, atende a certificação florestal, garantindo diversidade genética para plantios futuros. Os programas de melhoramento florestal buscam a seleção dos materiais genéticos superiores garantindo a sustentabilidade dos plantios comerciais (SOUZA, 2016).

Alguns estudos com outros métodos de propagação vegetativa, como a estaquia e a propagação *in vitro* também tem sido realizado para a castanheira. No Pará o enraizamento de estacas foi avaliado por Cordeiro et al. (2016), que observaram baixas taxas de sucesso, ou seja, entre 8% e 58% de estacas enraizadas. Lopes et al. (2008) realizaram estudo semelhante no Amazonas, porém, além de baixa taxa de enraizamento, foi observada mortalidade de 100% das estacas com 2 meses de pesquisa. Outros estudos realizados por Colares et al. (2013) e Lima et al. (2015) também refletem o baixo sucesso da propagação via estaquia para a castanheira.

Em relação à propagação *in vitro*, segundo Lemos et al. (1991) é viável utilizar tecidos do ápice caulinar para micropropagação da castanheira. Em trabalho realizado por Souza, Lameira e Lemos (1997) foram verificados resultados promissores e significativos. Santos

(2007) também considera a viabilidade do método para a espécie, mas enfatiza que ainda são necessárias pesquisas mais aperfeiçoadas.

Embora existam vários relatos técnicos sobre a enxertia da castanheira, principalmente pela técnica da borbulhia em placa, poucos são os resultados de pesquisas relacionadas ao comportamento dos mesmos em diferentes condições de plantio.

2.4 Aspectos morfofisiológicos de plantas enxertadas

O sucesso dos plantios comerciais, em especial de plantas enxertadas, depende de quais são os efeitos do material propagativo no crescimento e desenvolvimento das plantas formadas (WENDLING; HOFFMANN; LIRA, 2004). Para isso, é importante que sejam realizadas avaliações de crescimento e desenvolvimento das plantas no campo (WENDLING et al., 2017).

Com as mudanças climáticas o ambiente está se tornando mais quente, seco e com chuvas mais escassas, sendo então de suma importância identificar genótipos mais resistentes às condições adversas de clima (WEBER et al., 2015). O excesso ou a falta de água que são decorrentes das condições do ambiente, pode limitar o desenvolvimento da planta em virtude de uma série de reações bioquímicas (SILVA et al., 2017). Por isso é importante entender os mecanismos fisiológicos quando são impostas mudanças no ambiente de cultivo (OLIVEIRA, 2016).

Para Homma (2018), em virtude dos imprevistos que podem surgir em ensaios preliminares de enxertia e domesticação de uma espécie, experimentos precisam ser instalados para analisar o desenvolvimento vegetativo, o comportamento dos enxertos, a floração e a frutificação.

Segundo Nacata, Bagatim e Andrade (2016), as análises de crescimento de espécies frutíferas asseguram maior conhecimento do comportamento das plantas em campo, em resposta aos fatores ambientais. Além disso, as análises de crescimento têm sido amplamente utilizadas por pesquisadores, visando compreender as diferenças no crescimento que têm origem, tanto genética, quanto de alterações ambientais (BENINCASA, 1988).

Ao avaliar características biométricas de camucamuzeiro (*Myrciaria dúbia*) enxertados, Gurgel, Nascimento e Costa (2015) fizeram as seguintes considerações: 1) Ao selecionar mudas para plantios comerciais é interessante que as plantas apresentem maior crescimento em altura e desenvolvimento do caule; 2) Características foliares como: número, largura e comprimento da folha tem relação com a fase vegetativa e o processo fotossintético e, 3) A presença de um maior número de ramos secundários pode antecipar a fase reprodutiva. Entretanto, tal característica pode originar plantas de porte menor uma vez

que, as flores e frutos são carregadores de nutrientes que competem com o caule e ramos vegetativos.

O crescimento primário de uma planta dá-se em altura e o crescimento secundário em diâmetro. Ambos sofrem forte influência da atividade fisiológica da planta, dos fatores ambientais e do tempo (IMANÃ-ENCINAS; SILVA; PINTO, 2005). Segundo os mesmos autores, o estudo dessas variáveis pode auxiliar em informações relacionadas à frutificação futura das árvores.

Visando compreender e contribuir com a cadeia produtiva de plantas enxertadas de gravioleira (*Annona muricata* L.), realizou-se um estudo na Amazônia, sobre as respostas ecofisiológicas sazonais da espécie a partir de avaliações biométricas, como: altura, número de folhas, número de brotações durante os primeiros três meses após a brotação do enxertos e também através de algumas variáveis fisiológicas (MIRANDA et al., 2002).

Recentemente Tonini, Ivanov e Fleig (2018) estudaram o efeito da precipitação na produção de sementes em castanhais nativos de Roraima. Segundo os autores, a precipitação pode explicar variações na produção de frutos. Entretanto, para compreender melhor a influência da precipitação na produção de frutos é necessária correlacioná-la a outras variáveis ambientais como, a temperatura. Tais características ambientais podem alterar o comportamento fisiológico dos vegetais (SALISBURY; ROSS, 2012), inclusive a absorção de nutrientes (LIMA et al., 2011).

A quantificação dos teores foliares dos nutrientes pode auxiliar nas recomendações de adubação e, em plantas frutíferas enxertadas, pode indicar combinações de copa/porta-enxerto incompatíveis ou ainda eficiência na absorção e assimilação de nutrientes (MAYER; UENO; SILVA, 2015).

No trabalho realizado por Ferreira et al. (2010), com cultivares de café enxertadas, os autores verificaram, através do conteúdo de nitrogênio (N) nas folhas, raiz e caule, que a enxertia não afetou a eficiência do uso deste nutriente nas diferentes cultivares testadas. Estudos como estes, segundo Bredemeier e Mundstock (2000), geram informações importantes para os programas de melhoramento genético, pois contribuem para a seleção de plantas com maior capacidade de assimilação de N. Quando são encontradas diferenças nos teores de nutrientes foliares dentro da mesma espécie, elas são provocadas por fatores genéticos (FERREIRA et al., 2010).

Os estudos sobre a castanheira-do-brasil ainda não são suficientes para explicar o crescimento e o desenvolvimento de castanheiras enxertadas sob diferentes condições de

cultivo. Essas informações apresentam grande relevância, no sucesso dos futuros plantios da espécie.

Em estudo feito por Medri e Lleras (1979), constatou-se que as folhas de castanheira possuem menor plasticidade que folhas de seringueira (*Hevea brasiliensis*). No trabalho de Souza et al. (2017), há reforço da ideia da importância deste tipo de estudo para esclarecer dúvidas que ainda existem quanto a plasticidade foliar das plantas de castanheira, de modo que possam justificar limitações da espécie em campo.

A fotodestruição das clorofilas pode ocorrer, por exemplo, quando a planta é submetida a altos níveis de luz. Neste caso, os carotenoides que são pigmentos auxiliares, além de participarem da fotossíntese, têm como função impedir que a foto-oxidação das clorofilas aconteça (SALISBURY; ROSS, 2012). A luz disponível no ambiente pode ocasionar alterações na morfologia foliar, exigindo adaptações do sistema fotossintético e pode, então, refletir sobre o seu crescimento (STREIT et al., 2005).

Diferenças no crescimento de castanheiras em razão do ambiente de cultivo foram relatadas por Müller e Calzavara (1989). As plantas de sub-bosque (enriquecimento florestal), após três anos, apresentaram altura média de 1,0 metro, enquanto que as castanheiras cultivadas a céu aberto, com apenas dois anos de enxertadas, apresentavam cerca de 2,5 m de altura e algumas já apresentavam floração. Segundo Castro Lima et al. (2005), a intensidade de luz que as plantas recebem, podem afetar a quantidade de nitrogênio e clorofila presente nas folhas interferindo na adaptação e no crescimento da planta em determinado ambiente.

As folhas que se desenvolvem sob altas taxas luminosas em relação as de baixa quantidade de luz podem apresentar características diferentes daquelas plantas desenvolvidas em ambiente sob baixa luminosidade, como: menor quantidade de clorofila por unidade de nitrogênio; maior razão clorofila *a:b*; aumento da capacidade de transporte de elétrons por unidade de clorofila e proporção ligeiramente maior da capacidade de transporte de elétrons para a atividade da Rubisco (EVANS; POORTER, 2001; SALISBURY; ROSS, 2012).

As clorofilas podem ser calculadas quanto a sua concentração utilizando métodos destrutivos ou pelo seu índice, utilizando equipamentos de medição. O método de leituras através de equipamentos tem se mostrado bastante vantajoso uma vez que é mais rápido, requer custo e mão de obra menor e pode ser repetido várias vezes sem a necessidade de destruição das folhas (NEVES et al., 2005). Sendo constatado que o medidor portátil pode ser utilizado com a mesma confiabilidade que os métodos destrutivos, plantas de castanheira poderão ter seu monitoramento mais facilmente garantido em campo.

As variáveis fotossintéticas de cinco clones de castanheira, com idade de 30 anos, cultivados na fazenda Aruanã (Itacoatiara – AM) foram estudadas por Ferreira et al. (2016). Os resultados obtidos permitiram compreender os mecanismos fisiológicos dos diferentes clones e forneceram informações para orientar a seleção de genótipos superiores para plantios em solos pobres em nutrientes na Amazônia.

Estudos visando determinar as respostas fisiológicas de castanheiras enxertadas sob condições de plantio podem explicar o crescimento vegetativo, fenológico e produtivo das plantas sob estas condições. Informações como estas são escassas para a Amazônia e inexistentes para as condições de Roraima.

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Verificar, em diferentes meses após a enxertia, o crescimento e o desenvolvimento inicial de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima.

3.2 Objetivos específicos

- Verificar, em diferentes meses após a enxertia, variáveis relacionadas ao crescimento e à qualidade da copa e do caule de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima;
- Quantificar, em diferentes meses após a enxertia, o teor de nitrogênio foliar, os índices de clorofila e a área foliar específica de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima;
- Determinar correlações entre as variáveis quantitativas de castanheiras-do-brasil enxertadas em Roraima.

4 METODOLOGIA

4.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Serra da Prata, pertencente à Embrapa Roraima e localizado no município de Mucajaí – RR. As coordenadas do local são: 02° 22' 36" Norte e 60° 59' 48,5" Oeste. Antes da instalação do experimento, na área predominava vegetação de floresta ombrófila aberta, que se encontrava coberta por vegetação secundária de aproximadamente 10 anos (OLIVEIRA et al., 2015).

O clima da região, segundo classificação de Koppen, é do tipo Aw, predominando o período seco de 4 meses/ano (BARBOSA, 1997). No local do experimento a precipitação pluvial anual média registrada situa-se na faixa de 1.840 a 2.090 mm.ano⁻¹ (MOURÃO JÚNIOR et al., 2003). No momento da implantação, o solo apresentava as seguintes características químicas: teor de matéria orgânica de 2,3 dag kg⁻¹; pH de 6,5; Al= 0,0 mmolc

dm^{-3} ; $\text{Ca} = 30 \text{ mmolc dm}^{-3}$; $\text{Mg} = 7 \text{ mmolc dm}^{-3}$; $\text{K} = 0,8 \text{ mmolc dm}^{-3}$ e $\text{P} = 4,0 \text{ mg dm}^{-3}$, sendo classificado como Latossolo Vermelho Amarelo.

4.2 Instalação do experimento

Após anos de avaliação (6 a 10 anos) da produção de frutos e castanhas em duas populações nativas de Roraima (São João da Baliza – SJB e região do ITA em Caracará – ITA), Tonini e Pedrozo (2014), Pedrozo et al. (2015) e Pedrozo et al. (2017) selecionaram 21 plantas matrizes. Desse total, 10 matrizes foram enxertadas, sendo seis utilizadas no presente estudo. Os porta-enxertos foram produzidos de sementes coletadas nas próprias matrizes selecionadas, visando aumentar a possibilidade de compatibilidade entre enxerto e porta-enxerto.

Antes do plantio dos porta-enxertos, foram realizados na área experimental os procedimentos de destoca, aração e nivelamento do solo. O plantio foi realizado em covas circulares de 40 cm de diâmetro e 40 cm de profundidade, no espaçamento de 7m x 7m. Em cada cova foi acrescentado, no plantio, 5 litros de esterco bovino e 100 g de superfosfato triplo. Decorridos duas semanas, foi realizada adubação de cobertura, sendo utilizados 50 g de ureia, 25 g de FTE e 30 g de KCl por planta. Aos 12, 24 e 36 meses após o plantio, as plantas foram novamente adubadas com 25 g de FTE e 100 g de NPK na proporção 08:28:20 por planta.

Para controlar a emergência de plantas espontâneas, bem como para cobrir e proteger o solo da área experimental, simultaneamente ao plantio das mudas foram semeadas, a lanço, sementes de estilosantes Campo Grande [*Stylosanthes capitata* (80%) e *Stylosanthes macrocephala* (20%)]. A leguminosa favorece ainda a fixação biológica de nitrogênio (ANDRADE; ASSIS; SALES, 2010) podendo assim melhorar a disponibilidade deste nutriente para as plantas.

Outras atividades de manutenção consistiram de: adição de matéria seca ao redor das plantas nos períodos secos de 2014 e de 2015; roçagem dos estilosantes de uma a duas vezes por ano; quebra das plantas espontâneas na área de projeção da copa das plantas. Durante os períodos de estiagem intensa dos anos de 2014, 2015 e 2017 foi realizada irrigação semanal das plantas, com uso de caminhão pipa.

Em novembro/dezembro de 2016, após aproximadamente 30 meses do plantio dos porta-enxertos no campo, foram coletadas, nas populações nativas, hastes contendo gemas das matrizes selecionadas para o processo de enxertia. As hastes foram coletadas, identificadas, embaladas em papel jornal umedecido e armazenadas em caixa de isopor por no máximo três dias. As enxertias foram realizadas utilizando o método de borbulha do tipo janela aberta ou

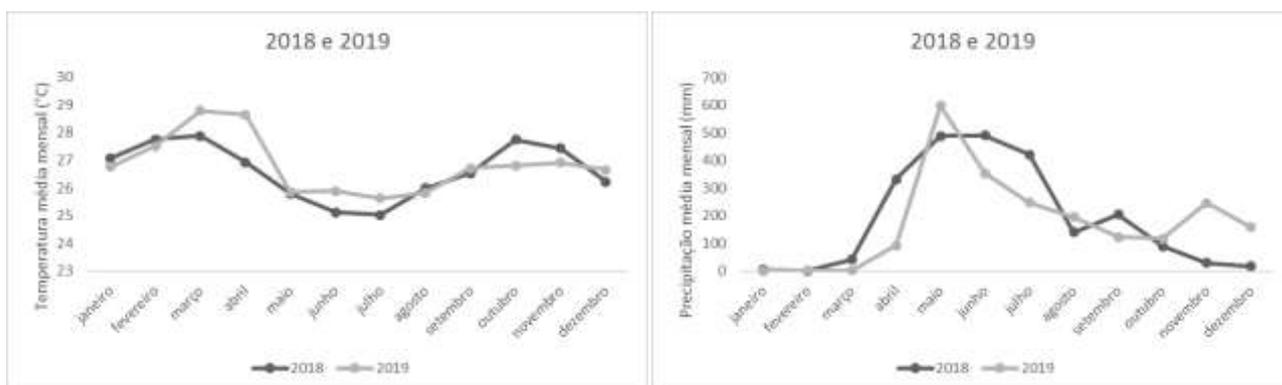
placa, conforme descrito por Müller et al. (1995) e adaptado por Corvera-Gomringer et al. (2010).

