



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM
CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS - PPGCIFA**

ROZA MARIA DE OLIVEIRA PASSOS

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS, EDÁFICAS, NUTRICIONAIS E
PRODUÇÃO DE FRUTOS DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM
PLANTIOS CLONAIIS NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Manaus
2014

ROZA MARIA DE OLIVEIRA PASSOS

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉTRICAS, EDÁFICAS, NUTRICIONAIS E
PRODUÇÃO DE FRUTOS DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM
PLANTIOS CLONAIS NA AMAZÔNIA CENTRAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais da Universidade Federal do Amazonas - UFAM, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre.

Orientador Professor: Dr. Celso Paulo de Azevedo.
Co-orientador: Dr. Roberval Monteiro Bezerra de Lima.

Manaus
2014

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

P289c Passos, Roza Maria de Oliveira
Características biométricas, edáficas, nutricionais e produção de
frutos de castanha-da-amazônia em plantios clonais na Amazônia
Central / Roza Maria de Oliveira Passos. 2014
68 f.: il. color; 31 cm.

Orientador: Celso Paulo de Azevedo
Coorientador: Roberval Monteiro Bezerra de Lima
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Bertholletia excelsa. 2. Reflorestamento. 3. Biometria. 4.
Biomassa. I. Azevedo, Celso Paulo de II. Universidade Federal do
Amazonas III. Título



Poder Executivo
Ministério da Educação
Universidade Federal do Amazonas
Faculdade de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ciências Florestais e Ambientais - PPGCIFA



PARECER
Defesa nº162

A banca examinadora, instituída pelo colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, da Faculdade de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Amazonas, após arguir da mestranda **ROZA MARIA DE OLIVEIRA PASSOS**, em relação ao seu trabalho de dissertação intitulado **“INFLUÊNCIAS DOS FATORES EDÁFICOS E NUTRICIONAIS NA PRODUÇÃO DE FRUTOS E CARACTERIZAÇÃO BIOMÉTRICA EM PLANTIOS DE CASTANHA-DO-BRASIL NA AMAZÔNIA CENTRAL”** é de parecer favorável à APROVAÇÃO da mestranda habilitando-a ao título de Mestre *“Magister Scientiae”* em Ciências Florestais e Ambientais, na área de concentração em **CIÊNCIAS FLORESTAIS E AMBIENTAIS (CIFA)**.


Pesquisador Doutor Celso Paulo de Azevedo
Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental
Presidente da banca examinadora


Pesquisador Doutor Roberval Monteiro Bezerra De Lima
Pesquisador da Embrapa Amazônia Ocidental
Primeiro examinador


Professor Doutor Marciel José Ferreira
Professor da Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Amazonas
Segundo examinador

Manaus, 18 de Julho de 2014.


Prof. Dr. Marciel José Ferreira
Coordenador do Programa de Pós Graduação em
Ciências Florestais e Ambientais – PPG-CIFA

Ao meu querido pai Alcides;
Ao meu querido esposo Ezequiel;
Aos meus filhos Rafael e Gabrielle;
Aos meus irmãos;
DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestas e Ambientais (PPGCIFA) pela oportunidade;

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) pelo apoio;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado;

Aos meus orientadores Dr. Celso Paulo de Azevedo e Dr. Roberval Monteiro Bezerra de Lima pela orientação, confiança, respeito, amizade, oportunidade e contribuição à minha formação;

Aos responsáveis da Empresa Agropecuária Aruanã S. A. Sr. Sérgio Vergueiro, Sr. Gabriel Teixeira e aos funcionários Nonato, Ana, Bete, Preto, Jean, Naldo e demais pela concessão, apoio incondicional para realização deste trabalho;

A todos os professores do PPGCIFA e aos Doutores, funcionários da EMBRAPA pelos ensinamentos transmitidos e apoio prestado durante minhas atividades desenvolvidas nos respectivos locais;

A Dra. Marília Locatelli, minha professora na graduação, pela amizade e aprendizado para a continuação deste estudo;

A minha querida família, Ezequiel meu esposo e meus queridos filhos Rafael e Gabrielle pela paciência, incentivos, carinho e total apoio na realização de meus trabalhos;

Aos colegas das turmas de mestrado, Francisco, José Cordeiro, Alice, Rose e demais estagiários da EMBRAPA, Telma, Luana pela amizade, convivência e pelos momentos de discussões;

Enfim, a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho e curso, muito obrigada!

RESUMO

O estudo foi conduzido em plantio florestal de *Bertholletia excelsa* composto de cinco clones: Aruanã, Manoel Pedro, Santa Fé, 606 e 609 num total de 50 árvores na Empresa Agropecuária Aruanã S. A. no município de Itacoatiara - AM. O delineamento foi inteiramente casualizado. O objetivo foi investigar o efeito de fatores nutricionais e físicos do solo na produção de frutos, além da caracterização biométrica das árvores, copas, frutos e produção de biomassa. Em cada árvore foram medidas as variáveis dendrométricas e morfométricas dos frutos, determinados o Grau de esbeltez e Índice de saliência. Testes de correlação foram aplicados nas variáveis de produção (peso de ouriços e castanhas) em função de todas as variáveis morfométricas (altura, DAP, copa e os índices). Quantificadas as biomassas úmidas e secas das cascas dos ouriços e castanhas por clone. Foram testadas as variáveis dependentes (peso de ouriços e castanhas) em função de todas as variáveis independentes (DAP, altura, copa e os índices) através da regressão linear múltipla pelo método Stepwise. Os nutrientes foliares e químicos das árvores que apresentaram maior e menor produção de frutos foram testados pelo Teste t de Student e a dispersão dos clones em relação a estas variáveis foi através da análise de variáveis canônicas e interpretada pela tabela e gráfico da distância. O clone Manoel Pedro apresentou as maiores médias em relação ao comprimento e proporção de copa, DAP, menor grau de esbeltez e índice de saliência. A variável de produção peso do ouriço apresentou correlação significativa e positiva com DAP; a variável peso das castanhas apresentou correlação significativa e positiva com DAP e correlação significativa e negativa com grau de esbeltez, para o clone Aruanã. Para o clone Santa Fé somente a variável DAP apresentou correlação significativa e positiva com as variáveis de produção (peso dos ouriços, volume, peso das castanhas e número total de ouriços). Os melhores modelos ajustados para produção foram: Peso de ouriços (PO): $LnPO = -19,3639 + 6,5756 \ln(d)$; $R^2 = 46,48$ e $C(p) = -1,3182$. Volume de ouriços (VO): $LnVO = -6,9294 + 3,8186 \ln(d)$; $R^2 = 43,42$ e $C(p) = -0,8220$. Número de castanhas (NC): $LnNC = -9,4206 + 3,6031 \ln(d)$; $R^2 = 41,34$ e $C(p) = -1,5798$. Peso das castanhas (PC): $LnPC = -8,8587 + 3,9718 \ln(d)$; $R^2 = 44,39$ e $C(p) = -0,9034$. Número total de ouriços (NTO): $LnNTO = -11,8515 + 3,5241 \ln(d)$; $R^2 = 42,33$ e $C(p) = -1,3249$. A biomassa seca da casca dos ouriços e das castanhas ficou assim distribuída: Manoel Pedro > clone Aruanã > clone 606 > clone Santa Fé > clone 609. Não houve diferença significativa entre as árvores produtivas e não produtivas em relação às características químicas do solo e nutrição foliar das plantas. A análise de variáveis canônicas, baseados nos nutrientes foliares (nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco), separou o clone 609 em relação aos demais. Na profundidade de 0-20 cm, em relação aos nutrientes químicos do solo (pH, alumínio, ferro, zinco e manganês), a análise de variáveis canônicas separou os clones Aruanã e Manoel Pedro em relação aos demais. Na profundidade de 20-40 cm a análise de variáveis canônicas separou os clones Aruanã e 606 baseados nos nutrientes químicos (pH, carbono, matéria orgânica, magnésio, hidrogênio + alumínio, CTC a pH 7,0, ferro, manganês e cobre). A análise de variáveis canônicas, baseados nas variáveis físicas do solo (areia fina, silte e argila), na profundidade de 0-20 cm, separou o clone Santa Fé em relação aos demais clones. Na profundidade de 20-40 cm a análise de variáveis canônicas separou os clones Santa Fé e 609 baseados nas variáveis físicas (silte e argila). Observou-se maior produção em número de frutos e castanhas para o clone Manoel Pedro. As árvores mais produtivas apresentaram copas mais compridas, maiores incremento em DAP do que em altura, mais vitalidades e estabilidades. Existe variabilidade dentro de cada clone.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*, Reflorestamento, Biometria e Biomassa.

ABSTRACT

The study was conducted in forest planting *Bertholletia excelsa* composing five clones: Aruanã, Manoel Pedro, Santa Fé, 606 and 609 for a total of 50 trees in Agricultural Company Aruanã S. A. in Itacoatiara - AM. The design was completely randomized. The objective was to investigate the effect of nutritional and physical factors of soil in fruit production, in addition to biometric characterization of trees, fruits and biomass production. In each tree were measured the variables dendrometric and morphometric of the fruits, determined the index of esbeltez and salience. Correlation tests were applied in production variables (hedgehogs weight and nuts) in light of all the morphometric variables (height, DBH, crown and index). Quantified the wet and dry biomass of peels of hedgehogs and nuts by clone. The dependent variables were tested (hedgehogs weight and nuts) in light of all the independent variables (DBH, height, crown and index) by the multiple linear regression by method stepwise. The foliar and chemical nutrients from trees that had greater and lesser production fruits were tested by Student's t test and the dispersion of clones for these variables was by canonical variables analysis and interpreted by the table and graph of the distance. The clone Manoel Pedro presented highest average in the length and proportion of canopy, DBH, lower degree of esbeltez and index salience. The hedgehogs weight variable showed significant positive correlation with DBH; the variable weight of nuts showed significant and positive correlation with DBH and significant negative correlation with degree of esbeltez, for the clone Aruanã. For the clone Santa Fé only DBH showed significant and positive correlation with the production variables (weight of hedgehogs, volume, nuts weight and number total the hedgehogs). The best models adjusted to production were: Hedgehogs weight (WH): $LnWH = -19.3639 + 6.5756 \ln(d)$; $R^2 = 46.48$ and $C(p) = -1.3182$. Hedgehogs volume (VH): $LnVH = -6,9294 + 3.8186 \ln(d)$; $R^2 = 43.42$ and $C(p) = -0.8220$. Number of nuts (NN): $LNNN = -9.4206 + 3.6031 \ln(d)$; $R^2 = 41.34$ and $C(p) = -1.5798$. Weight of nuts (WN): $LnWN = -8.8587 + 3.9718 \ln(d)$; $R^2 = 44.39$ and $C(p) = -0.9034$. Total number of hedgehogs (NTH): $LnNTH = -11.8515 + 3.5241 \ln(d)$; $R^2 = 42.33$ and $C(p) = -1.3249$. The dryness biomass of peels sea urchins and chestnuts was distributed as follows: Manoel Pedro > clone Aruanã > clone 606 > clone Santa Fé > 609 clone. There was no significant difference between productive and non-productive trees in relation to the chemical characteristics of soil and foliar plant nutrition. The canonical variables analysis, based on foliar nutrients (nitrogen, potassium, calcium, sulfur, boron, copper, iron, manganese and zinc), separated the clone 609 at relation on others. In the depth of 0-20 cm in relation to soil nutrients chemical (pH, aluminum, iron, zinc and manganese), the canonical variables analysis separated the clones Aruanã and Manoel Pedro in relation to others. In the depth of 20-40 cm the canonical variables analysis separated the Aruanã clones and 606 based on chemical nutrients (pH, carbon, organic matter, magnesium, hydrogen + aluminum, CEC at pH 7.0, iron, manganese and copper). The canonical variables analysis, based on the physical characteristics of the soil (sand, silt and clay) at a depth of 0-20 cm the clone Santa Fé, been separated compared to the other clones. In the depth of 20-40 cm the canonical variables analysis separated the clones Santa Fé and 609 based in the physical variables (silt and clay). The most productive trees, have had longer tops, higher increase in DBH of the than in height, more vitality and stability. There are variability within each clone.

Keywords: *Bertholletia excelsa*, reforestation, Biometrics and Biomass.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Fuste e copa da castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)..... 18
- Figura 2- Folhas e inflorescência da castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)..... 18
- Figura 3 - Frutos e sementes de castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)..... 19
- Figura 4 - Características morfológicas dos clones Aruanã, 609, 606, Manoel Pedro e Santa Fé no plantio de castanha-da-amazônia da Empresa Agropecuária Aruanã S. A. 27
- Figura 5 - Localização da Empresa Agropecuária Aruanã S. A., e das áreas I e II onde estão implantados os clones de castanha-da-amazônia, Itacoatiara, AM. 28
- Figura 6 - Fluxograma amostral dos clones, biometria e biomassa dos frutos e castanhas. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM..... 31
- Figura 7 - Medição do diâmetro de copa, altura total e inserção de copa em clones de castanha-da-amazônia 32
- Figura 8 - Caracterização morfológica dos frutos e das castanhas dos clones Aruanã, 609, 606, Manoel Pedro e Santa Fé coletados na Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. A - coleta de ouriços, B - peso dos ouriços C - medição do diâmetro dos ouriços, D - peso das cascas dos ouriços, E - peso do número de castanhas, F e G – peso unitário das castanhas com cascas e sem cascas..... 34
- Figura 9 - Coleta de amostra foliares em clones de castanha-da-amazônia para determinação do estado nutricional da castanheira. A - Coleta das folhas, B - Folhas 35
- Figura 10 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, nutrientes foliares da profundidade 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5..... 56
- Figura 11 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, nutrientes químico do solo da profundidade de 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5..... 57
- Figura 12 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis químicas do solo da profundidade de 20-40 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5..... 58
- Figura 13 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis físicas do solo da profundidade 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5..... 59
- Figura 14 - Gráfico de dispersão dos Clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis físicas do solo da profundidade 20-40 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5..... 60

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Local dos acessos, altura do fuste e circunferência do caule da planta matriz de castanha-da-amazônia disponíveis no Banco de Germoplasma implantados em 1968 da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, 2009. 25
- Tabela 2 - Características biométricas de clones de *Bertholletia excelsa* de 31 anos plantados na Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Os valores são média \pm desvio-padrão (n = 10). 25
- Tabela 3 - Resultados biométricos de frutos maduros de quatro clones de castanha-da-amazônia em Belém, Pará, 1984. 26
- Tabela 4 - Caracterização morfométricas das árvores, copas, frutos e castanhas dos clones de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. 41
- Tabela 5 - Resultados da análise de variância para altura e DAP, referentes aos clones Aruanã, Santa Fé, Manoel Pedro, 606 e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. 42
- Tabela 6 - Resultados da análise de variância das características da copa dos clones Aruanã, Santa Fé, Manoel Pedro, 606 e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. 43
- Tabela 7 - Resultados da análise de variância das características dos ouriços e castanhas dos clones Manoel Pedro, Aruanã, 606, Santa Fé e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. 44
- Tabela 8 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone Aruanã. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses. 46
- Tabela 9 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone Santa Fé. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses. 47
- Tabela 10 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO - números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone

Manoel Pedro. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses.....	48
Tabela 11 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone 606. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses.	49
Tabela 12 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO - números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone 609. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses.	50
Tabela 13 - Resultados dos modelos de regressão ajustados pelo método de Stepwise, incluindo todos os clones de castanha-da-amazônia para as variáveis de produção. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.	51
Tabela 14 - Análise de variância da biomassa úmida e seca das cascas dos ouriços e castanhas dos clones Manoel Pedro, Aruanã, 606, Santa Fé, e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM....	52
Tabela 15 - Caracterização e teste de médias dos nutrientes foliares das árvores com maior e menor produtividade dos clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.	53
Tabela 16 - Caracterização granulométrica de solo dos clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.....	54
Tabela 17 - Atributos químicos e teste de médias das árvores com maior e menor produtividade nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.	55
Tabela 18 - Estatística F da distância de mahalanobis entre os clones das variáveis foliares de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.....	56
Tabela 19 - Tabela de distância entre os clones das variáveis químicas do solo da profundidade 0-20 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.....	57
Tabela 20 - Tabela de distância entre os clones das variáveis químicas do solo da profundidade 20-40 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.....	57
Tabela 21 - Tabela de distância entre os clones das variáveis físicas do solo da profundidade 0-20 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.	59
Tabela 22 - Tabela de distância entre os clones das variáveis físicas do solo da profundidade 20-40 cm. Empresa agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.	59

Tabela 23 - Indicadores de eficiência morfométrica e de produção dos cinco clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM..... 60

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVO	16
2.1 OBJETIVO GERAL	16
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
3 REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA	17
3.1.1 Aspecto botânico e morfológico	17
3.1.2 Distribuição geográfica e ocorrência natural	19
3.2 FATORES EDÁFICOS E NUTRICIONAIS RELACIONADO À PRODUÇÃO DE FRUTOS DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA	20
3.2.1 Fatores Edáficos	20
3.2.2 Características Nutricionais	21
3.3 ASPECTOS PRODUTIVOS DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM FLORESTA NATIVA E PLANTIO	22
3.3.1 Produção em Floresta Nativa	22
3.3.2 Produção em Plantio	23
3.4 ORIGEM E DISPONIBILIDADE DOS CLONES	24
4 MATERIAL E MÉTODOS	28
4.1 LOCAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	28
4.1.1 Clima	29
4.1.2 Solo	29
4.1.3 Vegetação	29
4.2 DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA	29
4.2.1 Procedimentos para coleta de dados	29
4.2.2 Características avaliadas e métodos de determinação	30
4.2.2.1 Variáveis biométricas da castanha-da-amazônia	30

4.2.2.2 Caracterização morfométricas dos frutos da castanha-da-amazônia	33
4.2.2.3 Biomassa dos frutos e das castanhas	33
4.2.2.4 Estado nutricional da castanheira	35
4.2.2.5 Granulometria e concentração de nutrientes no solo	35
4.2.2.6 Delineamento experimental e análises estatísticas	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PRODUÇÃO DOS CLONES	40
5.1.1 Altura e DAP	41
5.1.2 Copa	42
5.1.3 Morfometria dos frutos e castanhas	43
5.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO	45
5.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA – STEPWISE	45
5.4 BIOMASSA DOS MESOCARPOS DOS FRUTOS E DAS CASTANHAS	51
5.5 TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES	52
5.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS	53
5.6.1 Caracterização química do solo	53
5.7 GRANULOMETRIA	54
5.8 ANÁLISES DE VARIÁVEIS CANÔNICAS	54
5.9 INDICADORES DE EFICIÊNCIA	60
6 CONCLUSÕES	61
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63

1 INTRODUÇÃO

Atualmente inúmeros trabalhos têm demonstrado o potencial de mercado para produtos florestais não-madeireiros (PFNMs). A castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H. & B.), possui um mercado estabelecido, devido ao elevado valor da amêndoa, e são importantes para a transformação do modo de uso da terra na Amazônia. Os PFMNs permitem estabelecer um equilíbrio entre a segurança alimentar das populações, geração de emprego e renda e uso racional dos recursos naturais. Também são alternativas para reduzir o desmatamento e manter a floresta em pé (TONINI; KAMINSKI, 2008).

