



Museu Paraense Emílio Goeldi

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**CASTANHAL NATIVO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS: ATRIBUTOS
EDÁFICOS, PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E PERFIL SOCIOECONÔMICO
DOS EXTRATIVISTAS**

QUÊZIA LEANDRO DE MOURA GUERREIRO

BELÉM-PARÁ
2017



CASTANHAL NATIVO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS: ATRIBUTOS EDÁFICOS, PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E PERFIL SOCIOECONÔMICO DOS EXTRATIVISTAS

QUÊZIA LEANDRO DE MOURA GUERREIRO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará em convênio com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Amazônia Oriental e Museu Paraense Emílio Goeldi, como requisito para obtenção do título de Doutora em Ciências Ambientais.

Área de Concentração: Ecossistemas Amazônicos e Dinâmicas Socioambientais.

Orientadora: Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo

BELÉM-PARÁ
2017

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca do Instituto de Geociências/SIBI/UFPA

Guerreiro, Quêzia Leandro de Moura, 1987-

Castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós: atributos edáficos, produção de serapilheira e perfil socioeconômico dos extrativistas / Quêzia Leandro de Moura Guerreiro. – 2017.

116 f. : il. ; 30 cm

Inclui bibliografias

Orientadora: Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Belém, 2017.

1. Castanha - do - Pará (PA). 2. Reservas florestais - Pará. 3. Floresta Nacional do Tapajós (PA). 4. Serapilheira - (PA). 5. Desenvolvimento sustentável - Pará. I. Título.

CDD 22. ed.: 634.575098115

Elaborado por
Lucia de Fátima Imbiriba de Sousa
CRB-2/652

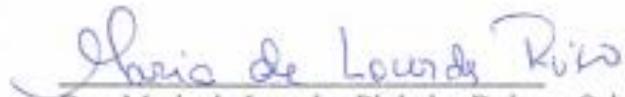
QUÊZIA LEANDRO DE MOURA GUERREIRO

**CASTANHAL NATIVO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS: ATRIBUTOS
EDÁFICOS, PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E PERFIL SOCIOECONÔMICO
DOS EXTRATIVISTAS**

Tese apresentada para obtenção do grau de Doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Pará em convênio com o Museu Paraense Emílio Goeldi e EMBRAPA – Amazônia Oriental. Área de concentração em Clima e Dinâmica Socioambiental na Amazônia.

Data de aprovação: 07 / 08 / 2017

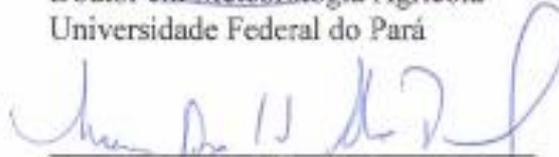
Banca examinadora:



Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo - Orientadora
Doutora em Agronomia
Museu Paraense Emílio Goeldi



Dr. Hernani José Brazão Rodrigues - Membro
Doutor em Meteorologia Agrícola
Universidade Federal do Pará



Dra. Marcia Aparecida da Silva Pimentel - Membro
Doutora em Geografia
Universidade Federal do Pará



Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Júnior - Membro
Doutor em Geologia e Geoquímica
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária



Dra. Rosecélia Moreira da Silva Castro - Membro
Doutora em Ciências Agrárias
Museu Paraense Emílio Goeldi

Às minhas irmãs (Lidiane, Paula e Fernanda);
Aos meus sobrinhos (Marcela e Marcelo);
Ao meu pai José de Moura filho;
Aos meus amigos;
À minha família;
Aos mestres;
Aos meus avós e pais de criação José de Moura e Genésia de Moura (*in memorian*);
À minha mãe Cleide Maria L. de Moura (*in memorian*);
À minha avó Terezinha T. Leandro (*in memorian*).

AGRADECIMENTOS

Ao único **Deus**, Criador de todas as coisas, pela graça, força, coragem, sabedoria e pela paz que excede todo entendimento.

À Universidade Federal do Pará (UFPA), ao Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG) e a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária da Amazônia Oriental (Embrapa – Amazônia Oriental) por fornecerem infraestrutura e profissionais que contribuíram para o meu crescimento intelectual.

À minha orientadora **Dra. Maria de Lourdes Pinheiro Ruivo** pela confiança, conselhos, atenção e paciência cedidos desde a Iniciação Científica. Lou obrigada pela amizade, apoio, pelo seu exemplo de simplicidade e por sempre nos motivar. És muito especial para mim.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Ciências Ambientais (UFPA/MPEG/Embrapa) pelo conhecimento transmitido.

Ao Projeto MapCast e ao **Dr. Raimundo Cosme de Oliveira Júnior** por viabilizar o presente estudo.

Aos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da FLONA do Tapajós e que cederam parte do seu tempo para contribuir com esse trabalho.

Aos professores: **Dr. Edson Rocha** (UFPA), **Dr. Ricardo Scoles** (UFOPA), **Dr. José Henrique Cattânio** (UFPA), **Dra. Helionora da Silva Alves** (UFOPA), **Dra. Aline Meiguins** (UFPA) e **Dra. Maria Aurora da Mota** (UFPA) pela atenção nos momentos de dúvidas.

Ao técnico do Laboratório de solos do MPEG, **Sr. Paulo Sarmiento** pelas dúvidas sanadas e pelo auxílio nas análises químicas e físicas das amostras de solo.

Ao **M.Sc. Paulo Brasil Santos** (UFOPA) pelo apoio na realização das análises estatísticas e na elaboração dos mapas.

Aos *best friends*: **Lana Carolina Ramos** (minha irmã de coração), **José Max O. Júnior**, **Margarida Silva**, **Silvio Alex Silva**, **Márcia Souza** e **Francinaldo Matos** pelo apoio nas horas difíceis, pelo abraço amigo, pelo carinho, pelos conselhos... Amo vocês! Contem sempre comigo!

Aos profissionais **Dra. Rosecélia Moreira** (MPEG), **Dra. Adriane Almeida**, **Dra. Arlete Silva** (MPEG), **Dr. Francisco Berrêdo** (MPEG), **M.Sc. Frank Leone**, **Dra. Adriane**

Rocha, M.Sc. Amanda Ferreira (UFOPA), **Marion de Lima** (SEMAT-Belterra), **M.Sc. Izabela de Moura Duin e Deolinda Cortez**.

A todos os colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais (UFPA/EMBRAPA/MPEG) por compartilharem conhecimentos, dificuldades e muitas alegrias.

Aos companheiros de campo: **Cleuton Pereira, Sr. Francisco A. de F. Neto (Chico), Brenda Moraes e Amanda Mota**.

As minhas irmãs **Lidiane Moura e Paula Moura** pelo amor tão especial e pela ajuda em todos os sentidos. Amo muito vocês. Contem sempre comigo!!!

À Universidade Federal do Oeste do Pará por me conceder o período de afastamento e viabilizar, assim, a conclusão do meu doutorado.

Ao meu esposo **Thiago Guerreiro** por suportar meus estresses nesses quatro anos.

A **todos**, que de forma direta e indireta, me oportunizaram levar adiante as atividades do presente trabalho e me encorajaram nos momentos de dificuldades. **Muito Obrigada!**

“Eu sou o caminho, a verdade e a vida; ninguém vem ao Pai, senão por mim”.
(Jesus Cristo, Bíblia Sagrada, João 14:6)

“Trabalho é um dever sagrado”
(José Ferreira de Moura)

RESUMO

A semente castanha-do-brasil possui alto valor alimentar e é considerada um dos principais produtos extrativistas da pauta de exportação da região norte do Brasil. O estudo dos aspectos ecológicos e biológicos da castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) tem sido objetivo de muitos trabalhos, porém é incipiente a quantidade de pesquisas que abordam as variáveis sociais e ambientais dessa relacionadas a espécie. Neste contexto, a presente tese buscou avaliar os atributos edáficos que mais influenciam no desenvolvimento vegetal e a produção de serapilheira em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós) além de estudar os fatores socioeconômicos e as práticas de manejo, coleta e a produção dos extrativistas de castanha-do-brasil que residem próximo dessa área. A apresentação dos resultados obtidos foi exposta em três capítulos: o primeiro capítulo compreende uma análise geoestatística dos fatores físico-químicos do solo; o segundo apresenta uma estimativa da produção de serapilheira em relação à média mensal da temperatura máxima e os totais mensais de precipitação e insolação e o terceiro demonstra uma análise dos aspectos econômicos, sociais e das práticas de manejo dos coletores de castanha-do-brasil que atuam na FLONA do Tapajós. As amostragens de campo foram realizadas em uma parcela permanente de 300 m x 300 m do projeto MapCast, instalada no km 84 da FLONA do Tapajós. As coletas de amostras de solo para as análises físico-químicas seguiram as recomendações descritas no “Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos” da Embrapa, bem como os procedimentos para as determinações analíticas. Para a coleta da serapilheira foram utilizados 12 recipientes em formato circular e o material depositado era recolhido a cada 30 dias e separado em classes (Folhas, Flores e frutos, Madeira, Miscelânea). Os dados socioeconômicos, de produção e a forma de extração das castanhas-do-brasil foram obtidos por meio de entrevista estruturada realizada com 24 extrativistas da região. Por meio da Krigagem Simples pode-se estimar a concentração dos nutrientes estudados para toda a área da grade amostral. O adensamento de castanheiras-do-brasil foi identificado nas áreas com maiores valores de silte e argila e menores valores para as variáveis macroporosidade, pH, fósforo, zinco e cobre. A produção de folhas variou entre 169,9 a 965,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹, a de madeira entre 26,7 e 501,3 kg ha⁻¹ mês⁻¹ e a de flores e frutos entre 0,6 e 19,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹. As classes madeira e flores e frutos não apresentaram variação significativa (p>0,05) e nem correlação significativa com nenhuma variável meteorológica. As três variáveis ambientais analisadas explicam 40,7% da variabilidade temporal da produção de serapilheira. Ao todo foram contabilizados 39 extrativistas de castanha-do-brasil.

A maioria desses possui baixo nível de escolaridade e é contemplada pelo Programa Bolsa Família. A produção variou significativamente entre as safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016 e as práticas de extração são tradicionais. A Análise Geoestatística permitiu o conhecimento da atual distribuição espacial dos atributos físico-químicos do solo na área estudada, a qual servirá como base de comparação para futuras avaliações no mesmo local e também para ajudar a compreender aspectos ambientais em áreas com aglomerações de castanheira-do-brasil. As variáveis ambientais temperatura e insolação influenciam na produção de folhas e na produção total de serapilheira em área de castanhal nativo. As práticas de manejo dos castanhais e de coleta e beneficiamento das sementes aplicadas pelos extrativistas das comunidades estudadas não apresentam nenhuma inovação em relação às práticas tradicionais e rudimentares já informadas na literatura. A variação entre as safras foi influenciada pela redução de chuvas (ocasionadas por um evento de El Niño instalado em 2015) e pelas frequentes queimadas, conforme a percepção dos entrevistados.

Palavras-chave: Castanha-do-brasil. FLONA do Tapajós. Solo. Serapilheira. Extrativistas. Perfil socioeconômico.

ABSTRACT

The seed Brazil nuts has high food value and is considered one of the main extractive products of the export zone of the northern region of Brazil. The study of the ecological and biological aspects of Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*) has been the objective of many studies, but the amount of research that approach the social and environmental variables related to the species is incipient. In this context, the present thesis sought to evaluate the edaphic attributes that most influence in plant development and litter production in the native castanhal area of the Tapajós National Forest (Tapajós FLONA), in addition to studying the socioeconomic factors and management practices, collection and the production of extractivists of Brazil nuts that reside in this area. The presentation of the obtained results was exposed in three chapters: the first chapter includes a geostatistical analysis of the physical-chemical factors of the soil; the second presents an estimate of the litter production in relation to the monthly average of the maximum temperature and the monthly totals of precipitation and insolation; and the third shows an analysis of the economic, social and management aspects of the Brazil nuts collectors that work in the Tapajós FLONA. The field samples were performed in a permanent 300 m x 300 m portion of the MapCast project, installed at km 84 of the Tapajós FLONA. The soil sample collections for the physico-chemical analyzes followed the recommendations described in the "Manual of laboratory: soil, water, plant nutrition, animal nutrition and food" of Embrapa, as well as the procedures for analytical determinations. For the litter collection, 12 containers were used in circular format and the deposited material was collected every 30 days and separated into classes (leaves, flowers and fruits, woody, miscellaneous). Socioeconomic, production and the form of extraction data of Brazil nuts were obtained through a structured interview conducted with 24 extractivists from the region. By Simple Kriging it was possible to estimate the concentration of nutrients studied for the entire area of the sample grid. The densification of Brazil nut trees was identified in areas with higher silt and clay values and lower values for macroporosity, pH, phosphorus, zinc and copper. Leaf production ranged from 169.9 to 965.6 kg ha⁻¹ month⁻¹, wood between 26.7 and 501.3 kg ha⁻¹ month⁻¹ and flowers and fruits between 0.6 and 19.6 kg ha⁻¹ month⁻¹. The wood and flowers and fruit classes presented no significant variation ($p > 0.05$) and no significant correlation with any meteorological variable. The three environmental variables analyzed explain 40.7% of the temporal variability of litter production. In all, 39 Brazil nuts extractivists were recorded. Most of these have a low level of education and are covered by the "Bolsa Família Program". The production varied significantly between the 2013/2014,

2014/2015 and 2015/2016 harvests, and extraction practices are traditional. The Geostatistical Analysis allowed the knowledge of the current spatial distribution of the physical and chemical attributes of the soil in the studied area, which will serve as a basis of comparison for future evaluations in the same place and also to help understand environmental aspects in areas with agglomerations of Brazil nuts. The environmental variables temperature and insolation influence leaf production and total litter production in native castanhal area. The management practices of the castanhal and the collection and processing of the seeds applied by the extractivists of the studied communities do not present any innovation in relation to the traditional and rudimentary practices already informed in the literature. The variation between the harvests was influenced by the reduction of rains (caused by an event of El Niño installed in 2015) and by the frequent burned, according to the perception of the interviewees.

Keywords: Brazil nuts. FLONA Tapajós. Soil. Litter. Extractive. Socioeconomic profile.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 2

- Figura 2.1 - Localização da área de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-Pará, com os pontos de coleta de solo seguindo uma grade sistemática de 30 m x 50 m..... 29
- Figura 2.2 - Semivariogramas com ausência de patamar (efeito pepita puro) para as variáveis carbono, nitrogênio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio e ferro de solo sob castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós..... 35
- Figura 2.3 - Semivariogramas ajustados para os modelos esféricos (areia total e argila) e gaussiano (silte) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 38
- Figura 2.4 - Semivariogramas ajustados para o modelo gaussiano (porosidade total, macroporosidade e microporosidade) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará... 39
- Figura 2.5 - Semivariogramas ajustados para o modelo gaussiano (capacidade de campo) e esférico (ponto de murcha permanente) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 40
- Figura 2.6 - Semivariogramas ajustados para os modelos exponencial (pH), gaussiano (fosfóro) e esférico (potássio) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará... 41
- Figura 2.7 - Semivariogramas ajustados para os modelos exponencial (zinco), esférico (manganês) e gaussiano (cobre) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará... 42

CAPÍTULO 3

- Figura 3.1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós, da parcela de estudo do Projeto MapCast, das árvores de *Bertholletia excelsa* e dos coletores de serapilheira..... 48
- Figura 3.2 - Valores mensais estimados para a produção de folhas, madeira e flores e frutos e dados da precipitação (A), da temperatura (B) e da insolação (C), em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará..... 52

Figura 3.3 - Grupos de similaridade obtidos na Análise PCO com os dados de produção da serapilheira obtidos em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	53
Figura 3.4 - Variação da produção de folhas, madeira, flores e frutos e produção total (soma de todas as classes da serapilheira) em relação aos períodos úmido e seco obtida em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	54
Figura 3.5 - Diagrama de ordenação da RDA com as variáveis meteorológicas e os dados de produção da serapilheira obtidos para a parcela de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	56

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós e das residências dos extrativistas de castanha-do-brasil que estão situadas nas comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge.....	62
Figura 4.2 - Aspectos sociais, A) Naturalidade, B) Número de filhos por família; C) Faixa etária; e D) Nível de escolaridade dos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	67
Figura 4.3 - Aspectos econômicos, A) Tipo de auxílio do governo e B) Valores (em reais) que mensais recebidos do Programa Bolsa Família informados pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	70
Figura 4.4 - Informações A) Média de quilômetros percorridos até o local de coleta; B) Quantidade de áreas com castanheiras-do-brasil frequentadas pelas famílias; e C) Áreas mais citadas pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	72
Figura 4.5 - Dendrograma obtido na Análise de Cluster com os dados socioeconômicos dos extrativistas de castanha-do-brasil das comunidades Branco, Boa Esperança e São Jorge, Belterra-Pará.....	83
Figura 4.6 - Diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Canônica com as variáveis sociais e os aspectos de produção dos extrativistas de castanha-do-brasil das comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge, Belterra-Pará. As setas vermelhas representam as variáveis respostas e os triângulos azuis representam as variáveis consideradas dependentes.....	85

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2

Tabela 2.1 - Estatística descritiva e resultados da Análise Geoestatística para os atributos físico-químicos de solo sob castanhal nativo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	34
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 3.1 - Contribuição de cada classe da serapilheira em relação ao total mensal produzido no período de agosto de 2015 a julho de 2016.....	53
Tabela 3.2 - Resultados dos testes Correlação Linear de Pearson e Correlação Cruzada realizados com os dados de produção da serapilheira e das variáveis meteorológicas obtidos para a área de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	55

CAPÍTULO 4

Tabela 4.1 - Informações demográficas das comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge, localizadas no município de Belterra-Pará e número de famílias entrevistadas.....	64
Tabela 4.2 - Equipamentos de proteção individual (EPIs) utilizados pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	74
Tabela 4.3 - Dados de produção e comercialização de castanha-do-brasil, para as safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, informados pelos extrativistas que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	75
Tabela 4.4 - Práticas de manejo e beneficiamento realizadas pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.....	80

LISTA DE SIGLAS, ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

%	Porcentagem
$\hat{\gamma}(\mathbf{h})$	Semivariância da variável
°C	Grau Celsius
μm	Micrômetro
abr	Abril
AE	Erro Absoluto
ago	Agosto
Al	Alumínio
ANOVA	Análise de Variância
C	Patamar
C/N	Relação carbono/nitrogênio
C1	Contribuição
Ca	Cálcio
CC	Capacidade de campo
cm	Centímetros
Co	Efeito pepita
Cu	Cobre
CV	Coefficiente de variação
DAP	Diâmetro da Altura do peito
dez	Dezembro
Dp	Densidade de partículas
Ds	Densidade do solo
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENSO	El Niño-Oscilação Sul
EPIs	Equipamentos de Proteção Individuais
EPP	Efeito Pepita Puro
Fe	Ferro
fev	Fevereiro
FLONA	Floresta Nacional
g	Grama
h	Distância
ha	Hectare
I	Insolação
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBIO	Instituto Chico Mendes de Conservação da Natureza
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
jan	Janeiro
jul	Julho
jun	Junho
K	Potássio
Kg	Quilograma
Km	Quilômetro
kPa	Quilopascal

Lag	Tempo de atraso
ln	Logaritmo neperiano
m	Metro
m ²	Metro quadrado
Macrop.	Macroporosidade
mai	Maio
MapCast	Mapeamento de Castanhais Nativos e Caracterização Socioambiental e Econômica de Sistemas de Produção da Castanha-do-brasil na Amazônia
mar	Março
ME	Erro Médio
Mg	Magnésio
Microp.	Microporosidade
mm	Milímetro
Mn	Manganês
N	Nitrogênio
N(h)	Número de pares de pontos medidos
n ^o	Número
Na	Novembro
ns	Não significativo ($p > 0,05$)
OLS	Método dos Quadrados Ordinários
out	Outubro
P	Fósforo
p	Probabilidade de significância
PCO	Principais Coordenadas Ordinárias
PFNM	Produtos Florestais Não Madeireiros
pH	potencial hidrogeniônico
PMP	Ponto de Murcha Permanente
PT	Porosidade Total
r	Coefficiente de correlação de Pearson
RDA	Análise de Redundância Canônica
Redalyc	Rede de Revistas Científicas da América Latina e do Caribe, Espanha e Portugal
RMSS	Erro Quadrado Médio
S	Sul
Scielo	Biblioteca Eletrônica Científica Online
sd	Sem defasagem temporal ($p > 0,05$)
set	Setembro
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação
T	Temperatura
UC	Unidade de Conservação
W	Oeste
WLS	Método dos Quadrados Mínimos Ponderados
Zn	Zinco

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 CONTEXTUALIZAÇÃO	19
CAPÍTULO 2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE SOLO SOB CASTANHAL NATIVO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA	25
2.1 Introdução	25
2.2 Material e métodos	28
2.2.1 Área de estudo	28
2.2.2 Coleta, preparo e análises físico-químicas	30
2.2.3 Análise dos dados	31
2.3 Resultados e discussão	33
2.3.1 Relações das variáveis com a castanheira-do-brasil	43
2.4 Considerações finais	44
CAPÍTULO 3 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA FLORESTAL COM ADENSAMENTO DE <i>Bertholletia excelsa</i> Bonpl.	46
3.1 Introdução	46
3.2 Material e métodos	47
3.2.1 Área de estudo	47
3.2.2 Coleta, preparo e pesagem das amostras de serapilheira	49
3.2.3 Dados meteorológicos	50
3.2.4 Análises estatísticas	50
3.3 Resultados	51
3.3.1 Dados meteorológicos	51
3.3.2 Produção de serapilheira	51
3.3.3 Análises estatísticas	53
3.4 Discussão	56
3.4.1 Variação temporal dos dados meteorológicos e da produção de serapilheira	56
3.4.2 Produção de serapilheira e as variáveis meteorológicas	58
3.5 Conclusão	59
CAPÍTULO 4 PERFIL SOCIOECONÔMICO, PRODUÇÃO E PRÁTICAS DE MANEJO DOS EXTRATIVISTAS DE CASTANHA-DO-BRASIL EM BELTERRA-PARÁ	60
4.1 Introdução	60
4.2 Material e Métodos	64

4.2.1	Localização da área de estudo e amostra da pesquisa	62
4.2.2	Aspectos da pesquisa e coleta de dados.....	64
4.2.3	Processos de tabulação e análise estatística dos dados.....	65
4.3	Resultados e discussão	66
4.3.1	Aspectos socioeconômicos	66
4.3.2	Aspectos de produção e venda	71
4.3.3	Aspectos de manejo e beneficiamento.....	80
4.3.4	Análise multivariada dos dados.....	82
4.4	Considerações finais	85
5	CONCLUSÃO GERAL	87
	REFERÊNCIAS	88
	APÊNDICES	106
	APÊNDICE A - TEORES DOS NUTRIENTES E VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM ÁREA DE CASTANHAL NATIVO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA, PARÁ.	107
	APÊNDICE B - DADOS MENSIS DE CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA, POR COLETORES, EM G, OBTIDOS EM ÁREA DE CASTANHAL NATIVO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA, PARÁ.	109
	APÊNDICE C - FORMULÁRIO DE ENTREVISTA APLICADO AOS EXTRATIVISTAS DE CASTANHA-DO-BRASIL	112

CAPÍTULO 1 CONTEXTUALIZAÇÃO

A castanheira-do-brasil é uma espécie nativa da Amazônia que tem por habitat as terras firmes. Sua semente, denominada de castanha-do-brasil, possui alto valor alimentar e é considerada um dos principais produtos extrativistas da pauta de exportação dessa região (SALOMÃO, 2014). A Bolívia, os Estados Unidos da América, a China, a União Europeia e o Peru são os maiores compradores de castanha-do-brasil e esse interesse comercial é justificado pelo seu uso alimentício e na indústria de cosméticos (BAYMA et al., 2014). Esse mercado tem por base principal o extrativismo, que confere renda e provimentos para milhares de famílias da região amazônica (WADT; KAINER, 2009).