O experimento foi instalado no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, sendo os tratamentos arranjados em esquema de parcela subdividida no tempo. As parcelas retratam seis clones (SJB-136; ITA-P0104; ITA-P0128; ITA-P0242; SJB-119 e ITA-P02108) e as subparcelas os meses após a enxertia (19; 25; 31 e 37 meses). Cada parcela experimental foi constituída por uma planta enxertada.

Nos meses mencionados realizou-se avaliações do crescimento e dos índices de clorofila dos enxertos. As avaliações foram todas realizadas no período da manhã, entre os horários de 07:30h e 11:30h. Durante a execução do experimento, foram coletados, na área experimental, dados de temperatura média mensal (°C) (Figura 1) e precipitação média mensal (mm) (Figura 2), usando para isso uma estação climática da marca Hobbo.

Figura 1 – Temperatura média mensal (°C) no Campo experimental Serra da Prata nos anos de 2018 e 2019.

Figura 2 - Precipitação média mensal (mm) no Campo experimental Serra da Prata nos de 2018 e 2019.



4.3 Avaliações

Foram realizadas medições da circunferência da brotação principal a 10 cm da base do broto (cm), utilizando fita métrica. Posteriormente, os valores de circunferência foram utilizados para determinar o diâmetro da brotação principal (DBP; cm). O local de medição foi marcado com tinta vermelha a fim de padronizar a região de acompanhamento do crescimento das plantas ao longo do tempo. Foi avaliado, ainda, o comprimento da brotação principal (CBP) (m), sendo medido com auxílio de trena.

Avaliações referentes à arquitetura das plantas, como: número de ramificações secundárias (NRS), número de ramificações terciárias (NRT), tipo de copa (DAWKINS, 1963; Figura 3) e tipo de tronco (Figura 4), também foram realizadas. As análises do tronco e

da copa foram realizadas de forma visual e somente aos 37 meses após a enxertia, quando as plantas apresentavam crescimento suficiente para isso.

Figura 3 - Classificação da forma da copa, segundo metodologia proposta por Dawkins (1963).

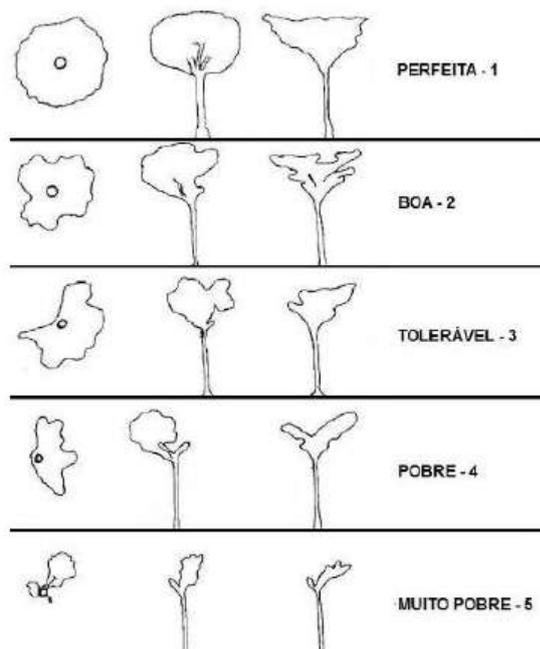
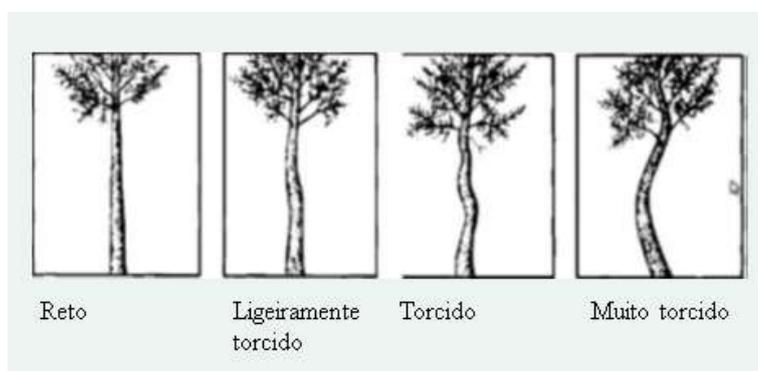


Figura 4 - Classificação da forma do tronco.



Nos meses mencionados anteriormente, amostras foliares das plantas enxertadas foram coletadas em campo. As análises fisiológicas foram realizadas em cinco clones (ITA-P2108; ITA-P0242; ITA-P0104; ITA-P0128 e SJB-136), já que perda de amostras em laboratório impossibilitaram as avaliações do clone SJB-119.

A área foliar específica (AFE) foi determinada pela razão área foliar/massa foliar. Para isso, foram coletados, em cada repetição, seis discos foliares de área conhecida. Em seguida os discos foram secos em estufa a 65 °C até a obtenção de massa constante, sendo posteriormente pesados em balança eletrônica de precisão Modelo FA-2104N da BIOPRECISA.

A determinação do teor de nitrogênio foi realizada com as folhas onde foram feitas as leituras com o clorofilômetro. Sendo realizada através da digestão sulfúrica, seguida do método Kjeldahl. As amostras foliares foram inicialmente secas em estufa 65 °C até atingirem peso constante, moídas, pesadas, digeridas em ácido sulfúrico (H₂SO₄ + mistura catalisadora), destiladas e complexadas em ácido bórico com indicador misto. Ao final, realizou-se a titulação com solução padronizada 0,01mol de H₂SO₄ (EMBRAPA, 2008).

4.4 Análises estatísticas

De posse dos dados quantitativos, os mesmos foram submetidos ao teste de normalidade de Lilliefors e, posteriormente, realizada análise de variância. Em caso de significância ($p \leq 0,05$), as médias dos clones foram comparados pelo teste de Tukey e, para os meses e interação clones x meses foi realizada a análise de regressão. Os coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis foram estimados e testados ao nível de 5% de probabilidade. Foram utilizados os programas estatísticos Genes (CRUZ, 2006) para realização do teste de normalidade, estimação de parcelas perdidas e teste de correlação e do Programa Sisvar (FERREIRA, 2011) para realização da análise de variância e de regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis comprimento da brotação principal (CBP) e diâmetro da brotação principal (DBP) avaliadas nos clones de castanheira-do-brasil, obtidos via enxertia, apresentaram distribuição normal dos dados, não sendo necessária transformação estatística. O resumo da análise de variância para essas variáveis de crescimento é apresentado na Tabela 1, podendo-se por ela observar que houve significância ($p \leq 0,05$) apenas para os fatores clone (variável DBP) e meses após a enxertia (variáveis CBP e DBP). A interação entre clones x meses não foi significativa para nenhuma das variáveis avaliadas, indicando que estes fatores se comportam de forma independente. Em relação ao fator clone, Oliveira et al. (2019), não observaram diferenças significativas quanto ao crescimento de enxertos de diferentes clones de castanheiras no Mato Grosso.

Os coeficientes de variação (CVs) variaram de baixos a moderados, sendo mais elevados para o fator clone (34,49% e 37,37% para CBP e DBP, respectivamente). Esses valores são inferiores aos obtidos por Ferreira (2019), ao avaliar os mesmos clones, entre 8 e 19 meses após a enxertia.

Tabela 1 - Resumo da análise de variância para as variáveis comprimento da brotação principal (CBP) e diâmetro da brotação principal (DBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.

FV	GL	Quadrado Médio (QM)	
		CBP (m)	DBP (cm)
Repetição	3	0,401 ^{ns}	11,595 ^{ns}
Clone (C)	5	1,605 ^{ns}	14,823*
Erro 1	15	0,686	3,789
Meses (M)	3	12,535*	58,468*
Erro 2	9	0,215	0,313
C x M	15	0,106 ^{ns}	0,072 ^{ns}
Erro 3	45	0,065	0,042
CV1%		34,49	37,37
CV2%		19,34	10,75
CV3%		10,67	3,95
Média geral		2,40	5,20

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

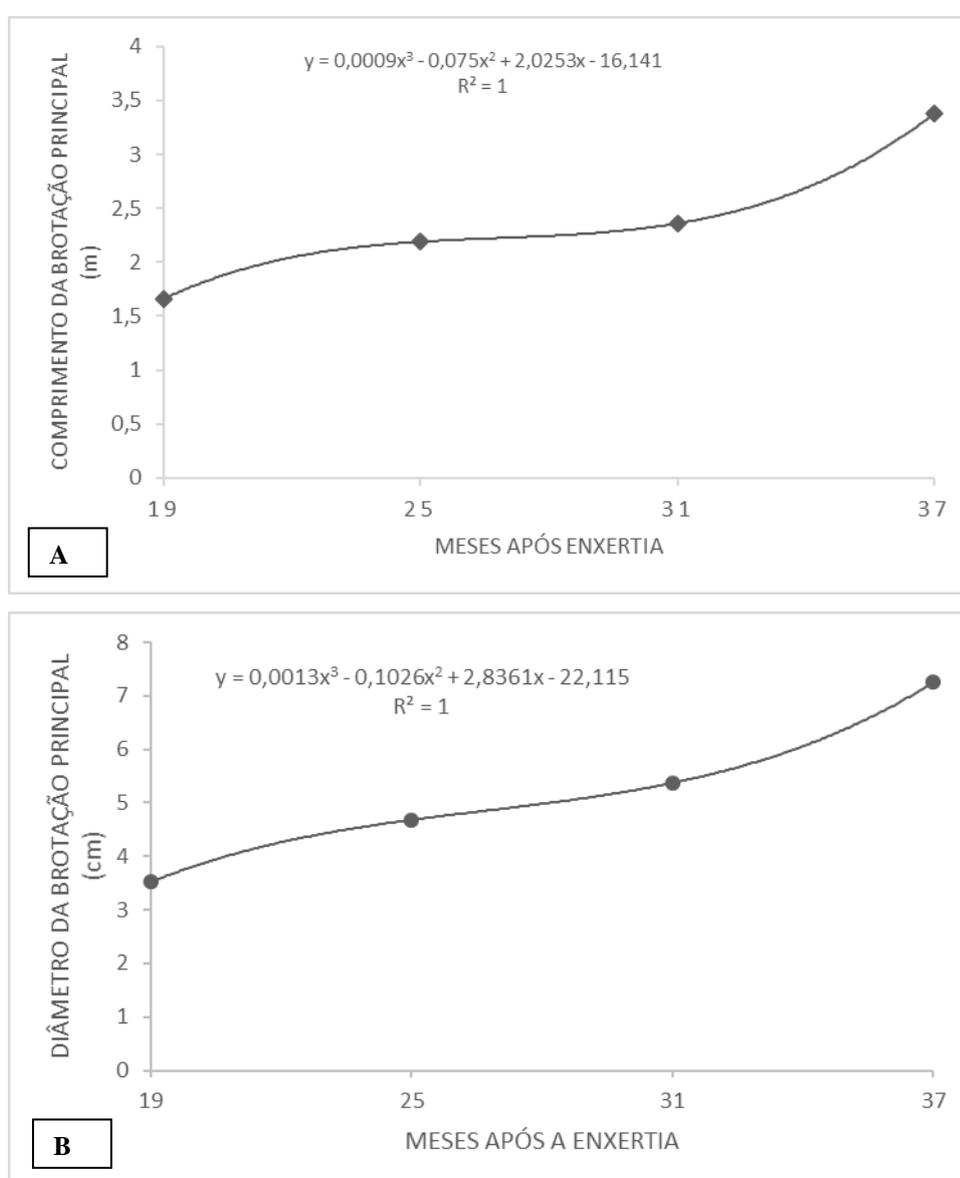
Para validar novas tecnologia de propagação, um dos passos mais importantes é a avaliação do crescimento e desenvolvimento das mudas no campo (WENDLING et al., 2017). Além disso, estes estudos permitem, ainda, avaliar se existe correlação das variáveis vegetativas com parâmetros de produção, a fim de possibilitar a identificação de clones mais produtivos e adaptados à região em estudo.

Mensurar o desenvolvimento das plantas a partir do estudo de seu crescimento contribui de maneira indireta para inferir sobre o seu comportamento fisiológico, e permite, ainda, encontrar possíveis causas de variações de crescimento entre plantas geneticamente diferentes ou entre plantas semelhantes que estão crescendo em ambientes diferentes (SALISBURY; ROSS, 2012).

As médias das variáveis CBP e DBP podem ser observadas na Figura 5 (A e B). Aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, as médias do CBP foram 1,66; 2,19; 2,36 e 3,38 m e as do DBP foram 3,52; 4,68; 5,37 e 7,25 cm, respectivamente. O modelo de regressão que permitiu o melhor ajuste e explicação dos dados de CBP e DBP foi o polinomial de grau três, com elevados valores de coeficientes de determinação (R^2). Foi observado por Ferreira et al. (2018), que o crescimento de porta-enxertos obtidos de diferentes matrizes de castanheira, provenientes do Amapá e cultivados em Roraima, aumentou ao longo dos meses de avaliação,

tendo todos os clones igual comportamento nos diferentes tempos. Esse aumento do crescimento ao longo dos meses pode ser visto como indicativo do desenvolvimento das plantas. Outro estudo realizado por Scoles, Gribel e Klein (2011), que avaliaram o crescimento, em altura, de diferentes progênies de castanheira-do-brasil, no Pará, constatou que o crescimento das plantas também sofreu influência do tempo de avaliação.

Figura 5 – Comprimento da brotação principal (Figura 5-A) e diâmetro da brotação principal (Figura 5-B) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.



As médias de CBP e DBP aos 37 meses após a enxertia foram de 3,38 m e 7,25 cm, respectivamente, indicando que as plantas apresentaram bom desenvolvimento inicial no

campo. Para Cardoso et al. (2019), plantas de mangabeira (*Hancornia speciosa* Gomes) que apresentam bons acréscimos em altura e diâmetro desde a fase de viveiro e mantém um bom desempenho em campo podem, posteriormente, apresentar uma correlação positiva com a produtividade e servir de base para auxiliar na seleção direta ou indireta de genótipos promissores.

Na Tabela 2 é apresentado o resumo da análise de variância para os incrementos das variáveis de crescimento CBP e DBP. Os dados de incremento do crescimento da brotação principal (ICBP) não seguiram distribuição normal e foram transformados pela equação (\sqrt{x}). Observa-se que houve significância ($p \leq 0,05$) para o ICBP e para incremento do diâmetro da brotação principal (IDBP) apenas para o fator meses. Para ambas as variáveis analisadas a interação entre clones x meses não foi significativa.

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para os incrementos do comprimento da brotação principal (ICBP) e diâmetro da brotação principal (IDBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.