Desde o declínio da exploração de borracha, a exploração da castanha-da-amazônia tornou-se a principal atividade econômica na região Amazônica, e esta atividade vem sustentando milhares de extrativistas (HOMMA et al., 2000).

Dentre os produtos do extrativismo vegetal, a castanha-da-amazônia movimentou 68,4 milhões de reais, ocupando a sexta colocação em valor comercializado no Brasil no ano 2012. Do total de 38.805 toneladas de castanha extraída no Brasil, 96,0% concentrou na Região Norte do Brasil. A baixa produtividade no Amazonas e os baixos preços em Rondônia foram os principais motivos da queda de 7,9% em relação a 2011. Os principais estados produtores foram Acre (14.088 toneladas), Amazonas (10.478 toneladas) e Pará (10.449 toneladas). O município líder que mais extraiu a castanha, no ano de 2012, foi Brasiléia no Acre, com 4.169 toneladas (PRODUÇÃO, 2012).

No entanto, alguns estudos indicam que castanhais estabelecidos há 12 anos podem atingir uma produtividade anual de até 550 kg/ha; no entanto, segundo Müller et al. (1995), essa produtividade pode alcançar até 3.325 kg/ha. Este valor é bastante promissor quando comparado com a produtividade média de 4.160 kg/ha alcançada pela noz macadâmia a partir do 12º ano de implantação de pomares de elevada densidade e base tecnológica (PIMENTEL et al., 2007).

A produção mundial de castanha-da-amazônia vem sofrendo queda a partir da década de 80, devido principalmente aos problemas de desmatamento da floresta Amazônica, preços baixos, falta de política para incentivar à produção e contaminação por aflatoxinas (NASCIMENTO et al., 2010).

A capacidade da oferta extrativa da castanha-da-amazônia em relação ao Brasil, Bolívia e Peru apresentam limitações, cuja produção mundial tem sido constante há seis décadas. Portanto há necessidade de ampliar a oferta mediante plantios (HOMMA & MENEZES, 2008). Outro fator relevante para baixa oferta é que os estoques de castanheiras

nos principais centros produtores, a exemplo do sudeste Paraense, foram substituídos por pastagens, projetos de assentamentos, extração madeireira, mineração, expansão urbana, etc. Diante disso, seria possível expandir para 100 mil hectares, a área atual sem expansão de fronteira agrícola, bastando para isso que se utilizem áreas degradadas, para recompor Áreas de Reserva Legal e de Preservação Permanente, utilização de pastos ociosos e terras improdutivas, com garantia de mercado assegurado. Há um aspecto em que toda a atual produção extrativa espalhada em mais de um milhão de hectares poderia ser obtida em apenas 20 mil hectares cultivados, embora a dificuldade decorra do longo tempo para o retorno de capital estimado em 27 anos em plantio solteiro (PIMENTEL et al., 2007).

A economia extrativa é um ciclo no qual se tem a fase da expansão, depois a estabilização e finalmente o seu declínio. Na sequência têm-se os recursos naturais, o início da atividade extrativa, o manejo, a domesticação e pode evoluir para a descoberta de sintéticos. Outras variáveis como o aumento dos níveis salariais da economia, escassez de terra, novas oportunidades, entre outras desestabilizam a economia extrativa. A insistência na manutenção do extrativismo pode levar a prejuízos sociais para os agricultores e consumidores (HOMMA, 2012).

O cultivo racional da castanha-da-amazônia visando a produção de sementes tornou-se viável depois dos trabalhos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a Embrapa (MULLER et al., 1980). No entanto, por se tratar de espécie de uso múltiplo (madeira e frutos), no momento atual se constitui em alternativa para a reconstituição de reserva legal, pois mesmo não se podendo auferir renda com a madeira, tem-se a produção de castanhas, que se inicia entre oito a dez anos após o plantio, em plantações efetuadas com mudas oriundas de sementes, atingindo o patamar de produção com idade de 20 anos (NASCIMENTO et al., 2010).

O sucesso e a viabilidade da produção de espécies perenes dependem de variedades mais produtivas desenvolvidas em programas de melhoramento, onde atividades de pré-melhoramento tais como: avaliação e caracterização da diversidade genética existente, bem como seleção e conservação de genótipos promissores são essenciais. Além disso, os fatores ambientais atuam sobre os processos fisiológicos das plantas, principalmente na formação, transporte e distribuição das reservas que resultam em aumento ou diminuição da floração, e esta em conjunto com a frutificação efetiva, é o evento mais crítico que ocorre após o estabelecimento de um plantio. Desde que as condições de crescimento sejam favoráveis, a época e a intensidade da floração determinam quando e quantos frutos serão produzidos pelas plantas (DAVENPORT E NÚÑEZ-ELISEA, 1997; ALBUQUERQUE et al., 2012).

Entretanto, pesquisas de campo com o objetivo de investigar o potencial de adaptação desta e de outras espécies florestais nativas quando em plantios e sujeitas às mudanças nos fatores abióticos e bióticos são ainda limitadas quanto à quantidade e qualidade das informações. O fato é que o reduzido número de estudos consistentes tem refletido em parte na baixa diversidade de espécies compondo plantios de produção na região da Amazônia Legal, sendo 60% da área plantada de espécies exóticas dos gêneros *Eucalyptus*, *Tectona* e *Pinus* (PEREIRA et al., 2010).

No entanto, procurou-se entender quais fatores biométrico, nutricionais e edáficos influenciam na produção de frutos em clones de castanha-da-amazônia? Os cinco clones em plantios homogêneos demonstram o mesmo potencial quantitativo para produção de frutos?

Com o objetivo de responder esses questionamentos estudou-se a caracterização biométrica, nutricionais e edáficas relacionado à produção de frutos, além da quantificação da biomassa em cinco clones de castanha-da-amazônia em plantios homogêneos.

Ressalve-se que o trabalho de pesquisa faz parte do projeto “Pré-melhoramento, ecofisiologia e desenvolvimento de tecnologias de manejo para a implantação da castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa*) em cultivo na Amazônia”, no plano de ação (subprojeto) “Ecofisiologia de castanheiras em sistemas de cultivo na Amazônia”, conduzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Ocidental.

2. OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as relações entre os frutos e as características biométricas, nutricionais e edáficas em plantios clonais de *Bertholletia excelsa* no estado do Amazonas.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar as variáveis biométricas¹ influentes na produção da castanha-da-amazônia, em plantio homogêneo;
- Correlacionar a morfometria dos frutos com a produção de amêndoas por clone de castanha-da-amazônia;
- Estimar a produção e a biomassa dos frutos da castanha-da-amazônia; e
- Avaliar a influência da produção de frutos aos fatores bióticos e abióticos, por clone.

¹ Características referente à altura, DAP e diâmetro de copa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA

3.1.1 Aspecto botânico e morfológico

A castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.) é uma espécie nativa da região Amazônica, pertence à família das Lecythidaceae, com larga aceitação no mercado nacional e internacional, principalmente as suas amêndoas (RIBEIRO et al., 1999).

As características morfológicas da castanha-da-amazônia referem-se ao de uma árvore caducifoliada de grande porte e lenhosa de 1,50 a 2,0 metros de diâmetro a altura do peito (DAP), altura total variando de 30 a 50 metros (YARED et al., 1993; MULLER, 1995). Nas regiões da Amazônia com predominância da fisionomia de floresta ombrófila densa, com solos naturalmente férteis, encontram-se árvores adultas com idade estimada em mais de 800 anos, atingindo cerca de 60 m de altura total e 4,0 m de diâmetro na base, (MULLER, 1995; CAVALCANTE, 1991).

De acordo com Muller (1995), a castanha-da-amazônia desenvolve um sistema radicular pivotante bastante profundo (5 a 10m) com a maior concentração das raízes num raio e profundidade de 60 cm, a partir do centro da planta, porém, lateralmente, o sistema radicular é pouco expandido.

O caule em condições de floresta natural ou sob cultivo denso, apresenta-se ereto, predominantemente cilindro, geralmente com desrama natural (desprovido das ramificações laterais) do fuste até a proximidade da inserção da copa, com até 2,5 m de diâmetro à altura do peito, e altura média de 48m. É recoberto por casca espessa e fendilhada, áspera, longitudinalmente fissurada com predominância de coloração marrom-escura (MORI; PRANCE, 1990; VILLACHICA, 1996) (Figura 1).

A copa apresenta-se larguíssima e seu aspecto inconfundível, sendo predominantemente frondosa nas áreas isoladas, ao contrário, nas condições de competição florestal apresenta copa com diâmetro menos expressivo. As folhas distribuídas espacialmente alternadas nos ramos laterais são firmemente inseridas ao caule. Os ramos vegetativos, os que apresentam inflorescência e ou frutos, suas extremidades são recurvadas para cima, provavelmente devido ao fototropismo positivo (PINHEIRO, 1967; MORI E PRANCE, 1990; ALMEIDA et al., 1995) (Figura 1).



Figura 1 - Fuste e copa da castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)
Fonte: Pessoal

As folhas são simples e alternas, oblongas, elípticas e onduladas, brilhantes com coloração verde-escura, medindo 17 a 36 cm de comprimento por 6 a 15 de largura, fixada em um pecíolo de dois a seis cm de comprimento apresentando nervura central e lateral (abundantes e retas) (MORI E PRANCE, 1990; ALMEIDA et al., 1995; VILLACHICA, 1996) (Figura 2).

A inflorescência é do tipo racemosa juntas formam panículas de flores zigomórficas (unissexuadas) dioicas (ESAU, 1974). Apresenta flores branco-amareladas e aromática (ALMEIDA et al., 1995) (Figura 2).



Figura 2- Folhas e inflorescência da castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)
Fonte: / www.umpedeque.com.br/ Peruquetti

O fruto da castanheira é um pixídio, comumente denominado de ouriço, do tipo lenhoso, globosa, estrutura seca, coloração marrom, com tamanho variável. Seu peso varia entre 500 e 1500 g e contendo 14 a 25 sementes (ALMEIDA et al., 1995). O ouriço perfaz em torno de 75% da massa total do pericarpo (tegumento + lóculo), 12% do restante é composto

pelos tegumentos (cascas das amêndoas) e 13% pelas amêndoas. Sua casca, o pericarpo é duro e resistente (MULLER, 1995; MORITZ, 1984). Segundo Wadt et al. (2005), a castanheira produz frutos uma vez por ano e seu fruto apresenta-se grande, medindo de 8 a 15 cm de diâmetro, demorando mais de um ano (14-15 meses) para ser formado (Figura 3).

A castanha é composta por tegumento e amêndoa. O tegumento ou testa que recobre a amêndoa, é lignificada, resistente, rugoso, porém quebradiço, proporcionando baixa permeabilidade hídrica e alta resistência mecânica natural, possui coloração marrom e apresenta três vértices parcialmente triangulares, medem de 3,50 a 5,00 cm de comprimento por 2 cm de largura, pesam de 4 a 10g cada (MULLER, 1995) (Figura 3).



Figura 3 - Frutos e sementes de castanha-da-amazônia (*Bertholletia excelsa* H & B)

Fonte: Pessoal

As sementes não são nozes (castanhas), mas sim caroços de um pixídio (MORITZ, 1984), são de forma angulosas, com tegumento córneo, contendo no seu interior à amêndoa, de grande utilidade e valor econômico por possuir grande quantidade de aminoácidos essenciais ao ser humano. A amêndoa é considerada como carne vegetal por possuir em torno de 17% de proteína – cerca de cinco vezes o conteúdo proteico do leite bovino in natura e a principal proteína é a excelsina. Na sua composição é encontrado alto teor de gordura, na amêndoa desidratada, elevado teor de vitamina B1 e baixo teor de A, D, e E, além de cálcio e fósforo (ALMEIDA et al., 1995; NASCIMENTO, 1984).

3.1.2 Distribuição geográfica e ocorrência natural

A castanha-da-amazônia ocorre nos estados brasileiros do Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Roraima e Rondônia, em boa parte do Maranhão, Tocantins e do Mato Grosso. Ocorre também na Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e nas Guianas, mas, no Brasil existe em maior número (LOUREIRO et al., 1997).

3.2 FATORES EDÁFICOS E NUTRICIONAIS RELACIONADO À PRODUÇÃO DE FRUTOS DA CASTANHA-DA-AMAZÔNIA

3.2.1 Fatores Edáficos

São vários fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas e seu potencial produtivo, dentre eles: Material de origem, Estrutura, Textura, Profundidade, Declividade e topografia, Temperatura, Reação (pH), Matéria orgânica, Atividade de microrganismos, Capacidades de troca de cátions, Saturação por bases, Sistemas de plantio e Sistemas de manejo (NOVAIS, 2007).

No estudo da química do solo e da nutrição, interessa primeiro conhecer a composição da água do solo ou o conteúdo desta em diferentes elementos nutritivos. Nesse sentido, o nutriente tem função importante no metabolismo de compostos orgânicos, como aminoácidos, proteínas, vitaminas, etc., além de outros decorrentes da quase totalidade de macro e micro nutrientes essenciais, cujos íons que comumente estão presentes na solução do solo, as plantas o utilizam para o seu crescimento, como: H^+ , K^+ , Na^+ , NH_4^+ , Ca^{++} , Mg^{++} , Al^{+++} , SO_4^{-2} , NO_3^- , HPO_4^{-2} , CO_3^{-2} . Além destes outros ocorrem, porém em concentração menores, como o Fe^{+++} , Zn^{++} , Cu^{++} e SiO_4^{-2} (VIEIRA, 1985).

Considerando a ocorrência desses nutrientes em solo da Amazônia, pode-se concluir que estes apresenta baixo potencial para o suprimento de nutrientes como fósforo, cálcio, potássio e magnésio para as plantas (JORDAN, 1985). Este baixo potencial é devido à lixiviação, além do histórico geológico da região. Sendo a deficiência em fósforo (P), e a toxidez do alumínio (Al) os dois principais problemas que prejudicam o crescimento e adaptação dos cultivos na Amazônia (LIMA, 2004).

A *Bertholletia excelsa* encontra em grupo de terra firme da mata alta, situados em solos profundos, bem estruturados e drenados, quase sempre em argilosos ou argilo-arenosos, sendo que sua maior ocorrência são os de textura média e pesada, podendo aparecer também em concrecionário laterítico (piçarra), com característica topografia levemente ondulada. E não é encontrado em solo excessivamente compactado, alagados e úmidos (LOCATELLI et al., 2003; MULLER, 1995; CLEMENT, 1999).

Em Rondônia, populações naturais de castanha-da-amazônia podem ser predominantemente encontradas sob as condições de florestas, em áreas com diferentes topografias e gradientes de fertilidades natural, variando desde os solos naturalmente férteis (podzólicos vermelho, vermelho-amarelo e amarelo) aos solos de baixa fertilidade, tipo os latossolos bem drenados e com textura argilosas ou argilo-arenosas, apresentando melhor

adaptabilidade em áreas de topografia elevada, com relevo alternando de suavemente a fortemente ondulado (RAMALHO et al., 2006).

Em uma análise química do solo de plantio de castanha-da-amazônia em argissolo vermelho amarelo distrófico plúntico, textura argilosa em Porto Velho, Rondônia foi demonstrado que a espécie apresenta bom desenvolvimento em altura e diâmetro em solos com pH ácido, baixos valores de saturação de bases, solo distrófico, baixa capacidade de cátions e altíssimos valores de saturação de alumínio (LOCATELLI et al., 2005).

Segundo Passos (2009) em Porto Velho, Rondônia, na análise química do solo de plantio da castanha-da-amazônia foi encontrado Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico, apresentou bem drenado e argiloso. Os valores de pH do solo verificados nesta área são extremamente ácidos. É importante ressaltar que o valor de saturação de bases (V) encontrado é muito baixo de 1 a 3%. O solo é distrófico com baixa fertilidade natural. Os teores de fósforo baixos de 1 e 3 mg/dm³, como na maioria dos solos do Estado de Rondônia. A matéria orgânica diminui da superfície para as camadas mais profundas.

Para Clemente citado por Tonini (2011), no leste da Amazônia, as castanha-da-amazônia ocorrem em oxissolos e ultissolos, pobre em nutrientes, porém, bem estruturado e drenado, não sendo encontrado em solos excessivamente compactados.

Segundo Lima et al. (2004), os principais fatores edáficos relacionados ao crescimento da castanha-da-amazônia são os químicos (P, Zn, Na, Al e Mg) e os físicos (areia total, silte e água disponível).

3.2.2 Características Nutricionais

De maneira geral as plantas apresentam exigências nutricionais de macro e micronutrientes que são obtidos prioritariamente do solo ao longo do ciclo de cultivo da cultura, segundo, a ordem padrão decrescente de extração de macronutrientes - N > K > Ca > Mg > P = S; micronutrientes - Cl, Fe, Mn, Zn, B, Cu, Mo (VALE et al., 2010).