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl.) é a única espécie representante do gênero *Bertholletia* e foi originalmente descrita em 1807 por Humboldt e Bonpland; a partir de 1825 o cientista Poieau a incluiu na família Lecythidaceae (MORI; PRANCE, 1990). A castanheira-do-brasil ocorre na região amazônica em forma de agrupamentos de média extensão denominados castanhais nativos (SALOMÃO, 1991), sendo encontrada nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Roraima, Rondônia, Tocantins, Mato Grosso e no Maranhão (LOCATELLI et al., 2005; LOUREIRO; SILVA; ALENCAR, 1979). Popularmente sua semente é conhecida como castanha-do-pará, castanha e castanha-do-brasil (LORENZI, 2002). No exterior é conhecida como noix du bresil (França), brazil nuts e para nuts (Inglaterra e Estados Unidos), para nuss (Alemanha), almendro (Colômbia), juvia (Venezuela) (ÁVILA, 2006¹ apud SOUZA et al., 2008, p. 1).

As principais características biológicas da castanheira-do-brasil são: copa larga (de 20 a 40 m de diâmetro), tronco retilíneo com ausência de ramos, altura de até 60 m, Diâmetro da Altura do Peito (DAP) entre 100 a 180 cm, galhos das copas encurvados nas extremidades (SALMAN et al., 2008), idade estimada entre 800 e 1.200 anos (CHAVES, 2007; SOUZA et al., 2008), madeira moderadamente pesada e resistente ao ataque de organismos xilófagos (LOCATELLI et al., 2005), folhas alongadas com 17 a 36 cm de comprimento por 6 a 15 cm de largura (SALMAN et al., 2008), flores hermafroditas com pétalas branco-amareladas, tubulosas e zigomorfas (CHAVES, 2007) e estrutura restringente aos polinizadores (SANTOS; ABSY, 2010).

Os frutos da castanheira-do-brasil, conhecidos como ouriços, apresentam considerável variação de peso e armazenam em seu interior as sementes. Estas são protegidas por uma

¹ÁVILA, F. *Árvores da Amazônia*. São Paulo: Empresa das Artes, 2006.

casca dura e rugosa. No estudo de Camargo et al. (2010) foi registrado uma produção que variou de 1 a 172 ouriços por árvore, com média de 29 ouriços por castanheira-do-brasil. Estes frutos apresentaram uma média de 673 gramas e 16 sementes por ouriço. Na região leste da Amazônia, em geral, os frutos começam a cair em janeiro e continuam até abril (CLEMENT, 2000; KAINER et al., 2005), sendo comum uma mesma árvore apresentar frutos novos e maduros, pois o tempo de desenvolvimento e maturação é em torno de 14 meses (WADT; KAINER, 2009).

As sementes da castanheira-do-brasil contêm proteínas, fibras, cálcio, magnésio, fósforo, cobre e vitaminas A, B1, B2 e C, bem como concentrações de agimina que ajudam a prevenir doenças coronarianas e o câncer; é considerada uma fonte natural de selênio, onde o consumo de apenas uma castanha excede a necessidade diária de um adulto (BOUVIE et al., 2016; CHAVES, 2007; SCOLE, 2010).

Devido o valor nutricional e agradável sabor, as castanhas têm relevante importância econômica para as populações rurais, sendo um dos principais Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNM) comercializados na região amazônica (HOMMA, 2000).

Quanto aos aspectos ecológicos, a castanheira-do-brasil possui as seguintes características: reprodução dependente de polinizadores capazes de acessar a estrutura complexa de suas flores (SANTOS; ABSY, 2010), dispersão das sementes por processo de queda natural dos ouriços, por ação de roedores caviomorfos (FAUSTINO; EVANGELISTA; WADT, 2014) e por seres humanos (SCOLE; GRIBEL, 2011), apresenta melhor desenvolvimento em áreas com maior luminosidade (SCOLE; KLEIN; GRIBEL, 2014), sua floração e frutificação estão ligadas às condições climáticas e apresenta grande variação anual de produção (WADT; KAINER, 2009). É encontrada em áreas com precipitações médias anuais entre 1400 e 2800 mm/ano, temperatura média anual entre 24,3° e 27,2°C (DINIZ; BASTOS, 1974), déficit de água de 2 a 5 meses (CHAVES, 2007; LOCATELLI et al., 2005) e sobre solos argilosos, pobres, profundos e não inundados (CLEMENT, 2006; LOCATELLI et al., 2003; LOCATELLI et al., 2005).

O trabalho de Lima e Azevedo (1996), realizado em área de consórcio agroflorestal no estado do Amazonas, expôs que o desenvolvimento da castanheira-do-brasil foi positivamente influenciado após a aplicação de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e micronutrientes, resultando em maior crescimento das árvores (200%) quando comparadas com indivíduos cultivados em solos sem adubação. Lima, Higa e Souza (2005) também analisaram a influência dos fatores físico-químicos de várias ordens de solo sobre o crescimento dessa espécie e concluíram que os nutrientes mais relacionados a este fator foram o fósforo, o zinco,

o sódio, o alumínio e o magnésio, além da acidez do solo e os valores de areia total e silte e o conteúdo de água disponível.

O trabalho de Santos et al. (2013) foi mais específico, avaliando os requerimentos nutricionais e os efeitos da omissão de nutrientes no desenvolvimento de mudas de castanheira-do-brasil em casa de vegetação, sendo constatado que o boro e o fósforo foram os mais limitantes e o enxofre o nutriente que menos contribuiu para o desenvolvimento das plantas. Locatelli et al. (2003) observaram desenvolvimento satisfatório em altura e diâmetro de castanheiras-do-brasil sob Argissolo Vermelho Distrófico com alta saturação por alumínio.

É deficiente o número de estudos do solo sob castanhais nativos. Até o presente momento não foi identificado nas bases de dados mais acessadas (Scielo, Web of science, Scopus e Redalyc) nenhum artigo científico que apresentassem aspectos químicos e físicos do solo em áreas de castanhais nativos utilizando técnicas mais robustas como a Geoestatística e são poucos os trabalhos que abordam as questões sociais e as formas de manejo dos extrativistas de castanha-do-brasil. É comum estudos sobre os aspectos biológicos, como os trabalhos de Ferreira et al. (2012), Neves et al. (2016) e Ramalho et al. (2016), ecológicos, como os trabalhos de Ferreira et al. (2015), Santos e Absy (2010) e Scoles et al. (2016), nutricionais, como os trabalhos de Álvares et al. (2012), Bouvie et al. (2016) e Ferreira et al. (2011) e também na área da saúde, como os trabalhos de Bartolomé et al. (1997) e Carvalho et al. (2015).

Os atributos físicos e químicos do solo são fatores ambientais que influenciam diretamente no desenvolvimento dos vegetais e o estudo dos mesmos é muito relevante, especialmente em ambientes florestais que fomentam o desenvolvimento local, como é o caso das áreas com adensamento de castanheira-do-brasil. A necessidade de novas pesquisas é mais latente quando se pondera que os atributos edáficos apresentam variação espacial em poucos metros, o que gera a necessidade de técnicas mais modernas, como a Geoestatística, em tais abordagens.

O processo de retorno da matéria orgânica e dos nutrientes para o solo de ambientes florestais é feito, em parte, pela produção de serapilheira, considerada o meio mais importante de transferência de elementos essenciais a vegetação para o solo (MACHADO et al., 2012; VITAL et al., 2004). Dessa forma, a troca dos elementos químicos entre a vegetação e o solo (meio biótico para o abiótico) e vice-versa, configura um processo denominado equilíbrio dinâmico (FREITAS et al., 2013; SELLE, 2007).

A serapilheira é o material vegetal que recobre os solo sem ambientes florestais e desempenha diversas funções no equilíbrio e dinâmica dos ecossistemas (COSTA et al.,

2010). Sua produção é influenciada por fatores edáficos e da própria vegetação (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015; FYLLAS et al. 2009), por fatores climáticos (WAGNER et al., 2016) e pelas atividades antrópicas (COELHO; BORGES, 2005). Em áreas que sofrem pressões antrópicas, o conhecimento dos fenômenos que ocorrem com a serapilheira pode ser um indicador para avaliar o processo de recuperação da vegetação (MARTINS; RODRIGUES, 1999).

Em geral, as florestas amazônicas se desenvolvem sobre solos muito intemperizados, ácidos e de baixa fertilidade (QUESADA et al., 2011) e a entrada de nutrientes nestes é feita principalmente pelo processo de deposição e decomposição da serapilheira (LUIZÃO, 2007). Assim, trabalhos sobre a produção de serapilheira fornecem subsídios para um melhor entendimento da dinâmica dos nutrientes (GOLDINHO et al., 2015) e são ferramentas chaves para a gestão e conservação dos ambientes florestais (COSTA et al, 2010), além de auxiliar na compreensão sobre o grau de fragilidade (GALLON, 2004).

Estudos direcionados para compreender a produção de serapilheira em áreas de castanhais nativos são escassos, apesar de serem muito importantes, uma vez que fornecem informações subsidiadoras de programas e futuros de manejo em tais áreas, consideradas estratégicas para muitas comunidades tradicionais da região norte, pois a extração da castanha-do-brasil confere sustento para aproximadamente 55.000 pessoas.

A extração da castanha é considerada um modelo de PFSM que contribui para a promoção da conservação das florestas tropicais (WADT; KAINER, 2009), pois praticamente toda a produção é oriunda de florestas primárias. Tonini e Pedrozo (2014) a consideram espécie-chave para o desenvolvimento econômico-social das comunidades e para a manutenção dos benefícios diretos e indiretos da floresta.

A afirmação de HOMMA (2010) sobre o desaparecimento dos recursos extrativistas, devido o crescimento, a domesticação, a destruição dos estoques naturais, a degradação ambiental e a privatização da terra confirma a necessidade de estudos que abordem os aspectos sociais e as práticas de manejo e beneficiamento realizadas pelos extrativistas de castanha-do-brasil.

O projeto “Mapeamento de Castanhais Nativos e Caracterização Socioambiental e Econômica de Sistemas de Produção da Castanha-do-Brasil na Amazônia - MapCast” é financiado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) e tem a finalidade de estudar os aspectos do ambiente natural de ocorrência dessa espécie e as questões socioeconômicas relacionadas aos sistemas de produção existentes e os tipos de organização social das comunidades extrativistas. A Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós)

está inserida no raio de pesquisa do MapCast, pois possui em seu interior uma área com ocorrência de castanhal nativo utilizada por comunidades tradicionais.

A Floresta Nacional (FLONA) é um tipo de unidade de conservação (UC) estabelecida pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) por meio da Lei Federal nº 9.985 de 2000. As UCs são espaço territoriais que apresentam características naturais relevantes, legalmente estabelecidos pelo Poder Público e geridos por regime especial, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção. A categoria FLONA permite o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais, atividades de pesquisa científica e visita públicas (BRASIL, 2002).

Diante das lacunas existentes sobre o conhecimento da castanheira-do-brasil e considerando que outros trabalhos (SALOMÃO, 2014) ressaltam a urgência em avançar no entendimento ecológico, econômico e social dessa espécie, a presente tese de doutorado buscou aplicar técnicas da Geoestatística para conhecer a distribuição espacial dos atributos físicos e químicos do solo e avaliar a produção de serapilheira em relação às variáveis meteorológicas de um castanhal nativo localizado na FLONA do Tapajós, bem como apresentar o perfil socioeconômico e as práticas de manejo dos extrativistas locais.

Neste âmbito, pretende-se responder as seguintes questões: Qual a variabilidade espacial dos atributos físico-químicos de um solo sob castanhal nativo? Existe correlação entre as variáveis temperatura, precipitação e insolação com a produção de serapilheira em área de castanhal nativo? Qual é o perfil socioeconômico dos extrativistas de castanha-do-brasil da Floresta Nacional do Tapajós? Qual a produção das últimas safras e como é o processo de coleta realizado pelos extrativistas locais? Para melhor apresentar os resultados e as respostas destas perguntas, o presente trabalho foi organizado em três capítulos, no formato de artigos, cujo objetivo geral e as hipóteses são descritos a seguir.

O capítulo 1, intitulado “Variabilidade espacial dos atributos físico-químicos de solo sob castanhal nativo na Amazônia brasileira” buscou apresentar uma análise geoestatística dos fatores físico-químicos do solo em área com adensamento natural de castanheiras-do-brasil. A hipótese testada foi: os atributos químicos e físicos apresentam concentrações e valores diferentes nas áreas com maior número de indivíduos dessa espécie e também apresentam variabilidade espacial em pequenas distâncias.

O capítulo 2, intitulado “Produção de serapilheira em área florestal povoada por *Bertholletia excelsa*” objetivou apresentar uma estimativa da produção de serapilheira gerada em uma área de castanhal nativo em relação à média mensal da temperatura máxima e os totais mensais de precipitação e insolação. A hipótese testada foi: a maior produção de

serapilheira ocorre nos meses em que os níveis de precipitação forem baixos e os valores de insolação e temperatura mais elevados.

O capítulo 3, intitulado “Perfil socioeconômico, produção e práticas de manejo dos extrativistas de castanha-do-brasil em Belterra-Pará”, apresenta uma análise dos aspectos econômicos, sociais e das práticas de manejo dos coletores de castanha-do-brasil que atuam na FLONA do Tapajós. A hipótese testada foi: a coleta da castanha-do-brasil é uma das principais atividades econômicas das famílias e as práticas de coleta, manejo e beneficiamento adotadas são tradicionais.

Os resultados obtidos para responder a estes questionamentos poderão contribuir para ações de manejo voltadas a sustentabilidade ambiental das áreas sujeitas a atividade de extração de castanha-do-brasil, especialmente a área de castanhal nativo da FLONA do Tapajós e também fornecer informações para colaborar com futuras estratégias de avaliação de impactos nesses ambientes.

CAPÍTULO 2 VARIABILIDADE ESPACIAL DOS ATRIBUTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE SOLO SOB CASTANHAL NATIVO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA

2.1 Introdução

O solo tem como característica a heterogeneidade e apresenta variações nos seus atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos (BRADY; WEIL, 2013; OLIVEIRA et al., 2000). A diversidade dos aspectos geomorfológicos, as altas temperaturas e os elevados índices de precipitações são os fatores que justificam essas variações e a existência de diferentes classes de solos no bioma Amazônia (CHIG et al., 2008).

Estudar os atributos físicos do solo é importante, pois eles estão associados com os processos hidrológicos (suprimento e armazenamento de água) e também influenciam na disponibilidade de nutrientes e de oxigênio no solo (FILIZOLA et al., 2006; ZATORRE, 2009). Assim, o conhecimento dos atributos textura, densidade, porosidade total, macroporosidade, microporosidade, capacidade de campo e ponto de murcha permanente, pode contribuir na definição de melhores estratégias para o manejo sustentável do solo (SCHAFFRATH et al., 2008).

A textura do solo pode ser definida pela distribuição das partículas areia, silte e argila (BRADY; WEIL, 2013). As partículas de 2 a 0,2 mm e com 0,2 a 0,05 mm são enquadradas como areia grossa e areia fina, respectivamente, já as partículas de 0,05 a 0,002 mm são classificadas como silte e as menores que 0,002 mm como argila (Embrapa, 2005). O estudo da proporção dessas frações permite enquadrar o solo nas classes texturais arenoso, argiloso e siltoso (TROEH; THOMPSON, 2007). A quantificação da textura é importante, pois as trocas gasosas, as características físicas e a quantidade de nutrientes, em especial os elementos móveis do solo são influenciados por esse atributo (SCHOENHOLTZ; VAN MIEGROT; BURGER, 2000). Os solos arenosos apresentam baixa capacidade de retenção de água e nutrientes ao contrário dos solos argilosos bem estruturados, que possuem condições adequadas para o desenvolvimento das plantas (TROEH; THOMPSON, 2007).

A densidade do solo é determinada pela relação entre o peso de um determinado volume de solo em relação a este volume (BRADY; WEIL, 2013). Esse atributo físico é influenciado pela cobertura vegetal, pela quantidade de serapilheira e pelas atividades antrópicas (BRADY; WEIL, 2013; SOUZA; CARNEIRO; PAULINO, 2005). Quando elevada, influencia de forma negativa na permeabilidade e na infiltração de água, tendo efeito direto sobre o desenvolvimento do sistema radicular das plantas (FERREIRA; TAVARES FILHO; FERREIRA, 2010). A densidade do solo varia de acordo com a textura, estrutura, e

teor de matéria orgânica e pode ser usada para monitorar o grau de compactação do solo (ZATORRE, 2009).

A porosidade total é a soma da macroporosidade e da microporosidade e representa a porção do solo ocupada pelo ar e pela água. É influenciada pelo tamanho das partículas e o estado de agregação do solo (BAENA; DUTRA, 1981; LAL; SHUKLA, 2005). Por corresponder às fases líquida e gasosa do solo, a porosidade total está ligada aos processos bioquímicos das plantas e sua produtividade (NUNES et al., 2010). Identificar a forma e o tamanho dos poros também é importante, pois os microporos são os que permanecem com água e apresentam diâmetro inferior a 30 μm , já os macroporos são ocupados por ar e possuem diâmetro superior a 30 μm (HANDRECK; BLACK, 1999; LAL; SHUKLA, 2005).

A capacidade de campo é um indicador físico que representa a quantidade de água retida pelo solo após drenagem do seu excesso, sendo utilizado para definir o limite máximo de água que o solo pode armazenar (BRADY; WEIL, 2013). Na prática, corresponde a quantidade de água retida no solo após dois a três dias de sua entrada no sistema (SAVAGE et al., 1996). O ponto de murcha permanente pode ser definido como o teor de água de um solo no qual as folhas das plantas atingem um murchamento definitivo (SAVAGE et al., 1996).

Além desses atributos físicos também é pertinente o estudo dos atributos químicos do solo, em especial os macros e micros nutrientes, que recebem essa denominação conforme as exigências dos vegetais. Os macronutrientes primários (nitrogênio, fósforo e potássio) e os macronutrientes secundários (cálcio, magnésio e enxofre) são requeridos em grandes quantidades e fazem parte de moléculas essenciais além de possuírem função estrutural nas plantas, já os micronutrientes, como o cobre, o ferro, o manganês e o zinco são necessários em menor quantidade pelos vegetais e formam as enzimas (DIAS, 2012). A região norte do Brasil ocupa cerca da metade do território brasileiro e no geral, apresenta solos profundos, ácidos, bem drenados, muito intemperizados e de baixa fertilidade natural (COELHO et al., 2002).

O conhecimento detalhado sobre os atributos do solo também fundamenta as decisões e possibilita melhores probabilidades de acerto quanto às práticas de manejo mais adequadas (SILVA et al., 2003). Por isso é crescente o número de trabalhos que objetivam conhecer essa variação espacial, especialmente em ambientes de interesse produtivo como as áreas de monocultivo (CHAVES; FARIAS, 2008; LIMA; SILVA; SILVA, 2013; MACHADO et al., 2007) e de sistemas agroflorestais (CAMPOS et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2013; SANTOS et al., 2013).