FV	GL	Quadrado Médio (QM)	
		ICBP (m)	IDBP (cm)
Repetição	3	0,125 *	0,564 *
Clone (C)	5	0,048 ^{ns}	0,085 ^{ns}
Erro 1	15	0,025	0,061
Meses (M)	2	2,065*	8,613*
Erro 2	6	0,082	0,096
C x M	10	0,066 ^{ns}	0,074 ^{ns}
Erro 3	30	0,064	0,046
CV1%		23,41	19,95
CV2%		42,30	25,06
CV3%		37,24	17,46
Média geral		0,67	1,24

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

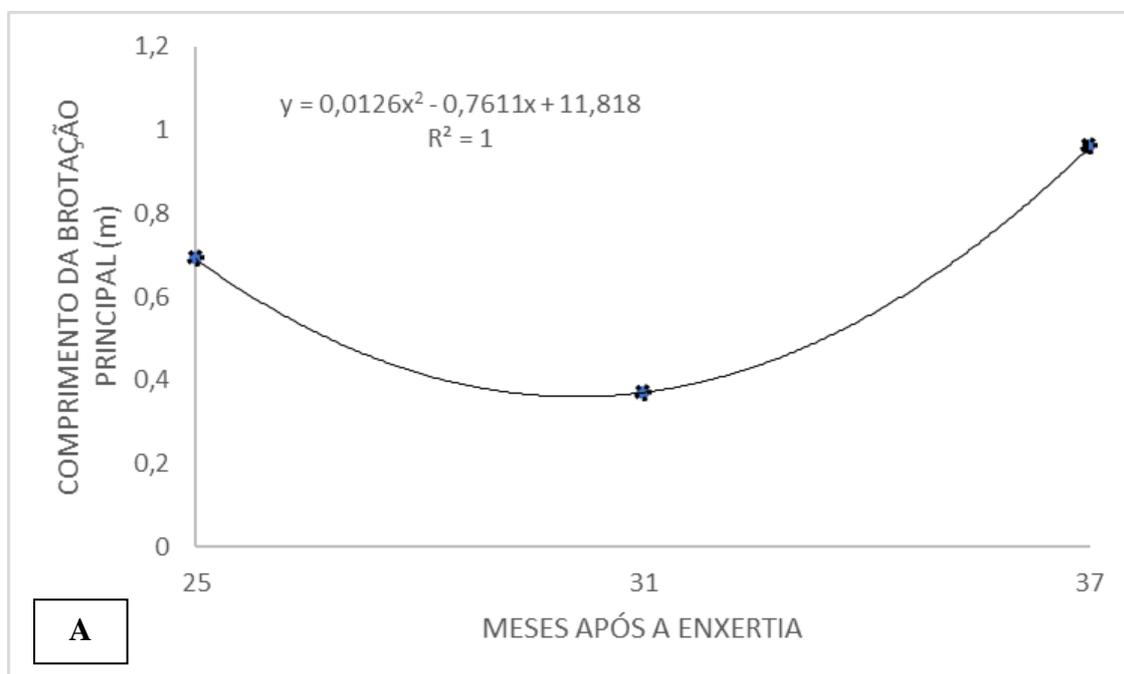
As médias do ICBP aos 25, 31 e 37 meses após a enxertia foram 0,69; 0,37 e 0,96 m e, do IDBP 1,15; 0,69 e 1,88 cm, respectivamente, conforme pode ser observado na Figura 6 (A e B). Esses valores são similares aos obtidos por Salomão et al. (2014), Wandelli, Fernandes e Lima (2016) e Ferreira e Tonini (2009) em castanheiras não enxertadas.

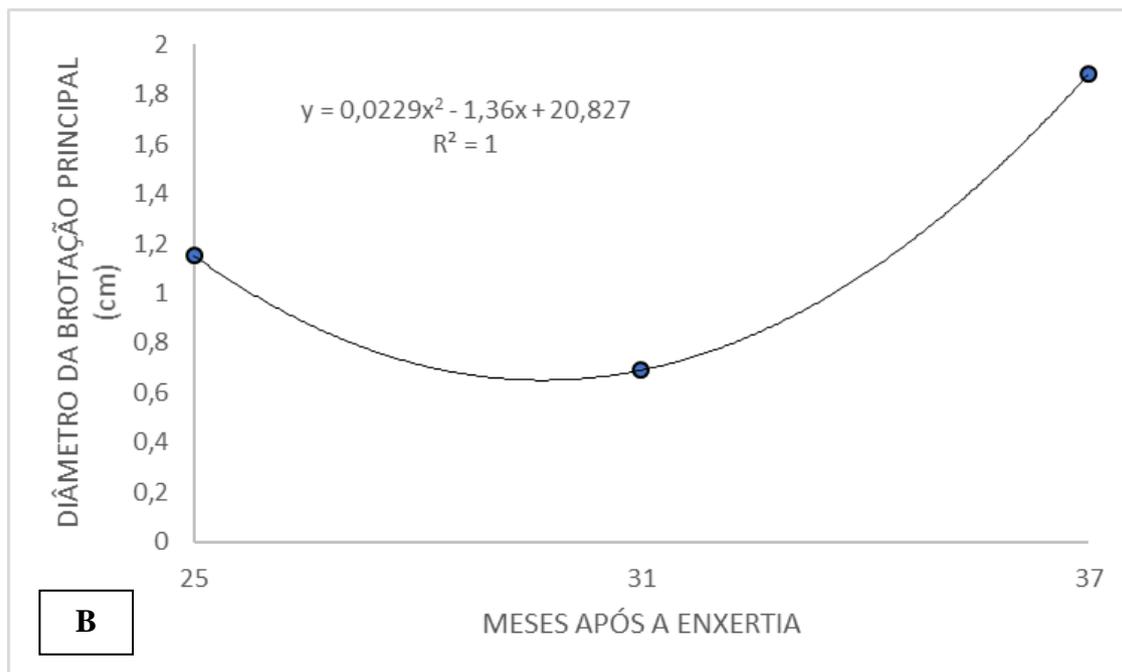
Para o incremento das duas variáveis avaliadas, o modelo de regressão quadrática foi o que se melhor ajustou aos dados, com um valor de R^2 elevado (Figura 6A e B). É possível

observar que, tanto para ICBP como para IDBP, os menores valores em incremento são observados aos 31 meses de avaliação após a enxertia (0,37 m e 0,69 cm, respectivamente).

As mudanças sazonais podem modificar o comportamento fisiológico dos vegetais, uma vez que 90% da produção biológica das plantas ocorre em resposta a atividade fotossintética (FLOSS, 2004; AMARAL et al., 2006). Como pode ser observado, o incremento em altura e diâmetro aos 31 meses após a enxertia, que corresponde ao período compreendido entre janeiro e julho de 2019, foi reduzido. Esse comportamento não era esperado, uma vez que este período foi caracterizado por elevada precipitação no local considerado (Figura 1). Em pesquisa realizada por Honório et al. (2019), por exemplo, foi observado que o desenvolvimento das plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.) é retardado em períodos de baixa precipitação. No entanto, os maiores valores observados aos 37 meses após a enxertia podem ser explicados pela boa disponibilidade e distribuição de chuvas obtidas no ano de 2019, bem como pela calagem realizada na área experimental entre o período de 31 e 37 meses.

Figura 6 - Incrementos do comprimento da brotação principal (ICBP) e do diâmetro da brotação principal (IDBP), de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados, em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia.





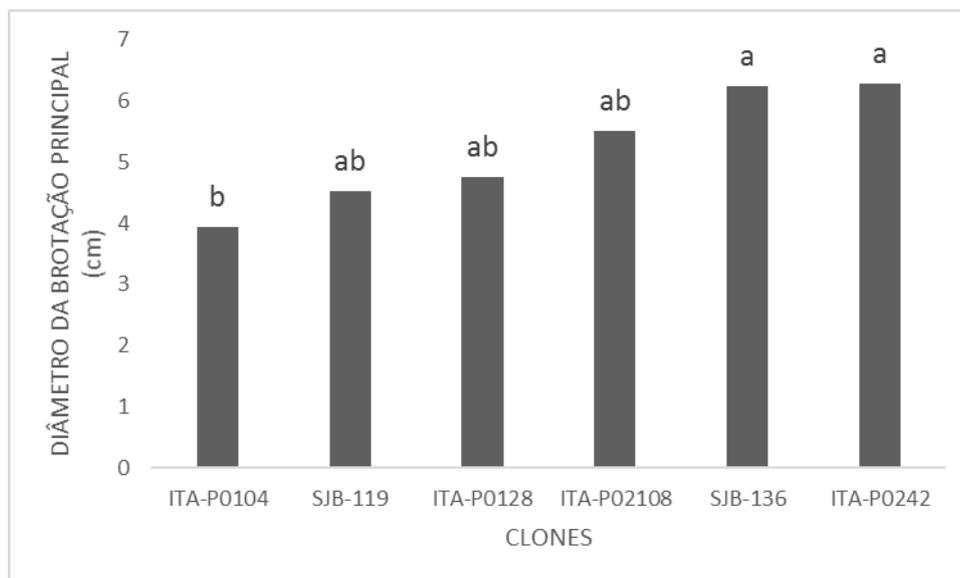
Ao monitorar 416 castanheiras nativas por um período de 10 anos, Salomão et al. (2014) observaram que foi praticamente constante o incremento médio anual do diâmetro à altura do peito (DAP) em todos os períodos monitorados ($0,96 \text{ cm.ano}^{-1}$). Outro estudo realizado por Wandelli, Fernandes e Lima (2016) mostrou que castanheiras de 22 anos de idade, crescendo em sistemas agroflorestais, apresentaram média de incremento anual em DAP de 2,5 cm. Em outro estudo, Ferreira e Tonini (2009) observaram que castanheiras crescendo em área cultivo em Roraima, tiveram incrementos médios anuais acima de 2,0 cm em DAP e, ainda, incremento de altura de 1,4 m. Segundo Salomão et al. (2006), a castanheira apresenta-se como a espécie de maior diâmetro entre todas as demais da floresta amazônica.

A castanheira tem alta dependência por luminosidade para se desenvolver, tal característica faz com que nos anos iniciais ela priorize o crescimento em altura para que assim possa chegar ao dossel da floresta no menor espaço de tempo e, tendo atingido o dossel, a árvore garantirá um suprimento de luz suficiente para, a partir daí, incrementar o crescimento em diâmetro (Salomão, 1991). No presente estudo observa-se que houve incrementos com padrões similares quando se compara altura e diâmetro, como demonstrado na Figura 6 (A e B), o que pode estar atribuído ao fato das plantas serem cultivadas e não competirem por luz no espaço onde estão se desenvolvendo.

Na Figura 7 são observadas as médias dos clones para a variável DBP. Nota-se que ITA-P0104 apresentou a menor média de crescimento em diâmetro (3,93 cm), os clones SJB-

119, ITA-P0128 e ITA-P02108 apresentaram médias intermediárias (4,52, 4,75 e 5,51cm, respectivamente) e os clones SJB-136 e ITA-P0242 apresentaram as maiores médias (6,24 e 6,28 cm, respectivamente). Resultados similares foram encontrados por Ferreira (2019), onde menores crescimento em diâmetro foram registrados para os clones ITA-P0104, ITA-P0128 e SJB-119, enquanto o clone SJB-136 e ITA-P0242 destacaram-se com maiores médias.

Figura 7 – Diâmetro da brotação principal (cm) de seis clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e cultivados em campo, em Roraima.



Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

A variação encontrada para DBP entre os clones, indica presença de variabilidade genética para esta variável, o que é importante no melhoramento de plantas. Além do genótipo dos clones, o genótipo dos porta-enxertos também pode ter interferido no diâmetro dos enxertos dos diferentes clones de castanheira. Diferenças quanto ao DBP entre clones também foram obtidas para o taperebazeiro (*Spondias mombin* L), por diferentes autores (ALVES et al., 2017; CHAVES et al., 2018). Conforme Aguiar, Brancalião e Rossi (2012), essa variabilidade genética entre clones para variáveis como altura e diâmetro, pode permitir que o melhorista interfira sobre a perspectiva de sucesso nos ganhos seletivos para os sucessivos ciclos de seleção.

Segundo Santos et al. (2017), diferenças no crescimento em diâmetro de diferentes clones podem estar relacionadas ao uso de diferentes porta-enxertos, sendo que, alguns podem se destacar melhor do que outros. Constatação desta natureza também foi observada por Martins et al. (2000), em clones de seringueira (*Hevea brasiliensis*).

Os dados das variáveis número de ramos secundários (NRS) e número de ramos terciários (NRT) não apresentaram distribuição normal e foram transformados pela equação

$\sqrt[3]{x + 0,5}$. Na Tabela 3 é apresentado o resumo da análise de variância para essas variáveis. Houve efeito significativo ($p \leq 0,05$) dos meses e da interação clone x meses para ambas as variáveis. Os coeficientes de variação encontrados variaram de baixos a elevados, indo de 6,67% para a interação na variável NRS a 42,32% para o fator clone na variável NRT. Efeito da interação clone x meses também foi observado por Silva et al. (2019), ao avaliar o clone de castanheira ITA-P02108 na mesma área experimental, durante 12 meses. Os autores constataram que, com o decorrer dos meses após a enxertia, houve um aumento no número de ramificações, sendo este crescimento inicial um bom indicativo da adaptação das plantas às condições de cultivo.

Tabela 3 - Resumo da análise de variância para as variáveis número de ramos secundários (NRS) e números de ramos terciários (NRT) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.