Os estudos sobre nutrição da castanheira são ainda incipientes, não se dispo de resultados consistentes que permitam avaliar com precisão o estado nutricional das plantas (NASCIMENTO et al., 2010).

Em termos de minerais, as amêndoas de castanha-da-amazônia é rica em potássio (519,9 mg/100 g), fósforo (577 mg/100 g) e magnésio (230 mg/100 g), contém ainda em sua composição cálcio (198 mg/100 g), sódio (81,0 mg/100 g), cobre (0,66 mg/100 g), ferro (3,4 mg/100g) (IBGE, 1981) e selênio (0,4 e 12,6 mg/100 g) (CHUNHIENG et al., 2004).

No que concerne à recuperação de áreas e em menor escala, sob plantios experimentais, verificou-se que indivíduos de *Bertholletia excelsa* exibiram alta eficiência na captura de carbono, que tem sido refletido no desempenho de crescimento (FERREIRA et al., 2009, FERREIRA et al., 2012. Nesse sentido, o maior crescimento associado à melhor eficiência no uso de nutrientes, isto é, maior acúmulo de biomassa com menor uso relativo de nutrientes, representa critério interessante para seleção de espécies em programas de reflorestamento na Amazônia, onde os solos em sua maioria apresentam baixa fertilidade natural (SANTOS JUNIOR et al., 2006; SILVA et al., 2006).

O termo “eficiência no uso de nutrientes” pode também ser definido como a capacidade de uma espécie em adquirir nutrientes necessários ao crescimento e/ou incorporá-los ou utilizá-los na produção de biomassa aérea e de raízes ou na formação de frutos, sementes e folhas (BLAIR, 1993).

3.3 ASPECTOS PRODUTIVOS DE CASTANHA-DA-AMAZÔNIA EM FLORESTA NATIVA E PLANTIO

3.3.1 Produção em Floresta Nativa

Uma castanheira pode produzir até 1.000 ouriços em uma safra; no entanto, a produção de uma árvore varia muito em função de vários fatores, dentre os quais: o ano, a região, DAP (diâmetro a altura do peito), as condições de copa e da própria característica genética da árvore. Em função disso, a produção de um castanhal pode ou não variar de uma safra para outra. No entanto, tradicionalmente, os extrativistas comentam que a castanheira possui um ciclo de alta produção a cada quatro anos, ou seja, a árvore produz o máximo e depois vai diminuindo, voltando ao máximo de produção no quarto ano seguinte (WADT et al., 2005).

Assim, de acordo com os autores supracitados, um estudo realizado na região de Xapuri - AC (Seringal Filipinas, Reserva Extrativista Chico Mendes), referentes as safras de 2002, 2003 e 2004, foi confirmada essa variação na produção individual de cada árvore, mas ainda não foi possível verificar a tendência do ciclo de quatro anos. Neste estudo observou-se que a produção de frutos de uma árvore está relacionada com seu DAP e que a produção total do castanhal não variou muito de uma safra para outra.

Segundo Kainer et al. (2007) em estudos realizados em área nativa na RESEX Chico Mendes, ao leste do Acre, a média do número de frutos da castanha-da-amazônia produzidos por árvore/ano foi de 66,2. Das 140 árvores estudadas cerca de 40% produziram em média

menos de 20 frutos/ano⁻¹. Do mesmo modo, cerca de 25% das árvores (aqueles que produziram > 200 frutos/ano⁻¹) produziram, em média, 72% do total anual.

Estudos de monitoramento da produção de castanha-da-amazônia pelo Projeto Kamukaia, em populações naturais, demonstraram que cerca de 30% das castanheiras produzem muito pouco e que a produção comercial é oriunda de apenas 40 a 50% das árvores presentes nos castanhais, havendo, além disso, grande variação na produção entre diferentes anos. Estes resultados demonstraram que plantios comerciais e de enriquecimento de áreas florestais com a espécie não devem ser feitos sem a prévia seleção de material genético (ALBUQUERQUE et al., 2012).

Segundo Wadt et al. (2005) e Kainer et al. (2007), a forma da copa tem influência significativa sobre a produção de frutos em árvores nativas de castanha-da-amazônia.

Viana et al. (1998), ao estudarem a ecologia e o manejo de populações de castanha-da-amazônia em reservas extrativistas de Xapuri (AC), observaram que o tamanho da árvore correlacionou-se positivamente com elevadas aberturas de dossel. A densidade de plantas jovens observadas foi quase duas vezes maior que a densidade de adultos, o que sugere que as menores classes de tamanho possuíam baixos níveis de abertura do dossel e que o corte de liberação ou abertura pode aumentar o recrutamento, crescimento e a produtividade dos castanhais.

Em termos médios, uma castanheira produz 29 ouriços por ano, com 16 castanhas, o que perfaz 470 castanhas/árvore/ano (CHAVES, 2007).

Tonini et al. (2008) em Roraima avaliaram a produção total de castanhas de 27 árvores produtivas (81,8%), registrando 76,3 kg, equivalendo a 8,47 kg/ha. O número médio de frutos produzidos por árvore foi de 36,4 com uma produção média de 5,4 kg de sementes. Esses valores são menores que os observados por diferentes pesquisadores em reservas extrativistas no Acre. VIANA et al. (1998) registraram uma produção média por árvore de 24 kg com um mínimo de 1,5 kg e um máximo de 105 kg. Wadt et al. (2005) observaram uma produção média de 10,28 kg.árvore⁻¹ em 140 amostras com DAP mínimo de 10 cm e Kainer et al. (2006), monitorando 140 árvores durante 2 anos consecutivos, obtiveram um número médio de frutos coletados de 65,5 e 72,2 e peso de sementes de 9,7 kg e 10,7 kg, respectivamente.

3.3.2 Produção em Plantio

A Embrapa Amazônia Oriental desenvolveu tecnologias para acelerar e uniformizar a germinação das sementes, assim como o uso de novas técnicas de enxertia foi possível no

final da década de 80 dar ênfase ao cultivo de castanha-da-amazônia em monocultivo. Entretanto, a baixa produtividade das plantas, possivelmente por problemas relacionados à incompatibilidade dos clones, fez com que o processo de plantio nesse sistema não deslanchasse, ficando restrito aos cultivos em sistemas agroflorestais (NASCIMENTO et al., 2010).

No entanto, a castanha-da-amazônia ainda não foi submetida a um programa de melhoramento vegetal, sendo desconhecidos os potenciais genético e fisiológico desta espécie quando utilizada em plantios de produção (WADT e KAINER, 2009).

Existem poucos plantios comerciais de castanha-da-amazônia, experiência mais conhecida em grande escala para produção na Amazônia são os plantios conduzidos na Empresa Agropecuária Aruanã S. A. (Itacoatiara, AM), os quais foram implantados em antigas áreas de pastagens abandonadas. Estes plantios são compostos de clones selecionados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e propagados via enxertia (MÜLLER, 1982; MORI, 1992).

Espaçamentos iniciais muito amplos favorecem a formação de copas grandes sendo mais indicados para a produção de frutos. A produção de frutos é mais correlacionada com a área da copa do que com o diâmetro à altura do peito. Para obter copas grandes e profundas em um período de tempo curto os plantios de castanheira devem crescer sob altos níveis de luminosidade (PEÑA-CLAROS et al., 2002). Da mesma forma Tonini et al. (2008) afirmaram que a luminosidade influencia na produção.

O controle de produtividade realizado em planta aos seis anos após a enxertia, indica que as castanheiras podem produzir cerca de 300 litros/ha/ano e, aos doze, o total pode chegar até 700 a 800 litros/ha/ano. A produtividade esperada na estabilização gira em torno de 5 mil litros/ha/ano, podendo variar de ano para ano (MULLER et al., 1995).

3.4 ORIGEM E DISPONIBILIDADE DOS CLONES

A mais antiga coleção de germoplasma dessa fruteira encontra-se instalada na Embrapa Amazônia Oriental, em Belém-PA, representada por seis acessos coletados no Estado do Pará, mais precisamente nos municípios de Alenquer e Oriximiná. Esses acessos estão estabelecidos na forma de clones e foram implantados em 1968. Na Tabela 1, estão apresentados o local de coleta dos acessos, altura do fuste e circunferência do caule das matrizes de onde foram coletados os fruto.

Tabela 1 - Local dos acessos, altura do fuste e circunferência do caule da planta matriz de castanha-da-amazônia disponíveis no Banco de Germoplasma implantados em 1968 da Embrapa Amazônia Oriental, Belém-PA, 2009.

Procedência	Altura do fuste da planta-matriz (m)	Circunferência do caule da planta-matriz (m)	Nome do acesso
Castanhal Santa Fé, `as margens do Rio Mamiá, Alenquer-PA	27	5,35	Santa Fé I
Castanhal Santa Fé, `as margens do Rio Mamiá, Alenquer-PA	24	4,00	Santa Fé II
Castanhal Porongaba, `as margens do Rio Mamiá, Alenquer-PA	-	-	Manoel Pedro I
Castanhal Segredo, às margens do Rio Mamiá, Alenquer-PA	-	-	Manoel Pedro II
Estrada do aeroporto, cidade de Alenquer-PA	6,00	1,43	Clone 606
Castanhal Porção Velho, Oriximiná-PA	6,00	2,00	Clone 609

Fonte: NASCIMENTO et al. (2010)

Até o momento não existem variedades, nem clones registrados e lançados para a castanha-da-amazônia. O trabalho de pesquisa está voltado para a seleção de plantas de alta produtividade, que vêm sendo clonadas e avaliadas. Os principais clones selecionados em castanhais nativos e utilizados em cultivos racionais são os denominados Santa Fé I e II, Manuel Pedro I e II, C-606, C-609 e Aruanã (NASCIMENTO et al., 2010).

Em estudo desenvolvido por Ferreira (2013) na Fazenda Agropecuária Aruanã S. A., sobre características ecofisiológicas de clones de castanha-da-amazônia em plantios de produção na Amazônia Central com vistas a caracterizar seus aspectos biométricos, inferiu-se os resultados conforme apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Características biométricas de clones de *Bertholletia excelsa* de 31 anos plantados na Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Os valores são média \pm desvio-padrão (n = 10).

Clone	Altura (m)	DAP (m)*	Área de copa (m ²)
Aruanã	20,5 \pm 4,0	0,73 \pm 0,10	297 \pm 79
609	12,0 \pm 2,0	0,48 \pm 0,11	173 \pm 44
606	16,0 \pm 3,0	0,58 \pm 0,19	243 \pm 88
Manoel Pedro	20,5 \pm 4,0	0,88 \pm 0,10	293 \pm 66
Santa Fé	23,5 \pm 4,5	0,75 \pm 0,13	378 \pm 132

*DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m)

Fonte: Ferreira (2013).

Em outro trabalho realizado por Moritz (1984) em estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-da-amazônia em Belém, PA, avaliou alguns parâmetros de fruto maduros de quatro clones de castanha-da-amazônia, conforme Tabela 3.

Resultados de quantidades e medidas dos frutos maduros de quatro clones de castanha-da-amazônia em Belém, Pará.

Tabela 3 - Resultados biométricos de frutos maduros de quatro clones de castanha-da-amazônia em Belém, Pará, 1984.

Clone	Quantidade ouriços (n)	Peso (g)	Diâmetro (cm)	Quantidade de sementes
609	8	666	10,7	17,5
Manoel Pedro	12	533	11,5	18,8
Santa Fé	13	769	12,6	18,6
Santa Fé II	12	657	11,3	18,0

Fonte: Moritz (1984)

A figura 4 A, B, C, D e E apresentam as características dos clones Aruanã, C-609, C-606, Manoel Pedro e Santa Fé no plantio de castanha-da-amazônia.





Figura 4 - Características morfológicas dos clones Aruanã, 609, 606, Manoel Pedro e Santa Fé no plantio de castanha-da-amazônia da Empresa Agropecuária Aruanã S. A.
Fonte: Ferreira

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCAL E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi conduzido na propriedade da Empresa Agropecuária Aruanã S. A. (Fazenda Aruanã), localizada na Rodovia AM - 010 Manaus-Itacoatiara, km 213, município de Itacoatiara, Amazonas, Brasil, com coordenadas geográficas correspondentes a 03°00'29" Sul e 58°49'53" Oeste, compreendendo uma área total de 14.310,34 hectares, com 1.257.000 castanheiras plantadas, sendo 318.000 árvores enxertadas destinada a produção de frutos e 939.000 para produção de madeira em plantios adensados. A empresa conta ainda com uma área de 16 ha com 6.400 árvores que compõem o jardim clonal. A área do estudo compreende um plantio homogêneo propagado por enxertia, com cinco clones Aruanã (AR), Manoel Pedro (MP), Santa Fé (SF), 606 e 609 de 31anos, destinados para produção de frutos (Figura 5).

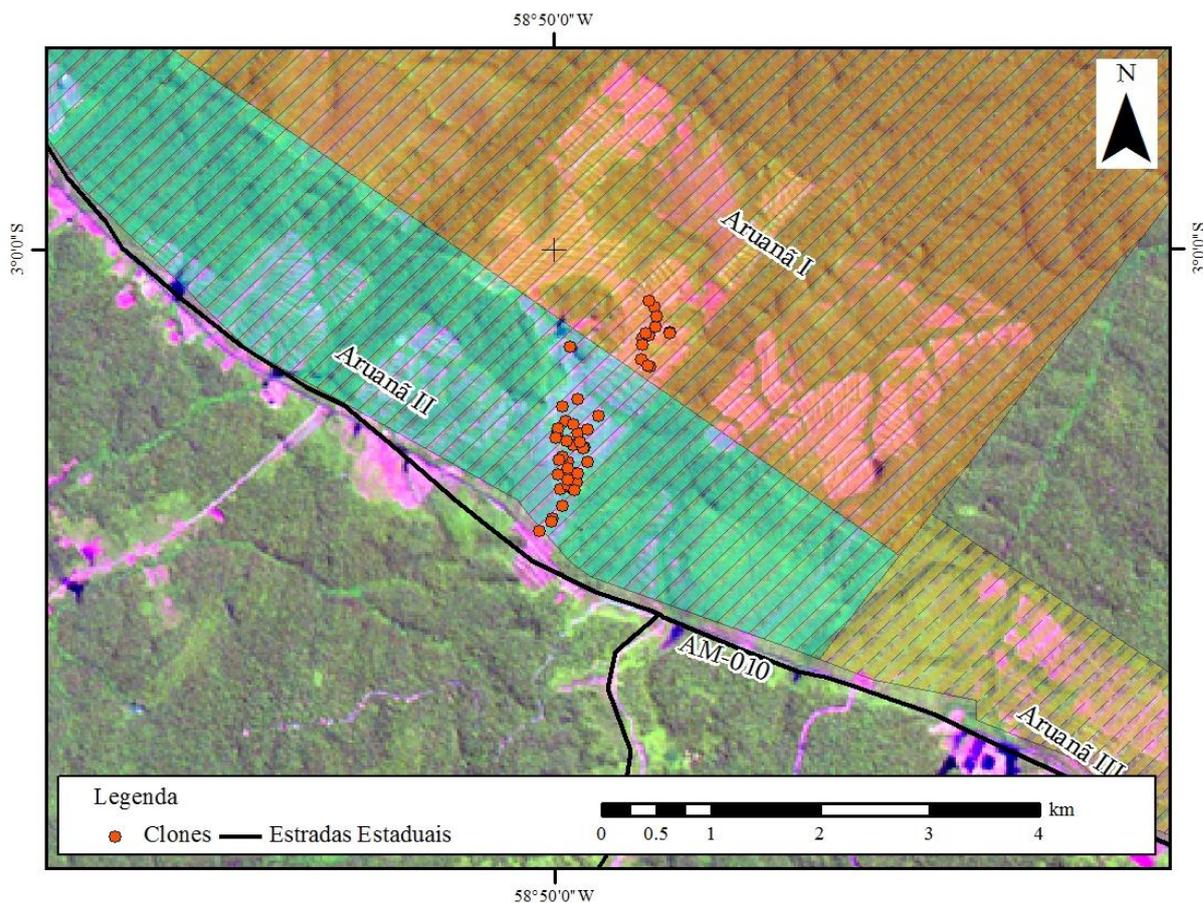


Figura 5 - Localização da Empresa Agropecuária Aruanã S. A., e das áreas I e II onde estão implantados os clones de castanha-da-amazônia, Itacoatiara, AM.

Fonte: Fazenda Aruanã

4.1.1 Clima

Segundo dados do projeto Radam-brasil (1978) e Ministério da Agricultura 1º DSME no período 1961-1990, na estação mais próxima em Itacoatiara a 54 Km da Fazenda Aruanã, o clima do local está classificado, segundo Köppen, como Clima Tropical Chuvoso (Grupo Climático A) com variedade climática Amw (Chuvas do tipo monções), representando uma variedade do tipo Am, possuindo todas as características, diferindo apenas por apresentar as maiores quedas pluviométricas durante o outono. A precipitação pluviométrica anual é cerca de 2.200 mm, com menor volume mensal entre agosto e outubro. A temperatura média encontra-se a 26°C, com máximas de 31,1°C e mínimas de 22,0°C, com umidade relativa do ar em torno de 80%.

4.1.2 Solo

A área está inserida na microrregião médio Amazonas, com baixa fertilidade natural, alta toxidez de alumínio e solos de textura muito argilosa, solo com predominância do tipo Latossolo Amarelo. A topografia apresenta ondulações, com altitudes variando entre 120 m e 170 m (RADAM-BRASIL, 1978; KATO, 1995).

4.1.3 Vegetação

A região possui vegetação típica de floresta tropical úmida de terra firme. Encontra-se uma das reservas florestais mantidas para preservação entre as áreas das antigas pastagens. Nessas reservas foram plantadas em 1991, linhas de enriquecimento com castanheiras, com espaçamento de 20 x 20 m, mantendo-se quase totalmente a vegetação original da floresta (KATO, 1995).