Em ambientes com intervenção antrópica, como os ecossistemas onde é realizado a extração de castanha-do-brasil, pode ocorrer fontes adicionais de heterogeneidade no solo, além da natural (CAMARGO; MARQUES JUNIOR; PEREIRA, 2010) e o conhecimento da dependência espacial de uma variável e sua visualização no espaço facilita a indicação de alternativas de manejo mais adequadas para o desenvolvimento das plantas (OLIVEIRA et al., 2013; SILVA et al., 2003; SILVA NETO et al., 2012). A Geoestatística é a ferramenta estatística utilizada para esse tipo de estudo, uma vez que considera as características estruturais e aleatórias de uma variável espacialmente distribuída (MOOLMAN; VAN HUYSSTEEN, 1989).

A principal ferramenta da Geoestatística para descrever e modelar o padrão espacial de uma variável é um gráfico que associa distâncias com semivariâncias denominado de semivariograma (SEIDEL; OLIVEIRA, 2014). Para predizer valores em locais não amostrados a Geoestatística se utiliza da krigagem para conhecer a continuidade da variável de interesse em toda área de estudo. A Krigagem é realizada por meio da interpolação em locais não amostrados e consequente produção de mapas de variabilidade (SANTOS et al., 2011). A Geoestatística é uma das principais ferramentas do projeto MapCast, que tem como objetivo estudar questões espaciais da castanheira-do-brasil na Amazônia brasileira.

O Projeto MapCast “Mapeamento de castanhais nativos e caracterização socioambiental e econômica de sistemas de produção da castanha-do-brasil na Amazônia”, coordenado pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) a partir de 2014, busca caracterizar os fatores e sistemas de produção da castanheira-do-brasil, por meio de informações geoespaciais a fim de contribuir para o manejo e adaptação de boas práticas às diferentes realidades da Amazônia. Uma dessas realidades corresponde à área com aglomeração natural dessa espécie (castanhal nativo) que está localizada na Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós, estado do Pará, a qual serve de fonte de alimento e renda para famílias locais, por meio da extração e venda da castanha-do-brasil.

A castanheira-do-brasil é considerada uma das mais nobres árvores do bioma Amazônia e possui importância social, ecológica e econômica para a região. Sua semente é muito apreciada nos continentes europeu, asiático e americanos (SALOMÃO, 2014). Tonini e Pedroso (2014) a consideram como espécie-chave para a manutenção dos benefícios diretos e indiretos da floresta. Devido a esses fatores e também aos índices de desmatamento crescentes, em 2008 essa espécie foi incluída nas listas de espécies ameaçadas de extinção do Ministério do Meio Ambiente (MMA) e do estado do Pará. Considerando esses aspectos e a existência de extensas áreas de florestas na Amazônia que abrigam a castanheira-do-brasil, se

torna urgente o avanço no conhecimento ecológico, econômico e social dessa espécie (SALOMÃO, 2014) a fim de proporcionar informações regionalizadas que subsidiem futuras ações de manejos para fomentar sua produção.

O presente trabalho apresenta a distribuição espacial dos nutrientes do solo em área naturalmente povoada por castanheiras-do-brasil na FLONA do Tapajós através da análise Geoestatística, verificando a relação com a ocorrência de castanheiras-do-brasil para assim fornecer subsídios às práticas futuras de manejo florestal e manutenção/ampliação da produtividade dessa área.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Área de estudo

O estudo foi realizado em uma parcela permanente de 300 m x 300 m do projeto MapCast, com linhas abertas a cada 50 m (totalizando seis linhas). A parcela foi instalada em área de floresta nativa com adensamento natural de castanheiras-do-brasil, onde todos os indivíduos da espécie foram georreferenciados (Figura 2.1). O solo dessa área foi classificado por Oliveira Júnior e Corrêa (2001) como Latossolo Amarelo Distrófico, textura muito argilosa, na classificação brasileira (EMBRAPA, 2013) e Typic Haplustox na classificação americana (USDA, 1999). Este fragmento florestal está dentro dos limites territoriais da FLONA do Tapajós, entre os paralelos 2°45' e 4°10' S e os meridianos 54°45' e 55°30' W (ESPIRITO-SANTO et al., 2005), estado do Pará (região norte do Brasil), na porção central da floresta amazônica (Figura 2.1).

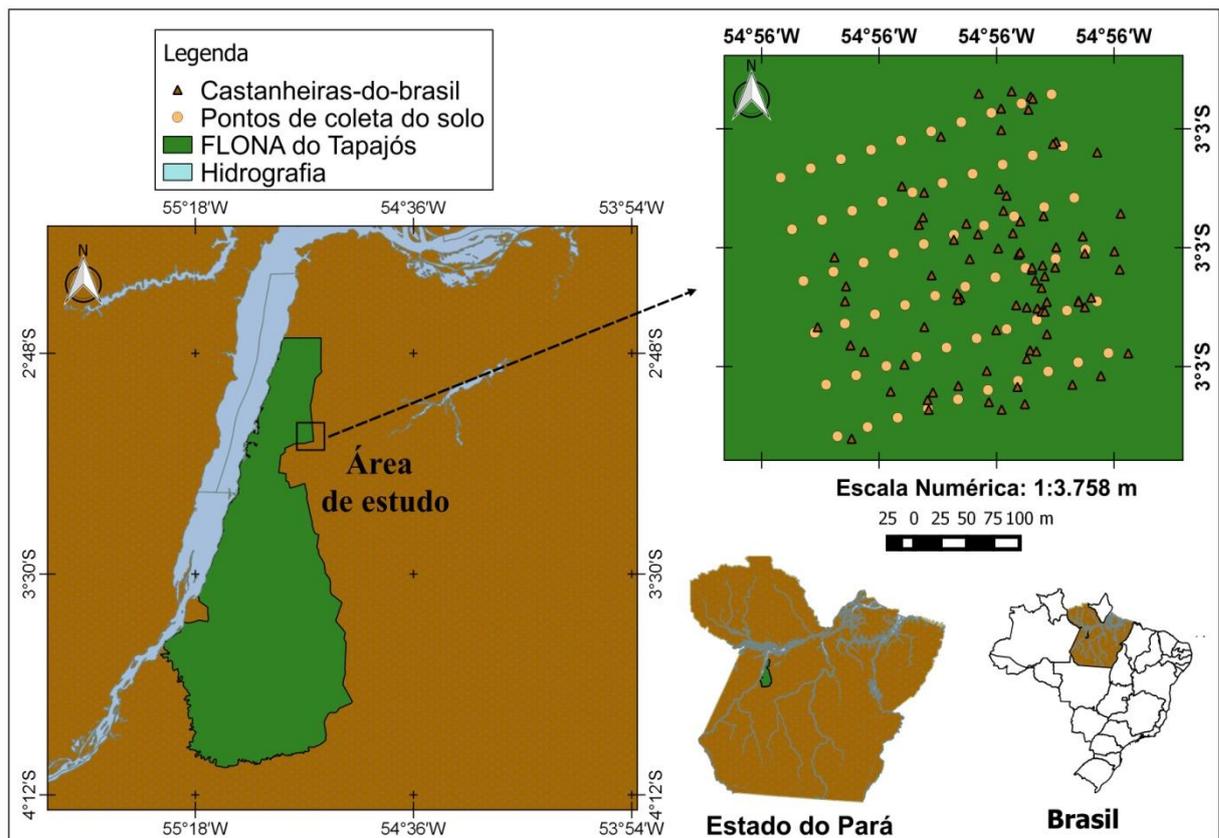
O Clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do Tipo Ami (IBAMA, 2004). Através das normais de precipitação do período de 1950 a 2000 da estação de Belterra-Pará, Espírito-Santo et al. (2005) identificaram a presença de um período sazonal chuvoso (janeiro a junho) e outro menos chuvoso (julho a dezembro) bem definidos.

A área da FLONA do Tapajós abrange parte dos municípios de Belterra, Aveiro, Rurópolis e Placas, estendendo-se por uma área aproximada de 582.149 ha (SANTOS; BARBOSA FILHO; COELHO, 2014). Foi formada na região da unidade estratigráfica denominada Formação Barreiras, composta por rochas de arenitos finos e folhelos cinza calcífero, sendo constituída principalmente por sedimentos continentais vermelhos e formados

por intercalações de arenitos e argilitos com conglomerados subordinados (DAMASCENO², 2001apud IBAMA, 2004, p. 60).

Em sua área são encontrados Latossolos Amarelo Distrófico, Argissolos Vermelho-Amarelo, Plintossolos Pétricos Concessionários e Neossolos Quartzarênico Órtico, sendo as classes Argissolos Vermelho-Amarelo e Latossolo Amarelo Distrófico as que ocupam, respectivamente, 37,1% e 25,34% da FLONA (ESPIRITO-SANTO et. al., 2005).

Figura 2.1 - Localização da área de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-Pará, com os pontos de coleta de solo seguindo uma grade sistemática de 30 m x 50 m.



A vegetação da região é classificada como Floresta Ombrófila Densa (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991), com abundância de indivíduos arbóreos de grande porte e de lianas lenhosas, palmeiras e epífitas. Brazão e Santos (1997) informaram a predominância dos gêneros *Hevea*, *Bertholletia* e *Dinizia*. Os trabalhos de Guimarães e Pyle (1999), Espírito-Santo e Shimabukuro (2003) e Gonçalves e Santos (2008) apresentaram informações florísticas detalhadas da FLONA do Tapajós.

² DAMASCENO, B. C. *Gipsita do Rio Cupari, região centro-oeste do Estado do Pará*. Série Oportunidades Minerais - Exame Atualizado de Projeto n.º 9. Belém: CPRM, 2001. 27p.

As ações antrópicas na área (atividades extrativistas, caça, pesca, extração de madeira, agricultura em regime de exploração familiar) são promovidas, em parte, pelos moradores dos núcleos, identificados localmente como comunidades. Segundo estimativas, vivem na FLONA, aproximadamente 11 mil pessoas, distribuídas em 26 comunidades (IBAMA, 2004).

2.2.2 Coleta, preparo e análises físico-químicas

As amostras de solos foram coletadas de 30 em 30 m na linha, em todas as linhas da grade da área de estudo, totalizando 60 amostras (Figura 2.1). Todos os pontos foram georreferenciados. Para as determinações físicas foram coletadas amostras nas profundidades 0-15, 15-30, 30-45 e 45-60 cm, visando às variáveis densidade do solo, densidade das partículas e granulometria. Para a análise de agregados e determinação da curva de retenção de umidade, foram utilizadas amostras das duas camadas superficiais. Para as determinações químicas, as coletas foram realizadas com trado tipo holandês (profundidade de 0-20 cm). O preparo das amostras para as análises químicas e os métodos e cálculos para determinar as variáveis estudadas foram descritos por Embrapa (2005).

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta e a densidade de partículas (D_p) pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante para medir o volume do solo. A densidade do solo (D_s) foi determinada pelo método anel volumétrico. A porosidade total (PT) foi calculada pela equação $PT = (1 - D_s/D_p)$. A microporosidade foi obtida mediante a curva de retenção de água no solo na tensão equivalente a 6 kPa. A macroporosidade resultou da diferença entre porosidade total e microporosidade. A retenção de água nas tensões de 10, 33, 100, 500, 1.000 e 1.500 kPa foi determinada com amostras deformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa mediante a aplicação das referidas tensões em equipamento apropriado conhecido como panela de pressão.

Com esses pontos (q, y_m) determinados, procedeu-se ao ajuste das curvas de retenção de água seguiu o modelo proposto por Van Genuchten (1980). Esse ajuste foi efetuado pelo método que considera: $q_s = q_{max}$, com $y_m = 0$ e, $q_r = q_{min}$, com $y_m = -1.500$ kPa. Com essas curvas se calculou a distribuição do tamanho dos poros do seguinte modo: a) poros maior que 50 μm - pela diferença entre o valor da porosidade total e da umidade volumétrica obtida na pressão de 6 kPa; b) poros entre 50 μm e 30 μm - diferença de umidades volumétricas entre 6 e 10 kPa; c) poros entre 30 μm e 10 μm - diferença de umidades

volumétricas entre 10 e 30 kPa; d) poros entre 10 mm e 3 mm - diferença de umidades volumétricas entre 30 e 100 kPa; e) poros entre 3 mm e 0,2 mm - diferença de umidades volumétricas entre 100 e 1.500 kPa; f) poros menor que 0,2 - valor da umidade volumétrica na pressão de 1.500 kPa.

O pH foi determinado por meio de eletrodo combinado imerso em suspensão de solo:água com relação de 1:2,5. Para determinar o carbono orgânico foi adotado o método Walkley-Black (volumetria de oxi-redução). O nitrogênio foi determinado por digestão sulfúrica, destilação Kjeldhal e titulação. A acidez potencial foi obtida por meio de volumetria de neutralização, sendo utilizado como extrator a solução de acetato de cálcio, pH 7,0. Para a extração do cálcio, do magnésio e do alumínio trocável se utilizou a solução de cloreto de potássio (pH 7,0). Os valores de cálcio e magnésio foram medidos em espectrofotômetro de absorção atômica e o alumínio por volumetria com hidróxido de sódio a 0,025N. O fósforo, o potássio, o sódio e os micronutrientes (cobre, zinco, ferro e manganês) foram analisados utilizando solução extratora Mehlich⁻¹, sendo o fósforo determinado por colorimetria, o sódio e o potássio por espectrofotometria de chama e os micronutrientes por espectrofotometria de absorção atômica.

2.2.3 Análise dos dados

Foi realizada a análise exploratória dos dados para verificar as medidas de tendência central e de dispersão, visando melhorar a eficiência da análise espacial através da identificação de valores discrepantes e da remoção de *Outlier*. As estatísticas utilizadas nessas análises foram: Máximo, Mínimo, Média, Desvio padrão e Coeficiente de variação. A normalidade das variáveis foi verificada pelo teste estatístico de normalidade Shapiro-Wilk, ao nível de significância de 5% (ZAR, 1999).

Para descrever e modelar os padrões espaciais foi utilizada a Análise Geoestatística com a obtenção e o ajuste do semivariograma (Equação 1), o qual corresponde a uma ferramenta matemática que permite estudar a dispersão espacial de uma variável em função da distância (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989; VIEIRA, 2000).

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = \frac{1}{2N(\mathbf{h})} \sum_{i=1}^{N(\mathbf{h})} [Z(\mathbf{x}_i) - Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})]^2 \quad (1)$$

Em que:

$\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ = semivariância da variável $Z(\mathbf{x}_i)$;

\mathbf{h} = distância; e

$N(\mathbf{h})$ = número de pares de pontos medidos $Z(\mathbf{x}_i)$ e $Z(\mathbf{x}_i + \mathbf{h})$, separados por uma distância $\mathbf{h}(\text{lag})$.

Ao semivariograma experimental gerado foram ajustados os modelos teóricos que forneceram os parâmetros: Efeito pepita, Patamar e Alcance. Estes parâmetros foram estimados pelos métodos de ajuste dos modelos teóricos, pelo método dos mínimos quadrados ordinários (OLS – Ordinary Least Square) e pelo método dos quadrados mínimos ponderados (WLS – Weighted Least Square). Os modelos teóricos estatísticos ajustados para comparação foram o esférico (Equação 2), o exponencial (Equação 3) e o gaussiano (Equação 4), conforme Isaaks e Srivastava (1989) e Vieira (2000).

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left[\frac{3h}{2a} - \frac{1}{2} \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], \text{Esférico} \quad (2)$$

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-3\frac{h}{a}} \right], \text{Exponencial} \quad (3)$$

$$\hat{\gamma}(\mathbf{h}) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-3\left(\frac{h}{a}\right)^2} \right], \text{Gaussiano} \quad (4)$$

Em que:

$\hat{\gamma}(\mathbf{h})$ = valor da semivariância estimada para a distância \mathbf{h} ;

a = alcance, corresponde a distância após a qual o semivariância espacial se estabiliza;

\mathbf{h} = distância entre medições;

C_0 = efeito pepita;

C = patamar (valor da semivariância espacial que correspondente a seu alcance);

C_1 = contribuição, corresponde a diferença entre o patamar (C) e o efeito pepita (C_0).

Na análise do Índice de Dependência Espacial (IDE) das variáveis (Equação 5) se utilizou a classificação de Cambardella et al. (1994), que propuseram para avaliar o índice de dependência espacial do fenômeno os seguintes intervalos: valores menores que 25 % são considerados dependência espacial forte, entre 25 e 75 % indicam dependência espacial moderada e valores maiores que 75 % dependência espacial fraca.

$$IDE = \frac{C_0}{C_0 + C_1} \times 100 \quad (5)$$

A partir de cada um dos modelos ajustados se realizou a interpolação por krigagem Simples e o mapeamento de todas as variáveis do solo na área de ocorrência da castanheira-

do-brasil; a krigagem Simples implicitamente avaliou a média no espaço amostral por vizinhança e o valor estimado numa posição espacial qualquer (\mathbf{x}_0) foi obtido pela equação 6 (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989; YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

$$\hat{z}(\mathbf{x}_0) = \sum_{i=1}^n \lambda_i z(\mathbf{x}_i) \quad (6)$$

Em que:

$\hat{z}(\mathbf{x}_0)$ = valor estimado para o ponto \mathbf{x}_0 ;

λ_i são = pesos de krigagem definidos conforme os parâmetros do semivariograma;

$z(\mathbf{x}_i)$ = valores observados nos pontos amostrados (espaço amostral por vizinhança).

Para se definir o melhor modelo foi utilizado a técnica de validação cruzada, que consiste em prever o valor conhecido da variável aleatória e compará-lo com o valor observado. Os erros dos valores observados e preditos foram analisados através das estatísticas: erro médio (ME – Mean Error), erro quadrático médio (RMSS – Root Mean Square Standardized) e erro absoluto (AE – Absolut Error) descritos por VIEIRA (2000).

As análises foram realizadas no ambiente computacional R, versão 3.2.2 (R-DEVELOPMENT-CORE-TEAM, 2015), associado aos pacotes *outliers* (KOMSTA, 2006) para identificação e remoção de resultados discrepantes, *nortest* (ROSS; LIGGES, 2015) para o teste de normalidade e *geoR* (RIBEIRO JR.; DIGGLE, 2001) para as análises geoestatísticas com o ajuste do semivariograma e realização da krigagem Simples.

2.3 Resultados e discussão

Os valores obtidos para as variáveis apresentaram distribuição normal pelo teste Shapiro-Wilk (significância de 5%) exceto para fósforo, potássio, sódio, cálcio, zinco, manganês e cobre. Conforme Isaaks e Srivastava (1989), a normalidade não é fator determinante para a realização da Análise Geoestatística, sendo mais importante a existência de patamares bem definidos nos semivariogramas. Rachid Júnior et al. (2006) e Souza et al. (2010) realizaram a avaliação Geoestatística de variáveis que não apresentaram normalidade e obtiveram patamares bem definidos.

O coeficiente de variação (CV) obtido para as variáveis físicas das amostras de solo foram considerados baixos ($CV < 12\%$), conforme os intervalos propostos por Warrick e Nielsen (1980), exceto para silte e macroporosidade, que apresentaram variação moderada ($12\% < CV < 60\%$) (Tabela 2.1). O silte apresenta variabilidade mais expressiva devido a sua maior mobilidade no solo e deposição na planície aluvial (SANTOS et al., 2012).

No caso das variáveis químicas se obteve um comportamento mais heterogêneo, sendo o pH o único com baixa variação. O cálcio, o manganês e o cobre apresentaram variabilidade alta ($CV > 60\%$) e as variáveis restantes apresentaram variação moderada. Aquino et al. (2014), estudando a distribuição espacial de atributos químicos do solo em área de floresta no estado do Amazonas, também registraram variação moderada e alta. Para Carvalho, Takeda e Freddi (2003) é comum a variabilidade dos atributos do solo apresentar valores moderados a alto, pois são muitos fatores ambientais que interferem na dinâmica dos mesmos. Souza et al. (2014) ressaltam que o mapeamento dos atributos do solo com maior variabilidade pode ser menos preciso. Os teores das variáveis químicas e os resultados das variáveis físicas obtidos para os 30 pontos de coleta são apresentados no Apêndice A.