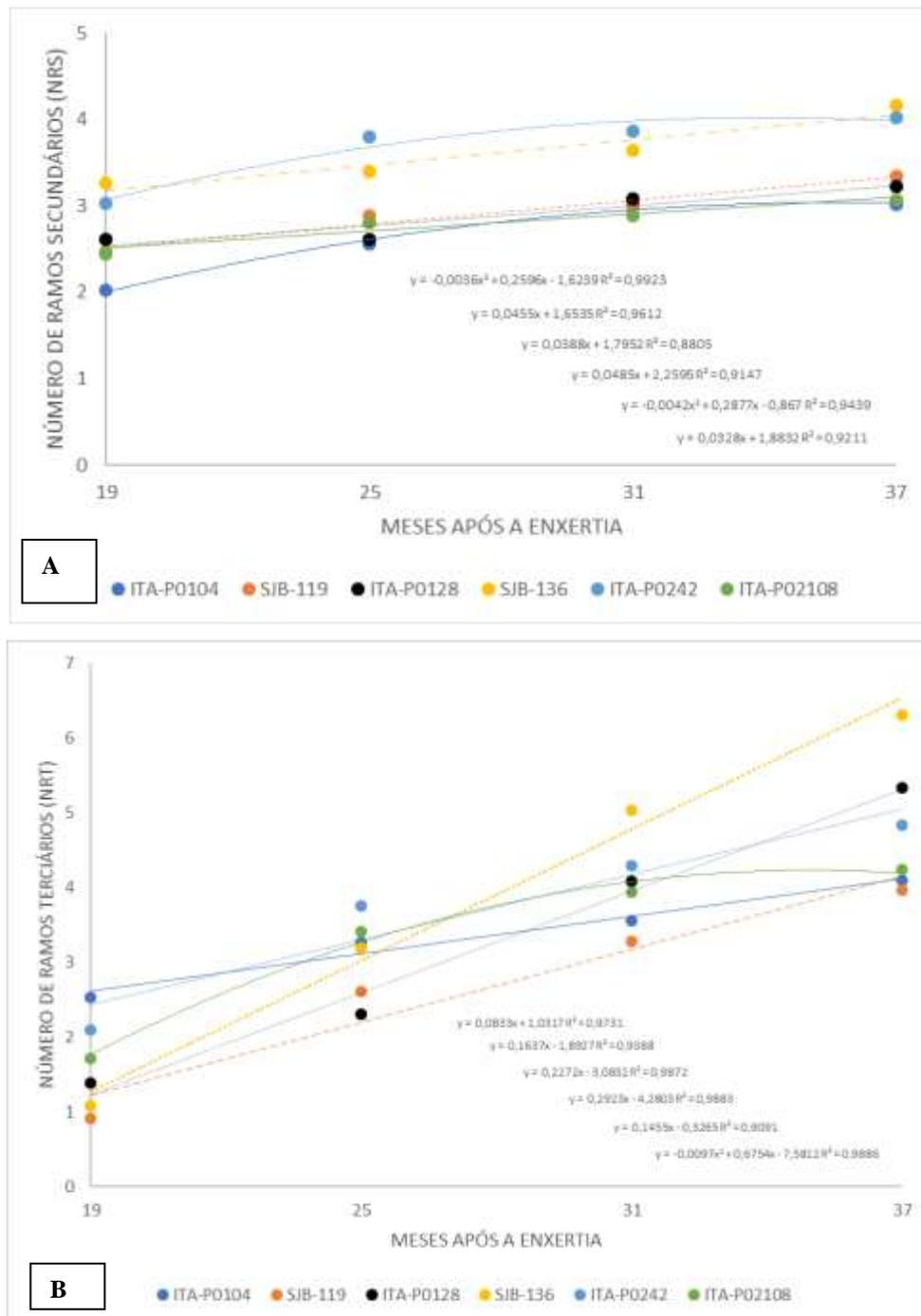
FV	GL	Quadrado Médio (QM)	
		NRS	NRT
Repetição	3	7,506*	5,621 ^{ns}
Clone (C)	5	3,107 ^{ns}	2,868 ^{ns}
Erro 1	15	1,080	2,057
Meses (M)	3	3,051*	44,82*
Erro 2	9	0,224	1,195
C x M	15	0,090*	1,525*
Erro 3	45	0,042	0,383
CV1%		33,56	42,32
CV2%		15,28	32,26
CV3%		6,67	18,27
Média geral		3,09 (9,59)	3,38 (13,77)

* e ns: Significativo e não significativo, respectivamente, pelo teste F a 5% de probabilidade. Dados entre parênteses representam médias dos dados não transformados.

Na Figura 8 são mostradas as médias da interação clones x meses para o NRS (Figura 8-A) e NRT (Figura 8-B). As médias do NRS e do NRT dos clones aumentaram ao longo dos meses de avaliação, resultado que indica que as plantas investiram no desenvolvimento de suas copas. O modelo de tendência de crescimento do NRS foi linear para ITA-P0128 ($R^2 = 0,8805$); ITA-P02108 ($R^2 = 0,9211$); SJB-136 ($R^2 = 0,9147$) e SJB-119 ($R^2 = 0,9612$) e, quadrático para ITA-P0242 ($R^2 = 0,9439$) e ITA-P0104 ($R^2 = 0,9923$). Para o NRT, a exceção do clone ITA-P02108 ($R^2 = 0,9885$), que apresentou modelo de tendência de crescimento

quadrático, todos os demais clones apresentaram crescimento linear: ITA-P0128 ($R^2=0,9872$); ITA-P0104 ($R^2 = 0,9731$); SJB-136 ($R^2 = 0,9883$); SJB-119 ($R^2 = 0,9388$) e ITA-P0242 ($R^2 = 0,9091$). A redução no número de NRT e NRS de alguns clones ocorreu devido à morte de ramos.

Figura 8 – Médias do número de ramos secundários (NRS) (Figura 8-A) e número de ramos terciários (NRT) (Figura 8-B) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.



O aumento no número de ramos é uma característica que influencia no potencial produtivo, uma vez que representa maior superfície fotossintetizante e, também, potencialmente produtiva, por meio do número de locais para surgimento de gemas reprodutivas (MAUAD et al., 2010).

Em relação ao NRS dos clones avaliados, de forma geral, ITA-P0242 e SJB-136 apresentaram maiores médias de ramos em todos os meses avaliados, enquanto ITA-P0104 apresentou as menores médias. Os outros três clones apresentaram comportamento intermediário quando comparados aos demais. Quanto ao NRT, os clones ITA-P0128 e SJB-136 foram os que apresentaram maiores médias aos 37 meses após a enxertia, enquanto que, em todos os meses avaliados o clone SJB-119 foi o que teve as menores médias. Os demais clones apresentaram comportamento intermediário quando comparado a esses três.

Os resultados obtidos para SJB-136, tanto para NRS quanto para NRT, mostram que esse genótipo apresentou maior capacidade de emissão de novas brotações do que os demais genótipos, o que está de acordo com o maior DBP observado para este clone. A capacidade de emitir brotações pode ser determinante para a produção de frutos (TREZZI et al., 2009). Entretanto, para ser levado em consideração no melhoramento genético, o número de ramos precisa ser positiva e significativamente correlacionado com a produção.

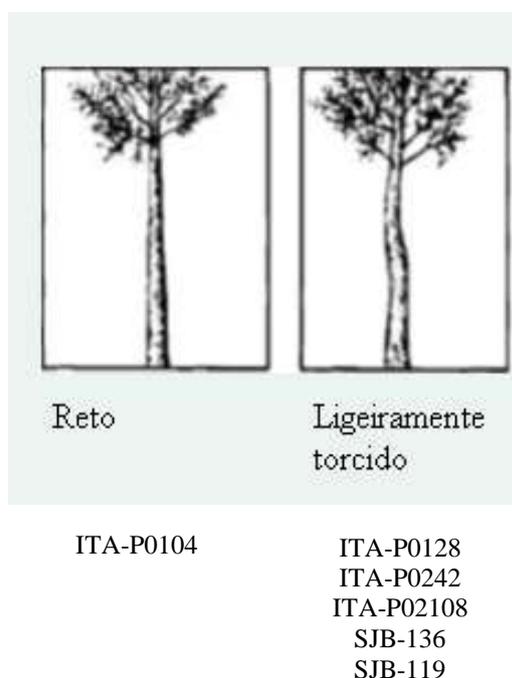
Em estudo realizado anteriormente, com os mesmos clones, Ferreira (2019) constatou que ITA-P0128, ITA-P02108 e SJB-136 foram os clones com maior número de brotações laterais até os 15 meses após a enxertia. Entretanto, após esse período, ITA-P0104 foi o clone que apresentou o maior número de brotações laterais. Este resultado demonstra que, ao longo do tempo, os clones apresentam comportamentos distintos quanto à emissão de ramos.

As médias de incremento do número de ramos secundários (INRS) para os 25, 31 e 37 meses após a enxertia foram 2,20; 1,25 e 2,04 ramos e do incremento no número de ramos terciários (INRT) foram de 6,59; 6,08 e 9,01 ramos respectivamente, sendo que estes valores correspondem aos dados brutos (não transformados). Entretanto, os dados não apresentaram distribuição normal e não se ajustaram a nenhuma das transformações estatísticas testadas, não se procedendo, assim, à análise de variância.

Dentro do processo de melhoramento de algumas espécies arbóreas, a exemplo da seringueira, as plantas podem ser selecionadas quanto ao tipo de tronco (GONÇALVES, 2013). Em mais de 80% de plantas de castanheira-do-brasil crescendo em sistema agrosilvicultural em Roraima, Ferreira e Tonini (2009) observaram a presença de tronco reto e sem defeitos. Para fins de produção de madeira, está é uma característica de grande interesse. Em plantas frutíferas está característica também deve ser observada uma vez que é o tronco

que sustenta o crescimento da planta e dele partem os ramos produtores de frutos (SCARPARE FILHO; MEDINA; SILVA, 2011). Em relação à análise visual da forma do tronco no presente estudo, com exceção de apenas uma planta do clone ITA-P0104, a qual apresentou tronco reto, todas as demais plantas dos seis clones avaliados apresentaram tronco ligeiramente torcido (Figura 9). Segundo Ribeiro et al. (2005), essa característica de tronco ligeiramente torcido para plantas enxertadas ocorre porque os tecidos não se unem de forma perfeita, deixando aparente uma linha divisória que é resultado da união porta-enxerto e enxerto.

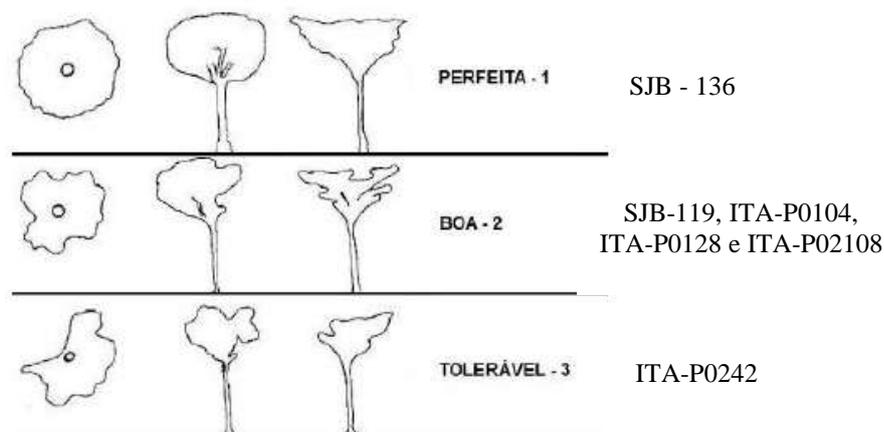
Figura 9 - Classificação da forma do tronco de clones de castanheira-do-brasil aos 37 meses após a enxertia.



É comercialmente interessante que a copa tenha um crescimento satisfatório, uma vez que é a responsável por sustentar os frutos e assim permitir que o produtor tenha o retorno econômico através de boas produtividades (RAMOS et al., 2010). As plantas dos clones SJB-119, ITA-P0104, ITA-P0128 e ITA-P02108 apresentaram, predominantemente, copa classificada como boa. Para o clone ITA-P0242 houve predominância de copa do tipo tolerável e para SJB-136 predominância de copa do tipo perfeita (Figura 10).

Com exceção do clone ITA-P0242, os resultados indicam que a seleção dos clones para produção de castanhas nas populações nativas pode ter favorecido a seleção indireta para tipo de copa e de tronco. Segundo Tonini, Costa e Kaminski (2008), foi observada a presença de castanheiras com copa boa ou regular (acima de 90%) em área nativa em Roraima, sendo possível, ainda, observar que os indivíduos que apresentavam mal formação da copa, também apresentaram menores DAPs.

Figura 10 - Classificação da forma da copa de clones de castanheira aos 37 meses após a enxertia, segundo metodologia proposta por Dawkins (1963).



Gonçalves et al. (2010) constataram na Amazônia, que indivíduos arbóreos que crescem em ambientes sombreados tem uma copa pobre, por falta de luminosidade, o que provavelmente não ocorre com a castanheira, que é uma espécie que atinge o estado superior da floresta. No entanto, em algumas espécies arbóreas, a arquitetura da árvore é tão influenciada pelos fatores genéticos que embora se desenvolvam de forma isolada ou em povoamento, elas apresentam a mesma forma da copa e do tronco (AGUIAR, 2014).

Os dados da variável área foliar específica (AFE) não se ajustaram a nenhum dos modelos de transformação testados e, portanto, não se procedeu a análise de variância. Os dados do índice da razão clorofila *a/b* (IChla/*b*) não apresentou distribuição normal e foi transformado pela equação $\log_{10}(x)$. Na Tabela 4 é apresentado o resumo da análise de variância das variáveis teor de nitrogênio (teor de N) em g kg^{-1} , índice de clorofila *a* (IChla), clorofila *b* (IChlb), clorofila *a+b* (IChlab) e razão clorofila *a/b* (IChla/*b*). Não foram observadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$) para clones e nem para a interação clone x meses em nenhuma das variáveis analisadas. Observaram-se diferenças significativas para meses de avaliação apenas para teor de N, IChla, IChlb e IChlab. Os coeficientes de variação mais elevados foram encontrados para as variáveis IChlb e IChla/*b* (entre 18,78 e 31,46%), sendo baixos para as demais situações.

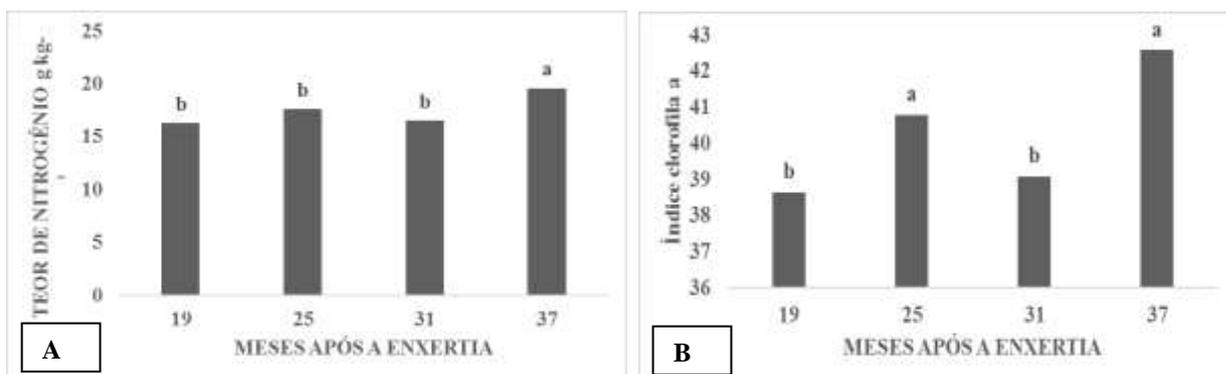
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para as variáveis teor de nitrogênio (Teor de N; g.kg⁻¹), índice de clorofila *a* (IChla), clorofila *b* (IChlb), clorofila *a+b* (IChlab) e razão clorofila *a/b* (IChla/*b*) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.