4.2 DEFINIÇÃO DO UNIVERSO DA PESQUISA

4.2.1 Procedimentos para coleta de dados

Nos 16 ha com 6.400 árvores plantadas para produção de frutos com os cinco clones foram amostrados dez indivíduos de cada clone, totalizando 50 árvores. Esta amostra total foi utilizada para a biometria das árvores e da copa.

Inicialmente as amostragens para os dados de produção de frutos e castanhas das dez árvores por clone seriam 25 frutos (ouriços) selecionados aleatoriamente por árvore. Entretanto nem todas as árvores produziram esta quantidade, como também algumas

produziram até mais de 25 frutos, então trabalhou-se com toda produção até 25 frutos por árvore, totalizando 734 frutos amostrados e 11.879 castanhas em 45 árvores.

Da produção total dos 734 frutos, foram obtidos os dados da biometria dos ouriços e selecionados aleatoriamente 451 cascas de ouriços para análise da biomassa. Do total das 11.879 castanhas foram amostradas 3.665 para análise biométrica e 4.303 para biomassa (Figura 6).

4.2.2 Características avaliadas e métodos de determinação

4.2.2.1 Variáveis biométricas da castanha-da-amazônia

Os parâmetros morfométricos de cada árvore foram: altura total (h), altura da inserção da copa (HIC) utilizando o Clinometer de Haglof Eletronic, comprimento de copa (L) obtido pela subtração da altura total pela da inserção de copa (Figura 7). O DAP foi a partir da altura 1,30 m a partir do solo, utilizando a fita diamétrica .

O diâmetro de copa em metros foi obtido através da média entre a largura maior (L) e a largura menor (l) da copa, conforme Weber (2007) e área de copa em m² (PEÑA-CLAROS et al., 2002).

$$DMC = \frac{L+l}{2}$$

Onde:

DMC = Diâmetro Médio de Copa;

L = Largura maior (m);

l = Largura menor (m).

$$AC = [\pi \times 0,25 \times (DMC)^2]$$

Onde:

AC = Área de copa (m²)

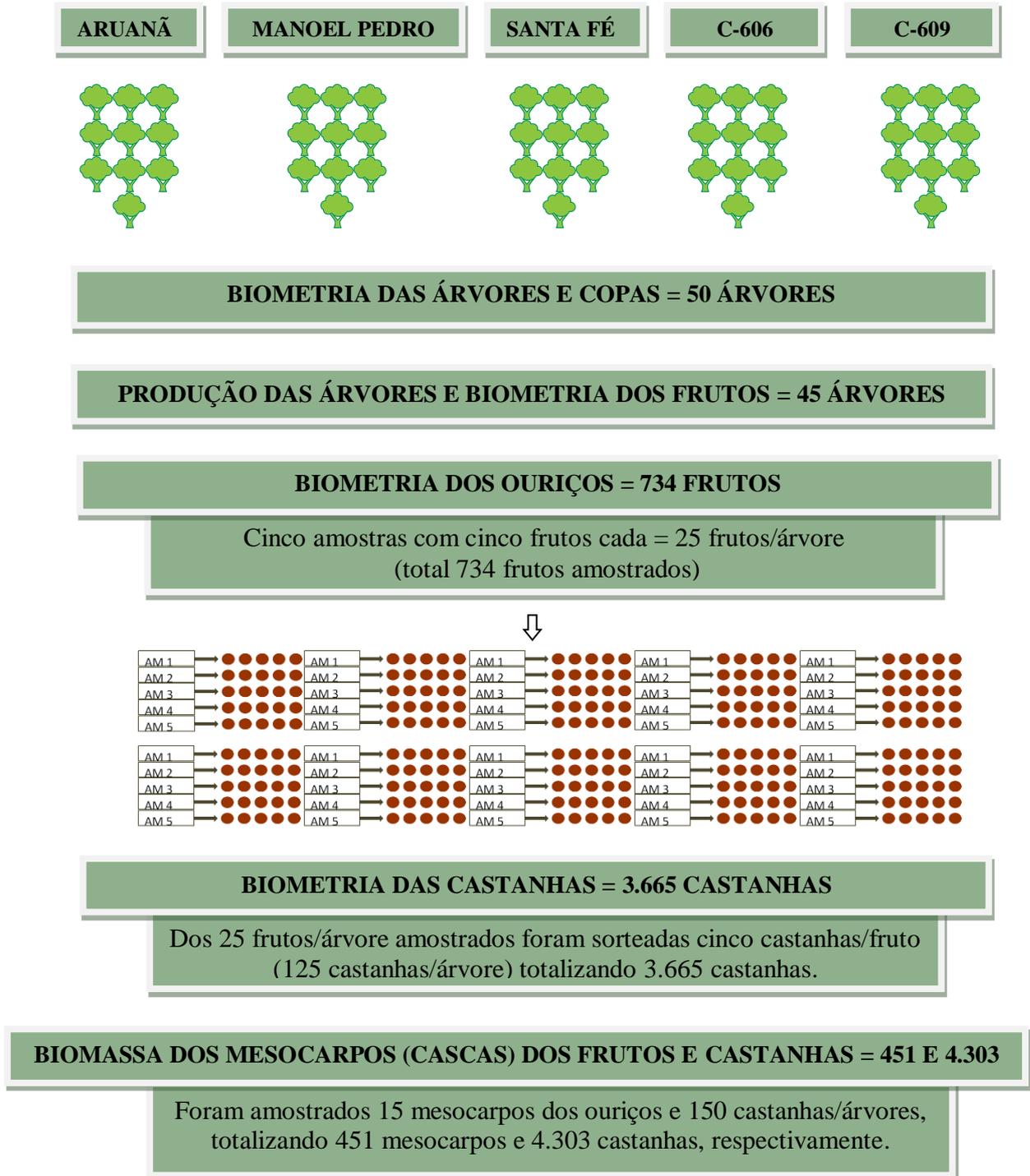


Figura 6 - Fluxograma amostral dos clones, biometria e biomassa dos frutos e castanhas. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

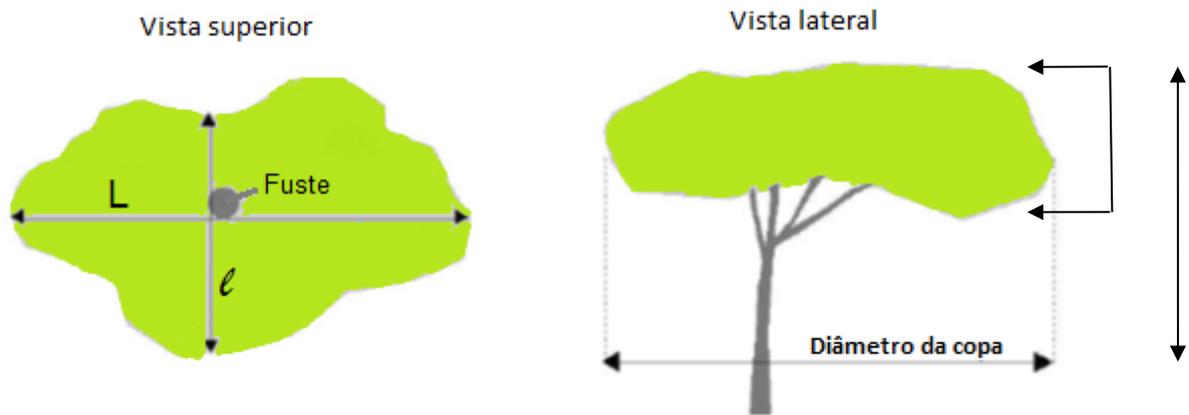


Figura 7 - Medição do diâmetro de copa, altura total e inserção de copa em clones de castanha-da-amazônia

Os parâmetros morfométricos de copa foram obtidos conforme Durlo e Denardi (1998). Proporção de copa corresponde à relação entre o comprimento da copa e altura total da árvore. É um indicador da vitalidade das árvores.

$$PC = \frac{100L}{h}$$

Onde:

PC = Proporção de copa (%);
 L = Comprimento de copa (m);
 h = Altura total (m).

Grau de esbeltez obtido através da relação entre a altura total e o DAP. Quanto mais alto o grau de esbeltez, tanto mais instável é árvore.

$$GE = \frac{h}{DAP}$$

Onde:

GE = Grau de esbeltez;
 h = Altura (m);
 DAP = Diâmetro a altura do peito (cm).

Índice de saliência é o resultado da divisão do diâmetro de copa pelo DAP. Este índice expressa quantas vezes o diâmetro de copa é maior que DAP.

$$IS = \frac{Dc}{DAP}$$

Onde:

IS = Índice de saliência;

Dc = Diâmetro de copa (m);

DAP = Diâmetro a altura do peito (cm).

4.2.2.2 Caracterização morfométricas dos frutos da castanha-da-amazônia

Para determinar a produção de frutos foram monitorados os indivíduos de castanha-da-amazônia, no período da safra (janeiro a maio) de 2013.

Os frutos e as castanhas foram quantificados, pesados e medidos de acordo com as variáveis: o peso total dos frutos (g), circunferência dos frutos (cm), peso da casca fruto (g), número total de castanhas, peso total e unitário das castanhas com casca (g); peso unitário das castanhas sem casca (g). Para a circunferência e o peso foi utilizado o paquímetro e a balança digital, respectivamente (Figura 8 A, B, C, D, E, F e G).

4.2.2.3 Biomassa dos frutos e das castanhas

As pesquisas da biomassa dos frutos e das castanhas são ainda limitadas quanto à quantidade de informações. A parte deste estudo teve como objetivo quantificar a produção destes materiais, pois sua medição é um instrumento útil na avaliação de ecossistemas, em virtude da aplicação na análise da produtividade, conversão de energia, ciclagem de nutrientes e absorção e armazenamento de energia solar, entre outros (SOARES et al., 2006).

Uma das aplicações atualmente dadas às cascas da castanha-da-amazônia é a utilização nos fornos para fabricação de tijolos, embora seja comum que grande parte desse resíduo seja descartada após a etapa de processamento (FERREIRA, 2009).

A biomassa total dos frutos e das castanhas foi obtida através do peso úmido, sendo posteriormente secas em estufa com circulação e renovação de ar com temperatura a 103 °C para as cascas e 65 °C para as castanhas, para obtenção de peso da matéria seca (SOARES et al., 2006).



Figura 8 - Caracterização morfológica dos frutos e das castanhas dos clones Aruanã, 609, 606, Manoel Pedro e Santa Fé coletados na Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. A - coleta de ouriços, B - peso dos ouriços C - medição do diâmetro dos ouriços, D - peso das cascas dos ouriços, E - peso do número de castanhas, F e G – peso unitário das castanhas com cascas e sem cascas.

$$PS(c) = \frac{PU(c) \cdot PS(a)}{PU(a)}$$

Em que:

PS (c) = biomassa total (g);

PU (c) = peso de matéria úmida total (g);

PU (a) = peso de matéria úmida da amostra levada ao laboratório (g); e

PS (a) = peso de matéria seca da amostra (g).

4.2.2.4 Estado nutricional da castanheira

As características nutricionais das árvores consistiram no uso de procedimentos diretos para determinação da composição mineral das folhas. As amostras foram coletadas em seis árvores de cada clone, destas seis, três foram obtidas nas árvores com maior produção e três com menor produção. Com auxílio de um podão foram coletadas no terço médio dos clones três amostras composta com quatro folhas, com bom estado fitossanitário e completamente madura (FONTES, 2006; e SILVA, 2009) (Figura 9 A e B).

Foram avaliados os macro (Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg) e enxofre (S) e micronutrientes Boro (B), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn) e Zinco (Zn) (EMBRAPA, 1997).



Figura 9 - Coleta de amostra foliares em clones de castanha-da-amazônia para determinação do estado nutricional da castanheira. A - Coleta das folhas, B - Folhas

4.2.2.5 Granulometria e concentração de nutrientes no solo

Foram coletadas amostras de solo na projeção das copas de seis árvores de cada clone. Destas seis foram coletadas três amostras nas árvores que obtiveram maior produção e mais três com menor produção de frutos, para análises das propriedades químicas e físicas do solo. Com auxílio de um trado pedológico tipo holandês foram coletadas três amostras compostas a partir de três simples nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm (Figura 11 A e B).

Na análise química do solo foram determinadas as concentrações dos elementos: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), além do pH em água, Matéria Orgânica (MO) e Carbono (C) e os micronutrientes: Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn) (EMBRAPA,1997).

Na análise física foi determinada a composição granulométrica (areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila) (EMBRAPA, 1997).

4.2.2.6 Delineamento experimental e análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado considerando cada árvore uma unidade amostral.

Foi utilizada estatística descritiva (média, desvio padrão), teste de médias, análise de correlação de Pearson, regressão linear múltipla e análise de variáveis canônica, para organização, descrição, análise e interpretação dos dados.

a) Análise de variância - foi realizada utilizando os cinco clones como tratamento, com “Teste F” e quando os resultados se mostraram significativos, utilizou-se o teste de “Tukey” ao nível de 5% significância. O modelo matemático adotado foi (BARBIN, 2013).

$$y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

Em que:

y_{ij} = Observação do i-ésimo tratamento na j-ésima árvore;

μ = efeito constante (média geral);

t_i = efeito do i-ésimo tratamento (clones);

ε_{ij} = é o erro associado ao i-ésimo tratamento na j-ésima árvore.

As hipóteses testadas foram:

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (nulidade)

H_a : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (alternativa)

b) Teste t de Student para comparação de amostras independentes - utilizou-se para verificar se existiam diferenças entre as árvores mais produtivas e menos produtivas em relação às variáveis químicas de solo e fatores nutricionais dos clones.

c) Coeficiente de correlação de Pearson - foram realizadas análises de correlação para verificar as relações entre as variáveis morfométricas das árvores (altura, DAP), copas (comprimento, diâmetro médio, área, proporção), índices (grau de esbeltez e índice de saliência) e a produção de frutos (peso, volume e número total de ouriços, número e peso das castanhas), (CRESPO, 2009).

$$r = \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{[n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2][n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2]}}$$

Onde:

X_i = Altura, DAP, copas (comprimento, diâmetro médio, área, proporção), índices (grau de esbeltez e índice de saliência).

Y_i = Peso, volumes e número totais de ouriços, número e peso das castanhas.

n é o número de observações.

$r = -1$ indica uma associação linear negativa perfeita entre as variáveis.

$r = 1$ indica uma associação positiva perfeita.

$r = 0$ significa que não existe correlação linear.

d) Análise estatística de regressão linear múltipla - este estudo é prospectivo, uma vez que, dispomos somente dos dados de produção do ano 2013. Para uma avaliação maior e mais consistente precisamos de uma série de pelo menos cinco anos de dados de produção.

Testou-se as variáveis dependentes (peso dos ouriços - PO g, volume dos ouriços - VO cm³, número das castanhas - NC, peso das castanhas - PC g, números totais dos ouriços - NTO) em função de todas as variáveis independentes (altura - H, altura de inserção de copa - HIC, DAP, diâmetro médio de copa - DMC, comprimento da copa - CP, área e proporção de copa - PC, Grau de esbeltez - GE e Índice de saliência - IS) (REGAZZI, 1993), pelo método Stepwise.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \dots + \beta_p x_{pi} + e_i$$

Onde:

$i = 1, 2, \dots, n$, sendo n o número de observações.

Y = variáveis dependentes

X_1, X_2, \dots, X_p = variáveis independentes

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ = estimativas amostrais dos coeficientes das variáveis independentes

O método consiste em incluir no modelo a variável x mais correlacionada com a resposta y . Ajusta-se o modelo linear simples com a variável selecionada. Em seguida, com todas as variáveis não incluídas no modelo, levando em conta as variáveis já selecionadas, a próxima variável x a entrar no modelo é a de maior correlação parcial com a variável y . Ajusta-se o modelo incluindo a variável correlacionada.

Por este procedimento, qualquer variável que origina uma contribuição não significativa é removida do modelo.

Este processo continua até que nenhuma outra variável dependente seja admitida no modelo e nenhuma outra seja rejeitada.

No diagnóstico do melhor modelo incluímos a raiz do erro quadrático médio (RMSE), o coeficiente de determinação (R^2) e a estatística $C(p)$ de Mallows. O $C(p)$ é utilizado para avaliar o ajuste de um modelo de regressão que foi estimado utilizando mínimos quadrados. É aplicado no contexto de seleção de modelos, em que um número de variáveis de previsão estão disponíveis para prever algum resultado. O objetivo é encontrar o melhor modelo envolvendo um subconjunto destes indicadores.

O $C(p)$ Mallows, dado pela equação a seguir, foi calculado para todos os subconjuntos. Usando esta técnica, o modelo com o menor $C(p)$ é declarado o melhor modelo linear.

$$C(p) = \frac{SSE_p}{S^2} - n + 2p$$

Onde:

$C(p)$ = Estatística de Mallows;

SSE = Soma de quadrado do erro para o modelo com p regressores (subconjunto);

S^2 = quadrado médio do erro após a regressão com o conjunto completo de k regressores;

p = número de coeficientes do modelo, incluindo o intercepto;

n = número de observações.

e) Análise de variáveis canônicas - consistiu nas análises dos nutrientes foliares (Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Cálcio, Magnésio, enxofre, Boro, Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) atributos químicos (pH em água, Carbono, Matéria Orgânica, Nitrogênio, Fósforo, Potássio, Sódio, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Hidrogênio + Alumino, Soma de Bases Trocáveis, Capacidade Troca Catiônica Efetiva, Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0, Índice de Saturação por Base, Índice de Saturação por Alumínio, Ferro, Zinco, Manganês e

Cobre) e físicos do solo (areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila). O objetivo da análise foi encontrar diferenças entre os clones com base nos atributos nutricionais, químicos e físicos do solo, utilizou-se o método da estatística F da distância de mahalanobis e a tabela da distância entre os clones, além do gráfico de dispersão dos clones. A variação total entre os clones foi explicada pelos vetores canônicos e a significância foi pelo teste estatístico multivariado de Wilks' Lambda.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 VARIÁVEIS BIOMÉTRICAS E PRODUÇÃO DOS CLONES

Os resultados referentes às variáveis de altura, DAP, copa e produção de frutos dos clones são apresentados na Tabela 4.