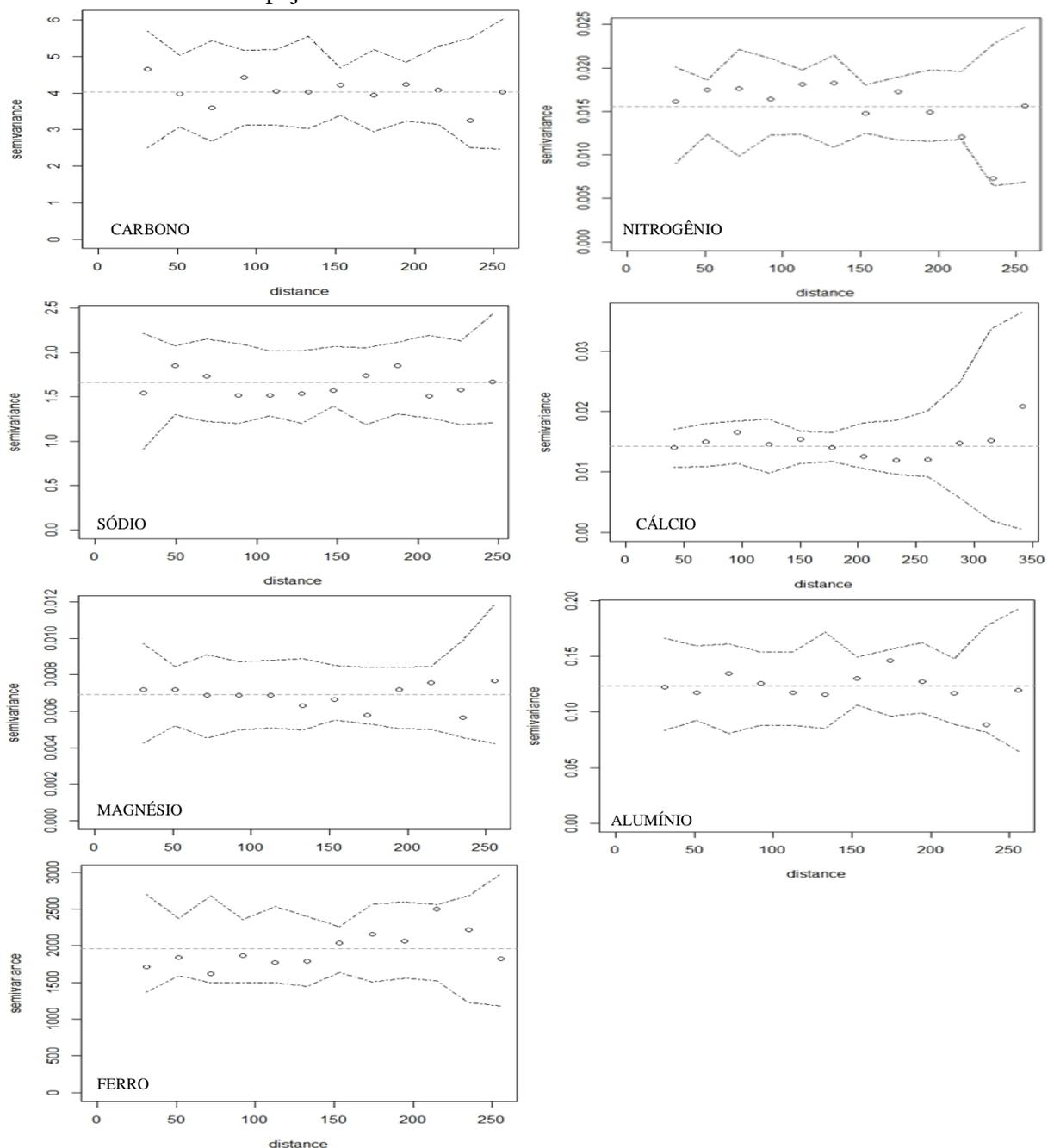
Tabela 2.1 - Estatística descritiva e resultados da Análise Geoestatística para os atributos físico-químicos de solo sob castanhal nativo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Variáveis	ESTATÍSTICA DESCRITIVA			ANÁLISE GEOESTATÍSTICA				
	Média	Desvio Padrão	CV (%)	Modelo	Efeito Pepita	Patamar	Alcance Prático (m)	IDE (%)
Variáveis físicas								
Areia total (g.kg ⁻¹)	372,4	23,2	11,1	Esférico	77,82	544,72	115,09	14,3
Silte (g.kg ⁻¹)	102,7	16,9	17,3	Gaussiano	180	304	71,71	59,2
Argila (g.kg ⁻¹)	524,9	27,2	7,4	Esférico	240,56	740,66	92,12	32,5
PT (m.m ⁻³)	0,559	0,04	7,3	Gaussiano	0,0009	0,00177	111,31	50,9
Macrop. (m.m ⁻³)	0,208	0,03	23,5	Gaussiano	0,0005	0,00101	132,02	49,5
Microp. (m.m ⁻³)	0,352	0,04	10,2	Gaussiano	0,001	0,00144	48	71,4
CC	0,329	0,03	10,7	Gaussiano	0,00093	0,00117	72,47	80,6
PMP	0,235	0,02	11,2	Esférico	0,00038	0,00059	55,29	63,8
Variáveis químicas								
pH (H ₂ O)	4,08	0,18	4,5	Exponencial	0,0245	0,00335	179,74	73,1
Carbono (g.kg ⁻¹)	13,4	2,01	19,0	EPP	-	-	-	-
Nitrogênio (g.kg ⁻¹)	1,13	0,12	13,8	EPP	-	-	-	-
C/N	11,92	1,46	14,1	EPP	-	-	-	-
Fósforo (mg.dm ⁻³)	2,75	0,38	18,0	Gaussiano	0,078	0,142	79,26	54,9
Potássio (mg.dm ⁻³)	21,27	6,7	32,6	Esférico	76,28	92,38	54,16	66,0
Sódio (mg.dm ⁻³)	3,29	1,29	53,0	EPP	-	-	-	-
Cálcio (cmol _c .dm ⁻³)	0,175	0,12	84,8	EPP	-	-	-	-
Magnésio (cmol _c .dm ⁻³)	0,209	0,08	46,8	EPP	-	-	-	-
Alumínio (cmol _c .dm ⁻³)	1,59	0,35	22,1	EPP	-	-	-	-
Ferro (mg.dm ⁻³)	225,2	44,3	23,7	EPP	-	-	-	-
Zinco (mg.dm ⁻³)	0,727	0,16	35,2	Exponencial	0,0193	0,0283	272,16	68,7
Manganês (mg.dm ⁻³)	3,14	2,06	80,1	Esférico	3,33	4,98	180,3	66,9
Cobre (mg.dm ⁻³)	0,341	0,18	75,3	Gaussiano	0,024	0,034	227,30	70,8

Legenda: PT – Porosidade total; Macrop. - Macro porosidade; Microp. – Microporosidade; CC – Capacidade de campo; PMP- Ponto de murcha permanente; C/N- Relação carbono/nitrogênio; IDE- Índice de Dependência Espacial; CV – Coeficiente de Variação; m – metros; EPP- Efeito Pepita Puro.

Após a análise exploratória os valores obtidos para as variáveis físico-químicas foram submetidos à Análise Geoestatística a fim de se verificar a dependência espacial das mesmas. As variáveis carbono, nitrogênio, C/N, sódio, cálcio, magnésio, alumínio e ferro apresentaram Efeito Pepita Puro (EPP) (Figura 2.2), ou seja, são espacialmente independentes e não foi possível determinar o patamar, o alcance prático e o IDE. Para Silva, Libardi e Vieira (1989) isso acontece quando o espaçamento adotado na amostragem é maior que o necessário para revelar a dependência espacial.

Figura 2.2 - Semivariogramas com ausência de patamar (efeito pepita puro) para as variáveis carbono, nitrogênio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio e ferro de solo sob castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós.



O efeito pepita indica a variabilidade não explicada ou a variação não detectada que ocorre devido a erros de medições ou quando a configuração da amostragem não foi suficiente (CAMBARDELLA et al., 1994). Quanto maior for o valor do efeito pepita, mais fraca é a dependência espacial (CHAVES; FARIAS, 2008) e quanto maior for a diferença do efeito pepita em relação ao patamar do semivariograma, maior a continuidade do fenômeno e a confiabilidade da estimativa (VIEIRA, 2000).

O desenho amostral se apresentou suficiente para determinar a dependência espacial das demais variáveis abordadas. Os atributos microporosidade, fósforo, zinco, manganês e cobre apresentaram efeito pepita mais expressivo (Tabela 2.1). Cerri et al. (2004), estudando as variáveis de um solo no estado de Rondônia adotaram amostragens com distância entre os pontos de 25 m e também obtiveram efeito pepita elevado para a maioria. Isso indica que existe alta variabilidade dentro de um pequeno espaço (NOVAES FILHO et al., 2007).

Conforme os intervalos estabelecidos por Cambardella et al. (1994), as variáveis físicas apresentaram dependência espacial moderada ($25% < IDE > 75%$), exceto a areia total e a capacidade de campo, que obtiveram os valores de 14.3% e 80.6%, sendo enquadrados na classificação de forte ($< 25%$) e fraca ($> 75%$), respectivamente (Tabela 2.1). Os valores percentuais obtidos para as variáveis químicas são poucos discrepantes e são considerados como moderada.

A dependência espacial forte demonstra que os semivariogramas explicam a maior parte da variância dos dados experimentais com confiabilidade na estimativa (SOUZA et al., 2010) e geralmente é mais influenciada pelos fatores de formação do solo. De acordo com Cambardella et al. (1994), valores de dependência espacial enquadrados como fraco podem indicar locais que estão sofrendo maior pressão de fatores extrínsecos e a dependência espacial moderada ocorre quando há homogeneização do solo. Nesse estudo, 86% das variáveis apresentaram dependência espacial moderada. Campos et al. (2013) e Aquino et al. (2014) também encontraram dependência espacial moderada para a maioria das variáveis físicas de amostras de solo coletadas na região amazônica.

O alcance é outro parâmetro importante no estudo do semivariograma, pois corresponde à distância máxima (zona de influência) em que uma variável está correlacionada espacialmente, ou seja, estabelece a distância máxima até onde o valor de uma variável possui relação de dependência espacial com seus vizinhos (SANTOS et al., 2012). Assim, determinações realizadas a distâncias maiores que o alcance estabelecido terá distribuição aleatória e, por isso, são independentes entre si. De forma prática, o alcance de uma variável garante que todos os vizinhos são tão similares que podem ser usados para estimar valores

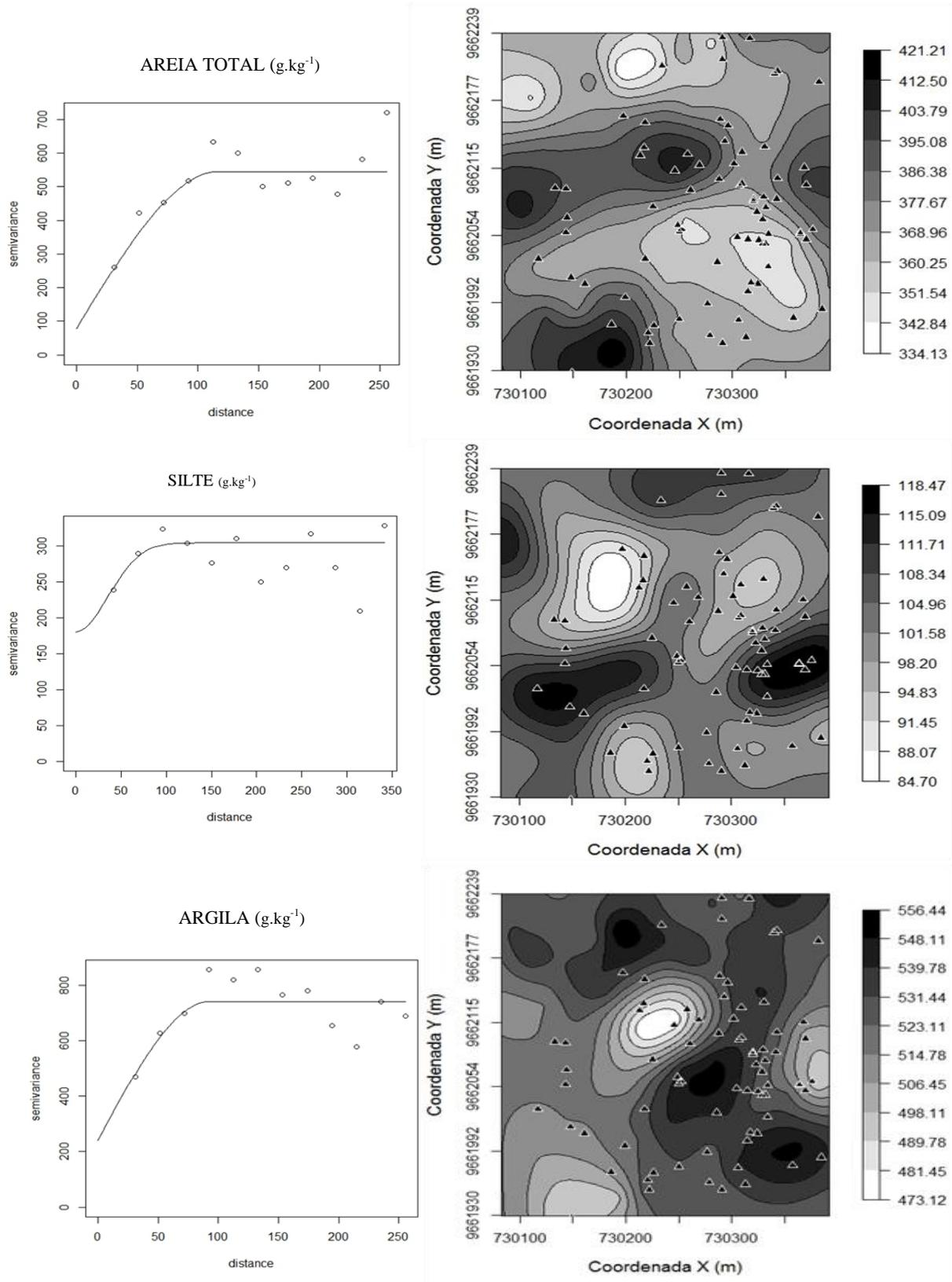
para qualquer ponto (MACHADO et al., 2007). Um intervalo menor do que o alcance proporciona amostras de solo com sobreposição das características espaciais, já um intervalo maior do que o alcance não compreende a variabilidade espacial, ao passo que, o valor médio obtido não refletirá a área estudada (MOTOMIYA et al., 2011).

Neste trabalho, os maiores alcances no âmbito das variáveis físicas foram registrados para a macroporosidade (132.02 metros); a areia total (115.09 metros) e a porosidade total (111.31 metros) e o menor alcance (48 metros) para microporosidade (Tabela 2.1). No caso das variáveis químicas, os maiores alcance foram identificados para zinco (272.16 metros) e cobre (227.30 metros) e o menor para o potássio (54.16 metros). De acordo com Carvalho, Silveira e Vieira (2002), para garantir a dependência espacial os pontos de amostragem devem ser coletados a uma distância equivalente à metade do alcance e em malha amostral regular. Assim, os futuros experimentos com solo na mesma área podem utilizar os dados apresentados na Tabela 2.1 para determinar o número de amostras de cada variável.

A maioria das variáveis estudadas apresentaram patamar definido, sendo possível a realização do ajuste do semivariograma para os modelos gaussiano, esférico e exponencial. A escolha do modelo foi determinada pelo melhor ajuste da linha aos pontos localizados na faixa de contribuição do semivariograma e pelo menor valor dos erros obtidos (por meio da relação preditos/observados). Para as variáveis físicas houve predominância do ajuste ao modelo de semivariograma gaussiano, seguido do modelo esférico (Figuras 2.3, 2.4 e 2.5). No caso das variáveis químicas houve duas ocorrências para cada modelo de ajuste (esférico, exponencial e gaussiano) (Figuras 2.6 e 2.7).

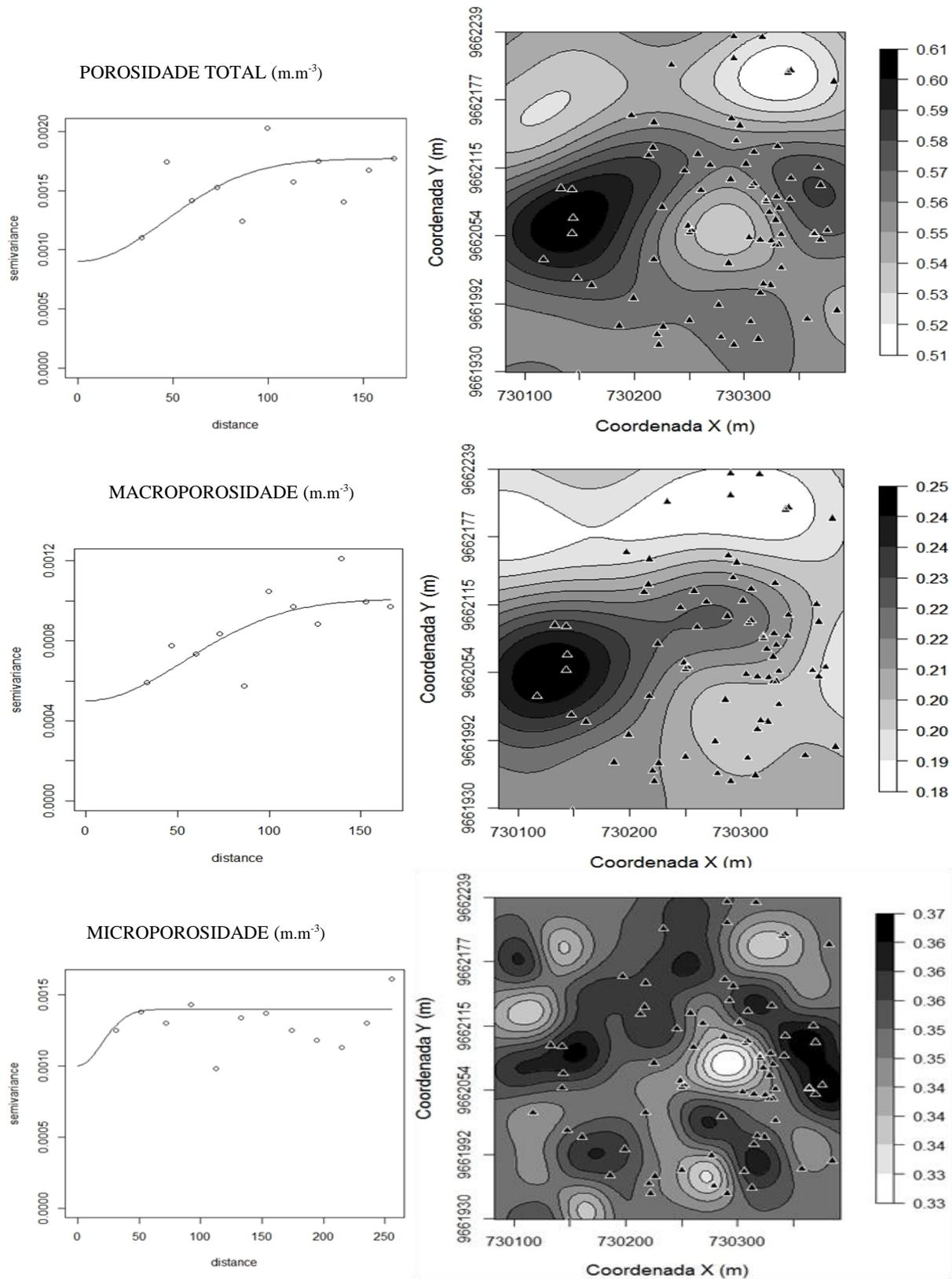
O modelo gaussiano foi o mais ocorrente nos trabalhos de Machado et al. (2007) e Souza et al. (2008) que estudaram variáveis físicas de Latossolo Vermelho e Neossolo Flúvico, respectivamente. Esse modelo tem alcance longo e patamar semelhante ao modelo exponencial, sendo apropriado para modelar fenômenos contínuos, já os modelos esférico e exponencial descrevem propriedades com alta continuidade espacial ou menos erráticos em curta distância (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989) e são considerados comuns quando se trabalha com variáveis do solo e da planta (CARVALHO; TAKEDA; FREDDI, 2003; LIMA; SILVA; SILVA, 2013; SALVIANO; VIEIRA; SPAROVEK, 1998).

Figura 2.3 - Semivariogramas ajustados para os modelos esféricos (areia total e argila) e gaussiano (silte) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



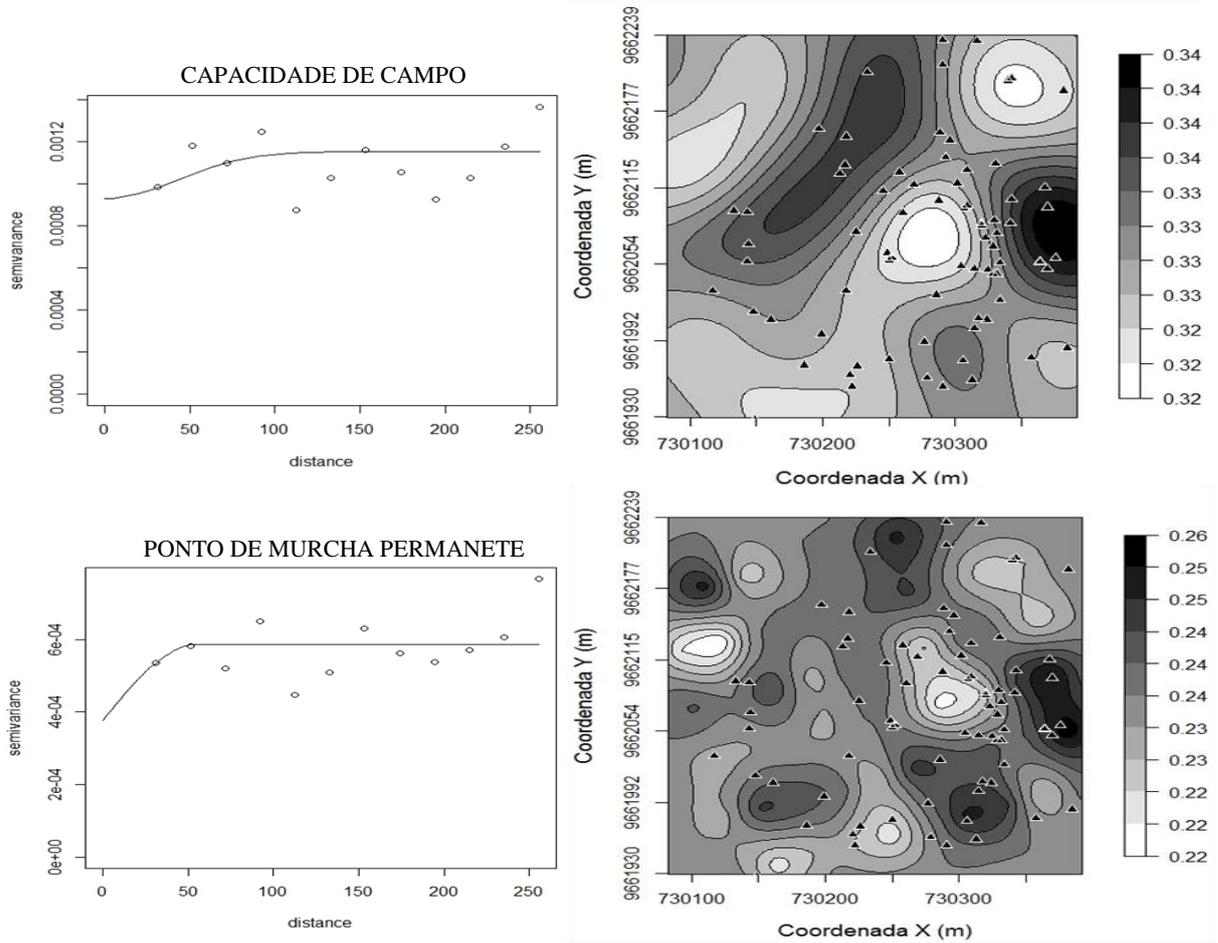
Legenda: Símbolos em forma de triângulo representam as castanheiras georreferenciadas na área de estudo.