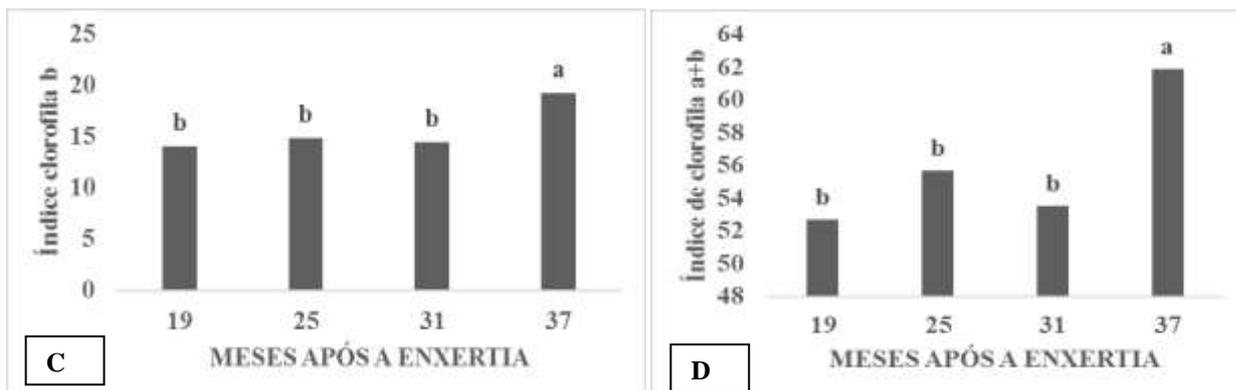
FV	GL	Quadrado Médio (QM)				
		Teor de N (--g.kg ⁻¹ -)	IChla	IChlb	IChlab	IChla/ <i>b</i>
Repetição	3	4,9819 ^{ns}	3,8415 ^{ns}	10,7474 ^{ns}	14,2883 ^{ns}	0,0055 ^{ns}
Clone (C)	4	5,1041 ^{ns}	23,6496 ^{ns}	23,4191 ^{ns}	90,9014 ^{ns}	0,0152 ^{ns}
Erro 1	12	5,2295	9,6297	14,2465	45,8417	0,0072
Meses (M)	3	45,2985*	64,8781*	119,4274*	345,8950*	0,0477 ^{ns}
Erro 2	9	4,5144	7,0445	24,3284	48,9211	0,0159
C x M	12	5,3192 ^{ns}	5,3238 ^{ns}	11,1811 ^{ns}	27,2155 ^{ns}	0,0056 ^{ns}
Erro 3	36	2,8209	3,5021	10,7143	21,7205	0,0062
CV1%		13,04	7,71	24,08	12,10	20,20
CV2%		12,11	6,59	31,46	12,50	29,96
CV3%		9,58	4,65	20,88	8,33	18,78
Média geral		17,53	40,27	15,67	55,96	0,42 (2,71)

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

Na Figura 12 (A, B, C e D) são apresentadas as médias do teor de N (g.kg⁻¹) e índices de IChl *a*, IChl *b* e IChlab nos diferentes meses de avaliação. Com exceção do índice de clorofila *a*, onde as maiores médias foram encontradas aos 25 e aos 37 meses após a enxertia, para as demais variáveis, as maiores médias foram observadas aos 37 meses.

Figura 12 – Teor foliar de N (g kg⁻¹) (A); índice de clorofila *a* (B); índice de clorofila *b* (C) e índice de clorofila *a+b* (D) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.





Médias seguidas por letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

As maiores médias obtidas aos 37 meses para todas as variáveis podem ser explicadas pelo bom regime e distribuição de chuvas no ano de 2019, associado à correção da acidez do solo na área experimental, realizada por meio de calagem entre o penúltimo (31 meses) e o último mês de avaliação (37 meses). Com isso os nutrientes contidos no solo tornaram-se disponíveis para serem absorvidos pelas raízes das plantas. Maiores incrementos em altura e diâmetro da brotação do enxerto também foram observados aos 37 meses após a enxertia (Figura 6A e B).

Em relação à disponibilidade hídrica, em castanheiras já foi verificado que a baixa disponibilidade faz decair a taxa de fotossíntese, condutância estomática e transpiração. Em contrapartida, há um aumento da concentração interna de CO_2 (PALHETA et al., 2017). Plantas com esta capacidade podem aumentar sua biomassa (MARABESI, 2007).

Em trabalho realizado por Schroth, Mota e Elias (2015) foi verificado maior crescimento e teor de nutrientes nas folhas de castanheira quando se realizou a correção do solo com calcário e adicionou doses de fertilizantes. Segundo informado por Costa, Tonini e Mendes Filho (2017), a castanheira-do-brasil apresenta uma alta demanda por cálcio, evidenciando a importância de trados culturais que visam repor este nutriente para as plantas. Ainda, segundo os mesmos autores, em espécies arbóreas, a presença do cálcio na estrutura da parede celular contribui para o adequado funcionamento de inúmeros processos fisiológicos. Salienta-se que na natureza os fatores ambientais não exercem suas influências isoladamente, mas em interação uns com outros (LARCHER, 2004).

Quanto ao teor de N, aos 37 meses foi encontrado maior teor em relação aos outros meses de avaliação. O teor de N encontrado aos 19, 25, 31 e 37 meses após as enxertias foram, respectivamente: 16,28; 17,66; 16,58 e 19,64 g/kg^{-1} . Segundo Lima et al. (2011) o balanço de nutrientes em espécies de ciclo longo é alterado pelas condições edafoclimáticas, em especial o regime hídrico. Em um estudo realizado por Grassi et al. (2005), verificou-se a

influência da época seca no teor de N nas folhas de *Fraxinus angustifolia* Vahl., sendo que sob déficit hídrico os autores perceberam uma queda acelerada dos teores de N. Entretanto, os mesmos autores observaram que em plantas de Carvalho (*Quercus robur* L.) não houve queda no teor de N por escassez hídrica, sendo sua concentração afetada apenas pela sua fenologia.

O estágio fenológico das folhas é um outro fator que pode alterar a concentração de teores foliares de N, sendo que, folhas em crescimento têm teores elevados e conforme envelhecem a proporção vai sendo reduzida (LIMA et al., 2011). No momento em que foi realizada a última avaliação (37 meses), observou-se que as folhas estavam bem mais desenvolvidas (maiores e mais coriáceas), o que pode ser um indicativo do bom estado nutricional das folhas de castanheira proporcionado pela correção e adubação.

O nitrogênio encontrado nas folhas, também atua como constituinte da clorofila e sua diminuição pode ocasionar a queda da mesma. Tal constatação foi realizada por Lenhard, Scalon e Novelino (2010), que observaram que plantas que crescem em solos alagados apresentaram menores teores de N na folha e como consequência menores teores de clorofila. Esse fato pode explicar os maiores índices de clorofila obtidos aos 37 meses após a enxertia.

Plantas de castanheira que crescem em ambientes mais sombreados ou a pleno sol podem sofrer alterações nos teores de clorofila e carotenóides como estratégia adaptativa (ALBUQUERQUE; EVANGELISTA; ALBUQUERQUE NETO, 2015). Os índices de clorofila *a* observados neste estudo aos 19, 25, 31 e 37 meses após as enxertias foram respectivamente 38,64; 40,79; 39,07; 42,58 e de clorofila *b* 14,04; 14,89; 14,45; 19,3. Estes pigmentos (clorofila *a* e *b*) estão distribuídos na natureza na proporção 3:1, respectivamente (STREIT et al., 2005).

As análises que visam quantificar a concentração absoluta de clorofila através de métodos destrutivos com uso de solventes além de dispendem muito tempo, possuem custo elevado (UDDLING et al., 2007). Com isso o uso do clorofilômetro torna-se mais vantajoso pois proporciona que, rapidamente, com menor custo e sem necessidade de destruição das folhas, seja gerado um conjunto de dados que indiquem o teor relativo de clorofila presente no tecido foliar (SANT'ANA et al., 2010; KLOOSTER et al., 2012).

Na Tabela 5 são apresentados os resultados referentes aos coeficientes de correlação entre as variáveis quantitativas avaliadas no presente estudo. Observaram-se correlações elevadas, positivas e significativas ($P \leq 0,05$) para as seguintes combinações: CBP x DBP, CBP x NRT, DBP x NRS e DBP x NRT ($r \geq 0,7$). As combinações CBP x NRS, CBP x IChla, CBP x IChlb, DB x IChlb, DB x IChlab, Teor de N x IChla e Teor de N x IChlb foram moderadas, positivas e significativas ($0,4 \leq r \leq 0,7$). Correlação significativa, moderada e

negativa foi observada para a combinação CBP x IChla/b. As demais combinações foram não significativas ou significativas, mas de fraca intensidade.

Tabela 5 – Coeficientes de correlação simples de Pearson para as variáveis comprimento da brotação principal (CBP), diâmetro da brotação principal (DBP), número de ramos secundários (NRS), número de ramos terciários (NRT), teor de nitrogênio (teor de N), área foliar específica (AFE), índice clorofila *a* (IChla), clorofila *b* (IChlb), clorofila *a+b* (IChlab) e razão clorofila *a/b* (IChla/b) de clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia e avaliados em campo, aos 19, 25, 31 e 37 meses após a enxertia, em Roraima.

	DBP	NRS	NRT	teor de N	AFE	IChla	IChlb	IChlab	IChla/b
CBP	0,87*	0,61*	0,78*	0,38*	-0,31*	0,43*	0,49*	0,49*	-0,43*
DBP		0,71*	0,75*	0,32*	-0,34*	0,37*	0,41*	0,42*	-0,34*
NRS			0,60*	0,18 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,29*	0,25 ^{ns}	0,28*	-0,21 ^{ns}
NRT				0,26*	-0,14 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,24 ^{ns}
Teor de N					0,02 ^{ns}	0,65*	0,66*	0,70*	-0,55*
AFE						-0,13 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	0,26 ^{ns}
IChla							0,76*	0,91*	-0,58*
IChlb								0,95*	0,88*
IChlab									0,81*

Conforme Sant'Ana et al. (2013), quanto maior a correlação entre variáveis, mais positivo isso se torna para fins de melhoramento, uma vez que a alta resposta de uma variável reflete no ganho de outra. Assim, podemos constatar que a correlação positiva entre a DBP e as demais variáveis de crescimento (CBP, NRS e NRT) encontradas neste estudo podem favorecer o processo de seleção, uma vez que o diâmetro é uma variável muito mais fácil de ser mensurada do que as demais variáveis, não necessitando de muito tempo, nem de equipamentos caros e sofisticados. Além disso, segundo Wadt, Kainer e Gomes-Silva (2005), quanto maior o diâmetro do tronco, melhor a posição sociológica e a forma da copa, e maior a produção de castanha-do-brasil.

Estimar a altura em função do diâmetro possibilita realizar ajustes de modelos de regressão. Entretanto, quando existe uma correlação estatística forte entre estas variáveis, como observado para CBP x DBP (0,87), o número de amostras de indivíduos pode ser reduzido, sendo possível, por exemplo, estimar através de modelos estatísticos, o valor da altura das demais árvores a partir da obtenção de DAP de todas as árvores (Mustasso et al., 2019). Com isso reduz-se os gastos e otimiza-se o tempo sem perder a precisão. Essa

possibilidade de seleção indireta é bastante interessante no melhoramento de plantas, possibilitando ganhos genéticos para as duas variáveis simultaneamente.

Conforme observado por Chaves et al. (2018), a estimativa da correlação entre altura x diâmetro de plantas de taperebazeiro (*Spondias mombin* L.) indicou que conforme se aumenta o diâmetro, proporcionalmente se aumenta a altura. Tais resultados podem conferir uma vantagem durante o processo de avaliação das plantas com porte elevado.

As moderadas correlações obtidas entre as variáveis de crescimento CBP e DBP e as variáveis IChla, IChlb, IChlab podem prever como estão os ajustes fotossintéticos das plantas em relação ao ambiente que elas crescem (ENGEL; POGGIANI, 1991). Essa correlação pode ser aumentada em virtude de maior demanda nutricional, em especial o nitrogênio, que nas folhas são integrantes de enzimas que estão associadas aos cloroplastos (SALISBURY; ROSS, 2012). Segundo Schroth, Mota e Elias (2015), conforme as plantas crescem em tamanho, a biomassa da parte aérea tende a diminuir, enquanto outras partes lenhosas como galhos e caule tendem a aumentar. Em relação ao teor de N, embora as correlações com CBP e DBP tenham sido significativas, as mesmas foram de baixa intensidade.

O uso de equipamento portátil de clorofilômetro também tem sido utilizado para mensurar o teor de Nitrogênio (N) na planta, uma vez que o N é um elemento essencial e apresenta relação positiva entre a cor verde e o teor de clorofila com a concentração de N na folha (ZUFFO et al., 2012). O nitrogênio é parte de uma série de compostos indispensáveis ao desenvolvimento das plantas, inclusive das moléculas de clorofila (TAIZ; ZEIGER, 2008), o que explica as correlações moderadas e positivas obtidas entre o Teor de N e o IChla, IChlb e IChlab.

Conforme Rozas, Calvo e Barbieri (2019), o uso de equipamentos portáteis capazes de estimar o índice de clorofila na folha podem ser utilizados para auxiliar o produtor durante o período de cultivo, permitindo que ele possa monitorar se existe a falta ou excesso de nitrogênio em relação à demanda nutricional exigida pela planta.

6 CONCLUSÕES

- Os clones de castanheira-do-brasil obtidos via enxertia apresentaram bom crescimento, tanto em altura quanto em diâmetro, indicando, assim, a adaptação dos mesmos às condições de cultivo consideradas;
- O tipo de tronco e forma de copa prevalente nas plantas foi o ligeiramente torcido e copa boa, respectivamente;

- Com exceção do clone SJB-136, que apresentou maior crescimento de ramos ao longo das épocas avaliadas, os clones apresentaram comportamento similar para as demais variáveis;
- Aos 37 meses de avaliação, os incrementos em altura, bem como os índices de clorofila e o teor de Nitrogênio foram mais elevados;
- Os coeficientes de correlação foram elevados entre variáveis de crescimento e de baixos a moderados para as demais combinações;
- As elevadas correlações entre comprimento, número de ramos e diâmetro da brotação permitem a seleção indireta para comprimento e número de ramos, com base na seleção para diâmetro;
- A correlação moderada positiva entre teor de nitrogênio e índices de clorofila podem ser utilizadas com cautela para indicar o estado nutricional das plantas à partir de avaliações com clorofilômetros.

7 REFERÊNCIAS

- AGUIAR, Adriano Tosoni da Eira; BRANCALIAO, Sandro Roberto; ROSSI, Carlos Eduardo. Avaliação do desempenho inicial de progênies de seringueira. **Nucleus**, v. 9, n. 1, p. 115-122, 2012.
- AGUIAR, Carlos. Arquitetura de plantas. **Bot. J. Linn. Soc**, v. 161, p. 26-65, 2014.
- ALBUQUERQUE, Teresinha Costa Silveira; EVANGELISTA, Tennyson Costa; DE ALBUQUERQUE NETO, Antonio Antero Ribeiro. Níveis de sombreamento no crescimento de mudas de castanheira do Brasil. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 9, n. 4, p. 440-445, 2016.
- ALVES, João Carlos Pereira. Aspectos mercadológicos do pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) no estado de Minas Gerais, Brasil. 2013. (Especialização) em Gestão Florestal no curso de Pós-Graduação em Gestão Florestal do Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná. 2013.
- ALVES, Rafael Moysés et al. Estudo de variáveis biométricas no comportamento de clones de taperebazeiro em sistema agroflorestal no Nordeste paraense. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: SIMPÓSIO DE ESTUDOS E PESQUISAS EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS NA AMAZÔNIA, 6., 2017, Belém, PA. Anais: resumos aprovados-2017. Belém, PA: UEPA, 2017.
- ALVES, Rodrigo Veríssimo. Estudo de Caso da Comercialização dos Produtos Florestais Não Madeiros (PFNM) como Subsídio para Restauração Florestal. (2010). 231 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa/MG. 2010.
- AMARAL, José Augusto Teixeira do; RENA, Alemar Braga; AMARAL, José Francisco Teixeira do. Crescimento vegetativo sazonal do cafeeiro e sua relação com fotoperíodo,

frutificação, resistência estomática e fotossíntese. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 41, n. 3, p. 377-384, Mar. 2006.