Em média por árvore, os clones mais produtivos foram Manoel Pedro com ($80,00 \pm 44,91$ frutos), com produção de ($11,90 \pm 6,03$ kg de sementes) e Aruanã ($64,70 \pm 58,76$ frutos), com ($11,17 \pm 11,43$ kg de sementes). O clone menos produtivo foi 609, com ($8,90 \pm 8,82$ frutos) e ($0,98 \pm 1,07$ kg de sementes). Os valores dos clones mais produtivos foram superiores aos resultados de Tonini et al. (2008) em árvores nativas, onde avaliaram a produção de sementes de castanha-da-amazônia com relação as características morfométricas da copa e índices de competição. Os valores da produção média por árvore encontrada foram $25 \pm 42,6$ frutos, com produção de $3,43 \pm 6,06$ kg de sementes. Kainer et al. (2007), encontraram valores de produção semelhante a este estudo, monitoraram 140 árvores durante cinco anos consecutivos e obtiveram número médio de frutos, coletados por ano, de $66,2 \pm 98$ e $9,3$ kg por árvore. Em dois locais na Bolívia, Zuidema e Boot (2002) encontraram valores superiores, com produção média, por árvore e por ano, de 184 ± 129 e 139 ± 104 frutos, ao monitorar 93 indivíduos durante cinco e três anos consecutivos, respectivamente.

O clone Manoel Pedro apresentou as maiores médias em relação ao comprimento e proporção de copa, DAP, menor grau de esbeltez e índice de saliência. Pode-se constatar que as árvores mais produtivas apresentam copas mais compridas, maiores incremento no DAP do que em altura, maior vitalidade e estabilidade. Tonini et al. (2008) encontrou resultados semelhantes para maior comprimento de copa e menor grau de esbeltez em árvores nativas de castanha-da-amazônia.

Entre as variáveis de produção dos ouriços e das castanhas em relação a produção total por árvore: número de ouriços, peso, volume, número de castanhas, peso das castanhas, peso unitário das castanhas com casca e sem casca, o clone Manoel Pedro apresentou as maiores médias ($80,00 \pm 44,91$; $41,41 \pm 20,92$ kg; $41,02 \pm 22,05$ cm³; $1398,00 \pm 761,46$; $11,79 \pm 6,07$ kg; $0,80 \pm 0,37$ kg; $0,35 \pm 0,19$ kg) seguido do clone Aruanã.

A constatação de diferentes níveis de produtividade entre os clones estudados foi importante, pois indica que existe algum fator de solo ou fatores genéticos responsáveis pela produção entre os clones.

Tabela 4 - Caracterização morfométricas das árvores, copas, frutos e castanhas dos clones de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Variáveis	Clone				
	Aruanã	Santa Fé	Manoel Pedro	606	609
H (m)	22,25 ± 2,15	21,72 ± 3,46	21,10 ± 3,84	14,95 ± 2,47	11,57 ± 1,90
HIC (m)	5,37 ± 3,09	4,03 ± 2,75	2,90 ± 1,65	2,26 ± 1,09	2,08 ± 0,53
L (m)	16,8 ± 3,17	17,69 ± 3,71	18,20 ± 3,96	12,69 ± 2,41	9,49 ± 1,88
DAP (cm)	77,58 ± 11,30	76,36 ± 13,02	83,55 ± 9,59	59,78 ± 17,22	50,33 ± 10,55
DMC (m)	19,22 ± 1,42	23,37 ± 3,57	20,58 ± 1,86	17,74 ± 1,89	15,52 ± 2,11
AC (m ²)	291,46 ± 43,41	437,95 ± 125,82	335,05 ± 60,83	249,72 ± 53,89	192,27 ± 52,57
PC (%)	76,05 ± 13,36	81,65 ± 12,70	85,96 ± 8,38	84,77 ± 6,84	81,68 ± 4,99
GE	0,29 ± 0,03	0,30 ± 0,09	0,25 ± 0,05	0,26 ± 0,05	0,23 ± 0,03
IS	0,25 ± 0,04	0,31 ± 0,04	0,25 ± 0,04	0,31 ± 0,08	0,31 ± 0,04
NTO (n°)	64,70 ± 58,76	20,50 ± 21,32	80,00 ± 44,91	30,30 ± 54,56	8,90 ± 8,82
PO (Kg)	39,01 ± 38,52	8,65 ± 9,43	41,41 ± 20,92	18,08 ± 35,87	3,76 ± 3,82
VO (cm ³)	37,82 ± 37,32	8,40 ± 8,53	41,02 ± 22,05	16,64 ± 31,38	3,94 ± 4,07
PUC (Kg)	27,16 ± 26,48	5,98 ± 6,66	28,97 ± 15,02	12,77 ± 25,59	2,68 ± 2,66
PSC (Kg)	10,91 ± 10,54	2,55 ± 2,75	11,90 ± 6,03	5,66 ± 11,06	1,22 ± 1,08
NC (n°)	1031,00 ± 951,85	301,96 ± 303,84	1398,00 ± 761,46	526,90 ± 1013,00	131,56 ± 130,99
PC (Kg)	11,17 ± 11,43	2,50 ± 2,63	11,79 ± 6,07	4,93 ± 9,66	0,98 ± 1,07
PUCC (Kg)	0,78 ± 0,81	0,18 ± 0,20	0,80 ± 0,37	0,31 ± 0,56	0,07 ± 0,08
PUCSC (Kg)	0,38 ± 0,39	0,09 ± 0,09	0,35 ± 0,19	0,15 ± 0,27	0,03 ± 0,03

H - altura, HIC - altura de inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grua de esbeltez, IS - índice de saliência, NTO - números totais de ouriços, PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, PUC - peso úmido das cascas, PSC - peso seco das cascas, NC - número de castanhas, PC - peso das castanhas, PUCC - peso unitário das castanhas com casca, PUCSC - peso unitário das castanhas sem casca.

5.1.1 Altura e DAP

De modo geral, nos resultados apresentados quanto às características biométricas, foram observadas diferenças significativas ($p = 0,0001$) entre os clones para as variáveis altura e DAP. Os clones Manoel Pedro, Aruanã e Santa Fé foram estatisticamente superiores e iguais quanto à altura e DAP. Os clones 606 e 609 foram inferiores aos demais (Tabela 5).

Ferreira (2013) na mesma área estudou as características ecofisiológicas de clones de *Bertholletia excelsa* H. & B. em plantios de produção na Amazônia Central. Encontrou valores próximos aos obtidos neste trabalho para as características biométricas dos clones. Maior altura média para o clone Santa Fé, Aruanã, Manoel Pedro, 606 e 609 ($23,5 \pm 4,5$ m; $20,5 \pm 4,0$ m; $20,5 \pm 4,0$ m; $16,0 \pm 3,0$ m e $12,0 \pm 2,0$ m, respectivamente). O maior DAP médio foi para o clone Manoel Pedro, Santa Fé, Aruanã, 606 e 609 ($0,88 \pm 0,10$ m; $0,75 \pm 0,13$ m; $0,73 \pm 0,10$ m; $0,58 \pm 0,19$ m e $0,48 \pm 0,11$ m respectivamente).

Tabela 5 - Resultados da análise de variância para altura e DAP, referentes aos clones Aruanã, Santa Fé, Manoel Pedro, 606 e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Altura (m)	DAP (cm)
AR	22,3 ± 2,2 a	77,6 ± 11,3 a
SF	21,7 ± 3,5 a	76,4 ± 13,0 a
MP	21,1 ± 3,8 a	83,6 ± 9,6 a
606	15,0 ± 2,5 b	59,8 ± 17,2 b
609	11,6 ± 1,9 b	50,3 ± 10,5 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância. DAP = diâmetro à altura do peito (1,3 m).

5.1.2 Copa

Os clones foram significativamente diferentes em relação às médias de comprimento, diâmetros e área da copa ($p = <0,0001$), inserção de copa ($p = 0,0042$) e índice de saliência ($p = 0,0030$) (Tabela 6).

As médias do comprimento de copa apresentado pelos clones Manoel Pedro, Santa Fé e Aruanã foram estatisticamente superiores aos demais clones. Quanto à inserção de copa, o clone Aruanã apresentou a maior média, enquanto Santa Fé e Manoel Pedro foram estatisticamente iguais.

Para o diâmetro e área de copa, o clone Santa Fé apresentou as maiores médias, diferindo-se dos demais. Observa-se que os clones 606 e 609 mostraram os menores resultados.

Os clones 609, Manoel Pedro, e 606 apresentaram as menores médias para variável grau de esbeltez. Estes resultados demonstram a estabilidade dos mesmos, pois quanto mais baixo o grau de esbeltez, tanto mais estável é a árvore com maior possibilidade de produção (DURLO e DENARDI, 1998).

As médias do índice de saliência dos clones Santa Fé ($0,31 \pm 0,04$), 606 ($0,31 \pm 0,08$) e 609 ($0,31 \pm 0,04$) foram superiores aos demais clones.

Tabela 6 - Resultados da análise de variância das características da copa dos clones Aruanã, Santa Fé, Manoel Pedro, 606 e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Comprimento da copa (m)	Inserção da copa (m)	Diâmetro da copa (m)	Área da copa (m ²)	Proporção da copa (%)	Grau de Esbeltez	Índice de saliência
AR	16,9 ± 3,1 a	5,4 ± 3,1 a	19,2 ± 1,4 b	291,4 ± 43,4 b	76,1 ± 13,4 a	0,29 ± 0,03 a	0,25 ± 0,04 ab
SF	17,7 ± 3,9 a	4,0 ± 2,7 ab	23,4 ± 3,6 a	437,9 ± 125,8 a	81,7 ± 12,7 a	0,30 ± 0,09 a	0,31 ± 0,04 ab
MP	18,2 ± 4,0 a	2,9 ± 1,7 ab	20,6 ± 1,9 ab	335,0 ± 60,8 b	85,0 ± 8,4 a	0,25 ± 0,05 a	0,25 ± 0,04 c
606	12,7 ± 1,8 b	2,3 ± 1,1 b	17,7 ± 1,9 bc	249,7 ± 53,9 bc	84,8 ± 6,8 a	0,26 ± 0,05 a	0,31 ± 0,08 a
609	9,5 ± 1,9 b	2,1 ± 0,5 b	15,5 ± 2,1 c	192,3 ± 52,6 c	81,7 ± 5,0 a	0,23 ± 0,03 a	0,31 ± 0,04 a

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

5.1.3 Morfometria dos frutos e castanhas

Foram observadas diferenças significativas dos clones entre as variáveis ouriços e castanhas: números totais de ouriços (p = 0,0018), peso dos ouriços (p = 0,0028), volumes dos ouriços (p = 0,0024), casca úmida (p = 0,0041), casca seca (p = 0,0059), número das castanhas (p = 0,0014), peso das castanhas (p = 0,0035), unidade de castanhas com casca (p = 0,0020) e unidade de castanhas sem casca (p = 0,0045) (Tabela 7).

Os clones Manoel Pedro, Aruanã e 606 foram estatisticamente superiores em relação ao peso e volume dos ouriços, peso úmido e peso seco das cascas, número de castanhas, peso das castanhas, peso unitário das castanhas com cascas e sem casca e números totais de ouriços. É importante ressaltar que apesar destes clones serem estatisticamente iguais e superiores, as médias foram diferentes, devido a variabilidade de produção de frutos entre os clones. O clone 609 foi inferior e apresentou os menores valores para todas as variáveis.

Tabela 7 - Resultados da análise de variância das características dos ouriços e castanhas dos clones Manoel Pedro, Aruanã, 606, Santa Fé e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Ouriço					Castanha			
	NTO (n°)	PO (Kg)	VO (cm ³)	PUC (kg)	PSC (kg)	NC (n°)	PC (Kg)	PUCC (kg)	PUCSC (kg)
MP	80,00 ± 44,91 a	41,41 ± 20,92 a	41,02 ± 22,05 a	28,97 ± 15,02 a	11,90 ± 6,03 a	1397,77 ± 761,46 a	11,79 ± 6,07 a	0,80 ± 0,37 a	0,35 ± 0,19 a
AR	64,70 ± 58,76 ab	39,01 ± 38,52 ab	37,82 ± 37,32 ab	27,16 ± 26,47 ab	10,91 ± 10,54 a	1031,00 ± 951,85 ab	11,17 ± 11,43 a	0,78 ± 0,81 ab	0,38 ± 0,39 a
606	30,30 ± 54,56 abc	18,08 ± 35,87 abc	16,64 ± 31,38 abc	12,77 ± 25,59 abc	5,66 ± 11,06 ab	526,90 ± 1012,54 ab	4,93 ± 9,66 ab	0,31 ± 0,56 abc	0,15 ± 0,27 ab
SF	20,50 ± 21,32 bc	8,65 ± 9,43 bc	8,40 ± 8,53 bc	5,98 ± 6,66 bc	2,55 ± 2,75 ab	301,96 ± 303,84 b	2,50 ± 2,62 ab	0,18 ± 0,20 bc	0,09 ± 0,09 ab
609	8,90 ± 8,8 c	3,76 ± 3,82 c	3,94 ± 4,07 c	2,68 ± 2,66 c	1,22 ± 1,08 b	131,56 ± 130,99 b	0,98 ± 1,07 b	0,07 ± 0,08 c	0,03 ± 0,03 b

NTO - números totais dos ouriços, PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, PUC - peso úmido das cascas, PSC - peso seco das cascas, NC - número de castanhas, PC - peso das castanhas, PUCC - peso unitário das castanhas com casca e PUCSC - peso unitário das castanhas sem casca.

5.2 ANÁLISE DE CORRELAÇÃO

O clone aruanã apresentou baixa correlação entre as variáveis de produção (peso e volume dos ouriços, número das castanhas, peso das castanhas e número total de ouriços) e as demais variáveis morfométricas. Foi observada correlação significativa e positiva com DAP e peso dos ouriços ($r = 0,6330$; $p = 0,049$), DAP e peso das castanhas ($r = 0,6420$; $p = 0,045$). Correlação significativa e negativa com grau de esbeltez e peso das castanhas ($r = -0,6338$; $p = 0,049$) (Tabela 8).

As variáveis de produção do clone Santa Fé (Tabela 9) apresentaram correlações significativa e positiva com DAP, diâmetro médio copa e área de copa. No entanto, o DAP foi a variável que obteve melhor relação com peso dos ouriços ($r = 0,8079$; $p = 0,005$), volume ($r = 0,8079$; $p = 0,005$), número de castanhas ($r = 0,7900$; $p = 0,007$), peso das castanhas ($r = 0,7949$; $p = 0,006$) e número total de ouriços ($r = 0,7942$; $p = 0,006$).

Kainer et al. (2007), ao estudar os fatores que afetam a produção de frutos e sementes de árvores de castanha-da-amazônia em populações nativas, observaram que o diâmetro do tronco foi a variável de maior importância e explicou 56,5% da variação da produção de frutos.

Foi observado em trabalho de Tonini et al. (2008) correlação significativa entre o DAP e a produção de sementes ($r = 0,349$; $p = 0,001$) e com todas as variáveis morfométricas.

Os clones Manoel Pedro, 606 e 609 não apresentaram correlações significativas entre as variáveis de produção e as demais variáveis morfométricas (Tabelas 10, 11 e 12).

5.3 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA – STEPWISE

A Tabela 13 mostra os resultados dos modelos ajustados. Observa-se que para todas as variáveis de produção testadas (PO, VO, NC, PC e NTO) o modelo logarítmico foi o que ajustou os melhores resultados (maior R^2 e menor $C(p)$). O melhor modelo logarítmico para peso de ouriços foi $\text{LnPO} = -19,3639 + 6,5756 \ln(d)$ com $R^2 = 46,48$ e $C(p) = -1,3182$. O modelo logarítmico para volume de ouriço foi $\text{LnVO} = -6,9294 + 3,8186 \ln(d)$ com $R^2 = 43,42$ e $C(p) = -0,8220$. O modelo logarítmico para número de castanhas foi $\text{LnNC} = -9,4206 + 3,6031 \ln(d)$ com $R^2 = 41,34$ e $C(p) = -1,5798$. O modelo para peso de castanhas foi $\text{LnPC} = -8,8587 + 3,9718 \ln(d)$ com $R^2 = 44,39$ e $C(p) = -0,9034$. O último modelo logarítmico para número total de ouriços foi $\text{LnNTO} = -11,8415 + 3,5241 \ln(d)$ com $R^2 = 42,33$ e $C(p) = -1,3249$.

Tabela 8 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone Aruanã. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses.