Figura 2.4 - Semivariogramas ajustados para o modelo gaussiano (porosidade total, macroporosidade e microporosidade) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



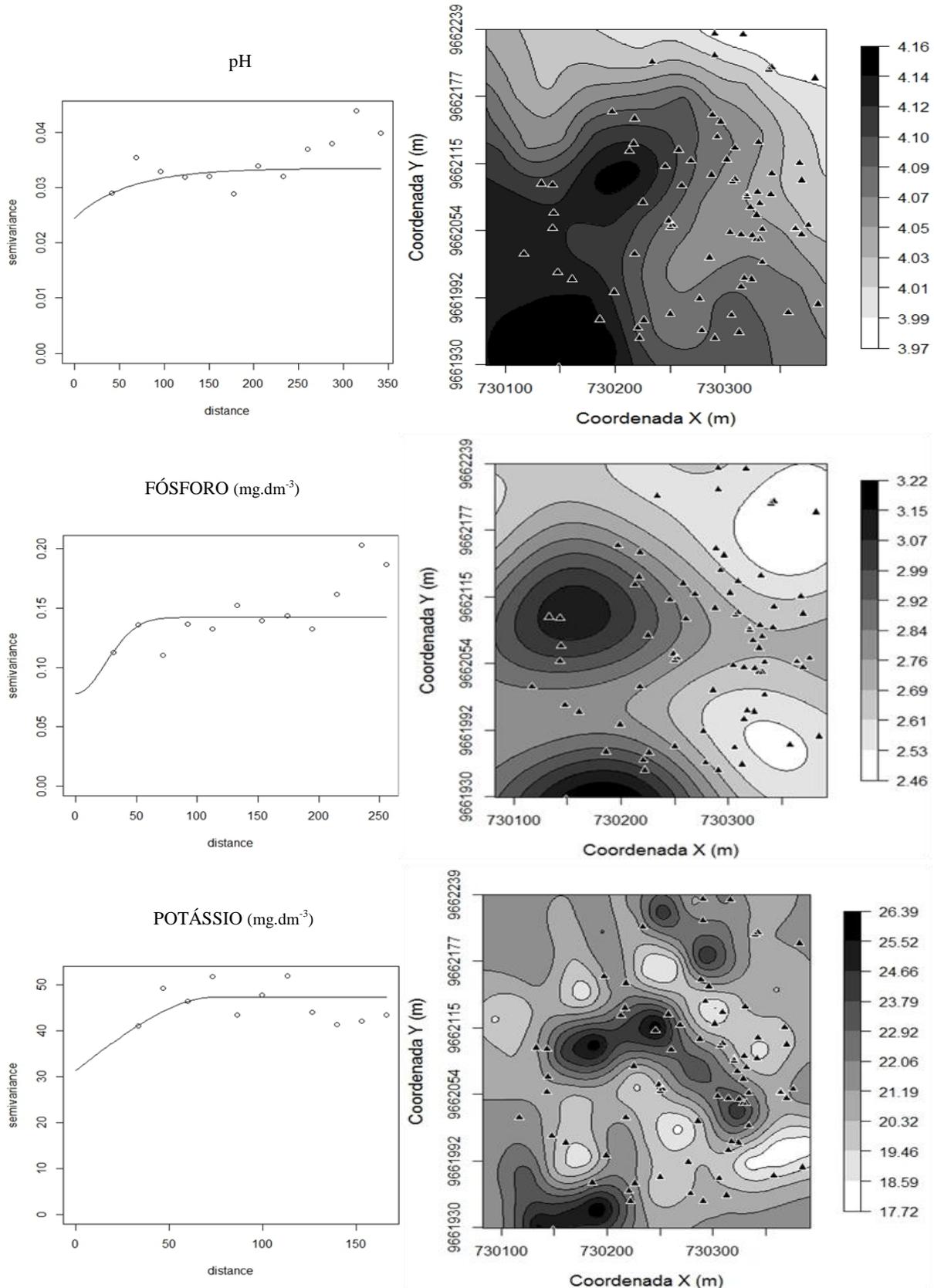
Legenda: Símbolos em forma de triângulo representam as castanheiras georreferenciadas na área de estudo.

Figura 2.5 - Semivariogramas ajustados para o modelo gaussiano (capacidade de campo) e esférico (ponto de murcha permanente) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



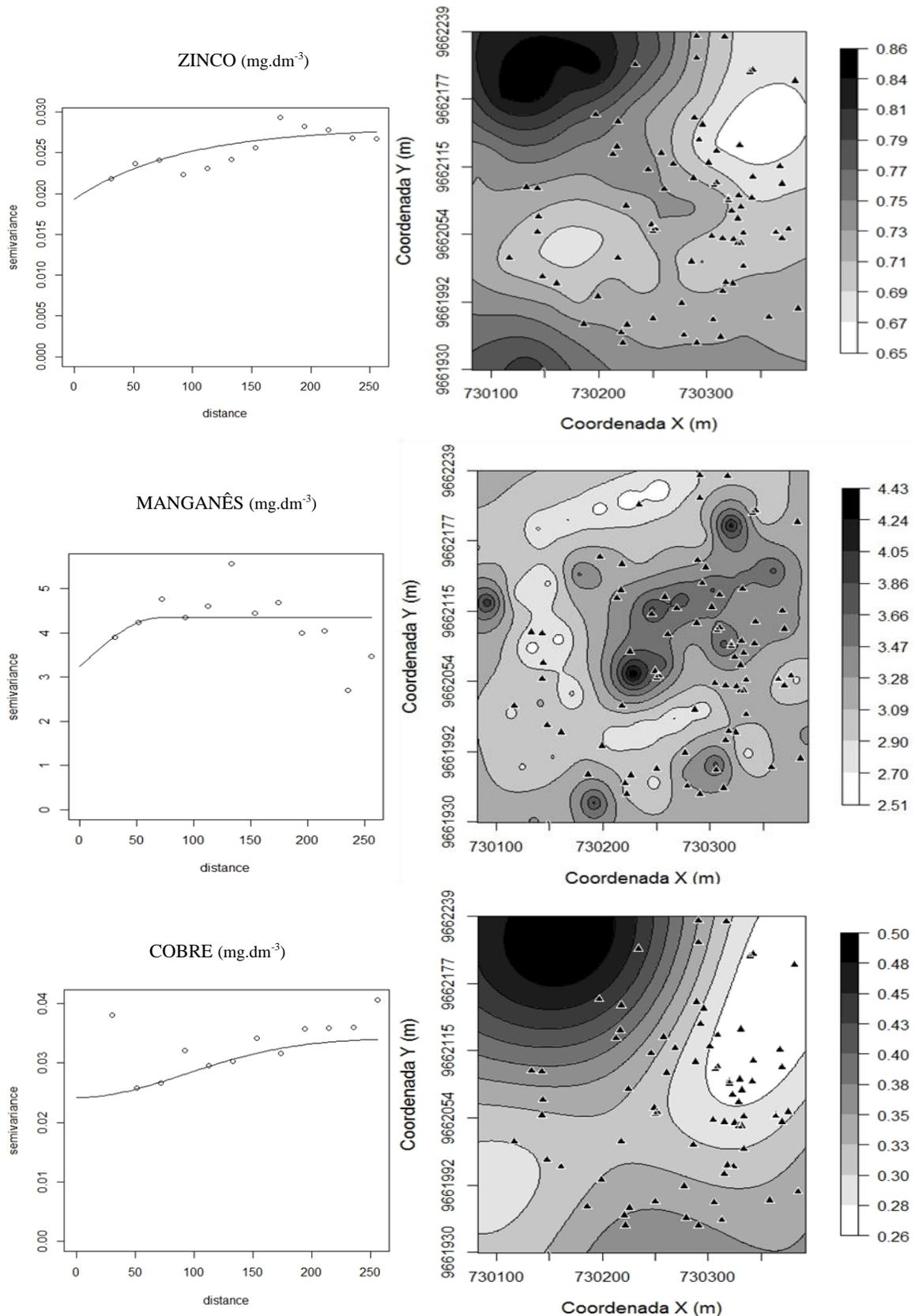
Legenda: Símbolos em forma de triângulo representam as castanheiras georreferenciadas na área de estudo.

Figura 2.6 - Semivariogramas ajustados para os modelos exponencial (pH), gaussiano (fósforo) e esférico (potássio) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: Símbolos em forma de triângulo representam as castanheiras georreferenciadas na área de estudo.

Figura 2.7 - Semivariogramas ajustados para os modelos exponencial (zinco), esférico (manganês) e gaussiano (cobre) e seus respectivos mapas obtidos pelo processo de krigagem Simples, Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: Símbolos em forma de triângulo representam as castanheiras georreferenciadas na área de estudo.

2.3.1 Relações das variáveis com a castanheira-do-brasil

Por meio da Krigagem Simples pode-se estimar a concentração dos nutrientes estudados para toda a área da grade amostral. As coordenadas geográficas das castanheiras-do-brasil foram plotadas nos mapas de krigagem Simples, a fim de se visualizar a distribuição das mesmas em relação à concentração dos nutrientes e aos valores das demais variáveis. O adensamento de castanheiras-do-brasil foi identificado nas áreas com maiores valores de silte e argila (Figura 2.3) e menores valores para as variáveis macroporosidade (Figura 2.4), pH, fósforo (Figura 2.6), zinco e cobre (Figura 2.7).

A predominância de indivíduos na parte mais argilosa corrobora com os estudos de Fernandes e Alencar (1993), Muller et al. (1995) e Espírito-Santo et al. (2005). Os resultados destes trabalhos indicam que a castanheira-do-brasil apresenta melhor desempenho em solos com textura argilosa a muito argilosa, sendo os solos de textura arenosos pouco adequados para propiciar todo o potencial de crescimento dessa espécie.

Os menores valores obtidos para os teores de fósforo, zinco e cobre na área de maior adensamento populacional pode indicar a demanda que essa espécie tem por esses nutrientes. Lima e Azevedo (1996), estudando a castanheira-do-brasil em consórcio agroflorestal sob Latossolo Amarelo, no estado do Amazonas, identificaram alto crescimento de indivíduos com três anos de idade, após a incorporação de nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio e micronutrientes no sistema. Lima, Higa e Souza (2005), avaliando a resposta dos atributos físico-químicos do solo sobre o crescimento da castanheira-do-brasil concluíram que as variáveis areia total, silte, água disponível, fósforo, zinco, sódio, alumínio e magnésio foram as que influenciaram no seu crescimento.

A predominância de indivíduos na área com menores valores de pH corrobora com o estudo de Locatelli et al. (2002), que analisaram as variáveis químicas de Argissolo sob plantio de castanha-do-brasil e identificaram bom desenvolvimento, em altura e diâmetro, de indivíduos sobre solo com baixos valores de pH e capacidade de troca de cátions e altos valores de saturação de alumínio.

Considerando que a quantidade de nutrientes no solo também é fator importante na produção de frutos da castanheira-do-brasil (ZUIDEMA, 2003), destaca-se a importância dos mapas de Krigagem Simples gerados nessa pesquisa, pois eles podem direcionar medidas de manejo para fomentar a produção na área de estudo. Um trabalho que reforça e contribui com esta proposta é o estudo de Kainer, Wadt e Staudhammer (2007), que apresentou as variáveis nutricionais do solo que mais explicaram a flutuação da produção anual de frutos da

castanheira-do-brasil, sendo elas a capacidade de troca catiônica (correlação positiva) e o teor de fósforo (correlação negativa).

Os resultados apresentados nos mapas de krigagem fornecem informações base que podem ser relacionadas com outras áreas produtivas de castanha-do-brasil da região amazônica e a partir dessas comparações pode-se alcançar um dos principais objetivos do Projeto MapCast, que é determinar se existe um padrão entre a distribuição das castanheiras e as variáveis físico-químicas do solo além de identificar particularidades ambientais que devem ser consideradas em práticas de manejo da castanheira-do-brasil.

Os mapas de krigagem também podem direcionar ações de manejo florestal que visem manter e/ou ampliar a produção dessa área na FLONA do Tapajós, uma vez que apresenta as áreas com as menores concentrações de nutrientes em relação a ocorrência de castanheiras.

2.4 Considerações finais

A Análise Geoestatística permitiu o conhecimento da atual distribuição espacial dos atributos físico-químicos do solo na área estudada, a qual servirá como base de comparação para futuras avaliações no mesmo local e também para ajudar a compreender aspectos ambientais em áreas com aglomerações de castanheira-do-brasil.

Os mapas de Krigagem Simples gerados podem auxiliar na escolha de áreas em que as futuras ações de manejo devem se concentrar e assim otimizar os gastos com fertilizantes e também com a amostragem do solo, no caso das variáveis que apresentaram valores de alcance superiores a distância estabelecidas no gride atual (30 x 50 m).

Recomenda-se que os próximos trabalhos de análise espacial reduzam o espaçamento do gride amostral de 30 x 50 m para 15 x 50 m para as variáveis que apresentaram efeito pepita puro: carbono, nitrogênio, sódio, cálcio, magnésio, alumínio e ferro. Na prática, esse resultado reflete na recomendação mínima de 120 pontos para viabilizar o uso da Geoestatística e da krigagem na elaboração de mapas temáticos, utilizados no manejo agrônomo dos sistemas produtivos.

As variáveis que melhor apresentaram relação espacial com a distribuição das castanheiras foram o silte, a argila, a macroporosidade, o pH, o fósforo, o zinco e o cobre. Esses resultados são pioneiros e irão integrar a base de dados relacionais do Projeto MapCast, o qual visa caracterizar e compreender os fatores ambientais dos sistemas de produção da

castanha existentes na Amazônia Brasileira, por meio de informações geoespaciais, a fim de contribuir para o manejo e adaptação de boas práticas às diferentes realidades da Amazônia.

CAPÍTULO 3 PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA EM ÁREA FLORESTAL COM ADENSAMENTO DE *Bertholletia excelsa* Bonpl.

3.1 Introdução

A serapilheira é considerada a porção mais dinâmica do conjunto serapilheira-solo (SCORIZA et al., 2012) sendo composta por folhas, caules, flores e frutos e detritos (GOLLEY; MCGINNIS; CLEMENTS, 1978). Giácomo, Pereira e Machado (2012) informaram que a serapilheira tem função de reduzir a perda de água por evaporação, diminuir a flutuação da temperatura na superfície do solo, e proteger os solos contra a erosão, o excesso de luz solar, a compactação e a lixiviação. Nas regiões tropicais é considerada a principal fonte de nutrientes para o solo, pois sua decomposição e o reaproveitamento dos seus nutrientes pela vegetação promovem a sustentabilidade dos ecossistemas (CALVI; PEREIRA; ESPÍNDULA, 2009).

Os processos relacionados com a produção da serapilheira são especialmente importantes em florestas que se desenvolvem em solos de baixa fertilidade natural (QUESADA et al., 2011), como os solos amazônicos. Almeida, Luizão e Rodrigues (2015) alertaram sobre a necessidade de mais estudos sobre os fatores que influenciam a produção de serapilheira no bioma amazônico, pois os trabalhos existentes são pontuais e insuficientes quando se considera a extensão e a heterogenidade desse sistema.

Em ecossistemas florestais produtivos, como é o caso das áreas com aglomeração natural da espécie *Bertholletia excelsa* Bonpl, árvore nativa da Amazônia e de importância singular para a sustentabilidade da região (SALOMÃO, 2014), o estudo da produção de serapilheira pode fornecer subsídios para compreender a dinâmica dos nutrientes nesses ambientes (LIMA et al., 2015, PROCTOR, 1983) e subsidiar medidas de manejo dessas áreas. Godinho et al. (2014) também ressaltaram a importância de conhecer a produção de serapilheira em ecossistemas primitivos que se encontram em via de desaparecimento devido às ações antrópicas, como é o caso das áreas de castanhal nativo localizados ao longo da BR 163 (Santarém-Cuiabá) (SCOLES et al, 2016).

Além das perturbações antropogênicas, a produção da serapilheira pode ser influenciada pelas variáveis meteorológicas, pela fertilidade do solo, por fatores genéticos das plantas, pelo estágio sucessional da floresta e pela composição de espécies (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015). Os fatores meteorológicos são frequentemente abordados em trabalhos sobre serapilheira, principalmente a temperatura do ar e a precipitação (BIANCHIN et al., 2016; CHAVE et al., 2010; FERREIRA; CATTÂNIO; JARDIM, 2015; SANTOS

NETO et al., 2015; ZHANG et al., 2014) e mais recente, a evapotranspiração (WAGNER et al., 2016). Borchert et al. (2015) informaram que a insolação também é um dos fatores climáticos mais relevantes para a produção da serapilheira. O nível de influência desses fatores ambientais pode variar de acordo com a região (GODINHO; CALDEIRA; BRUN, 2015; WAGNER et al., 2016).

Para compreender o funcionamento das florestas tropicais em relação às variáveis climáticas é necessário entender como estas reagirão às mudanças do clima (BI et al., 2015). Meir et al. (2009) e Malhi et al. (2009) enfatizaram que o conhecimento dos ecossistemas florestais amazônicos durante a seca deve ser um ponto central de pesquisa devido aos riscos associados à integridade da floresta e ao clima. Godinho, Caldeira e Brun (2015) ressaltaram maior preocupação com as florestas dos países em desenvolvimento que sofrem intensa ação antrópica, principalmente queimadas, cortes rasos e exploração irracional dos produtos florestais. Na região do rio Tapajós, Pyle et al. (2008) encontraram valores elevados de resíduos lenhosos e indicaram que um desequilíbrio pode estar acontecendo nessa área. Parte da variabilidade da precipitação na Amazônia, principalmente na estação seca é explicada pelo ENSO (El Niño-Oscilação Sul) (YOON; ZENG 2010).

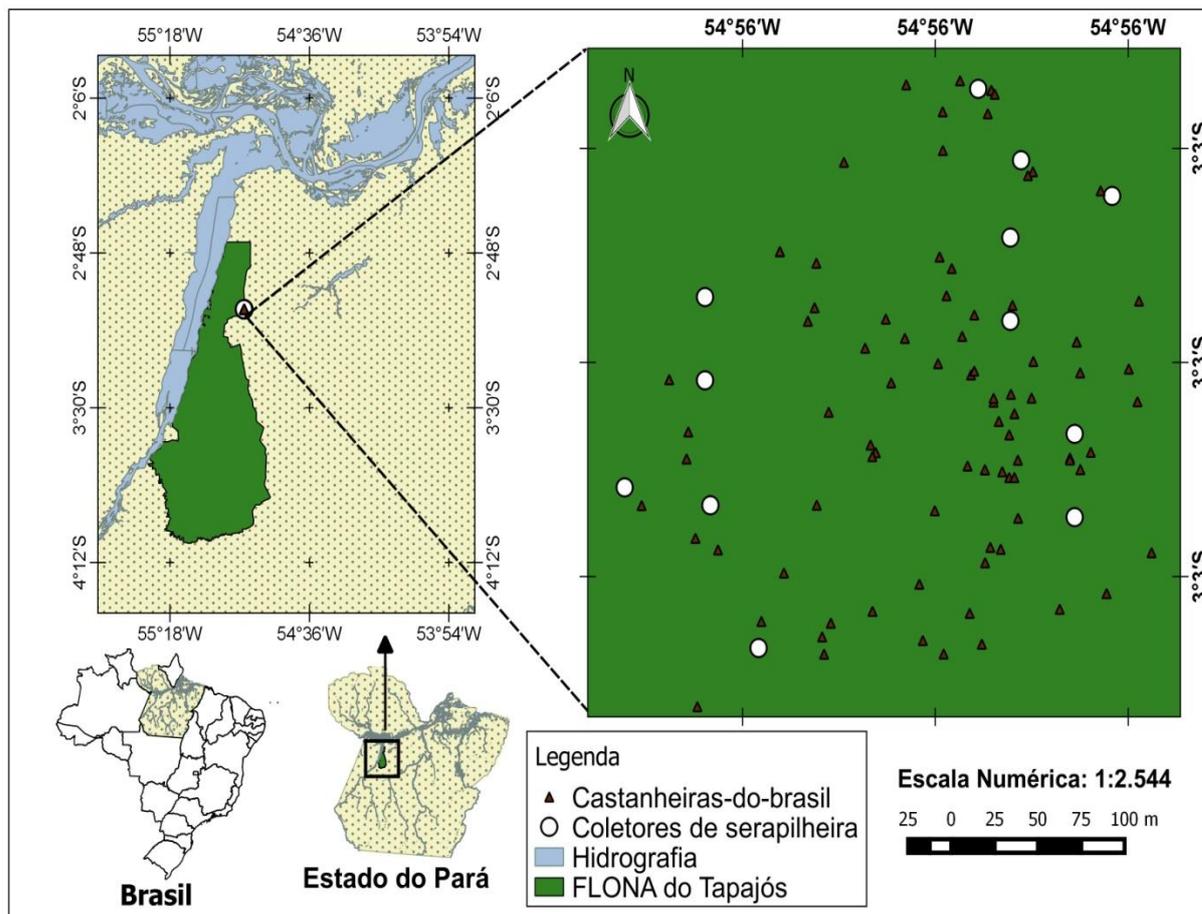
Este trabalho estimou a produção de serapilheira e sua relação com as variáveis ambientais temperatura máxima, insolação e precipitação em uma área florestal com *Bertholletia excelsa*, utilizada pela população local para a atividade extrativista do seu fruto (castanha-do-brasil).