ANDRADE, C. M. S.; ASSIS, G. M. L.; SALES, M. F. L. **Estilosantes Campo Grande: Leguminosa Forrageira Recomendada para Solos Arenosos do Acre**. 2010. Disponível em: http://iquiri.cpaufac.embrapa.br/pdf/circtec_55_02022011_br.pdf. Acesso em: 08 mar. 2020.

ANGELO, Humberto et al. O custo social do desmatamento da Amazônia brasileira: o caso da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 183-191, 2013.

BALDONI, A. B. Como fazer enxertia por borbulhia em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.). (Embrapa Agrossilvipastoril. Circular Técnica, 6). 2018. 14 p.

BALDONI, Aisy Botega et al. Enxertia de genótipos superiores em castanha-do-brasil para a formação de um jardim clonal. In: **Embrapa Agrossilvipastoril-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 9., 2017, Foz do Iguaçu. Melhoramento de plantas: projetando o futuro. Foz do Iguaçu: SBMP, 2017. p. 763., 2017.

BALDONI, A. B.; TONINI, H. Pré-melhoramento da castanha-do-brasil no Mato Grosso: propagação vegetativa e jardim clonal. In: FARIAS NETO, AL de; NASCIMENTO, AF do; ROSSONI, AL; MAGALHÃES, CA de S.; ITUASSU, DR; HOOGERHEIDE, ESS; IKEDA, FS; FERNANDES JUNIOR, F.; FARIA, GR; ISERNHAGEN, I.; VENDRUSCULO, LG; MORALES, MM; MONTEIRO, RAC (Ed.). **Embrapa Agrossilvipastoril: primeiras contribuições para o desenvolvimento de uma agropecuária sustentável**. Brasília, DF: Embrapa, 2019. pt. 8, cap. 10, p. 601-605.

BALZON, Dalvo Ramires; SILVA, João Carlos Garzel Leodoro; SANTOS, Anadalvo Juazeiro. Aspectos mercadológicos de produtos florestais não madeireiros análise retrospectiva. **Floresta**, v. 34, n. 3, 2004.

BARBOSA, Ana Paula et al. Considerações sobre o perfil tecnológico do setor madeireiro na Amazônia Central. **Parcerias estratégicas**, v. 6, n. 12, p. 42-61, 2010.

BARBOSA, Marcelo Augusto Mendes; MORET, Artur de souza. A renda nas reservas extrativistas: situação da cadeia produtiva da castanha do Brasil. **Revista Saber Científico**, v. 5, n. 2, p. 18-29, 2016.

BARBOSA, R.I. Distribuição das chuvas em Roraima. In: BARBOSA, R.I.; FERREIRA, E.J.G.; CASTELLÓN, E.G. (Ed.). **Homem, ambiente e ecologia no estado de Roraima**. Manaus: INPA, 1997. p. 325-335.

BAYMA, M. M. A., F. W. MALAVAZI, C. P. SÁ, F. L. FONSECA, E. P. ANDRADE & L. H. O. WADT, 2014. Aspectos da cadeia produtiva da castanha-do-brasil no estado do Acre, Brasil. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais 9(2): 417-426.

BENINCASA, M. M. P. Análise de crescimento de plantas: noções básicas. Jaboticabal: Funep, 1988.

BENTES, R. da S.; MARÍN, R. A.; EMMI, M. F. Os cemitérios das castanheiras do Tocantins. **Pará Desenvolvimento**, v. 23, n. 1, p. 18-23, 1988.

BENTES-GAMA, M. D. M., DA SILVA, M. L., MONTOYA VILCAHUAMÁN, L. J., & LOCATELLI, M. Análise econômica de sistemas agroflorestais na Amazônia Ocidental, Machadinho D'Oeste-RO. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.3, p.401-411, 2005.

BORGES, Felipe Assis et al. Tamanho da amostra para estimar produção de sementes de castanheiras nativas. **Nativa**, v. 4, n. 3, 2016.

BRAGA, Eneide Taumaturgo Macambira. 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. 2007.

BRAGA, Pedro Ivo Soares. Subdivisão fitogeográfica, tipos de vegetação, conservação e inventário florístico da floresta amazônica. **Acta amazonica**, v. 9, n. 4, p. 53-80, 1979.

BRASIL. Boletim SNIF (Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF). Ed. 1. 2018. Disponível em: <http://www.florestal.gov.br/documentos/publicacoes/4092-boletim-snif-2018-ed1/file>. Acesso em: 10 de dezembro de 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis P378 Normas Florestais Federais para a Amazônia – Brasília: IBAMA / Diretoria de Uso Sustentável da Biodiversidade e Florestas, 2007. Disponível em: http://www.sbs.org.br/normas_florestais_2edicao.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

BREDEMEIER, Christian; MUNDSTOCK, Claudio Mario. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**. Santa Maria. Vol. 30, n. 2 (mar./abr. 2000), p. 365-372, 2000.

CAMPOS, Alcinéia Miranda et al. Fenologia reprodutiva de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em floresta de terra firme em Mazagão, Amapá. **Biota Amazônia (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota)**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2013.

CARDOSO, M., NASCIMENTO, A., LEDO, A., & SILVA, A. CARDOSO. AVALIAÇÃO INICIAL DE PROGÊNIES DE MANGABEIRA. **Nucleus**, v. 15, n. 2, 2018.

CARVALHO J. E. U., NASCIMENTO W. M. O. Enxertia da castanheira-do-brasil pelo método de garfagem no topo em fenda cheia. **Comunicado Técnico 286**, Embrapa, Belém, 2016.

CASTRO LIMA, Érico de et al. Trocas gasosas, características das folhas e crescimento de plantas jovens de *Cupania vernalis* Camb. submetidas a diferentes níveis de sombreamento. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, 2005.

CASTRO. D. A. Repartição de nutrientes e selênio na castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). Dissertação. 58 f. Programa de pós graduação em agricultura tropical. Universidade Federal de Mato Grosso - Cuiabá, 2017.

CAVALCANTI, T. B.; KAGEYAMA, P. Y. Conservação de recursos genéticos florestais: estratégias e parâmetros genéticos e ecológicos para a conservação in situ de recursos genéticos. **Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia-Outras publicações técnicas**. 1997. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/145329/1/CENARGEN-CONSERVACAO-DE-RECURSOS-GENETICOS-FLORESTAIS-ESTRATEGIAS-E-PARAMETROS.pdf>. Acesso em: 25 de setembro de 2018.

CHAVES, SF da S. et al. Desenvolvimento vegetativo de clones de taperebazeiro em dois ambientes no Nordeste paraense. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 22., 2018, Belém, PA. Anais... Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2018., 2018.

CLEMENT, Charles R.; MÜLLER, Carlos Hans; FLORES, Wanders B. Chavez. Recursos genéticos de espécies frutíferas nativas da Amazônia Brasileira. **Acta amazonica**, v. 12, n. 4, p. 677-695, 1982.

COELHO, RTP et al. Lecythydaceae A. Rich. na carpoteca do Herbário IAN (Embrapa Amazônia Oriental), Belém, Pará, Brasil (parte I). In: **Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 67., 2016, Vitória, ES. Conectando diversidades, revelando o desconhecido: resumos. Brasília, DF: Sociedade Botânica do Brasil, 2016., 2016.

COLARES, L. M. L., QUISEN, R., LIMA, G., & SAMPAIO, P. Estaquia de castanheira-do-Brasil: influência de substratos, suplementação mineral e ácido bórico no enraizamento adventício. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FLORICULTURA E PLANTAS ORNAMENTAIS & CONGRESSO BRASILEIRO DE CULTURA DE TECIDOS DE PLANTAS. Inovação tecnológica: resgate histórico, desafios e perspectivas. **Anais**. Recife: UFRPE, 2013.

COMEX DO BRASIL. (2017). Exportações de castanhas nativas podem passar de US\$ 200 milhões para US\$ 1 bilhão em 10 anos. Disponível em: <https://www.comexdobrasil.com/exportacoes-de-castanhas-nativas-podem-passar-de-us-200-milhoes-para-us-1-bilhao-em-10-anos/>. Acesso em: 26 de novembro de 2018.

CONAB: Indic. Agropec., Brasília, Ano XXVI, n. 4, abril 2017, p. 01-118 Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/precos/revista-indicadores-da-agropecuaria/item/download/1678_527d71af0608a5e166819488d5218bf0. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

CONAB: TÍTULO 74 – Normas específicas de castanha-do-brasil com casca – (*) extrativista – safra 2018 comunicado conab/moc n.º 017, de 14/09/2018 Disponível em: https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5KnhDPP9I0IJ:https://www.conab.gov.br/images/arquivos/moc/74_NORMAS_ESPECIFICAS_DE_CASTANHA_DO_BRASIL_COM_CASCA_EXTRATIVISTA_SAFRA_2018.pdf+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br. Acesso em: 25 de outubro de 2018.

- CONDÉ, Tiago Monteiro et al. Morfometria de quatro espécies florestais em sistemas agroflorestais no município de Porto Velho, Rondônia. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 7, n. 1, p. 18-27, 2013.
- CONFORTO, Elenice de Cássia et al. Desenvolvimento inicial de clones IAC de seringueira em São José do Rio Preto, SP. **Ciência Rural**, v. 45, n. 7, p. 1235-1240, 2015.
- CORDEIRO, I. M., LAMEIRA, O. A., OLIVEIRA, F. D. A., & WENDLING, I. Enraizamiento de estacas juveniles de *Bertholletia excelsa* con diferentes concentraciones de ácido indol-butírico. **Agrociência**, v. 50, n. 2, p. 227-238, 2016.
- CORVERA-GOMRINGER, R., DEL CASTILLO, D., SURI, W., CUSI E., CANAL, A. La castanha amazónica (*Bertholletia excelsa*). Manual de cultivo. **Madre de Dios: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana**, 2010.
- COSTA, E. K. L. et al. Caracterização morfológica de sementes de castanheira-do-brasil em uma população nativa de Roraima. In: **Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: NATIVAS 2014-SIMPÓSIO SOBRE PRODUÇÃO DE SEMENTES E MUDAS, 2014, Viçosa. Resumos... Viçosa: UFV, 2014., 2014.
- COSTA, Joanne Régis et al . Aspectos silviculturais da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em sistemas agroflorestais na Amazônia Central. *Acta Amaz.*, Manaus, v. 39, n. 4, p. 843-850, 2009 . Available from <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0044-59672009000400013&lng=en&nrm=iso>. access on 29 Aug. 2020. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000400013>.
- COSTA, Mirian Gomes; TONINI, Helio; MENDES FILHO, Paulo. Atributos do Solo Relacionados com a Produção da Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*). **Floresta e Ambiente**, v. 24, 2017.
- CYMERYS, M.; WADT, L.; KAINER, K.; ARGOLO, V. Castanheira: *Bertholletia excelsa* H & B. In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. **Frutíferas e plantas úteis na vida Amazônica**. Belém: CIFOR, 2005. p. 61-74.
- DAWKINS, H. C. Crown diameters: their relation to bole diameter in tropical forest trees. **The Commonwealth Forestry Review**, p. 318-333, 1963.
- DINIZ, T. D. de A. S. & BASTOS, T. X. - Contribuição ao conhecimento do clima típico da Castanha do Brasil. *Boletim Técnico do IPEAN*, Belém (64): 59-71, dez. 1974.
- DONADIO, L. C. Frutas nativas potenciais. CAP. 1. IN: **Agricultura tropical: quatro décadas de inovações tecnológicas, institucionais e políticas** / editores técnicos, Ana Christina Sagebin Albuquerque, Aliomar Gabriel da Silva. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2008.
- EMBRAPA - A cultura do urucum / Embrapa Amazônia Oriental. - 2. ed. rev. ampl. - Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 61 p. : il. ; 16 cm. - (Coleção Plantar, 64).

EMBRAPA. 2008. Análise de nitrogênio total em aparelhagem de vidro para destilação de nitrogênio. 20 p. Roraima.

EMBRAPA. 2017. Pesquisa aponta queda de 70% na produção de castanha-da-amazônia. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/26131296/pesquisa-aponta-queda-de-70-na-producao-de-castanha-da-amazonia>>. Acesso em: 12 de novembro de 2018.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e seu espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Fisiologia**, Londrina, v.3, n.1, p.39-45, 1991.

ENRÍQUEZ, Gonzalo. Amazônia–Rede de inovação de dermocosméticos Sub-rede de dermocosméticos na Amazônia a partir do uso sustentável de sua biodiversidade com enfoques para as cadeias produtivas da castanha-do-pará e dos óleos de andiroba e copaíba. **Parcerias Estratégicas**, v. 14, n. 28, p. 51-118, 2009.

EVANS, J.R. & POORTER, H. (2001). Photosynthetic acclimation of plants to growth irradiance: the relative importance of specific leaf area and nitrogen partitioning in maximizing carbon gain. **Plant, Cell and Environment** 24: 755-767.

FAZOLIN, M. et al. Avaliação de plantas com potencial inseticida no controle da Vaquinha-do-feijoeiro (*Cerotoma tingomarianus* Bechyné). (Embrapa Acre. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 37). 42p. 2002.

FEARNSIDE, Philip M. Desmatamento e desenvolvimento agrícola na Amazônia brasileira. **Amazônia: a fronteira agrícola**, v. 20, p. 207, 1992.

FELBERG, Ilana et al. Bebida mista de extrato de soja integral e castanha-do-brasil: caracterização físico-química, nutricional e aceitabilidade do consumidor. Alimentos e Nutrição **Araraquara**, v. 15, n. 2, p. 163-174, 2004.

FERNANDES, Eneide Taumaturgo Macambira Braga; WADT, LH de O.; MARTINS, K. Diversidade morfológica e produção de *Bertholletia excelsa* HBK (Lecythidaceae) no sudeste do Estado do Acre-Brasil. In: **Embrapa Acre-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8., 2007, Caxambu. Ecologia no tempo de mudanças globais: anais. São Paulo: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2007., 2007.

FERNANDES, N. P. & ALENCAR, J. C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies. 4. Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), dez anos após o plantio. **Acta Amazonica**. 23 (2-3): 191-198, 1993.

FERREIRA, Igor Ivison Almeida. Avaliação de porta-enxertos e enxertia de Castanheira-do-brasil em Roraima. 2019. 57p. **Dissertação** (Mestrado em Agroecologia). Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, RR, 2019.

FERREIRA, André Dominghetti et al. Absorção, Translocação e Eficiência no Uso dos Macronutrientes em Cafeiros (*Coffea arabica* L.) Enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciência**, v. 35, n. 11, p. 818-822, 2010.