	H (m)	HIC (m)	L (m)	DAP (cm)	DMC (m)	AC (m ²)	PC (%)	GE	IS	PO (g)	VO (m ³)	NC (n°)	PC (g)	NTO (n°)
H (m)	1	0,3128 (-0,379)	0,3741 (0,287)	0,7271 (0,017)	-0,0181 (0,961)	-0,0292 (0,936)	-0,1604 (0,658)	-0,1495 (0,680)	-0,7337 (0,016)	0,2800 (0,433)	0,2518 (0,483)	0,3147 (0,376)	0,2681 (0,454)	0,2754 (0,441)
HIC (m)		1	-0,7639 (0,010)	0,3599 (0,307)	0,4695 (0,171)	0,4802 (0,160)	-0,9856 (<0,0001)	-0,1725 (0,6340)	-0,1214 (0,738)	0,4030 (0,248)	0,3933 (0,261)	0,3985 (0,254)	0,4426 (0,200)	0,4027 (0,249)
L (m)			1	0,1427 (0,694)	-0,4707 (0,170)	-0,4887 (0,152)	0,8533 (0,002)	0,0669 (0,854)	-0,3800 (0,279)	-0,2030 (0,573)	-0,2129 (0,555)	-0,1753 (0,628)	-0,2499 (0,486)	-0,2061 (0,568)
DAP (cm)				1	0,2589 (0,470)	0,2554 (0,476)	-0,2492 (0,487)	-0,7796 (0,008)	-0,9090 (0,000)	0,6330* (0,049)	0,6110 (0,061)	0,5992 (0,067)	0,6420* (0,045)	0,6133 (0,059)
DMC (m)					1	0,9996 (<0,0001)	-0,4881 (0,152)	-0,4195 (0,228)	0,1527 (0,674)	0,5600 (0,092)	0,5876 (0,074)	0,6120 (0,060)	0,5534 (0,097)	0,6060 (0,063)
AC (m ²)						1	-0,5019 (0,139)	-0,4215 (0,225)	0,1568 (0,665)	0,5590 (0,093)	0,5875 (0,074)	0,6102 (0,061)	0,5538 (0,097)	0,6053 (0,064)
PC (%)							1	0,1413 (0,697)	-0,0004 (0,999)	-0,3810 (0,278)	-0,3765 (0,284)	-0,3715 (0,291)	-0,4220 (0,224)	-0,3812 (0,277)
GE								1	0,6410 (0,046)	-0,6100 (0,061)	-0,6084 (0,062)	-0,5428 (0,105)	-0,6338* (0,049)	-0,5950 (0,070)
IS									1	-0,3650 (0,300)	-0,3363 (0,342)	-0,3193 (0,369)	-0,3804 (0,278)	-0,3323 (0,348)
PO (g)										1	0,9982 (<0,0001)	0,9806 (<0,0001)	0,9960 (<0,0001)	0,9952 (<0,0001)
VO (m ³)											1	0,9847 (<0,0001)	0,9933 (<0,0001)	0,9975 (<0,0001)
NC (n°)												1	0,9684 (<0,0001)	0,9929 (<0,0001)
PC (g)													1	0,9871 (<0,0001)
NTO (n°)														1

*Significante com probabilidade de $|r| < 0,05$

Tabela 9 - Correlação de Pearson entre variáveis de produção (PO - peso dos ouriços, VO - volume dos ouriços, NC - número de castanhas, PC - peso de castanhas e NTO números totais de ouriços) e morfométricas (H - altura, HIC - altura inserção da copa, L - comprimento da copa, DAP - diâmetro a altura do peito, DMC - diâmetro médio da copa, AC - área da copa, PC - proporção da copa, GE - grau de esbeltez e IS - índice de saliência) para o clone Santa Fé. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM. Valores das probabilidades estão destacados entre parênteses.

	H (m)	HIC (m)	L (m)	DAP (cm)	DMC (m)	AC (m ²)	PC (%)	GE	IS	PO (g)	VO (m ³)	NC (n°)	PC (g)	NTO (n°)
H (m)	1	0,3022 (0,396)	0,7090 (0,022)	-0,3103 (0,383)	-0,2102 (0,560)	-0,2086 (0,563)	-0,1145 (0,753)	0,7731 (0,009)	0,2352 (0,513)	-0,2220 (0,537)	-0,2284 (0,526)	-0,2311 (0,521)	-0,2386 (0,507)	-0,2142 (0,552)
HIC (m)		1	-0,4580 (0,183)	-0,0489 (0,893)	-0,1686 (0,642)	-0,1514 (0,676)	-0,9768 ($<0,0001$)	0,2634 (0,462)	-0,0740 (0,839)	0,3600 (0,307)	0,3121 (0,380)	0,3453 (0,329)	0,3603 (0,307)	0,3649 (0,300)
L (m)			1	-0,2532 (0,480)	-0,0713 (0,845)	-0,0826 (0,821)	0,6159 (0,058)	0,5262 (0,118)	0,2741 (0,443)	-0,4740 (0,167)	-0,4439 (0,199)	-0,4710 (0,170)	-0,4890 (0,151)	-0,4697 (0,171)
DAP (cm)				1	0,7678 (0,010)	0,7934 (0,006)	-0,0447 (0,903)	-0,8217 (0,004)	-0,4884 (0,152)	0,8070* (0,005)	0,8079* (0,005)	0,7900* (0,007)	0,7949* (0,006)	0,7942* (0,006)
DMC (m)					1	0,9977 ($<0,0001$)	0,1079 (0,767)	-0,5590 (0,093)	0,1774 (0,624)	0,7480* (0,013)	0,7680* (0,010)	0,7476* (0,013)	0,7519* (0,012)	0,7448* (0,014)
AC (m ²)						1	0,0935 (0,797)	-0,5747 (0,082)	0,1353 (0,709)	0,7690* (0,009)	0,7882* (0,007)	0,7648* (0,010)	0,7709* (0,009)	0,7627* (0,010)
PC (%)							1	-0,0906 (0,803)	0,1403 (0,699)	-0,4320 (0,213)	-0,3813 (0,277)	-0,4191 (0,228)	-0,4353 (0,209)	-0,4375 (0,206)
GE								1	0,5379 (0,109)	-0,5670 (0,087)	-0,5708 (0,085)	-0,5586 (0,093)	-0,5644 (0,089)	-0,5535 (0,097)
IS									1	-0,1640 (0,650)	-0,1399 (0,700)	-0,1357 (0,709)	-0,1387 (0,702)	-0,1457 (0,688)
PO (g)										1	0,9970 ($<0,0001$)	0,9940 ($<0,0001$)	0,9980 ($<0,0001$)	0,9960 ($<0,0001$)
VO (m ³)											1	0,9966 ($<0,0001$)	0,9961 ($<0,0001$)	0,9962 ($<0,0001$)
NC (n°)												1	0,9973 ($<0,0001$)	0,9993 ($<0,0001$)
PC (g)													1	0,9980 ($<0,0001$)
NTO (n°)														1

*Significante com probabilidade de $|r| < 0,05$

Tabela 13 - Resultados dos modelos de regressão ajustados pelo método de Stepwise, incluindo todos os clones de castanha-da-amazônia para as variáveis de produção. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Modelos	Coeficiente			R ² (%)	C(p)
	β_0	β_1	β_2		
PO = $\beta_0 + \beta_1(d) + \beta_2(pc)$	20839,0000	737,8040	-618,8157	24,48	9,3324
PO = $\beta_0 + \beta_1(d^2h) + \beta_2(cp)$	22488,0000	0,3463	-2434,9568	27,76	5,7044
LnPO = $\beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	-19,3639	6,5756	-	46,48	-1,3182
VO = $\beta_0 + \beta_1(d) + \beta_2(pc)$	21807,0000	685,8916	-584,3080	23,99	8,1840
VO = $\beta_0 + \beta_1(d^2h) + \beta_2(cp)$	22305,0000	0,3174	-2213,0707	26,38	4,9854
LnVO = $\beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	-6,9294	3,8186	-	43,42	-0,8220
NC = $\beta_0 + \beta_1(d)$	-765,5106	20,7628	-	18,53	5,7574
NC = $\beta_0 + \beta_1(d^2h)$	80,0664	0,0059	-	19,20	3,4534
LnNC = $\beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	-9,4206	3,6031	-	41,34	-1,5798
PC = $\beta_0 + \beta_1(d) + \beta_2(pc)$	7407,3003	199,2388	-182,6870	23,39	8,8735
PC = $\beta_0 + \beta_1(d^2h) + \beta_2(cp)$	6626,4334	0,0940	-663,9885	25,70	5,7322
LnPC = $\beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	-8,8587	3,9718	-	44,39	-0,9034
NTO = $\beta_0 + \beta_1(d)$	-48,7312	1,2890	-	21,09	5,9588
NTO = $\beta_0 + \beta_1(d^2)$	-7,7398	0,0095	-	21,40	3,7622
LnNTO = $\beta_0 + \beta_1 \ln(d)$	-11,8415	3,5241	-	42,33	-1,3249

Onde: PO (g) - peso dos ouriços, VO (cm³) - volume dos ouriços, NC - número das castanhas, PC (g) - peso das castanhas; NTO - números totais dos ouriços, d - DAP, h - altura, pc - proporção de copa, cp - comprimento de copa; R² - coeficiente de determinação e C(p) - Estatística de Mallows

5.4 BIOMASSA DOS MESOCARPOS DOS FRUTOS E DAS CASTANHAS

A produção da biomassa úmida e seca das cascas dos ouriços e castanhas dos clones foi maior para o clone Manoel Pedro ($28,97 \pm 15,02$; $19,98 \pm 10,79$ e $11,79 \pm 6,07$; $8,89 \pm 4,40$), seguido do clone Aruanã ($27,16 \pm 26,48$; $17,78 \pm 17,71$; e $11,17 \pm 11,43$; $7,88 \pm 7,94$) e baixa no clone 609 ($2,68 \pm 2,66$; $1,87 \pm 1,88$ e $0,97 \pm 1,07$; $0,74 \pm 0,79$). Estes resultados já eram esperados, uma vez que a produção de frutos foi maior nos referidos clones (Tabela 14).

Os resultados da análise de variância nos permite concluir que houve diferenças significativas entre clones ($p = 0,0041$) para a biomassa úmida das cascas dos ouriços, ($p = 0,0067$) biomassa seca das cascas dos ouriços, ($p = 0,0034$) biomassa úmida das castanhas e ($p = 0,0024$) biomassa seca das castanhas. O clone Manoel Pedro foi estatisticamente superior em todas variáveis da casca e castanha em relação aos demais clones. Os clones Aruanã e 606

produziram biomassa da casca e castanha estatisticamente semelhante. Os clones Santa Fé e 609 produziram biomassas da casca e castanha estatisticamente semelhante entre si e inferiores aos demais clones (Tabela 14).

Tabela 14 - Análise de variância da biomassa úmida e seca das cascas dos ouriços e castanhas dos clones Manoel Pedro, Aruanã, 606, Santa Fé, e 609 de castanha-da-amazônia. Médias e os desvios padrões estimados (n=10). Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Casca (ouriço)		Castanha	
	Biomassa úmida (kg)	Biomassa seca (kg)	Biomassa úmida (kg)	Biomassa seca (kg)
MP	28,97 ± 15,02 a	19,98 ± 10,79 a	11,79 ± 6,07 a	8,89 ± 4,40 a
AR	27,16 ± 26,47 ab	17,77 ± 17,71 ab	11,17 ± 11,43 ab	7,88 ± 7,94 ab
606	12,77 ± 25,59 abc	9,27 ± 18,53 ab	4,93 ± 9,66 abc	3,59 ± 7,04 abc
SF	5,98 ± 6,66 bc	4,07 ± 4,60 ab	2,46 ± 2,57 bc	1,77 ± 1,82 bc
609	2,68 ± 2,66 c	1,87 ± 1,88 b	0,97 ± 1,07 c	0,74 ± 0,79 c

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

5.5 TEORES FOLIARES DE NUTRIENTES

Os resultados da Tabela 15 mostraram para maioria dos nutrientes foliares presentes entre as árvores produtivas e não produtivas não houve diferenças. Apenas o potássio ($p = 0,0007$), o magnésio ($p = 0,0007$) e o cobre ($p = 0,0020$) apresentaram diferenças significativas.

Ferreira (2013) na mesma área de estudo, observou diferença somente para as concentrações de potássio, cálcio, magnésio e manganês.

Estudos de Viana et al. (1998), Zuidema e Boot (2002), Wadt et al. (2005) e Kainer et al. (2006, 2007) observaram que a produção de frutos de árvores de castanha-da-amazônia é muito variável e dentre os vários fatores, os nutricionais (níveis de fósforo) foi o que mais influenciou na produção. Este resultado é diferente dos encontrados neste trabalho, provavelmente por ter sido desenvolvido em área nativa.

Tabela 15 - Caracterização e teste de médias dos nutrientes foliares das árvores com maior e menor produtividade dos clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

	N	P	k	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g/kg						mg/kg				
Produção alta	20,32	1,34	6,71	6,48	2,13	1,64	40,49	5,00	71,46	98,75	29,02
Produção baixa	21,50	1,40	5,93	7,55	2,57	1,58	38,58	6,00	78,24	114,60	28,82
Estatística											
valor-t	-1,58	-1,73	2,02	-1,90	-3,52	0,58	1,00	-3,18	-0,88	-1,59	0,12
Pr > t	0,1198	0,0881	0,0464	0,0611	0,0007	0,5637	0,3182	0,0020	0,3809	0,1152	0,9045

probabilidades de $|t| < 0,05$ foram consideradas significativas.

5.6 ATRIBUTOS QUÍMICOS

5.6.1 Caracterização química do solo

De acordo com os parâmetros de interpretação e análise de solo da área do estudo, as árvores com maior e menor produtividade nas camadas de 0-20 e 20-40 cm respectivamente apresentam-se na Tabela 17. Os valores verificado na área de maior produção o pH do solo apresentou fortemente ácidos entre 4,34 e 4,44 nas profundidades 0-20 e 20-40 cm. A matéria orgânica apresentou teores médios a altos 28,70 e 15,69 g/kg nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, diminuído da superfície para as camadas mais profundas. É importante ressaltar que o valor de saturação de bases (V) encontrado é baixo de 5 e 4% nas profundidades 0-20 e 20-40 cm, o solo é distrófico com baixa fertilidade natural. Os teores disponíveis de fósforo foram baixos 2,1 e 1,0 mg/dm³ nas profundidades 0-20 e 20-40 cm e médios para o sódio 2,0 a 1,4 mg/dm³ nas profundidades 0-20 e 20-40 cm.

O resultado apresentado na Tabela 17 mostrou que os elementos químicos presente na profundidade de 0-20 cm, os nutrientes fósforo ($p = 0,0138$), sódio ($p = 0,0382$) e manganês ($p = 0,0097$) apresentaram diferenças significativas, enquanto os demais foram iguais. Na profundidade (20-40 cm), todos os elementos apresentaram igualdades em seus resultados, evidenciando que estes nutrientes não influenciaram na produção a esta profundidade, com exceção do zinco ($p = 0,0221$).

É importante ressaltar que o fósforo, sódio e o zinco apresentaram resultados significativos nas análises das árvores produtivas e não produtivas, no entanto os teores disponíveis foram baixos, médios e baixos respectivamente como na maioria dos solos da região, demonstrando que estes resultados são compatíveis com os relatos da literatura sobre a espécie, caracterizando-a como uma espécie adaptada a solos de diferente fertilidade natural (RAMALHO et al., 2006).

Este resultado nos forneceu um primeiro indicativo que fator solo por seu nível de deficiência de nutrientes, não influenciou na produção de frutos.

5.7 GRANULOMETRIA

Os valores de areia total e argila foram maiores na produção alta, já o teor de silte foi maior na produção baixa (Tabela 16).

Tabela 16 - Caracterização granulométrica de solo dos clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

	AREIA GROSSA 2,00-0,20 mm	AREIA FINA 0,20-0,05 mm	AREIA TOTAL 2,00-0,05 mm	SILTE 0,05-0,002 mm	ARGILA >0,002 mm
(g/kg)					
Profundidade 0-20 cm					
Produção Alta	67,10	33,49	100,60	183,85	715,56
Produção Baixa	65,65	31,76	97,41	196,11	706,48
Profundidade 20-40 cm					
Produção Alta	48,67	27,35	76,02	166,58	757,40
Produção Baixa	49,59	25,01	74,61	176,19	749,20

5.8 ANÁLISES DE VARIÁVEIS CANÔNICAS

Os nutrientes foliares analisados pelo teste estatístico multivariado de Wilks' Lambda demonstrou diferenças significativas entre os clones ($F = 4,61$; $P = <0,0001$). Os vetores canônicos explicaram 99 % da variação total entre os clones.

A Figura 10 ilustra a dispersão dos clones representados pelos escores de variáveis canônicas. O efeito conjunto dos nutrientes foliares (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn) foi capaz de capturar a variação entre o clone 609 aos demais (Aruanã, Manoel Pedro, Santa Fé e 606).

Contudo a análise discriminante não foi capaz de capturar variância significativa entre os clones Aruanã e Manoel Pedro. Podemos concluir que os nutrientes foliares não são suficientes para discriminar os clones. Essa mesma conclusão também pode ser obtida observando-se a estatística F da distância de mahalanobis, não significativo entre o clone Aruanã e Manoel Pedro ($P = 0,8895$) (Tabela 18).

Tabela 17 - Atributos químicos e teste de médias das árvores com maior e menor produtividade nas camadas de 0-20 e 20-40 cm, em clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

	pH	C	MO	N	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	t	T	V	m	Fe	Zn	Mn	Cu
	H ₂ O	g/kg			mg/dm ³			cmol _c /dm ³						%	mg/dm ³					
Profundidade 0-20 cm																				
Produção alta	4,34	16,69	28,70	1,43	2,1	17,4	2,0	0,12	0,10	1,58	4,97	0,28	1,86	5,25	5,45	85,10	205	1,05	0,62	0,19
Produção baixa	4,36	16,32	28,06	1,40	1,8	15,5	2,4	0,13	0,11	1,55	4,77	0,29	1,84	3,06	5,81	84,29	221	0,82	1,14	0,18
Estatística																				
Valor-t	-0,65	0,49	0,49	0,55	2,1	1,74	-2,11	-0,45	-1,02	0,89	1,03	-0,59	0,50	0,94	-0,75	0,63	-0,96	1,49	-2,65	0,59
Pr > t	0,5177	0,6257	0,6257	0,5822	0,0138	0,0850	0,0382	0,6539	0,3100	0,3771	0,3068	0,5598	0,6153	0,3520	0,4557	0,5327	0,3413	0,1405	0,0097	0,5544
Profundida 20-40 cm																				
Produção alta	4,44	9,12	15,69	0,84	1,0	8,0	1,4	0,06	0,05	1,27	3,27	0,14	1,40	3,40	4,40	90,31	152	0,75	0,50	0,09
Produção Baixa	4,46	8,19	14,09	0,88	0,9	6,9	1,6	0,07	0,06	1,26	3,16	0,15	1,41	3,30	4,68	89,81	161	0,48	0,71	0,10
Estatística																				
Valor-t	-1,32	1,63	1,63	-1,46	0,57	1,95	-1,97	-0,96	-0,66	0,21	0,58	-0,86	-0,17	0,53	-0,63	0,73	-0,85	2,33	-1,64	-0,38
Pr > t	0,1901	0,1075	0,1075	0,1492	0,5729	0,0544	0,0524	0,3393	0,5078	0,8336	0,5618	0,3946	0,8661	0,5972	0,5313	0,4651	0,3966	0,0221	0,1037	0,7042

Matéria Orgânica (MO), Hidrogênio + Alumínio (H+AL), Soma de bases Trocáveis (SB), Capacidade de Troca Catiônica Efetiva CTC (t), Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0 CTC b(T), Índice de Saturação por Bases (V) e Índice de Saturação por Alumínio (m). Probabilidades de $|t| < 0,05$ foram consideradas significativas.