3.2 Material e métodos

3.2.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em uma área delimitada no âmbito do projeto Mapeamento de Castanhais Nativos e Caracterização Socioambiental e Econômica de Sistemas de Produção da Castanha-do-brasil na Amazônia – MapCast, localizada no Km 84 da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós). A parcela de estudo apresenta dimensão de 300 X 300 m e foi instalada devido a ocorrência de um castanhal nativo (área com aglomerações de *Bertholletia excelsa*) (Figura 3.1). Foram registradas, em 2015, 92 castanheiras-do-brasil com DAP (Diâmetro na Altura do Peito) acima de 10 cm na área da parcela de estudo apresentada na figura 3.1 (densidade total: 10 árvores/ha). De acordo com Mori e Prance (1990), essa densidade é considerada alta para os padrões das florestas tropicais úmidas.

Figura 3.1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós, da parcela de estudo do Projeto MapCast, das árvores de *Bertholletia excelsa* e dos coletores de serapilheira.



A FLONA do Tapajós possui várias classes de solo, porém a dos Latossolos Amarelos é a que predomina (CARVALHO, 1992) e sustenta boa parte da vegetação da FLONA. Guerreiro et al. (2017) apresentaram as principais características físico-químicas do solo da parcela de estudo do projeto MapCast utilizando uma análise geoestatística. A vegetação da FLONA é caracterizada, em maior parte, como Floresta Ombrófila Densa com árvores de grande porte que alcançam até 50 m de altura (PINHO et al., 2004). O dossel é denso, fechado e compacto, situado entre 25 e 30 m de altura (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991).

Conforme RADAMBRASIL³ (1976, *apud* ESPÍRITO-SANTO et al., 2005, p.157), a FLONA do Tapajós foi subdividida em 16 classes hierarquizadas em duas grandes fitofisionomias: a Floresta Tropical Densa e a Floresta Tropical Aberta. A primeira possui as subcategorias Floresta Tropical Densa de Baixas Altitudes e Floresta Tropical Densa Submontanas. A primeira subcategoria ocorre em áreas de terras baixas e com solos argilosos e as espécies predominantes são *Diptotropis* sp, *Minuartia guianensis*, *Bertholletia excelsa*,

³ RADAMBRASIL. Folha AS.21- Santarém. Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: DNPM, 1976 510 p. (Levantamento dos Recursos Naturais, v. 10).

e *Goupia glabra*, já a segunda é formada por árvores de menor porte como a *Mouriri brevipes*, a *Mezilaurus itauba*, a *Qualea* sp. e a *Manilkara huberi*. O segundo grande grupo fisionômico ocorre nos platôs intensamente dissecados com erosão nos declives, vales estreitos e solos com textura média, onde são registradas florestas com lianas e várias espécies de palmeiras. Os trabalhos de Loureiro et al. (1979), Maués (2002), Locatelli et al. (2005), Salman et al. (2008) e Scoles (2010) descreveram as principais características da espécie *Bertholletia excelsa*, que ocorre em abundância na parcela do MapCast.

A altitude da FLONA do Tapajós é de aproximadamente 175 m acima do nível do mar e o relevo se apresenta de forma plana a fortemente ondulada (IBAMA, 2004). O clima é chuvoso com índice pluviométrico superior a 2.300 mm (PINHO et al., 2004). A média anual da temperatura é de 25°C, com médias mínimas de 18,4 °C e máximas de 32,6 °C; a umidade relativa do ar é de aproximadamente 86% (CARVALHO, 2001).

3.2.2 Coleta, preparo e pesagem das amostras de serapilheira

Para a coleta da serapilheira foram utilizados 12 coletores com formato circular de 1 m², feitos de nylon e com malha de 2 mm. Estes foram instalados a 0,50 m do solo e distribuídos de forma aleatória na área da parcela do Projeto MapCast (Figura 3.1). As coletas iniciaram no dia primeiro de setembro de 2015 e foram finalizadas no dia primeiro de agosto de 2016. A serapilheira era recolhida manualmente a cada mês e armazenada em sacos de papel Kraft devidamente identificado. Em laboratório, o material coletado era colocado em estufa, com temperatura de 40°C por 24 horas para posterior triagem.

A serapilheira foi separada em quatro classes: 1) folhas (incluindo folíolos e pecíolo), 2) madeira (partes lenhosas arbóreas, pedaços de galhos e gravetos de todas as dimensões, inclusive as maiores que 2 cm de diâmetro, e as cascas), 3) flores e frutos (estruturas reprodutivas) e 4) miscelânea (material vegetal que não pode ser identificado). O material foi novamente submetido ao processo de secagem em estufa, desta vez para atingir peso constante, com temperatura de 80 °C por 48 horas. A pesagem do material, realizada com auxílio de balança analítica de três dígitos, foi feita por coletor, por fração e por mês. Com os valores do peso seco se estimou a produção mensal para cada classe e também a produção total de serapilheira em kg.ha⁻¹. Os procedimentos de secagem, separação e pesagem das e os cálculos para estimar a produção são os mesmos adotados pelo Laboratório de Solos da Embrapa-Amazônia Oriental, pólo Santarém, Pará.

3.2.3 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação (em mm), temperatura máxima (em °C) e insolação (em horas) correspondente ao período da amostragem da produção de serapilheira, foram obtidos da estação convencional de Belterra-Pará, localizada a 38 km da parcela de estudo. Os dados diários de precipitação e insolação foram somados, individualmente, para cada mês e os valores diários de temperatura máxima foram apresentados na forma de média mensal.

3.2.4 Análises estatísticas

Para verificar se os dados de produção de serapilheira e os dados meteorológicos seguem uma distribuição normal foi utilizado o teste de Shapiro-Wilk, ao nível de significância de 5% (ZAR, 1999). Para observar a similaridade e a ordenação dos dados de produção foi realizada a Análise de Coordenadas Principais (*Principal coordinate analysis – PCO*), optando pela distância euclidiana. Os *Outliers* evidenciados por este teste foram retirados das análises posteriores.

Para determinar se existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre a produção de folhas, madeira, flores e frutos e da produção total de serapilheira (soma das quatro classes) com os períodos evidenciados na PCO foi aplicado o Teste *t* com os dados transformados em logaritmo neperiano (ln) (VALENTIN, 2012).

Para verificar a relação entre as variáveis meteorológicas e a produção da serapilheira foi utilizado o teste de Correlação Linear de Pearson e, para averiguar se existe defasagem temporal entre os dados de produção e as variáveis meteorológicas, foi adotado o teste de Correlação Cruzada (*Cross-correlation*) (DAVIS, 1986). Ambos os testes foram realizados com os dados não transformados.

O percentual de explicação dos dados meteorológicos sobre a produção de cada classe da serapilheira e da produção total foi determinado pela Análise de Redundância Canônica (RDA) e através do método de “*Forward selection*” com o Teste de Permutação de Monte Carlo foi possível saber quais variáveis explicativas são significativas ($p \leq 0,05$). Para esta análise se utilizou a padronização *Ranging*. O teste de Shapiro-Wilk, a PCO, o Teste *t* e as correlações foram realizados com o auxílio do programa Past, versão 3.14 (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001), já a RDA foi realizada no programa Canoco, versão 4.5 (TER BRAAK; SMILAUER, 2002). A escolha dos testes estatísticos é respaldada pelos trabalhos de Valentin (2012), Vasconcellos et al. (2013) e Wagner et al. (2016).

3.3 Resultados

3.3.1 Dados meteorológicos

Os dados de precipitação (Figura 3.2A), temperatura (Figura 3.2B) e insolação (Figura 3.2C) são apresentados com os dados de produção estimados para cada classe da serapilheira. Os dados de precipitação para o período de agosto/2015 a julho/2016 foram bem inferiores à normal climatológica, exceto no mês de setembro, onde apenas um evento de chuva foi responsável pelo total de precipitação registrado nesse mês e também, por transformar setembro no único mês com valor superior à média climatológica (Figura 3.2A).

A temperatura máxima teve valores médios superiores à média da normal climatológica durante todo o período amostrado. Os meses dezembro/2015 e janeiro/2016 tiveram diferença de 3,1°C e 3,6°C em relação à média dos últimos 45 anos, respectivamente (Figura 3.2B).

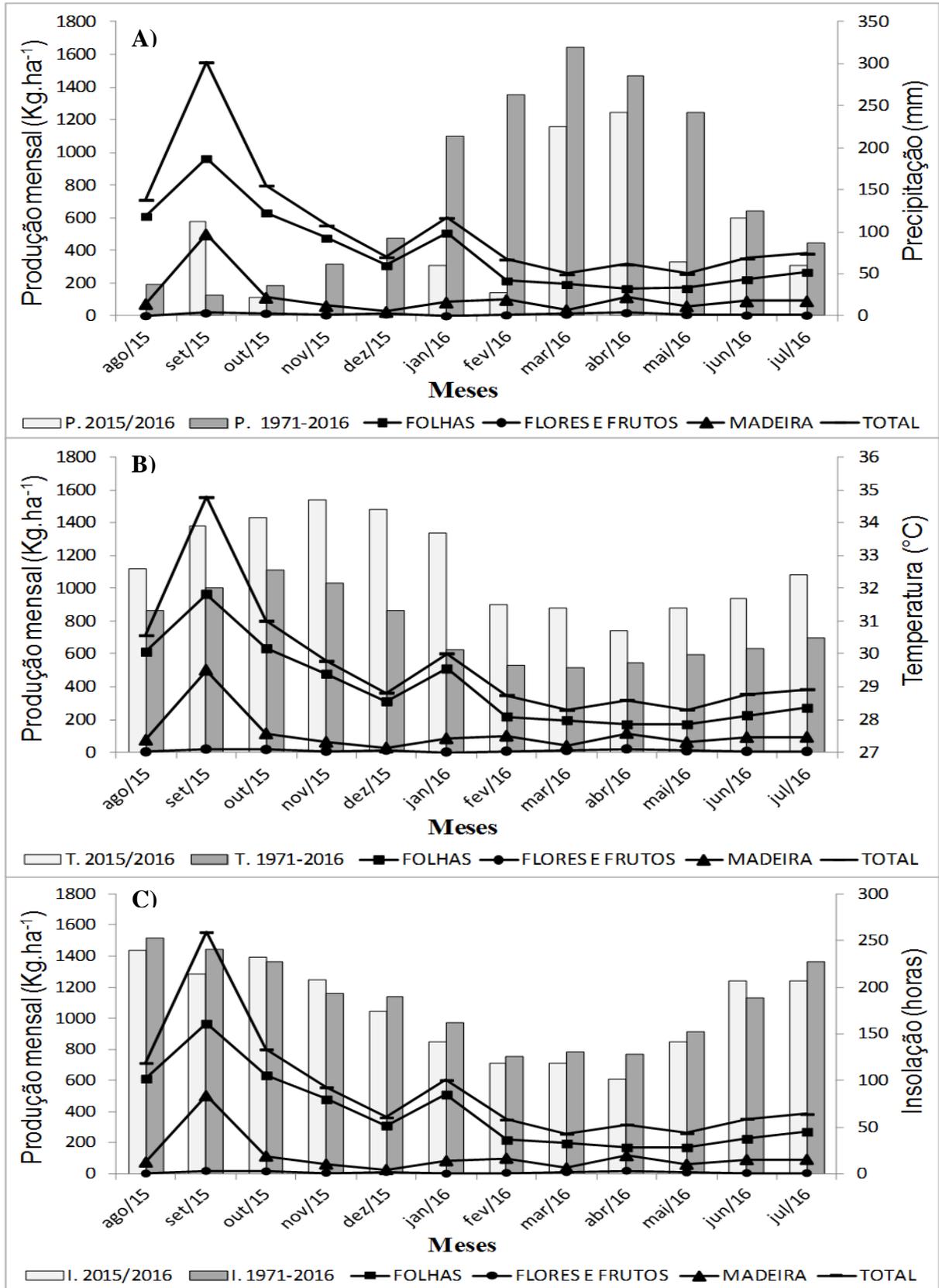
Os dados de insolação para o período de agosto/2015 a julho/2016 não tiveram comportamento constante em relação à normal climatológica, alternando entre períodos com número total de horas maior (agosto e setembro/2015; dezembro/2015 a maio/2016 e julho/2016) ou menor (outubro e novembro/2015 e junho/2016) (Figura 3.2C).

3.3.2 Produção de serapilheira

A produção de folhas variou entre 169,9 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em maio/2016) a 965,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em setembro/2015), a de madeira entre 26,7 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em dezembro/2015) a 501,3 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em setembro/2015) e a de flores e frutos entre 0,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em janeiro/2016) a 19,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹ (em abril/2016) (Figura 3.2A). Durante os meses com menor precipitação (Figura 3.2A) e maiores temperaturas (Figura 3.2B) foi registrado maior produção de folhas. Os dados completos da produção de serapilheira estão apresentados no Apêndice B.

A produção de madeira apresentou maiores picos no período úmido, exceto no mês de setembro. No caso da produção de flores e frutos, os meses de maior produção foram setembro/2015 (18,3 kg ha⁻¹ mês⁻¹), outubro/2015 (15,8 kg ha⁻¹ mês⁻¹) e abril/2016 (19,6 kg ha⁻¹ mês⁻¹). A produção de folhas foi maior que a produção das outras classes durante os 12 meses de coleta (Tabela 3.1).

Figura 3.2 - Valores mensais estimados para a produção de folhas, madeira e flores e frutos e dados da precipitação (A), da temperatura (B) e da insolação (C), em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: As linhas contínuas representam os dados de produção para as classes da serapilheira e as barras representam os dados das variáveis meteorológicas. P.: precipitação, T.: temperatura, I.: insolação,

ago/15:agosto, set/15:setembro, out/15: outubro, nov/15: novembro e dez/15:dezembro de 2015 e jan/16: janeiro, fev/16: fevereiro, mar/16: março, abr/16: abril, mai/16; maio, jun/16: junho, jul/16: julho de 2016. A média climatológica é apresentada com a identificação “1971-2016”. Os dados meteorológicos foram registrados pela estação meteorológica convencional de Belterra, Pará.

Tabela 3.1 - Contribuição de cada classe da serapilheira em relação ao total mensal produzido no período de agosto de 2015 a julho de 2016.

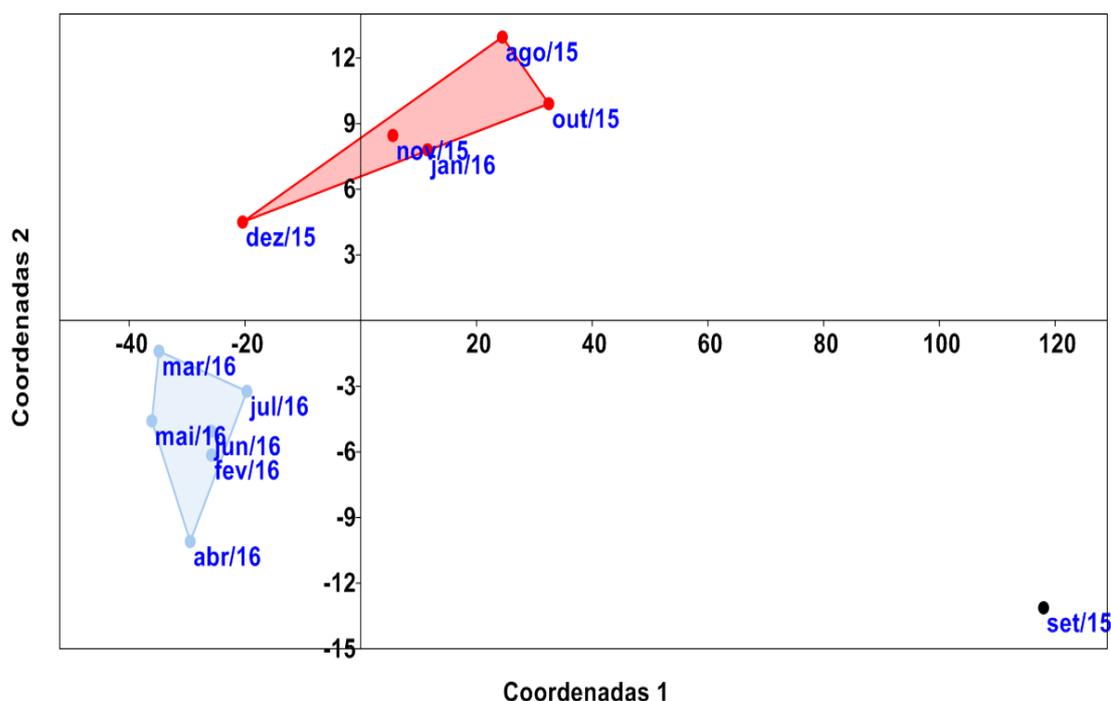
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul
	2015						2016					
FOLHA (%)	85,8	62,1	79,1	86,1	85,7	84,6	62,5	75,8	53,5	65,2	63,5	70,3
MADEIRA (%)	10,5	32,2	14,1	11,2	7,4	13,9	28,6	14,8	36,5	23,2	25,6	23,9
FLORES E FRUTOS (%)	0,2	1,2	2,0	1,0	3,2	0,1	1,7	4,0	6,2	3,1	1,3	1,1
MISCELÂNEIA (%)	3,5	4,5	4,8	1,7	3,8	1,5	7,3	5,3	3,9	8,4	9,6	4,7

Legenda: Ago: agosto, Set: setembro, Out: outubro, Nov: novembro, Dez: dezembro, Jan: janeiro, Fev: fevereiro, Mar: março, Abr: abril, Mai: maio, Jun: junho e Jul: julho.

3.3.3 Análises estatísticas

A Análise PCO evidenciou dois grupos, sendo o primeiro composto pelos meses fevereiro, março, abril, maio, junho e julho de 2016, e o segundo formado pelos meses agosto, outubro, novembro e dezembro de 2015 e janeiro de 2016 (Figura 3.3). Estes grupos foram denominados como período úmido e período seco, respectivamente. O mês de setembro foi considerado um *Outlier* pela PCO.

Figura 3.3 - Grupos de similaridade obtidos na Análise PCO com os dados de produção da serapilheira obtidos em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

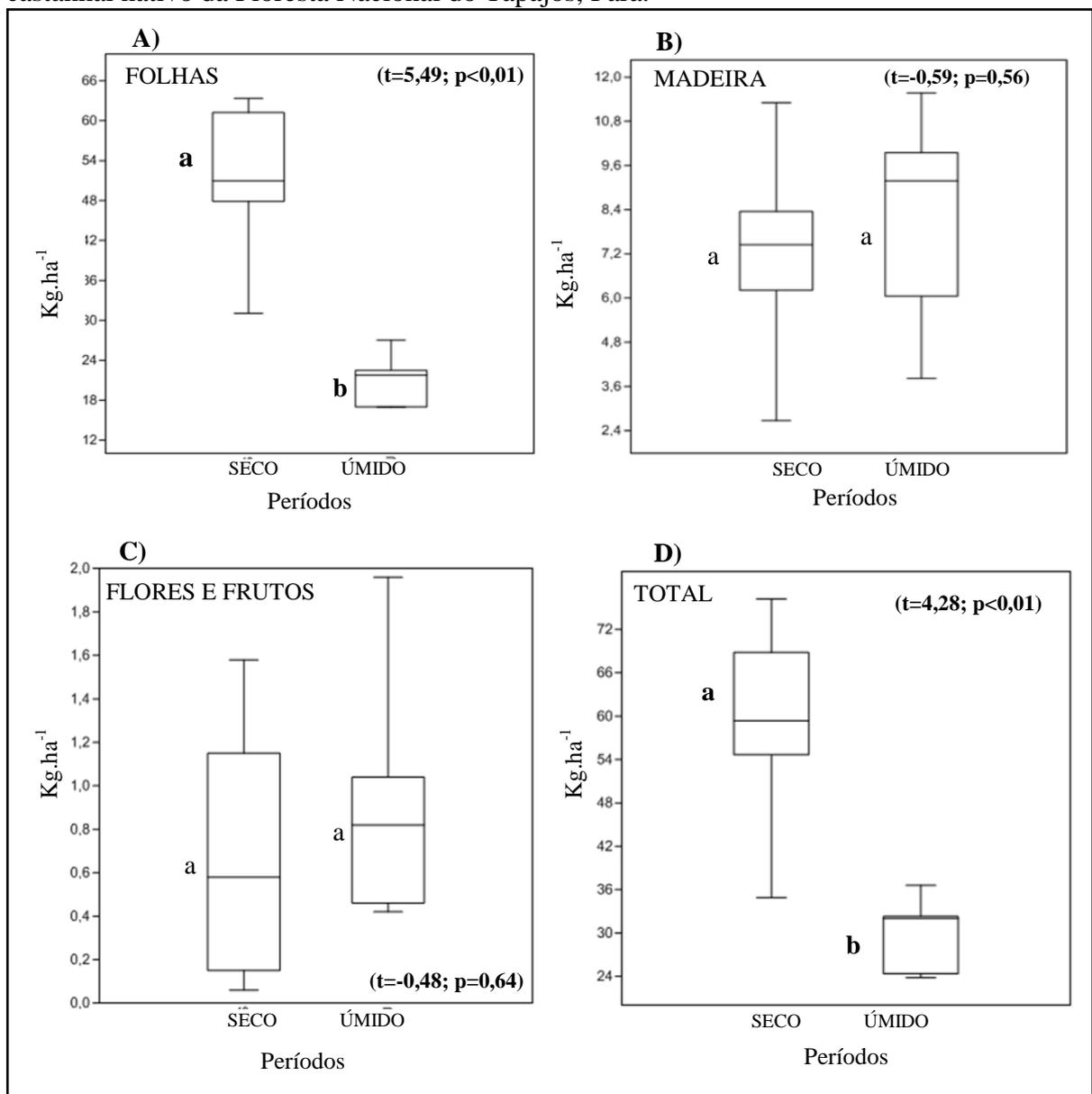


Legenda: O grupo destacado pela cor vermelha é formado pelos meses de julho de 2016 (jul/16), agosto (ago/15), outubro (out/15), novembro (nov/15) e dezembro (dez/15) de 2015 e representa o período seco. O

grupo azul é formado pelos meses de janeiro (jan/16), fevereiro (fev/16), março (mar/16), abril (abr/16), maio (mai/16) e junho (jun/16) de 2016 e representa o período úmido. Setembro (set/15) não apresenta similaridade com os dois grupos.