- FERREIRA, I., PEDROZO, C., ALCOFORADO, A., MAYER, M., & SANTOS, R. (2018). Crescimento de castanheira-do-Brasil em condições de cultivo. In *Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE)*. In: CONGRESSO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE, 15., 2018, Poços de Caldas. Anais eletrônicos... Muzambinho: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, 2018
- FERREIRA, I., PEDROZO, C., MAYER, M., & ALCOFORADO, A. Avaliação de enxertos de castanheira-do-brasil. In: SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA NO ESTADO DE RORAIMA, SNCT-RR, Vista, RR: Anais, 2017b.
- FERREIRA, L. M. M.; TONINI, H. Comportamento da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) e da cupiúba (*Goupia glabra*) em sistema agrosilvicultural na região da Confiança, Cantá-Roraima. **Acta Amazonica**, v. 39, n. 4, p. 835-842, 2009.
- FERREIRA, L., FARIAS, L., BATISTA, G., VIEIRA, A., MARINO, T. B., & MONTEIRO, R. C. A compreensão histórica e folclórica pela cartografia social: um estudo de caso do Município de Conceição do Araguaia-Pará. *Revista de Educação Técnica e Tecnológica em Ciências Agrícolas*, v. 8, n. 15, p. 143-165, 2017a.
- FERREIRA, M. J., GONÇALVES, J. F. D. C., FERRAZ, J. B. S., DOS SANTOS JUNIOR, U. M., & RENNENBERG, H. Clonal variation in photosynthesis, foliar nutrient concentrations, and photosynthetic nutrient use efficiency in a Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) plantation. **Forest Science**, v. 62, n. 3, p. 323-332, 2016.
- FLOSS, E. L. **Fisiologia das plantas cultivadas**. 1.ed.Passo Fundo: UPF, 2004. 536 p.
- FONSECA, A et al., 2018. Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (setembro de 2018) SAD (p. 1). Belém: Imazon.
- Fonseca, A. et al., 2019. Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (setembro 2019) SAD (p. 1). Belém: Imazon.
- GONÇALVES, Delman de Almeida et al. O uso da classificação de copa de Dawkins como indicador do comportamento ecológico de espécies arbóreas tropicais. *FLORESTA*, [S.l.], mar. 2010. ISSN 1982-4688. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/floresta/article/view/17126>. Acesso em: 08 fev. 2020.
- GONÇALVES, Paulo Souza. Novos clones de seringueira para o estado de São Paulo. III ENCONTRO TÉCNICO NACIONAL DE HEVEICULTURA, 2013. Campinas, SP; (19) 3202-1672.
- GRASSI, Giacomo et al. Seasonal and interannual variability of photosynthetic capacity in relation to leaf nitrogen in a deciduous forest plantation in northern Italy. **Tree Physiology**, v. 25, n. 3, p. 349-360, 2005.
- GURGEL, E. S. C., SANTOS, J. U. M. D., & BASTOS, M. D. N. D. C. *Bertholletia excelsa* Humboldt & Bonpland (Lecythidaceae): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. *Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi Cienc. Nat.*, Belém, v. 1, n. 2, p. 103-112, ago. 2006.

GURGEL, F. de L.; NASCIMENTO, W. M. O., & COSTA, RR da S. Avaliação biométrica de mudas enxertadas de camucamuzeiro. In: Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: ENCONTRO AMAZÔNICO DE AGRÁRIAS, 7., 2015, Belém, PA. Segurança alimentar: diretrizes para Amazônia. Belém, PA: UFRA, 2015., 2015.

HERRAIZ, A. D. Efeitos socioambientais das enchentes de 2013/14 do Rio Madeira no extrativismo da castanheira do Brasil (*Bertholletia Excelsa* H. & B) e da seringueira (*Hevea Brasiliensis* Müll. Arg.) na Reserva Lago do Capanã Grande, Manicoré-AM. (2016). 112 f. Dissertação (Mestrado) - INPA, Manaus, 2016.

HOMMA, A. K. O. et al. Brazil nut tree: the challenges of extractivism for agricultural plantations. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais**, v. 9, n. 2, p. 293-306, 2014.

HOMMA, A. K. O. Extrativismo vegetal ou plantio: qual a opção para a Amazônia?. Estudos avançados. v. 26, n. 74, p. 167-186, 2012.

HOMMA, Alfredo Kingo Oyama et al. Manejo e plantio de bacurizeiros (*Platonia insignis* Mart.): a experiência no manejo e domesticação de um recurso da biodiversidade amazônica. **Inclusão Social**, v. 12, n. 1, 2018.

HONORIO, A. B. M.; LOPES, M. B. S; SIEBENEICHLER, S. C.; SOUZA, C. M; LEAL, T. C. A. de B.; Análise de crescimento e parâmetros fisiológicos em mudas de *Dipteryx alata* Vogel. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v.12, n.1, p.41-52, Jan-Abr., 2019. DOI: 10.5935/PAeT.V12.N1.04

IBGE - Prod. Extr. veg. e Silvíc., Rio de Janeiro, v. 33, p. 1-8, 2018 DISPONIVEL EM: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2018_v33_informativo.pdf

IMAÑA ENCINAS, José; SILVA, Gilson Fernandes da; PINTO, José Roberto Rodrigues. Idade e crescimento das árvores. 2005. Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Engenharia Florestal, 2005. 43p.: il. – (Comunicações técnicas florestais; ISSN 1517-1922; v.7, n.1).

IVANOV, G.B. Influência de variáveis dendrométricas anatômicas e ambientais na produção de frutos e sementes de *Bertholletia excelsa* H.B.K.(2011). 93 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2011.

IWAKIRI, Setsuo et al. Produção de painéis aglomerados com misturas de seis espécies de madeiras da Amazônia *E Pinus taeda*. **Floresta**, v. 46, n. 2, p. 259-267, 2016.

KALIL FILHO, Antonio Nascim; KALIL, GP da C.; LUZ, Arnaldo Iran Reis. Conservação de germoplasma de plantas aromáticas e medicinais da Amazonia brasileira para uso humano. **Embrapa Florestas-Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2000. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Comunicado Técnico - Embrapa. Dez, nº 50, págs. 1- 4.

KAMINSKI, P. E. et al. Biometria de frutos de *Bertholletia excelsa* HBK em Roraima. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS

NÃO-MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1., 2008, Rio Branco, AC. Anais... Rio Branco, AC: Embrapa Acre, 2008.

KITAMURA, P. C.; MÜLLER, C. H. Castanhais nativos de Marabá-PA: fatores de depredação e bases para a sua preservação. Belém. EMBRAPA-CPATU, 1984. 32 p.

KLOOSTER, WS.; CREGG, BM.; FERNANDEZ, RT.; NZOKOU, P. Growth and physiology of deciduous shade trees in response to controlled release fertilizer. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.35, p.71-79, 2012.

KRAG, Márcia Nágem et al. A Governança do Arranjo Produtivo Local da Castanha-do-Brasil na Região da Calha Norte, Pará. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 55, n. 3, p. 589-608, Sept. 2017.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. (Trad). PRADO, C. H. B. A.; FRANCO, A.C. 1 ed. SÃO CARLOS, SP, 2004. 531 p.

LEMOS, O. F., LAMEIRA, O., de MENEZES, I. C., MOTA, M. D. C., OKA, S., SAITO, T., & SATO, M. Melhoramento de plantas de interesse econômico para a região amazônica através de técnicas "in vitro". Embrapa Amazônia Oriental-Capítulo em livro científico (ALICE), 1991. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/394878/1/Doc85p195.pdf>. Acesso em: 15 de dezembro de 2018.

LENHARD, Nádia Regina; SCALON, Silvana de Paula Quintão; NOVELINO, José Oscar. Crescimento inicial de mudas de pau ferro (*Caesalpinia férrea* Mart. ex Tul. var. *leiostachya Benth.*) sob diferentes regimes hídricos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 870-877, 2010.

Lima RLS, Severino L, Cazetta JO, Azevedo CAV, Sofiatti V, Arriel NHC. 2011. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão-mansão entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15:1175-1179.

LIMA, G., PEREIRA, P. D. S., HARADA, P., & QUISEN, R. Enraizamento adventício de estacas de castanheira-do-Brasil. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus. **Anais**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. p. 63-64.

LIMA, Rosiane et al. Redistribuição de nutrientes em folhas de pinhão-mansão entre estádios fenológicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 11, p. 1175-1179, 2011.

LOPES, J. C., ALEXANDRE, R. S., DE OLIVEIRA CORREIA, A., MACIEL, K. S., & CABANEZ, P. A. Enxertia em fruteiras. IN: **Tópicos Especiais em Produção Vegetal VI**, p. 37, 2016.

LOPES, R., GASPAROTTO, L., GARCIA, L. C., GARCIA, M. V. B., CARDOSO, M. O., SOUSA, N. R. Propagação vegetativa de *Bertholletia excelsa* HBK por estaquia. In: Jornada de iniciação científica da Embrapa Amazônia ocidental. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008. p. 122-131.

MAPA- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. (Castanha-do-pará, castanha, castanha-do-brasil, *Bertholletia excelsa* H.B.K.) / Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília: MAPA/ACS, 2014. 41 p. disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-publicacoes-organicos/castanha-do-brasil.pdf>>. Acesso em: 25 de novembro de 2018.

MARABESI, Mauro Alexandre. Efeito do alto CO₂ no crescimento inicial e na fisiologia da fotossíntese em plântulas *Senna alata* (L.) Roxb / São Paulo, 2007. 78 p. Dissertação (Mestrado) -- Instituto de Botânica da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2007

MARTINS, ANTONIO LUCIO MELLO et al . Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no Estado de São Paulo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília , v. 35, n. 9, p. 1743-1750, Sept. 2000.

MARTINS, L., SILVA, G., & SILVEIRA, B. C. **Produção e comercialização da castanha do brasil (*Bertholletia excelsa*, HBK) no Estado do Acre-Brasil, 1998-2006**. In: Congresso da sociedade brasileira de economia, administração e sociologia rural. Anais. 2008.

MARTINS, W. M. de O.; MARTINS, L. M. de O. Parâmetros de qualidade de amêndoas de castanha do brasil comercializadas em Rio Branco-Acre. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, 2011.

MAUAD, Munir et al. Influência da densidade de semeadura sobre características agrônômicas na cultura da soja. **Agrarian**, v. 3, n. 9, p. 175-181, 2010.

MAUÉS, M., KRUG, C., WADT, L., DRUMOND, P., CAVALCANTE, M., & dos SANTOS, A. C. S. A castanheira-do-brasil: avanços no conhecimento das práticas amigáveis à polinização. 84 p. Rio de Janeiro: Funbio, 2015.

MAYER, Newton Alex; UENO, Bernardo; SILVA, Valécia Adriana Lucas da. Leaf nutrient content of peach on five rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 37, n. 4, p. 1045-1052, 2015.

MDIC. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/comex-vis/frame-ppe?ppe=1120>: acesso em janeiro de 2020.

MEDRI, Moacyr E.; LLERAS, Eduardo. Ecofisiologia de plantas da Amazônia. 2-Anatomia foliar e ecofisiologia de *Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.(Castanha-do-pará)-Lecythidaceae. **Acta Amazonica**, v. 9, n. 1, p. 15-23, 1979.

MELO, A. A. Produção e exportação da “Castanha-do-Brasil”(*Bertholletia excelsa*, Humb. e Bonp.) no Estado do Amazonas. 2008. 67 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional). UFAM – Amazonas.

MELO, Maria de Fátima Figueiredo; VARELA, Vânia Palmeira. Aspectos morfológicos de frutos, sementes, germinação e plântulas de duas espécies florestais da Amazônia: I. *Dinizia excelsa* Ducke (Angelim-Pedra). II *Cedrelinga catenaeformis* Ducke (Cedrorana)-Leguminosae: Mimosoideae. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 28, n. 1, p. 54-62, 2006.

- MIRANDA, C. A. de, SANTOS FILHOS, B. G., ROCHA NETO, O. G., & do NASCIMENTO, W. M. O. Comportamento fisiológico da gravioleira (*Annona muricata* L.) na Amazônia. In: Embrapa Amazônia Oriental-Resumo em anais de congresso (ALICE). In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FCAP, 11.; SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL (AVALIAÇÃO-2001), 5., 2001, Belém, PA. Resumos. Belém, PA: FCAP: Embrapa Amazônia Oriental, 2002.
- MORI, S.A.; PRANCE, G. T. Lecythidaceae - Part II: The zygomorphic-flowered New World genera (*Bertholletia*, *Corythophora*, *Couratari*, *Couroupita*, *Eschweilera*, and *Lecythis*). **Flora Neotropica Monographs**, v. 21, n. 2, p. 1-376, 1990.
- MORI, Scott A. A família da castanha-do-Pará: símbolo do Rio Negro. **Florestas do Rio Negro**, p. 118-141, 2001.
- MORITIZ, A. Estudos biológicos da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* HBK) EMBRAPA - Centro de Pesquisa Agropecuário de Trópico Umido. Documentos 29: 1-82. 1984.
- MOURÃO JÚNIOR, M.; XAUD, M.R.; XAUD, H.A.M.; MOURA NETO, M.A.; ARCO-VERDE, M.F.; PEREIRA, P.R.V. da S.; TONINI, H. Precipitação pluviométrica em área de transição savana-mata de Roraima: campos experimentais Serra da Prata e Confiança. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2003. (Embrapa Roraima. Comunicado Técnico, 17).
- MÜLLER, C. H., L. A. RODRIGUES, A. A. MÜLLER & N. R. M. MÜLLER, 1980. Castanha-do-Brasil - Resultados de Pesquisas. Miscelânea 2: 1-25.
- MÜLLER, C. H.; CALZAVARA, B. B. G. Castanha-do-brasil. Embrapa Amazônia Oriental. Belém. EMBRAPA-CPATU, 1989.
- MÜLLER, C. H.; FIGUEIRÊDO, F. J. C.; KATO, A. K.; CARVALHO, J. E. U. de; STEIN, R. L. B.; SILVA, A. de B. A cultura da castanha-do-brasil. Brasília, DF: Embrapa-SPI. 1995.65 p. (Embrapa - SPI. Coleção plantar, 23).
- MÜLLER, C.H. (1982). Quebra de dormência e enxertia em castanha-do-brasil. Belém, Embrapa-CPATU. 40p. (Documentos, 16).
- MULLER, Carlos Hans. Castanha-do-brasil: estudos agronômicos. **Embrapa Amazônia Oriental-Documentos (INFOTECA-E)**, Belém, PA: EMBRAPA-CPATU, 1981. 25 p.
- MUSTASSO, Larissa et al. Uso da Análise Multivariada para agrupamento de dados no ajuste da relação diâmetro–altura em plantios florestais mistos na Amazônia Mato–Grossense. **Sigmae**, v. 8, n. 2, p. 156-161, 2019.
- NACATA, G.; BAGATIM, A. G.; ANDRADE, R. A. de. Estaquia e enxertia como fatores de influência no crescimento inicial e produção de abieiro em condições de campo. **Interciencia**, vol. 41, núm. 9, setembro, 2016, pp. 610-615.
- NEVES, Orlando Sílvio Caires et al. Uso do SPAD-502 na avaliação dos teores foliares de clorofila, nitrogênio, enxofre, ferro e manganês do algodoeiro herbáceo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 40, n. 5, p. 517-521, 2005.