Tabela 18 - Estatística F da distância de mahalanobis entre os clones das variáveis foliares de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	AR	MP	SF	609	606
AR	1	0,8895ns	0,0009	<0,0001	0,0001
MP	0,8895ns	1	0,0083	<0,0001	0,0003
SF	0,0009	0,0083	1	<0,0001	0,025
609	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1	<0,0001
606	0,0001	0,0003	0,025	<0,0001	1

ns = não significativo ao nível de 5% de probabilidade.

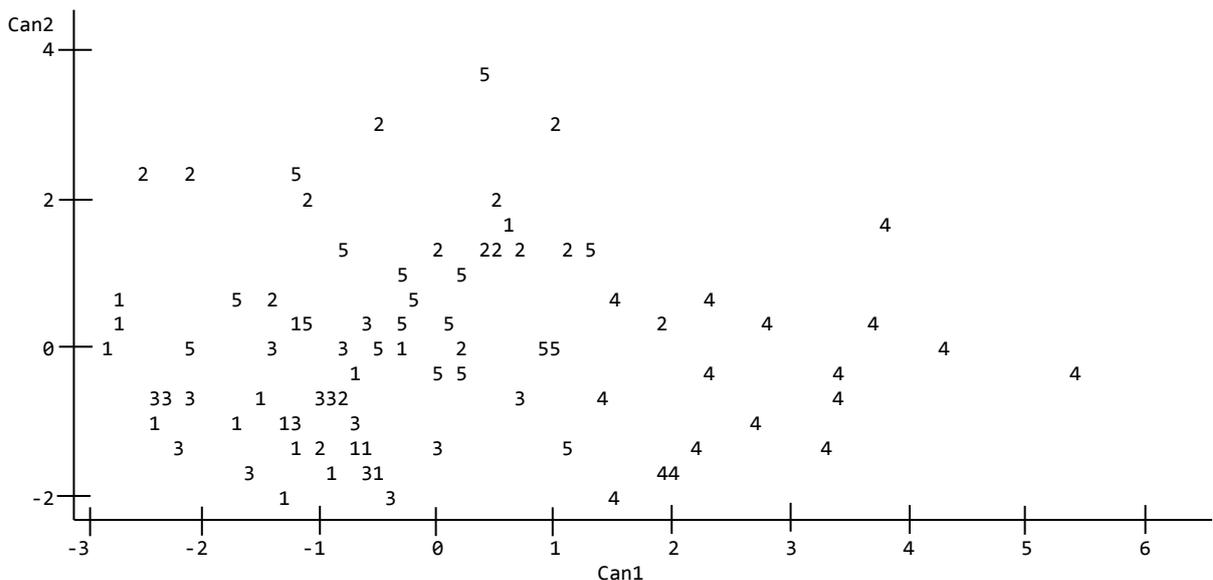


Figura 10 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, nutrientes foliares da profundidade 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5.

Nas profundidades 0-20 e 20-40 cm das características químicas do solo, o teste estatístico multivariado de Wilks' Lambda apresentou diferenças significativas para os clones ($F = 2,00$; $P = <0,0001$) e ($F = 2,21$ $P = <0,0001$). Na profundidade 0-20 cm os vetores canônicos explicaram 90 % da variação total entre os clones. A Figura 11 apresenta a dispersão dos clones representados pelos escores de variáveis canônicas. Os nutrientes químicos do solo (pH, C, M.O, N, P, K, Na, Ca, Mg, Al, H+Al, SB, t, T, V, m, Fe, Zn, Mn, Cu) foi capaz de capturar a variação entre o clone Aruanã e acentuada distância do clone Manoel Pedro em relação aos demais (Santa Fé, 606 e 609). Estes dois clones foram influenciados pelos nutrientes químicos do solo.

A Tabela 19 apresentou maior distância para os clones Aruanã e o Manoel Pedro em relação aos demais clones, ou seja, quanto maior valor do distanciamento entre os clones mais significativo são os mesmos.

Na profundidade de 20-40 cm, os vetores canônicos explicaram 96 % da variação total. A Tabela 20 e a Figura 12 apresentaram maior distância e dispersão para o clone Aruanã e o clone 606, ou seja, foram influenciados pelos nutrientes químicos do solo.

Tabela 19 - Tabela de distância entre os clones das variáveis químicas do solo da profundidade 0-20 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

clone	Aruanã	Manoel Pedro	Santa Fé	609	606
Aruanã	0	6,5488	5,7870	3,4909	5,8252
Manoel Pedro	6,5488	0	5,1271	4,5123	4,1456
Santa Fé	5,7870	5,1271	0	2,2312	3,2554
609	3,4909	4,5123	2,2312	0	3,3787
606	5,8252	4,1456	3,2554	3,3787	0

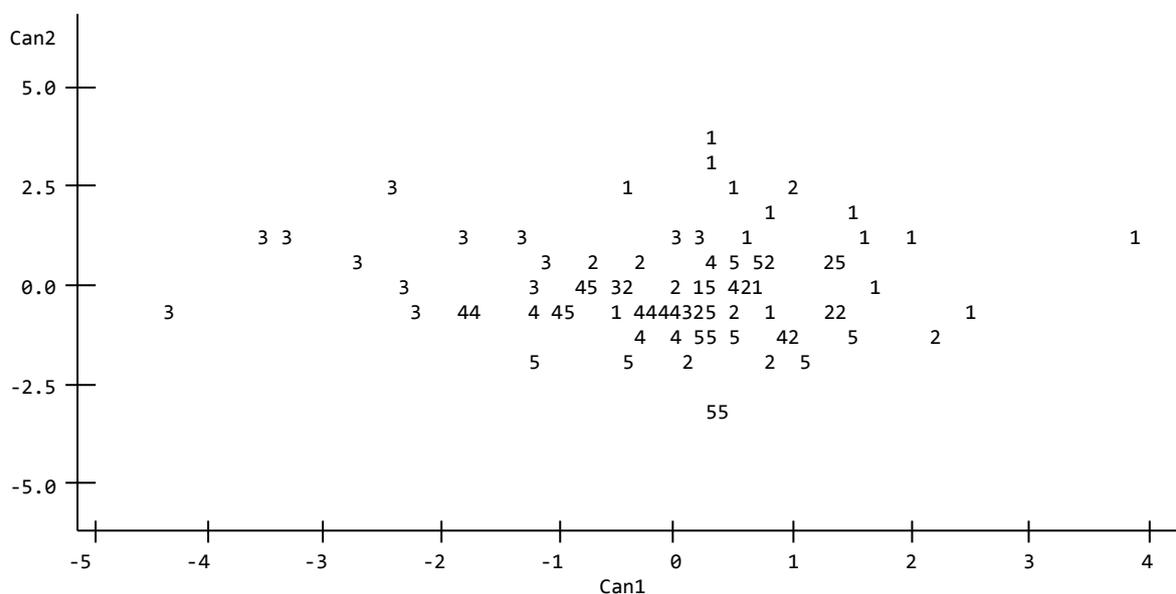


Figura 11 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, nutrientes químico do solo da profundidade de 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5.

Tabela 20 - Tabela de distância entre os clones das variáveis químicas do solo da profundidade 20-40 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Aruanã	Manoel Pedro	Santa Fé	609	606
Aruanã	0	3,9875	7,7655	5,3636	8,7770
Manoel Pedro	3,9875	0	3,7234	1,8653	6,3433
Santa Fé	7,7655	3,7234	0	2,1001	7,7219
609	5,3636	1,8653	2,1001	0	3,8344
606	8,7770	6,3433	7,7219	3,8344	0

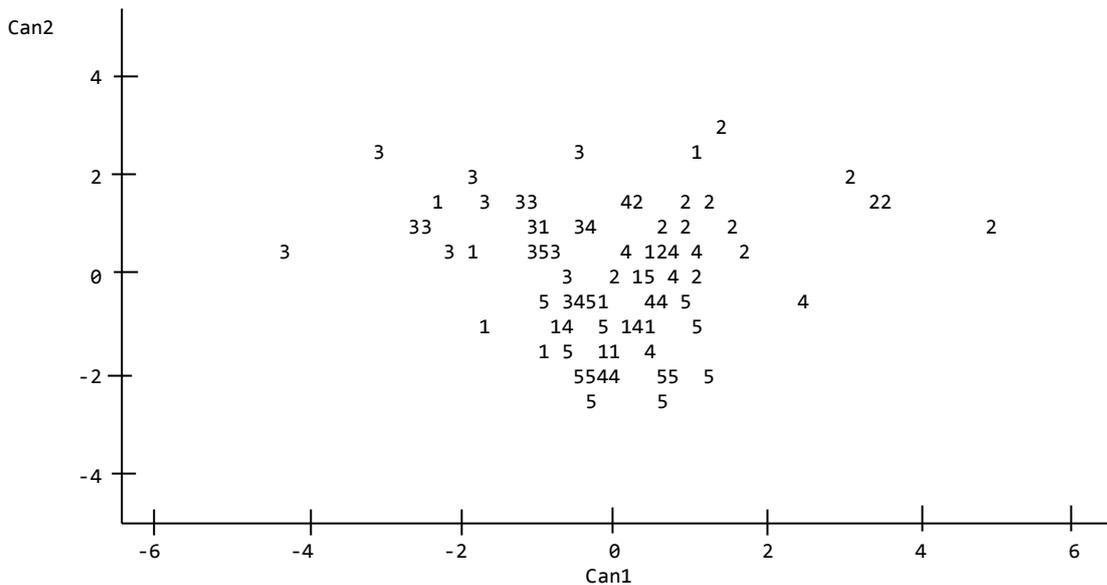


Figura 12 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis químicas do solo da profundidade de 20-40 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5.

Nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm para as características físicas do solo, os clones apresentaram diferenças significativas pelo teste estatístico multivariado de Wilks' Lambda ($F = 3,64$; $P = <0,0001$) e ($F = 3,52$; $P = P = <0,0001$). A profundidade 0-20 cm os vetores canônicos explicaram 85 % da variação total entre os clones. Portanto, características físicas do solo (areia grossa, areia fina, areia total, silte e argila) foram capazes de capturar a variação e a concentração (Figura 13) do clone Santa Fé em relação aos demais. Essa mesma conclusão também pode ser obtida observando-se a Tabela 21 da distância, maiores valores (2,7850, 0,8742, 1,5893 e 2,2433) e conseqüentemente maior distância entre o clone Santa Fé em relação aos demais clones. No entanto, O clone Santa Fé foi influenciado pelas características físicas do solo.

Na profundidade 20-40 cm, os vetores canônicos explicaram 94 % da variação total entre os clones. O maior valor e distância (Tabela 22), dispersão e concentração (Figura 14) foram apresentados pelos clones Santa Fé e clone 609 em relação aos demais. Esses dois clones foram influenciados pelas características físicas do solo.

Tabela 21- Tabela de distância entre os clones das variáveis físicas do solo da profundidade 0-20 cm. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

clone	Aruanã	Manoel Pedro	Santa Fé	609	606
Aruanã	0	1,3211	2,7850	1,1822	0,6933
Manoel Pedro	1,3211	0	0,8742	0,2561	0,6535
Santa Fé	2,7850	0,8742	0	1,5893	2,2433
609	1,1822	0,2561	1,5893	0	1,0782
606	0,6933	0,6535	2,2433	1,0782	0

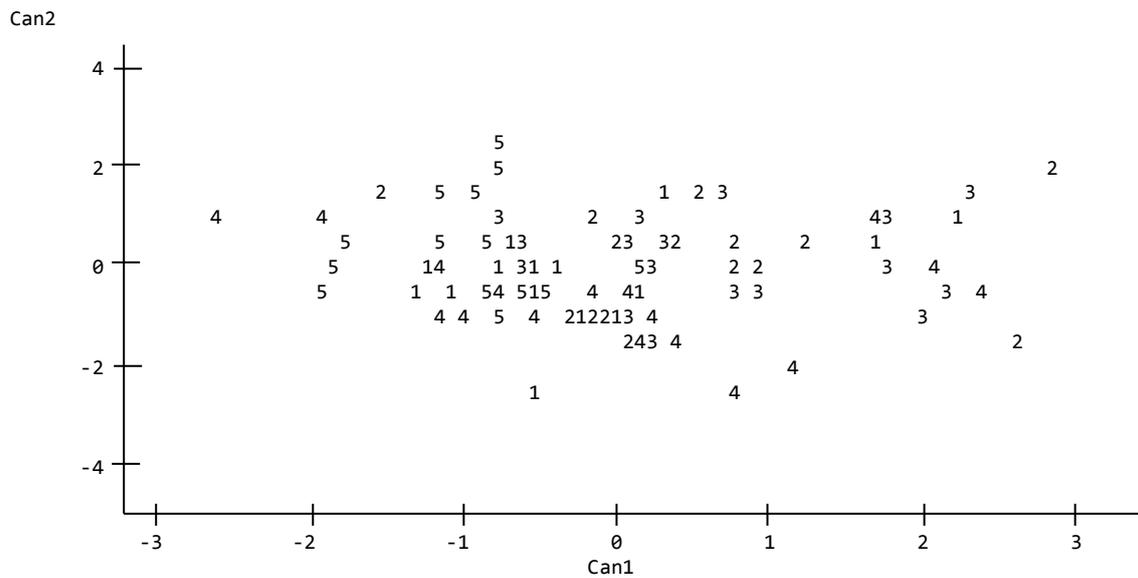


Figura 13 - Gráfico de dispersão dos clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis físicas do solo da profundidade 0-20 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5.

Tabela 22 - Tabela de distância entre os clones das variáveis físicas do solo da profundidade 20-40 cm. Empresa agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Clone	Aruanã	Manoel Pedro	Santa Fé	609	606
Aruanã	0	0,2397	2,1102	0,6245	0,3894
Manoel Pedro	0,2397	0	1,8321	0,3570	0,6948
Santa Fé	2,1102	1,8321	0	3,5737	1,7955
609	0,6245	0,3570	3,5737	0	1,0404
606	0,3894	0,6948	1,7955	1,0404	0

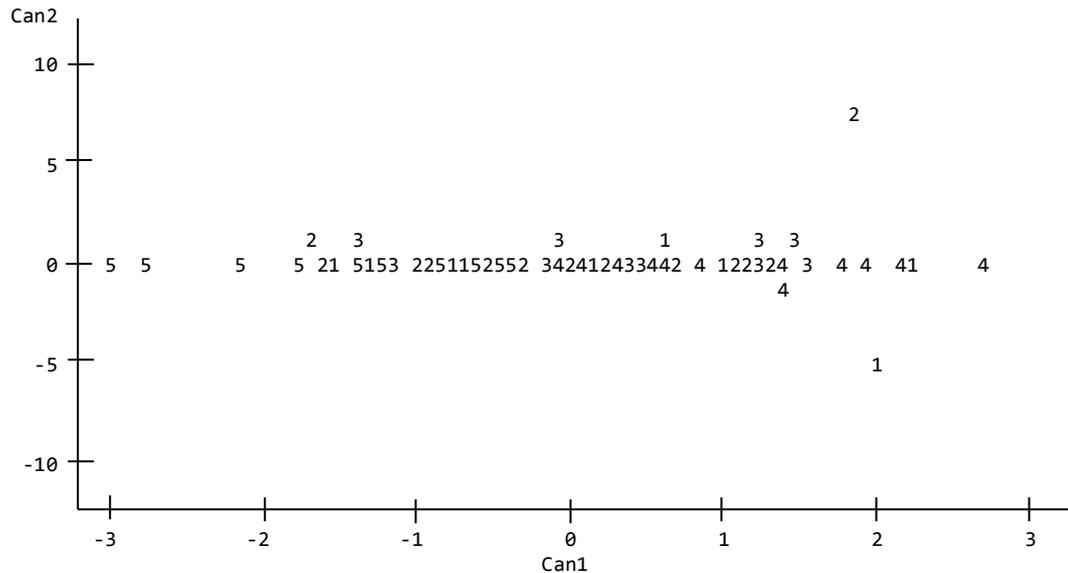


Figura 14 - Gráfico de dispersão dos Clones representado pelos escores de variáveis canônicas, variáveis físicas do solo da profundidade 20-40 cm. Os números de 1 a 5 simbolizam os tratamentos (clones). MP = 1, 606 = 2, AR = 3, 609 = 4 e SF = 5.

5.9 INDICADORES DE EFICIÊNCIA

Indicadores de eficiência morfométricas e de produção das árvores, frutos e castanhas dos clones Manoel Pedro, Aruanã, Santa Fé, 606 e 609 encontram-se na Tabela 23.

Tabela 23 - Indicadores de eficiência morfométrica e de produção dos cinco clones de castanha-da-amazônia. Empresa Agropecuária Aruanã S. A., Itacoatiara, AM.