Após a transformação dos dados de produção de serapilheira a normalidade dos mesmos foi positiva, sendo possível a realização do teste t , que diagnosticou variação significativa entre os períodos úmido e seco apenas para a classe folhas ($t=5,49$; $p<0,01$) (Figura 3.4A) e para a produção total de serapilheira ($t=4,28$; $p<0,01$) (Figura 3.4D).

Figura 3.4 - Variação da produção de folhas, madeira, flores e frutos e produção total (soma de todas as classes da serapilheira) em relação aos períodos úmido e seco obtida em área de castanhal nativo da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: períodos que apresentam a mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste t à 5% de significância. As barras de erro representam o desvio padrão dos dados.

As classes madeira e flores e frutos não apresentaram variação significativa ($p > 0,05$) (Figura 3.4B e C) e nem correlação significativa com nenhuma variável meteorológica (Tabela 3.2).

Tabela 3.2 - Resultados dos testes Correlação Linear de Pearson e Correlação Cruzada realizados com os dados de produção da serapilheira e das variáveis meteorológicas obtidos para a área de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

	CORRELAÇÃO DE PEARSON			CORRELAÇÃO CRUZADA	
	Precipitação	Temperatura	Insolação	Precipitação	Insolação
Folhas	$r = -0,60$ $p = 0,05$	$r = 0,73$ $p = 0,01$	$r = 0,69$ $p = 0,02$	Lag: 1 $r = -0,65$ $p = 0,04$	Lag: 1 $r = 0,80$ $p < 0,01$
Produção Total	ns	$r = 0,67$ $p = 0,03$	$r = 0,67$ $p = 0,02$	sd	Lag: 1 $r = 0,78$ $p < 0,01$

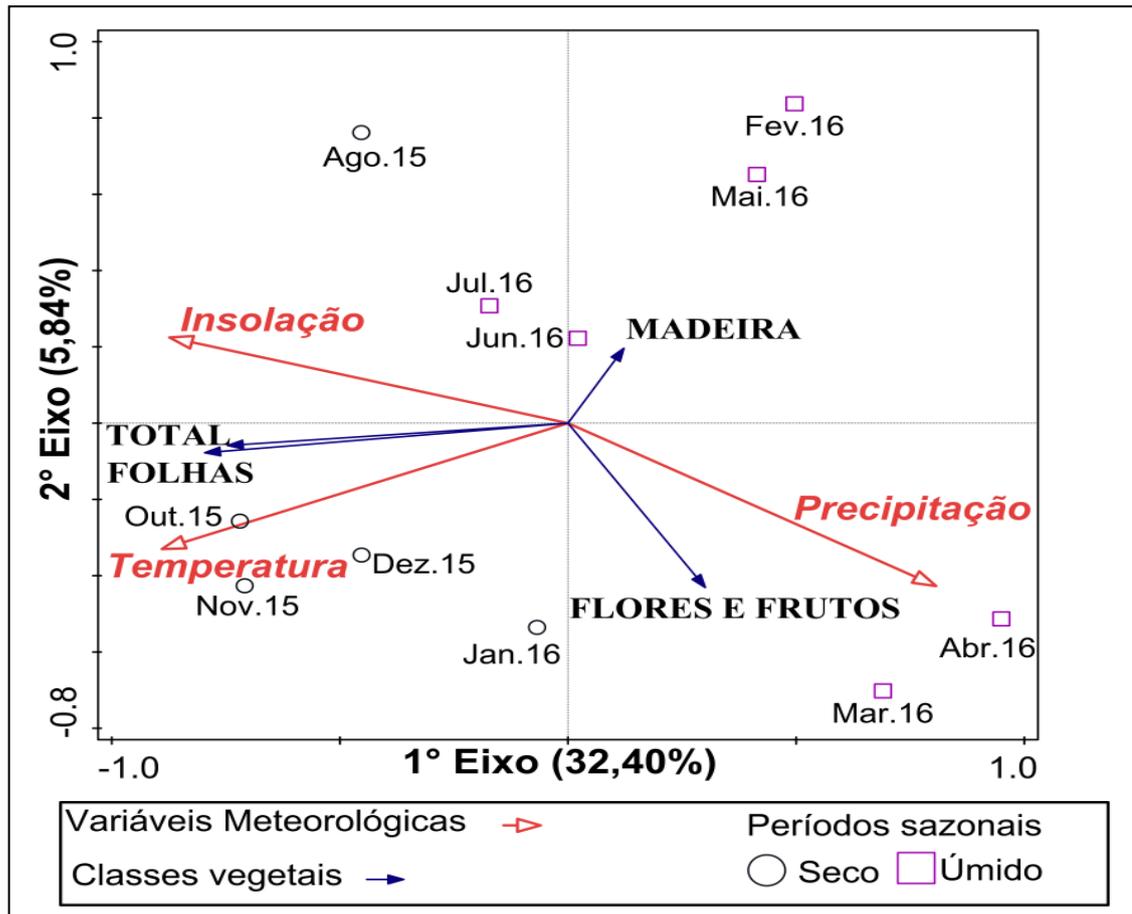
Legenda: r – coeficiente da correlação; p – probabilidade de significância; ns - não significativo ($p > 0,05$); sd – sem defasagem temporal ($p > 0,05$); Lag – informa o tempo de atraso (defasagem temporal da resposta da produção da serapilheira em relação às variáveis ambientais) em meses.

A produção de folhas teve defasagem temporal de um mês para as variáveis precipitação (Lag: 1, $r = -0,65$) e insolação (Lag: 1, $r = 0,80$) e a produção total de serapilheira apresentou defasagem temporal de um mês (Lag: 1, $r = 0,78$) somente para a insolação (Tabela 3.2). Não houve defasagem temporal para a produção de madeira e de flores e frutos e a vegetação da área não apresentou resposta, em escala mensal às variações de temperatura.

As três variáveis ambientais analisadas explicam 38,24% da variabilidade temporal da produção de serapilheira (Figura 3.5). O primeiro eixo explica 32,4% da produção de folhas e da produção total de serapilheira, as quais estão relacionadas com a temperatura e com a insolação, formando gradiente do período seco para o período úmido. A precipitação compõe o segundo eixo, que teve baixo percentual de explicação sobre a variação dos dados de produção. A produção de madeira não apresentou relação com nenhuma variável ambiental, corroborando com a análise de Correlação Linear de Pearson e o Test t .

O Teste de Permutação de Monte Carlo (usando o método “Forward selection”) indicou que a temperatura explica 26,5% da variação dos dados de produção, sendo esta a única variável ambiental considerada significativa ($p \leq 0,05$).

Figura 3.5 - Diagrama de ordenação da RDA com as variáveis meteorológicas e os dados de produção da serapilheira obtidos para a parcela de estudo na Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: As variáveis respostas (Precipitação, Temperatura e Insolação) são representadas pelas setas vermelhas, as variáveis dependentes (produção estimada para as classes FOLHAS, MADEIRA, FLORES E FRUTOS e produção total de serapilheira (TOTAL)) são representadas pelas setas azuis. Meses com círculo representam as amostras do período seco e os quadrado representam os meses do período úmido. ago.15:agosto, set.15:setembro, out.15: outubro, nov.15: novembro e dez.15:dezembro de 2015 e jan.16: janeiro, fev.16: fevereiro, mar.16: março, abr.16: abril, mai.16: maio, jun.16: junho, jul.16: julho de 2016

3.4 Discussão

3.4.1 Variação temporal dos dados meteorológicos e da produção de serapilheira

O período de amostragem da produção de serapilheira (agosto de 2015 a julho de 2016) coincidiu com um evento El Niño de intensidade muito forte, conforme o índice ONI (*Oceanic Niño Index*) (GOLDEN, 2016). A comparação entre a média climatológica, principalmente da precipitação e da temperatura dos últimos 40 anos, com os dados obtidos nesse estudo evidenciam as anomalias causadas por esse fenômeno climático na região da FLONA do Tapajós.

A produção média mensal observada para as classes folhas e madeira foi superior às registradas por Silva e Oliveira Júnior (2010), no ano de 2007, e por Silva (2014), nos anos de 2002 e 2003, em Floresta Ombrófila Densa de terra firme, no km 67 da FLONA do Tapajós; no caso da classe flores e frutos se registrou valores inferiores, principalmente para os meses de menor precipitação. Os resultados obtidos nesse estudo também foram superiores aos registrados por Ferreira, Cattânio e Jardim (2015) em floresta tropical úmida na FLONA de Caxiuanã, Amazônia Oriental.

É possível que os altos valores de produção para as classes folhas e madeira encontrados nesse estudo tenham sido influenciados pelas anomalias, principalmente da temperatura e da precipitação, causadas pelo evento El Niño ocorrido no período 2015/2016. Pois no ano de 2007 a temperatura da área do oceano Pacífico, que influencia os níveis de precipitação da Amazônia, se manteve estável, já nos anos de 2002 e 2003 foi diagnosticado evento El Niño de efeito moderado e fraco, respectivamente (INMET, 2010). Costa et al. (2014), estudando a produção de serapilheira em 2009 e 2010 na FLONA de Caxiuanã, relacionaram o aumento significativo da produção de serapilheira ao fenômeno El Niño.

Os baixos valores para a produção de flores e frutos em anos de El Niño também foram registrados por Silva (2014). No caso desse estudo, é possível que as elevadas temperaturas (Figura 3.2B) e a diminuição e/ou a ausência de água no sistema tenham alterado os processos de reprodução da vegetação local. Chagas et al. (2012) informaram que a redução das chuvas sobre a floresta afeta significativamente todos os parâmetros de desenvolvimento da vegetação. No terceiro capítulo da presente tese é apresentado um estudo socioeconômico com os extrativistas de *Bertholletia excelsa* que coletam no km 84 da FLONA do Tapajós, e estes informaram que a produção de castanha-do-brasil e também de outros frutos em 2016 foi muito baixa quando comparada com os anos anteriores e associaram essa queda ao intenso período de seca e as frequentes queimadas ocorridos no segundo semestre de 2015.

O pico de produção da serapilheira no mês de setembro/2015 coincidiu com o mês onde um único evento de chuva superou o total mensal climatológico da precipitação. As frequentes chuvas torrenciais com fortes ventos que ocorrem na região amazônica acarretaram em maior produção de serapilheira (GOLDINHO; CALDEIRA; BRUN, 2015). No caso da produção extremamente alta de madeira no mesmo mês, Moraes (2002) informou que as primeiras chuvas fortes após um período de estiagem, promovem a queda de muitos ramos secos que ainda permaneciam unidos à planta, fato que pode ter acontecido nesse estudo já que em agosto não houve registro de precipitação.

A maior contribuição das folhas para a produção total de serapilheira em todos os meses de coleta é reportada em diversos estudos desenvolvidos em florestas tropicais (ALMEIDA; LUIZÃO; RODRIGUES, 2015; FERREIRA, 2014; FERREIRA; CATTÂNIO; JARDIM, 2015; SILVA et al., 2009; SILVA; OLIVEIRA JÚNIOR, 2010; SILVA, 2014).

3.4.2 Produção de serapilheira e as variáveis meteorológicas

A variação significativa entre os períodos úmido e seco para a classe folhas e para a produção total de serapilheira corrobora com as correlações obtidas entre esses grupos e as variáveis temperatura, precipitação e insolação. Silva (2014) também registrou correlação da produção de serapilheira com a precipitação e a temperatura. Santos Júnior (2008) informaram que essas forçantes ambientais apresentam comportamento bem definido ao longo do ano com maiores valores para a temperatura e insolação e menor volume de água no período seco em relação ao úmido e isso é refletido também pela vegetação.

A associação de *deficit* hídrico e altas temperaturas e maior número de horas de luz solar sem interferência de nuvens na estação seca pode ter ocasionado uma grande produção de serapilheira devido à estimulação fisiológica, dispersão do material antigo ou quebra natural de parte das plantas (SILVA, 2013). A derrubada das folhas pelas árvores na época de menor precipitação é considerado um mecanismo de defesa para reduzir a perda de água por evapotranspiração (PAROLIN et al., 2010; OURIQUE et al., 2016).

A produção de flores e frutos em áreas com alta diversidade, como é o caso da FLONA do Tapajós (ANDRADE et al., 2015; GONÇALVES; SANTOS, 2008), não raro apresentam uma produção temporal sem sazonalidade definida, pois as diferentes espécies possuem aspectos fenológicos diversos (O'BRIEN et al., 2008). Os picos de produção registrados para a classe madeira em ambos os períodos sazonais aumentaram o desvio padrão e limitaram um resultado significativo do Test *t*, apesar da produção de madeira ter sido bem maior no período seco. Malhi et al. (2009) também identificaram comportamento anormal na produção de madeira e sugerem que possíveis alterações dos fatores ambientais estão influenciando essa variável biológica.

A defasagem temporal apresentada indica o tempo que a vegetação local levou para responder às mudanças dos fatores ambientais. Os estudos de Restrepo-Coupe et al. (2013) e Borchert et al. (2015) apontaram que em florestas tropicais a luz solar interage com os mecanismos adaptativos para determinar a capacidade fotossintética indiretamente através da

produção das folhas e da sazonalidade da serapilheira. A fenologia de muitas árvores tropicais é altamente correlacionada com a variação sazonal da insolação (RIVERA et al., 2002).

Diferente dos trabalhos de Silva (2014), Ourique et al. (2016) e Mochiutti, Queiroz, Júnior (2006), desenvolvidos na Amazônia, esse estudo não identificou relação entre a precipitação e a produção de serapilheira, considerando a RDA. Os resultados da correlação de Pearson também ratificam esse comportamento pois foi obtido uma correlação marginal e baixa apenas para a produção de folhas. Hayashi (2006) também não registrou correlação da produção de serapilheira com a precipitação em floresta primária amazônica. Quanto a maior influência da temperatura sobre a produção total de serapilheira e a produção de folhas, Kapos et al. (1997) informam que espécies arbóreas que estão adaptadas a baixa variação desse fator abiótico perdem suas folhas diante de mudanças anormais e repentinas. No caso do presente estudo, os dados de temperaturas foram consideravelmente superiores à média climatológica da região.

3.5 Conclusão

A produção de serapilheira variou ao longo do tempo. A classe folhas apresentou maior produção no período seco e a classe madeira no período úmido.

A variação da produção de folhas e da serapilheira total é parcialmente explicada pelas variáveis temperatura e insolação.

As variáveis meteorológicas abordadas nesse estudo não explicam a produção do material reprodutivo e a produção de madeira que ocorreu no período de agosto de 2015 a julho de 2016.

O evento El niño 2015/2016 foi responsável pelas anomalias dos dados de precipitação e temperatura em relação à média climatológica.

CAPÍTULO 4 PERFIL SOCIOECONÔMICO, PRODUÇÃO E PRÁTICAS DE MANEJO DOS EXTRATIVISTAS DE CASTANHA-DO-BRASIL EM BELTERRA-PARÁ

4.1 Introdução

Os Produtos Florestais Não Madeireiros (PFNMs) são considerados estratégicos para a conservação das florestas tropicais, desde que manejados de forma que os limites de produção do ecossistema sejam respeitados e que sua extração proporcione o desenvolvimento local (BAYMA et al., 2014; KLIMAS; KAINER; WADT, 2012; SAHA; SUNDRIYAL, 2012). Um exemplo desses produtos é a castanha-do-brasil, semente proveniente da espécie *Bertholletia excelsa* Bomp. que ocorre no ambiente em forma de aglomerações denominadas castanhais nativos e a coleta do seu fruto é a principal fonte de renda para muitas famílias rurais da Amazônia (CAVALCANTE et al., 2011; CRONKLETON; GUARIGUATA; ALBORNOZ, 2012; HOMMA, 2012).

A exportação brasileira de castanha-do-brasil gera lucro no mercado nacional e internacional desde 1911, sem qualquer fomento governamental, e até 1990 o Brasil ocupou posição de liderança no mercado mundial, quando a Bolívia passou a ser líder (BAYMA et al., 2014). Nos últimos anos os estados do Acre, Amazonas e Pará foram os principais produtores (IBGE, 2015) e a Bolívia, os Estados Unidos da América, a China, a União Europeia e o Peru os principais compradores (BAYMA et al., 2014). Em 2015 a produção total do Brasil foi de 40.443 toneladas e em termos de valor de produção foi obtido R\$ 107,4 milhões, valores superados apenas pela produção de açaí (IBGE, 2015). A comercialização de castanha-do-brasil é dominada por comerciantes que possuem redes de atravessadores e pagam valores muito baixos por seu quilograma (BEGIATO; MENEHINI, 2015).

A queda do ouriço da castanha (pixídio lenhoso que armazena as castanhas-do-brasil) ocorre no período chuvoso da região amazônica (dezembro a junho), no qual também é realizada a coleta pelos extrativistas da região. A extração das sementes é feita com o auxílio de um terçado e em alguns locais há o processo de lavagem das mesmas em corpo hídrico. Após o acúmulo de uma quantidade significativa os extrativistas transportam a castanha colhida até a comunidade (SILVA et al., 2013). Silva (2013), estudando o processo de extração e comercialização da castanha-do-brasil em três municípios da região oeste do estado do Pará, concluíram que o sistema de coleta, transporte e armazenamento da castanha é bastante rudimentar, o que resulta em baixa eficiência da atividade.

Estudar as atividades pertinentes à extração da castanha-do-brasil é importante por inúmeros fatores. Além de identificar o potencial desta espécie associado à geração de renda e como incremento nutricional, o estudo vem oportunizar conhecer acerca dos processos de coleta, transporte e armazenamento realizados pelos extrativistas que podem favorecer a proliferação de fungos que produzem substâncias (aflotoxinas), nocivas à saúde humana (KATO et al., 2016; PSF, 2016). Braz et al. (2016) verificaram a presença de contaminantes fúngicos em castanhas-do-brasil comercializadas sem casca no município de Santarém-Pará, e concluíram que esse produto pode representar um veiculador de grande variedade de microorganismos, sobretudo fungos filamentosos. Também ressaltaram que os resultados de sua pesquisa indicam uma deficiência na manipulação e conservação desse alimento, que potencialmente poderá ser consumido *in natura*.

As atividades antrópicas exercidas nos castanhais também precisam ser mais estudadas, pois conforme Ortiz (2002), o aumento de pequenas perturbações inerentes às atividades dos extrativistas podem ocasionar impactos negativos e positivos nesses fragmentos florestais. Scoles et al. (2016) informaram que o estado de conservação dos castanhais próximos as estradas acessíveis da BR-163 (Santarém-Cuiabá) é baixo, pois essas áreas sofreram um intenso processo de transformação do uso da terra desde a década de 1980, onde extensas áreas florestais, muitas delas formadas por castanhais, foram substituídas por campos de pastagem para a criação de gado. Nesse sentido, Angelo et al. (2013) ratificaram que o desmatamento afeta a produção de castanha-do-brasil, sugerindo a ineficiência das leis que proíbem o seu corte.

Sobre o potencial produtivo dessa espécie Wadt, Kainer e Gomes-Silva (2005) informaram que a produção de seus frutos é muito variável, sendo os fatores climáticos e pedológicos, tamanho do diâmetro na altura do peito (DAP), atributos da copa e interações com polinizadores os principais responsáveis por essa variabilidade. As práticas de manejo realizadas nos castanhais e a percepção que os extrativistas possuem sobre os fenômenos que ocorrem no interior da floresta podem indicar possíveis alterações nesses sistemas.

Para Santos, Sena e Rocha (2010) a desestruturação da cadeia produtiva de castanha-do-brasil pode provocar redução de empregos na indústria de processamento e impacto ao sustento de milhares de famílias que tem sua renda incrementada por essa atividade. Conforme Angelo et al. (2013), o entendimento do processo de comercialização desse PFM é fundamental para a execução de políticas públicas adequadas, pois além de gerar riqueza e estimular o saldo da balança comercial, o fomento desse mercado contribui para o

desenvolvimento de uma região extremamente carente, a região norte do Brasil, e incentiva a manutenção da floresta em pé e do homem no campo.