NOGUEIRA, Ana Karlla Magalhães; SANTANA, Antônio Cordeiro de. Influência das chuvas na oferta de castanha-do-brasil e o impacto no benefício socioeconômico e ambiental, no Oeste do estado do Pará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 45, 2018.

OLIVEIRA, A. S. de. Propagação clonal de eucalipto em ambiente protegido por estufins: produção, ecofisiologia e modelagem do crescimento das miniestacas. Tese de doutorado. Viçosa, MG, 2016. xi, 79f.

OLIVEIRA, F. L. et al. Desenvolvimento de plantas enxertadas no jardim clonal de castanheira-do-brasil da Embrapa Agrossilvipastoril. In: **Embrapa Agrossilvipastoril- Resumo em anais de congresso (ALICE)**. In: III ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AGROSSUSTENTÁVEIS; VIII JORNADA CIENTÍFICA DA EMBRAPA AGROSSILVIPASTORIL, 8., 2019, Sinop. Resumos... Brasília, DF: Embrapa, 2019. p. 59., 2019.

OLIVEIRA, J. M. F. de.; SCHWENGBER, D. R.; JORDÃO, S. M. S.; FERREIRA, L. M. M.; SILVA, A. J. da.; LOZANO, R. M. B. Crescimento inicial de espécies florestais em solo sob diferentes preparos. In: XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. **Anais**. Natal – RN. 2015.

PAES-DE-SOUZA, Mariluce et al. O Produto Florestal Não Madeirável (PFNM) Amazônico açaí nativo: proposição de uma organização social baseada na lógica de cadeia e rede para potencializar a exploração local. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 44-57, 2017.

PAHLEN, Alejo von der. Cubiu [*Solanum tojiro* (Humb. & Bonpl.)], uma fruteira da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 7, n. 3, p. 301-307, 1977.

PALHETA, L. F.; FILHO, B. G. S.; SIMÕES, P. H. O.; NOGUEIRA, G. A.; OLIVEIRA, N. C. F.; SOUSA, P. R. F. Crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) submetidas à deficiência hídrica. **Revista Espacios**. v. 38, n. 32, p.26-33, 2017.

PASSOS, RM de O. Características biométricas, edáficas, nutricionais e produção de frutos de castanha-da-Amazônia em plantios clonais na Amazônia Central. Embrapa Amazônia Ocidental-Tese/dissertação (ALICE), 2014.

PEDROZO, Cássia Ângela et al. Emergência de plântulas e desenvolvimento de mudas de matrizes selecionadas de castanha-do-brasil. **Bolet Pesq Desenvol**, v. 44, 2017.

PEDROZO, Cássia Ângela et al. 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, 2015.

PEDROZO, Eugênio Ávila et al. Produtos Florestais Não Madeiráveis (PFNMs): as filières do açaí e da castanha da Amazônia. **Revista de Administração e Negócios da Amazônia**, v. 3, n. 2, p. 88-112, 2017.

PICANÇO, Carlos Adriano Siqueira; COSTA, Reinaldo Corrêa. Análise da cadeia produtiva da castanha-do-Brasil coletada na reserva biológica do Rio Trombetas, Oriximiná, Pará. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 19460-19483, 2019.

PIMENTEL, Leonardo Duarte et al. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-brasil. **Informações Econômicas**, v. 37, n. 6, p. 26-36, 2007.

PINHEIRO, E. ALBUQUERQUE, M. de. Castanha-do-pará. In: BRASIL. Ministério da Agricultura. Livro anual da agricultura. Brasília, 1968. p. 224-233.

RAMOS, Rômulo Augusto et al. Variação sazonal do crescimento vegetativo de laranjeiras Hamlin enxertadas em citrumeleiro Swingle no município de Limeira, Estado de São Paulo. **Acta Sci., Agron.** Maringá, v. 32, n. 3, p. 539-545, Sept. 2010.

REIS, Leonardo Pequeno et al. Efeito da exploração de impacto reduzido em algumas espécies de Sapotaceae no leste da Amazônia. **Floresta**, v. 43, n. 3, p. 395-406, 2013.

RIBEIRO, George Duarte et al. Enxertia em fruteiras. **Embrapa Rondônia-Recomendação Técnica (INFOTECA-E)**, 2005. Recomendações Técnicas Embrapa, Porto Velho, n. 92, 2005.

ROCHA, Francisco Angelo Gurgel et al. O uso terapêutico da flora na história mundial. **Holos**, v. 1, p. 49-61, 2015.

ROZAS, Hernan Sainz; CALVO, Nahuel Ignacio Reussi; BARBIERI, Pablo Andres. Se of greenness index to determine the optimal economic rate of nitrogen in maize. **Cienc. suelo**, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, v. 37, n. 2, p. 246-256, dic. 2019. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1850-20672019000200005&lng=es&nrm=iso>. accedido en 14 abr. 2020.

SALISBURY, F. B.; ROSS, C. W. Fisiologia das plantas Cengage learning. Wadsworth, Belmont, 2012.

SALOMÃO, R. de P. et al. Crescimento de *Bertholletia excelsa* Bonpl. (castanheira) na Amazônia trinta anos após a mineração de bauxita. **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2014.

SALOMÃO, R. P., 1991. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. & B. ("castanheira") nas regiões de Carajás e Marabá, Estado do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Botânica** 7(1): 47-68.

SALOMÃO, Rafael de Paiva et al. Castanheira-do-brasil recuperando áreas degradadas e provendo alimento e renda para comunidades da Amazônia Setentrional. 2006.

SALOMÃO, Rafael de Paiva. Densidade, estrutura e distribuição espacial de castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. & B.) em dois platôs de floresta ombrófila densa na Amazônia setentrional brasileira. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Ciências Naturais**, v. 4, n. 1, p. 11-25, 2009.

SANCANARI, Lilian Gomes Rossi et al. A influência do consumo da castanha-do-brasil nas doenças cardiovasculares. In: **Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar**. 2019.

SANT'ANA, E V P.; SANTOS, A B.; SILVEIRA, P M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura spad e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANT'ANA, V. Z.; FREITAS, M. L. M.; MORAES, M. L. T.; ZANATA, M.; ZANATTO, A. C. S.; MORAES, M. A.; SEBBENN, A. M. Parâmetros genéticos em progênies de polinização aberta de *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong em Luiz Antonio, SP, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 40, n.3, p. 515-520, 2013.

SANTANA, Cordeiro de Santana et al. Valoração e sustentabilidade da castanha-do-brasil na Amazônia. **Revista Ciências Agrárias**, v. 60, n. 1, p. 77-89, jan./mar. 2017.

SANTOS, A. C. S. DOS.; MAUÉS, M. M.; CORRÊA, F. D. S.; MOURA, T. Requerimentos de polinização e fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em Tomé-Açu/PA. In: **Embrapa Amazônia Oriental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: Seminário de iniciação científica da Embrapa Amazônia Oriental. A ciência de fazer ciência: anais. Belém - PA. 2011.

SANTOS, Anadalvo J. et al. Produtos não madeireiros: conceituação, classificação, valoração e mercados. **Floresta**, v. 33, n. 2, 2003.

SANTOS, Juscelina et al. Avaliação do crescimento de clones de eucalipto no norte de minas gerais. **Enciclopédia Biosfera**. 14. 75-83. 2017.

SANTOS, M. R. A. dos. Alternativas para a propagação da castanha-do-brasil. (2007) Disponível em: < <http://www.cpafrro.embrapa.br>>. Acesso em: 15 de dezembro de 2018.

SCARPARE FILHO, João Alexio; MEDINA, Ricardo Bordignon, SILVA, S. R. Poda de árvores frutíferas. Piracicaba: USP/ESALQ/Casa do Produtor Rural, 2011.

SCHROTH, G., DA MOTA, M. DO S. S., & DE ASSIS ELIAS, M. E. Growth and nutrient accumulation of Brazil nut trees (*Bertholletia excelsa*) in agroforestry at different fertilizer levels. **Journal of Forestry Research**, v. 26, n. 2. P. 347–353, 2015.

SCOLES, Ricardo et al. Sobrevivência e frutificação de *Bertholletia excelsa* Bonpl. em áreas desmatadas em Oriximiná, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 4, p. 555-564, 2016.

SCOLES, Ricardo; GRIBEL, Rogério; KLEIN, Gilmar Nicolau. 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.

SEMEDO, R. J. C. G.; BARBOSA, R. I. Fruit trees in urban home gardens of Boa Vista, Roraima, Brazilian Amazonia. **Acta Amaz**, v. 37, p. 497-504, 2007.

SHANLEY, Patricia; PIERCE, Alan; LAIRD, Sarah. **Além da Madeira: a certificação de produtos florestais não-madeireiros**. Bogor, Indonésia: Centro de Pesquisa Florestal Internacional (CIFOR), 2005.

SHANLEY, Patricia; ROSA, Nelson A. Eroding knowledge: an ethnobotanical inventory in eastern Amazonia's logging frontier. **Economic Botany**, v. 58, n. 2, p. 135, 2004.

SILVA, Adriano Araújo et al. Potencial do extrativismo da castanha-do-pará na geração de renda em comunidades da mesorregião baixo Amazonas, Pará. **Floresta e Ambiente**, v. 20, n. 4, p. 500-509, 2013.

SILVA, Francisco Alves da et al. Ecofisiologia da limeira ácida 'Tahiti' enxertada em híbridos de citros sob lâminas de irrigação. 2017. **Dissertação** – (Mestrado em Sistemas Agroindustriais). Universidade Federal de Campina Grande – Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar. POMBAL, 2017. 58f.

SILVA, J. Z. et al. Crescimento inicial de Castanheira-do-Brasil propagada via Enxertia. In: Embrapa Roraima-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 16., 2019, Poços de Caldas. Justiça social e sustentabilidade medianizado pela economia verde: anais eletrônicos. Muzambinho: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, 2019.

SILVA, José de Arimatéa. Análise quali-quantitativa da extração e do manejo dos recursos florestais da Amazônia brasileira: uma abordagem geral e localizada (Floresta Estadual do Antimari - AC). (1996). 597 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal). Universidade Federal do Paraná. UFPR- Curitiba: 1996.

SMITH, N. P.; MORI, S. A. Estado de Conservação das Lecitidáceas do Leste. Páginas de Lecythidaceae (<http://sweetgum.nybg.org/lp/EasternBrazil.php>). O Jardim Botânico de Nova York, Bronx, Nova York. 2006.

SOUZA, C. S. DO C. R. DE.; SANTOS, V. A. H. F.; FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. DE C. Biomassa, crescimento e respostas ecofisiológicas de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* bonpl. submetidas a diferentes níveis de irradiância. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 557-569, abr.-jun., 2017.

SOUZA, F. R. S.; LAMEIRA, O. A.; LEMOS, O. F. Propagação in vitro e formação de calos em castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*). In: simpósio latino-americano de recursos genéticos vegetais. IAC; Brasília, DF: EMBRAPA-CENARGEN, 1997.

SOUZA, Izabel Christina Gava de. Seleção e Melhoramento em Populações Clonais de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden. 2016.. Universidade estadual paulista. "Julio de mesquita filho". Tese apresentada para obtenção do título de Doutor pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas-Genética. Botucatu, São Paulo.

STREIT, Nivia Maria et al. As clorofilas. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 748-755, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008. 719p.

TONINI, H.; ARCO-VERDE, M. F. Crown morphology to evaluate the growing space of four Amazon native species. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 633-638, 2005.

TONINI, Helio. Fenologia da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl., Lecythidaceae) no sul do estado de Roraima. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 123-131, 2011.

TONINI, Hélio.; PEDROZO, Cássia Ângelo. 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, 2014.

TONINI, Hélio; DA COSTA, Patrícia; KAMINSKI, Paulo Emílio. Estrutura e produção de duas populações nativas de castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em Roraima. **Floresta**, v. 38, n. 3, 2008.

TONINI, Helio; IVANOV, Guilherme Boeira; FLEIG, Frederico Dimas. Fatores edafoclimáticos relacionados à produção de sementes em castanhais nativos de Roraima. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, 2018.

TONINI, Helio; OLIVEIRA JUNIOR, Moisés Mourão Cordeiro de; SCHWENGBER, Dalton. Crescimento de espécies nativas da Amazônia submetidas ao plantio no estado de Roraima. **Ciência Florestal**, v. 18, n. 2, p. 151-158, 2008.

TREZZI, M.M et al . Características morfofisiológicas de biótipos de *Euphorbia heterophylla* com resistência a diferentes mecanismos de ação herbicida. **Planta daninha**, Viçosa , v. 27, n. spe, p. 1075-1082, Dec. 2009 .

UDDLING, Johan et al. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. **Photosynthesis research**, v. 91, n. 1, p. 37-46, 2007.

WADT, L. H. O; KAINER, K. A. Domesticação e melhoramento da castanheira. In: BORÉM, M.T.G.L.; CHARLES, R. C (Eds.) **Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas**. Viçosa, MG, 2009.

WADT, L.H.O.; KAINER, K.A.; GOMES-SILVA, D.A.P. Population structure and nut yield of a *Bertholletia excelsa* stand in Southwestern Amazonia. **Forest Ecology and Management**, v.211, p.371-384, 2005.

WANDELLI, Elisa V.; FERNANDES, Erick CM; LIMA, Keithy Anne. Desempenho de castanheiras (*Bertholletia excelsa* Bonpl) em sistemas agroflorestais implantados em áreas de pastagens com diferentes níveis de degradação. In: **Embrapa Amazônia Ocidental-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 10., 2016, Cuiabá. SAF: aprendizados, desafios e perspectivas: anais. Cuiabá: SBSAF, 2016., 2016.

WEBER, JC; MONTES, CS; KALINGANIRE, A.; ABASSE, T.; LARWANOU, M. Variação genética e clines no crescimento e sobrevivência de *Prosopis africana* de Burkina Faso e Níger: comparando resultados e conclusões de um teste de creche e um teste de campo de longo prazo no Níger. **Euphytica**, v. 205, n. 3, p. 809-821, 2015.

WENDLING, I.; ZANETTE, F.; RICKLI-HORSTI, H.C.; CONSTANTINO, V. Produção de mudas de araucária por enxertia. In: WENDLING, I.; ZANETTE, F. (Ed.). **Araucária: particularidades, propagação e manejo de plantios**. Brasília: Embrapa, 2017. p.107-144.

WENDLING, Ivar; HOFFMANN, Harry; LIRA, Alceu. Influência da técnica e da origem do propágulo na enxertia de campo em erva-mate (*Ilex paraguariensis* Saint Hilaire). **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 49, p. 47-60, 2004.

ZUCHIWSCHI, Elaine et al. Limitações ao uso de espécies florestais nativas pode contribuir com a erosão do conhecimento ecológico tradicional e local de agricultores familiares. **Acta Botanica Brasilica**, v. 24, n. 1, p. 270-282, 2010.

ZUFFO, Alan Mario et al. Eficiência na determinação indireta do nitrogênio foliar a partir do índice SPAD. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 8, n. 15, p. 802-820, 2012.