Variáveis	Clone
Altura (m)	AR=SF=MP>606=609
Altura de inserção de copa (m)	AR=SF=MP=606=609
Largura (m)	MP=SF=AR>606=609
DAP (cm)	MP=AR=SF>606=609
Diâmetro médio de copa (m)	SF=MP=AR=606=609
Área de copa (m ²)	SF>MP=AR=606=609
Proporção de Copa (%)	MP=606=609=SF=AR
Grau de Esbeltez	SF=AR=606=MP=609
Índice de Saliência	SF=606=609=AR>MP
Peso dos ouriços (Kg)	MP=AR=606=SF=609
Volume dos ouriços (cm ³)	MP=AR=606=SF=609
Número total de ouriços (n°)	MP=AR=606=SF=609
Peso úmido das cascas (Kg)	MP=AR=606=SF=609
Peso seco das cascas (Kg)	MP=AR=606=SF=609
Número de castanhas (n°)	MP=AR=606=SF=609
Peso das castanhas (Kg)	MP=AR=606=SF>609
Peso unitário das castanhas com cascas (Kg)	MP=AR=606=SF=609
Peso unitário das castanhas sem cascas (Kg)	AR=MP=606=SF=609

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos conclui-se que:

- O clone Manoel Pedro apresentou maior produção em número de frutos e castanhas;
- O clone Manoel Pedro apresentou as maiores médias em relação a comprimento e proporção de copa, DAP, menor grau de esbeltez e índice de saliência;
- A variável de produção peso do ouriço apresentou correlação significativa e positiva com DAP; a variável peso das castanhas apresentou correlação significativa e positiva com DAP e correlação significativa e negativa com grau de esbeltez, para o clone Aruanã;
- Para o clone Santa Fé somente a variável DAP apresentou correlação significativa e positiva com as variáveis de produção (peso dos ouriços, volume, peso das castanhas e número total de ouriços);
- Os melhores modelos ajustados para produção foram:
 - a) Peso de ouriços (PO): $LnPO = -19,3639 + 6,5756 \ln(d)$;
 $R^2 = 46,48$ e $C(p) = -1,3182$.
 - b) Volume de ouriços (VO): $LnVo = -6,9294 + 3,8186 \ln(d)$;
 $R^2 = 43,42$ e $C(p) = -0,8220$.
 - c) Número de castanhas (NC): $LnNC = -9,4206 + 3,6031 \ln(d)$;
 $R^2 = 41,34$ e $C(p) = -1,5798$.
 - d) Peso das castanhas (PC): $LnPC = -8,8587 + 3,9718 \ln(d)$;
 $R^2 = 44,39$ e $C(p) = -0,9034$.
 - e) Número total de ouriços (NTO): $LnNTO = -11,8515 + 3,5241 \ln(d)$;
 $R^2 = 42,33$ e $C(p) = -1,3249$;
- A biomassa seca da casca dos ouriços e das castanhas ficaram assim distribuída: Manoel Pedro > clone Aruanã > clone 606 > clone Santa Fé > clone 609;
- Não houve diferença significativa entre as árvores produtivas e não produtivas em relação às características químicas do solo e nutrição foliar das plantas;
- A análise de variáveis canônicas separou o clone 609 em relação aos demais (Aruanã, Manoel Pedro, Santa Fé e 606) baseados nos nutrientes foliares (nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, boro, cobre, ferro, manganês e zinco);

- A análise de variáveis canônicas separou os clones Aruanã e o Manoel Pedro em relação aos demais (Santa Fé, 606 e 609) baseados nos nutrientes químicos do solo (pH, alumínio, ferro, zinco e manganês) na profundidade de 0-20 cm;
- Na profundidade de 20-40 cm a análise de variáveis canônicas separou os clones Aruanã e 606 em relação aos demais, baseados nos nutrientes químicos do solo (pH, carbono, matéria orgânica, magnésio, hidrogênio + alumínio, CTC a pH 7,0, ferro, manganês e cobre);
- A análise de variáveis canônicas separou o clone Santa Fé em relação aos demais clones (Aruanã, Manoel Pedro, 606 e 609) baseados nas variáveis físicas do solo (areia fina, silte e argila) na profundidade de 0-20 cm;
- Na profundidade de 20-40 cm a análise de variáveis canônicas separou os clones Santa Fé e 609 em relação aos demais, baseado nas variáveis físicas do solo (silte e argila);
- Foi constatado que existe variabilidade dentro de cada clone.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE T. C. S. de. et al. Projeto: Pré-melhoramento, ecofisiologia e desenvolvimento de tecnologias de manejo para a implantação da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) em cultivo na Amazônia. Centro Agroflorestal de Roraima - EMBRAPA, 2012.

ALMEIDA, C. M. V. C.; SOUZA, V. F. LOCATELLI, M.; COSTA, R. S. C.; VIEIRA, A. H.; RODRIGUES, A. N. A.; COSTA, J. N. M.; RAM, A. de SÁ, C.P.; VENEZIANO, W.; MELOO JUNIOR, R. S. **Sistemas agroflorestais como alternativa auto-sustentável para o Estado de Rondônia**: histórico, aspecto econômico e perspectivas de mercado. Porto Velho: PLANAFLORO: PNUD, p. 59, 1995.

BARBIN, B. **Planejamento e análise estatística de experimentos agrônômicos**. 2º ed. Londrina: Maceneas, p. 214, 2013.

BLAIR, G .1993. Nutrient efficiency—what do we really mean. Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition. pp. 205–213. In: P. J. Randall, E. Delhaize, R. A. Richards, and R. Munns. (eds.), Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.

CAVALCANTE, B. P. **Frutas comestíveis da Amazônia**. 6. ed. Belém: Museu Paraense Emílio Goldi, p. 279, 1991.

CHAVES, N. Dossiê técnico: Cultivo da Castanha-do-Brasil. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB. 2007. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/117798746/Dossie-Tecnico-Castanha-do-brasil>. Acesso em: 20 março 2013.

CHUNHIENG, T.; PÉTRITIS, K.; ELFAKIR, J. B.; GOLI, T.; MONTET, D. **Study of selenium distribution in the protein fractions of the Brazil nut, *bertholletia excelsa***. J. Agric. Food Chem., v. 52 n. 1, p. 322, 2004.

CLEMENT, C. R. CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B. **Biodiversidade Amazônia**: Exemplos e estratégias de utilização. Manaus: Programa de Desenvolvimento Empresarial Tecnológico, p. 409, 1999.

CRESPO, A. A. **Estatística fácil**. 19 ed. São Paulo: Ed. Saraiva, p. 218, 2009.

DAVENPORT, T. L.; NÚÑEZ-ELISEA, R. Reproductive physiology. In: Litz RE (Ed.) **The Mango**: botany, production and uses. Wallingford: CAB International, p. 69-146, 1997.

DURLO, M. A; DENARDI, L. Morfometria da *Ocotea odorífera* em mata secundária nativa do Rio grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8 n. 1, p. 55-56, 1998.

DURLO, M. A; DENARDI, L. Morfometria da *Cabralea canjerana* em mata secundária nativa do Rio grande do Sul. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 8 n. 1, p. 55-56, 1998.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2ª ed. Rio Janeiro: 1997.

ESAU, K. **Anatomia das plantas com sementes**. São Paulo: Universidade de São Paulo, p. 293, 1974.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. C.; FERRAZ, J. B. S. **Photosynthetic parameters of young Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B.) plants subjected to fertilization in a degraded area in Central Amazonia**. *Photosynthetica* 47, P. 616-620, 2009.

FERREIRA, M. J. **Características ecofisiológicas de clones de *Bertholletia excelsa* h. & b. em plantios de produção na Amazônia Central**. 2013. p. 94. Tese (Doutorado) INPA, Manaus. 2013.

FERREIRA, B. **Pesquisadores fazem tijolo com cascas e caroços**. *Globo Rural*, 17 jun. 2009. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1701490-1932,00.html>>. Acesso em: 05 maio 2014.

FONTES, P. C. R. **Diagnóstico do estado nutricional das plantas**. 2ª reimpressão. Viçosa: Ed. UFV, p. 122, 2006.

HOMMA, A. K. O.; CARVALHO, R. A.; FERREIRA, C. A. P.; NASCIMENTO JÚNIOR, J. D. B. **A destruição de recursos naturais: o caso da castanha-do-pará no sudeste paraense**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.74, 2000. (Embrapa Amazônia Oriental. Documentos, 32).

HOMMA, A.K.O.; MENEZES, A.J.E.A. **Avaliação de uma indústria beneficiadora de castanha-do-pará, na microrregião de Cametá, Estado do Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2008. 10. (Embrapa Amazônia Oriental. Comunicado Técnico, 2013).

HOMMA, A.K.O. **Uso, Valoração E Experiências Exitosas Com Recursos Genéticos Vegetais Na Amazônia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RECURSOS GENÉTICOS, 2, Belém, Pará, 2012. Anais ..., Belém, Sociedade Brasileira de Recursos Genéticos, 2012. (Texto completo em CDROM). p. 24.

KAINER, K.A.; WADT, L.H.O.; STAUDHAMMER, C.L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. **Journal of Tropical Ecology**, v.22, P. 147-154, 2007.

KAMINSKI, P. E.; TONINI, H.; JÚNIOR, M. M.; SCHWENGBER, L. A. M. **Biometria de frutos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) em Roraima**. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1. 2008, Rio Branco. *Anais...* Rio Branco: Embrapa Acre, P. 46, 2008.

KATO AK (1995) **Dinâmica da entrada de nutrientes via liteira em plantios de castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) em ecossistemas de pastagens degradadas e de floresta primária**. Tese de doutorado. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus, Amazonas. p. 180.

JORDAN, C. F. Soils of the Amazon rainforest. In: PRANCE, G. T.; LOVEJOY, T. E. (Ed.). **Key environments: Amazonia**. Oxford: Pergamon Press, p. 83-94, 1985.

LIMA, R. M. B.; HIGA, A. R.; SOUZA, C. R.; **Influência dos fatores edáficos no crescimento da *Bertholletia excelsa* H.B.K. na Amazônia**. In: Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais V, Curitiba, p.319-321, 2004.

LOCATELLI, M.; SILVA FILHO, E. P. da; VIEIRA, A. H.; MARTINS, E. P.; PEQUENO, P. L. de L. Castanha-do-Brasil - Opção para solo de baixa fertilidade na Amazônia. In: Seminário Nacional Degradação e Recuperação Ambiental, 2003, Foz do Iguaçu. **Anais...** Seminário Nacional Degradação e Recuperação Ambiental, p. 1 – 7, 2003.

LOCATELLI, M.; VIEIRA, A. H.; GAMA, M. de M. B.; FERREIRA, M. das G. R.; MARTINS, E. P.; SILVA FILHO, E. P. da; SOUZA, V. F. de; MACEDO, R. de S. Sistema de produção de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.) para Rondônia. In: **Sistema de produção e plano estadual de desenvolvimento florestal**. 2005. Porto Velho: SEBRAE, p. 97-115, 2005.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F.; ALENCAR, J. C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: CNPq, 1979.

MORITZ, A. **Estudos biológicos da floração e frutificação da castanha-do-brasil**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p. 20 1984. (Embrapa Amazônia Oriental, Documentos, 29).

MULLER, C. H. et al. **Castanha-do-Brasil**. Resultados de pesquisa. Belém: EMBRAPA, 1980 (Miscelânea, 2)

MÜLLER, C. H. **Castanha-do-brasil**. Brasília: EMBRAPA-SPI, p. 65, b1995 (Coleção plantar, 23).

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

MÜLLER, C.H. **Quebra da dormência da semente e enxertia em castanha-do-Brasil**. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido. Documentos 16, p. 40, 1982.

MORI, S. A.; PRANCE, G.T. **Taxonomy, ecology and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. and Bonpl.: Lecythidaceae)**. Advance and Economic Botany, 8, p. 130-150, 1990.

MORI, S. A. **The Brazil nut industry - past, present, and future**. In: Plotkin, M. & Famolare, L. (Ed.). Sustainable Harvest and Marketing of Rain Forest Products. Island Press, Washington, D.C, p. 241-251, 1992.

NASCIMENTO, C. N. do **Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola**. Belém: Embrapa – CPATU, p. 282, 1984.

NASCIMENTO, W. M. O. do; CARVALHO, J. E. U de; MULLER, C. H. **Castanha-do-brasil**. Jaboticabal: Funep, p. 41, 2010. (Série Frutas Nativas, 8).

NOVAIS, R. F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1017, 2007.

PASSOS, R. M. O. Desenvolvimento silvicultural da castanheira-do-brasil em Porto Velho, Rondônia. 2009.

PEÑA-CLAROS, M; BOOT, R. G. A; LORA, J. D; ZONTA, A. Enrichment planting of *Bertholletia excelsa* in a secondary forest in the Bolivian Amazon: effect of cutting line width on survival, growth and crown traits. **Forest ecology and management**, v.161, p. 59-168, 2002.

PEREIRA, D.; SANTOS, D.; VEDOVETO, M.; Guimarães, J.; Veríssimo, A. **Fatos Florestais da Amazônia**. IMAZON, Belém, p. 124, 2010.

PIMENTEL, L. D.; SANTOS, C. E. M.; WAGNER JÚNIOR, A.; SILVA, V. A.; BRUCKNER, C. H. Estudo de viabilidade econômica na cultura da noz-macadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.29, n.3, p. 500-507, 2007.

PIMENTEL, L. D.; WAGNER JÚNIOR, A.; SANTOS, C. E. M.; BRUCKNER, C. H. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.37, n.6, p. 26-36, jun. 2007.

PINHEIRO, E. **Propagação vegetativa da castanheira (*Bertholletia excelsa*)**: observações preliminares. Belém: IPEAN, p. 10, 1967.

PRODUÇÃO DA EXTRAÇÃO VEGETAL E DA SILVICULTURA. IBGE. 2012. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2012/default.shtm>. Acesso em 29 julho de 2014.

RADAM-BRASIL. 1978. Programa de Integração Nacional. Levantamento de Recursos Naturais. V. 18 (Manaus) – RADAM (projeto) DNPM, Ministério das Minas e Energia. Brasil. p. 626.

RAMALHO, A. R.; GODINHO, V. de P. C.; UTUMI, M. M. **Condicionantes Agroclimáticas para a ricinocultura em Rondônia: Regiões Norte e Centro-leste**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MAMONA, 1, Campinas Grande, 2006. (disponível em CD-Rom).

REGAZZI, A. J.; LEITE, H. G. **Análise de regressão: Teoria e aplicações em manejo florestal**. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 236, 1993.

RIBEIRO, J. E. L. S. et al. **Flora da reserva ducke**: guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 1999.

SANTOS JUNIOR, U. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FEUDPAUSCH; T. R. **Growth, leaf nutrient concentration and photosynthetic nutrient use efficiency in tropical tree species planted in degraded areas in central Amazonia**. *Forest Ecology and Management*. 226, P, 299-309, 2006.

SILVA, C. E. M.; GONÇALVES, J. F. C.; FELDPAUSCH, T. R.; LUIZÃO, F. J; MORAIS, R. R.; RIBEIRO, G. O. **Eficiência no uso dos nutrientes por espécies pioneiras crescidas em pastagens degradadas na Amazônia central**. Acta Amazonica 36, P. 503-512, 2006.

SILVA, F.C. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2. ed.rev.ampl. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 627, 2009.

SOARES, C. P. B.; NETO, F.de P.SOUZA, A. L. **Dendrometria e Inventário Florestal**. Viçosa: Ed. UFV, p. 276, 2006.

TONINI, H. et al. Estrutura Populacional e Produção de Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Andiroba (*Carapa* sp.) no Sul do Estado de Roraima.

In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, P. 16, 2008.

TONINI, H. et al. Relação da produção de sementes de castanha-do-brasil com características morfométricas da copa e índices de competição. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.43, n.11, P. 1509-1516, 2008.

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

VALE, D. W.; SOUSA, J. I.; PRADO, R. M. **Manejo da fertilidade do solo e nutrição de plantas**. Jaboticabal: FCAV, p. 425, 2010.

VIANA, V.M; MELLO, R.A; MORAES, L.M; MENDES, N.T. Ecologia e manejo de populações de castanha-do-pará em reservas extrativistas, Xapuri, estado do Acre. In:GASCON, C; MOUTINHO, P. **Floresta amazônica, dinâmica, regeneração e manejo**. Manaus: INPA, P. 277-292, 1998.

VIEIRA, L. S. **Manual de ciências do solo**. 2º ed. São Paulo: Ceres, 1985.

VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazônia**. Peru: Tratado de cooperacion Amazonica, p. 349, 1996.

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.

WADT, L.H.O. et al. Manejo da castanheira (*Bertholletia excelsa*) para produção de castanha-do-brasil. Rio Branco, AC: Secretária de Extrativismo e Produção Familiar, p. 42, 2005. il (Seprof. Documento Técnico, 3).

WADT, L.H.O.; KAINER, K.A. **Domesticação de castanheira**. In: Borém, A.; LOPES, M. T.; CLEMENT, C. R. Domesticação e melhoramento. Ed. Viçosa, MG, p. 297-317, 2009.

WEBER, K. S. **manejo da bracinga (*mimosa scabrella* benth.) baseado no crescimento diamétrico de árvores individuais**. 2007. 113 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – setor de Ciências Agrárias. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

YARED, J. A. G. KANASHIRO, M. VIANA, L. M.; CASTRO, T. C. A. PANTOJA, J. R. de S. Comportamento silvicultural da castanheira (H. B. K.), em diversos locais da Amazônia. In: CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1.; CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SBS, v. 2, p. 366, 1993.

TONINI, H.; KAMINSKI, P. E.; COSTA, P.; SCHWENGBER, L. A. M. Estrutura Populacional e Produção de Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) e Andiroba (*Carapa* sp.) no Sul do Estado de Roraima. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA MANEJO SUSTENTÁVEL DE PRODUTOS FLORESTAIS NÃO MADEIREIROS NA AMAZÔNIA, 1, 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: Embrapa Acre, P. 16, 2008.

ZUIDEMA, P.A.; BOOT, R.G.A. Demography of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa*) in the Bolivian Amazon: impact of seed extraction on recruitment and population dynamics. **Journal of Tropical Ecology**, v.18, p.1-31, 2002.