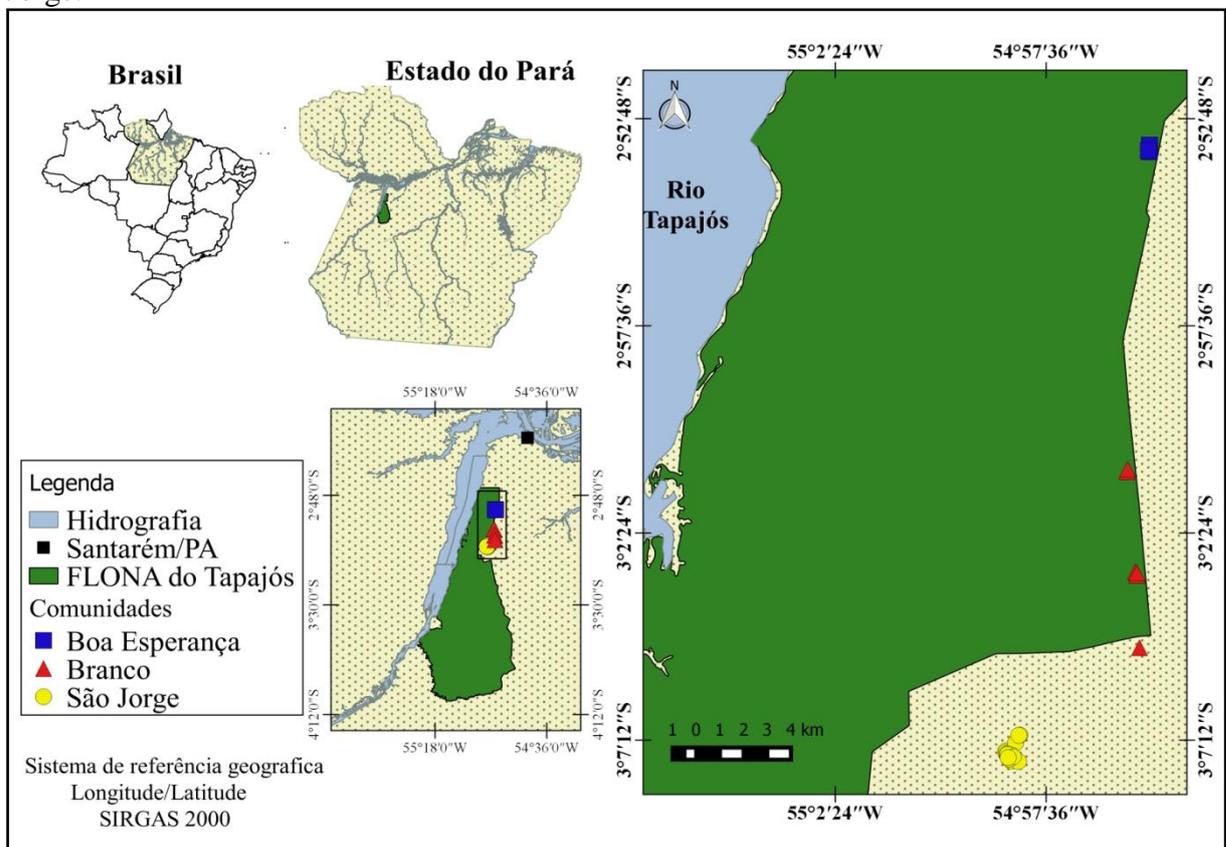
Considerando as informações apresentadas sobre a importância da atividade extrativista da castanha-do-brasil para as populações tradicionais da Amazônia, este estudo teve por objetivo caracterizar o perfil socioeconômico das famílias que extraem a castanha-do-brasil na área da Floresta Nacional (FLONA) do Tapajós, além de identificar o total extraído nas últimas três safras e as práticas de manejo realizadas pelas comunidades locais.

4.2 Material e métodos

4.2.1 Localização da área de estudo e amostra da pesquisa

O presente estudo foi realizado nas comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge, pertencentes ao município de Belterra-Pará, que fazem divisa com os limites da Floresta Nacional do Tapajós (FLONA do Tapajós) (Figura 4.1).

Figura 4.1 - Localização da Floresta Nacional do Tapajós e das residências dos extrativistas de castanha-do-brasil que estão situadas nas comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge.



A FLONA do Tapajós foi criada em 1974 pelo Decreto nº 73.684 e está enquadrada, conforme o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) na classe de unidade de conservação de uso sustentável, a qual tem como objetivo compatibilizar a conservação da natureza com o uso direto de parte dos seus recursos naturais. Em 2012, por meio da Lei Federal nº 12.678 de 25 de junho, sua área territorial foi fixada em 582.149 hectares, os quais abrangem os municípios de Belterra, Aveiro, Placas e Rurópolis no estado do Pará. Ela está localizada entre o rio Tapajós a oeste e a BR-163 a leste, distando 50 quilômetros da sede municipal de Santarém-Pará (SANTOS; BARBOSA FILHO; COELHO, 2014) (Figura 4.1).

O processo de ocupação da região de Belterra é antigo, sendo registradas comunidades com mais de 200 anos (AMARAL et al., 2009). A origem desse município está relacionada com o período do comércio de borracha na Amazônia, quando o empresário Henry Ford implantou um cultivo racional de seringueiras (década de 1930), transformando-a na maior produtora de borracha natural do mundo (SILVA, 2013). Asta et al. (2014) informaram que na década de 1970 houve uma expressiva ocupação dessa área devido a construção da BR-163, e Venturieri et al. (2007) relataram que, no final da década de 1990, se iniciou um novo processo de ocupação desse espaço associado ao agronegócio e ao estabelecimento de infraestrutura para escoamento da produção de grãos. Asta et al. (2014) registraram que as formações comunitárias foram estabelecidas por vários motivos; a comunidade São Jorge, por exemplo, foi motivada pela extração da madeira “pau-rosa”, da qual é extraído um óleo muito apreciado por empresas internacionais de perfumaria (FERRAZ et al., 2009).

O universo da pesquisa refere-se às famílias que coletam castanha-do-brasil na FLONA do Tapajós e que residem ao longo da BR 163, dentro dos limites do município de Belterra-PA. Inicialmente a coleta de dados iria ocorrer somente na comunidade Branco devido sua localização ser ao lado de um castanhal nativo situado dentro da FLONA do Tapajós e que vem sendo estudado pela equipe do projeto MapCast porém, durante as duas visitas de reconhecimento da área realizadas em outubro de 2016, os moradores do Branco informaram que alguns extrativistas de castanha-do-brasil que residem nas comunidades Boa esperança e São Jorge também coletam na referida área.

As famílias entrevistadas foram selecionadas por amostragem não probabilística, considerando a técnica “bola de neve” descrita por Albuquerque et al. (2010). Nessa forma de amostragem os participantes iniciais do estudo indicam novos participantes do universo a ser estudado, os quais, por sua vez, indicam novos participantes e assim sucessivamente, até que as informações se tornem repetidas (SILVA et al., 2013). A técnica “bola de neve” é indicada

para estudos com universo de pesquisa difícil de ser quantificado, como é o caso desse trabalho, uma vez que não se sabe o número de extrativistas de castanha-do-brasil que reside na área supracitada. Na Tabela 4.1 são apresentados a população das comunidades estudadas e o número de famílias que foram entrevistadas. As famílias foram referenciadas no texto como F1, F2 até F24.

Tabela 4.1 - Informações demográficas das comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge, localizadas no município de Belterra-Pará e número de famílias entrevistadas.

Comunidades	População	Total de famílias	Número de famílias entrevistadas	Período de aplicação do formulário
	Total			
Boa Esperança	315	63	4	Novembro e dezembro/2016
Branco	150	30	4	
São Jorge	1523	597	16	

Fonte: Dados fornecidos pela Secretaria de Saúde da Prefeitura Municipal de Belterra-Pará em abril de 2017.

As comunidades Boa Esperança e Branco possuem uma escola municipal e nenhum posto de saúde. Já na comunidade São Jorge existe um posto de saúde, uma escola municipal e um pólo da Escola Estadual de Ensino Médio Álvaro Adolfo, sediada em Santarém-Pará.

Asta et al. (2014) estudaram aspectos da infraestrutura, serviços e usos da terra em 25 comunidades dos municípios de Santarém, Belterra e Mojuí dos Campos, no estado do Pará, e registraram que a maioria das residências possuem paredes de madeira (seguida de palha e alvenaria), o piso é de cimento e a cobertura de telhas de fibrocimento onduladas. Os sanitários estão localizados fora das casas, os esgotos são depositados em fossas rudimentares ou nos corpos hídricos, e a principal forma de abastecimento de água é por poço (comunitário ou residencial). O acesso a energia elétrica é deficiente e boa parte das comunidades não possuem telefones públicos nem sinal de celular e internet. Na maioria das comunidades localizadas em Belterra não existe escolas públicas nem transporte escolar. Quanto ao uso da terra, o cultivo da mandioca constitui a principal fonte de renda das comunidades e é realizado principalmente por pequenos produtores.

4.2.2 Aspectos da pesquisa e coleta de dados

A pesquisa é de natureza descritiva, pois tem como objetivo primordial a descrição das características da população de extrativistas de castanha-do-brasil na área da FLONA do Tapajós. Essa categoria de pesquisa tem como principal interesse descobrir e observar fenômenos, classificá-los, interpretá-los, e assim descrevê-los. É caracterizada pela

interrogação direta das pessoas cujo comportamento se deseja conhecer e também permite contato direto com costumes e opiniões da comunidade estudada (Gil, 2014).

Nesse trabalho se estudou as seguintes características dos extrativistas de castanha-do-brasil: idade, sexo, procedência, nível de escolaridade, tempo que coleta, práticas de manejo do castanhal para fomentar a produção, práticas de coleta, armazenamento e transporte das sementes, custo dos serviços e valor de comercialização, limitações e potencialidades da atividade de extração e a percepção dos extrativistas quanto aos fatores ambientais que podem influenciar na produção das castanheiras.

A técnica utilizada para o levantamento dos dados foi a entrevista estruturada, sendo assim, foram fixadas perguntas em um formulário, cuja ordem foi invariável para todos os entrevistados. As questões foram formuladas a partir dos objetivos da pesquisa e se considerou para a elaboração das mesmas as instruções fornecidas por Gil (2014) e as informações contidas na literatura afim, especialmente nos trabalhos de Scoles (2013), Scoles (2010), Ferreira (2012) e PSF (2016). Foi evitado questões abertas ou que causassem constrangimento aos entrevistados e deixassem implícitas as respostas.

O formulário (Apêndice C) foi dividido em cinco seções, sendo a primeira composta pelo Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, assinado por todos os extrativistas que após a sua leitura concordaram em participar da pesquisa, a segunda por questões direcionadas a identificação pessoal e dos aspectos familiares e econômicos dos entrevistados, a terceira por questões sobre a forma de acesso dos extrativistas às áreas de castanhais e do processo de coleta, a quarta com questões sobre os aspectos de produção e venda, e a quinta com questões sobre as práticas de manejo da área e beneficiamento das sementes.

Conforme recomendações de Gil (2014) foi realizado o pré-teste do formulário com dois extrativistas da região que posteriormente foram excluídos da amostra. Nesse momento foi possível identificar as falhas na redação das perguntas, o grau de complexidade das questões para os entrevistados, se aferiu os termos locais e a ocorrência de questões desnecessárias. O formulário final foi aplicado apenas por um entrevistador.

4.2.3 Processos de tabulação e análise estatística dos dados

Os dados elencados nos formulários foram tabulados em planilhas eletrônicas, seguindo um formato de matriz binária. A apresentação dos dados foi realizada em forma de gráficos, quando as perguntas possuíam várias categorias e em tabelas ou no texto, quando a

quantidade de respostas apresentou pouca ou nenhuma variação. Os dados foram apresentados em valores absolutos ou em percentuais.

Foi utilizado o teste estatístico Kruskal-Wallis para determinar a variação significativa ($p < 0,05$) do total produzido nas safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016. Este teste é uma ANOVA (Análise de Variância) não-paramétrica, que compara as médias de uma série de grupos univariados (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001). *A posteriori* foi feita a comparação par a par de Mann-Whitney com correção de Bonferroni (5%).

Para a análise de todos os dados simultaneamente se utilizou técnicas da estatística multivariada. Para uma averiguação preliminar foi realizada a Análise de Cluster, adotando o algoritmo de Ward's method e a distância Euclidiana. Essa técnica é considerada exploratória e evidencia similaridades ou diferenças entre amostras de um conjunto de dados (GABRIEL, 2014). Também foi feita a Análise de Correspondência Canônica (CCA), onde os fatores Naturalidade, Idade, Nível de escolaridade, Número de filhos, Comunidade, Quantidade de anos na região, Número de pessoas que coletam, Recebe auxílio do governo e Total de auxílio que recebe do governo, foram considerados variáveis respostas e os fatores relacionados à produção e às práticas de manejo e beneficiamento foram considerados variáveis dependentes. Os valores médios da produção por safra e a Análise de Cluster foram feitas com o auxílio do programa estatístico Past, versão 3.14 (HAMMER; HAPER; RYAN, 2001), já a CCA foi realizada no programa Canoco, versão 4.5 (Ter BRAAK; SMILAUER, 2002).

4.3 Resultados e discussão

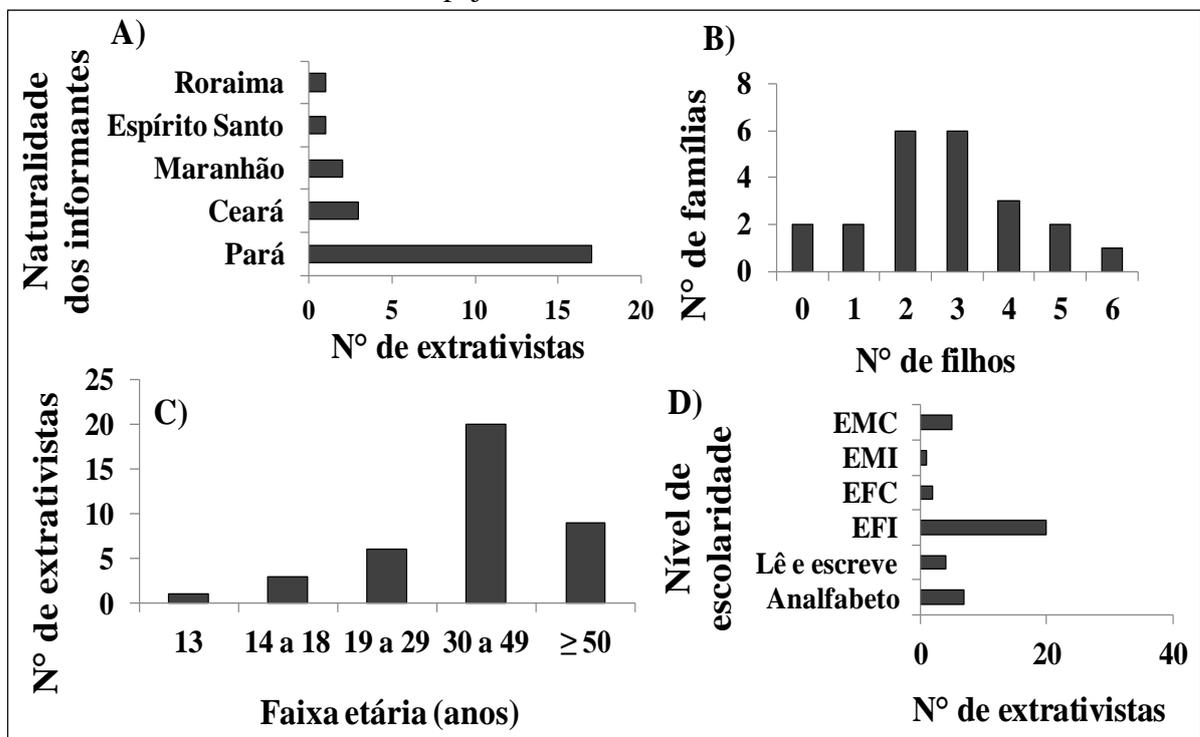
4.3.1 Aspectos socioeconômicos

A maioria dos entrevistados (58%) nasceu no estado do Pará (Figura 4.2A) e reside na região há mais de 30 anos. A maioria (52%) dos genitores dos informantes são provenientes do estado do Ceará e vieram para a região norte com intuito de possuir terras e explorar os recursos da floresta. Doze famílias possuem de dois a três filhos e seis famílias possuem quatro ou mais filhos (Figura 4.2B).

Conforme Margarit (2013), o processo de ocupação no estado do Pará, principalmente nas terras ao longo da BR Transamazônica foi gerenciado pelo INCRA e a maioria dos imigrantes eram nordestinos. Para Tobias (2002), a entrada de população no estado do Pará na década de 70 teve como principal origem a região nordeste, sendo os estados do Maranhão, Ceará e Bahia os mais representativos.

Ao todo foram contabilizados 39 extrativistas, distribuídos entre as 24 famílias entrevistadas, sendo 30 do sexo masculino e nove do sexo feminino. A maioria (51%) se encontra na faixa etária de 30 a 49 anos e apenas um extrativista possui 13 anos (Figura 4.2C). O nível de escolaridade é baixo, a maioria (51%) dos extrativistas não chegaram a concluir o ensino fundamental, 18% são analfabetos e 13% (todos com idade inferior a 23 anos) concluíram o ensino médio (Figura 4.2D).

Figura 4.2 - Aspectos sociais, A) Naturalidade, B) Número de filhos por família; C) Faixa etária; e D) Nível de escolaridade dos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: N°- número.

O quadro de instrução identificado nesse estudo é semelhante aos registrados em outros trabalhos com comunidades rurais da Amazônia. Silva et al. (2016) também registraram em sua pesquisa com 30 extrativistas de castanha-do-brasil da Reserva de Desenvolvimento Sustentável Piagaçu-Purus, localizada em Manaus-Amazonas, que a maior parte destes (70%) têm entre a 1ª e 5ª série, 20% entre as 6ª e 8ª e 9,5% cursaram o ensino médio e somente 0,5% possui nível superior. No estudo de Almeida (2014) com extrativistas de castanha-do-brasil da Vila Maracá, município de Mazagão-Amapá, o grau de instrução dos extrativistas é ainda mais crítico quando comparado com os resultados obtidos neste estudo. O

autor identificou que 49% dos extrativistas entrevistados não são alfabetizados e 48% frequentou o ensino fundamental, mas não chegaram a concluir.

A baixa escolaridade identificada nesse estudo pode estar relacionada com a rotina de trabalho dessas famílias, que geralmente demanda muito tempo de esforço físico e os indivíduos já chegam em casa cansados, isso no caso dos homens, pois a baixa escolaridade das mulheres pode estar relacionada com aspectos culturais, identificados durante as entrevistas, onde o homem é o provedor e a mulher fica em casa cuidando dos filhos e não tem tempo e/ou não precisa se qualificar. Algumas extrativistas informaram que a sua criação foi muito rígida e seus pais não permitiam que frequentassem a escola. De acordo com Machado Filho et al. (2016), a baixa taxa de alfabetização entre os agricultores familiares põe em risco o potencial real da produção agrícola. O maior nível de escolaridade dos extrativistas mais jovens pode estar relacionado ao fato de que nos últimos anos o acesso a escola foi incentivado por políticas públicas de distribuição de renda (FREIRE et al., 2013).

Todas as famílias informaram que a atividade de coleta da castanha-do-brasil gera recurso financeiro, mas não é a principal fonte de renda. As atividades que mais contribuem para a renda das famílias é a produção de farinha, seguida do cultivo de milho, exceto para as famílias F23 (da comunidade Boa esperança) e F24 (da comunidade Branco), que têm como principal fonte de renda a produção de polpa de frutas e o turismo, respectivamente. Vários entrevistados informaram que no passado, quando existiam mais castanheiras-do-brasil na região, a coleta do seu fruto era a principal atividade monetária.

O estudo de Silva et al. (2013) com 40 extrativistas de castanha-do-brasil dos municípios paraenses Óbidos, Oriximiná e Almerim, registra que a maioria dos entrevistados também trabalhavam na agricultura familiar e os classificam como produtores pluriativos, pois diversificam as atividades de geração de renda para prover as necessidades socioeconômicas. Esses autores também identificaram que 35% dos entrevistados tem a extração da castanha-do-brasil como a principal fonte de renda, fato não registrado na presente pesquisa.

Conforme Niederle e Schneider (2007, p. 3), a pluriatividade surgiu como uma estratégia construída de forma consciente pelos agricultores “de acordo com as condições inerentes à unidade familiar e, ao mesmo tempo, em resposta às conseqüências estruturais e conjunturais da reestruturação produtiva da agricultura”. A pluriatividade no meio rural é um fenômeno que pressupõem a combinação de pelo menos duas atividades, sendo uma delas a agricultura, que são exercidas por membros de um mesmo grupo familiar ligados por laços de parentesco e consanguinidade (SCHNEIDER, 2009). O surgimento da pluriatividade no modo

de vida dos extrativistas de castanha da região estudada pode está sendo estimulado pelo fator “mudanças nos mercados de trabalho”, citado por Schneider (2009), relacionado à dinâmica do mercado não-agrícola de algumas regiões. Para Illukpitiya e Yanagida (2010), a extração desse PFNM tem sido considerada suplementar pelos seus atores, principalmente devido a forte sazonalidade da produção, período de safra reduzido (máximo de quatro meses) e dependência do preço pago pelos atravessadores.

Cortez (2011) estudando a população de extrativistas de castanha-do-brasil na comunidade Democracia, em Manicoré-Amazonas, relatou que os mesmos também trabalham com a coleta de tucumã, açaí, farinha, pescado, banana, laranja e óleo de copaíba. O trabalho de Tonini e Borges (2010), desenvolvido com extrativistas do estado de Rondônia registrou que a coleta dessa semente é mais uma dentre as diversas atividades das famílias rurais. Conforme Barbosa e Moret (2016), o fato da atividade dessa semente ser um trabalho que requer força muscular, apresentar baixa produção e preços de comercialização não atrativos, pode não motivar as famílias para a extração do produto.

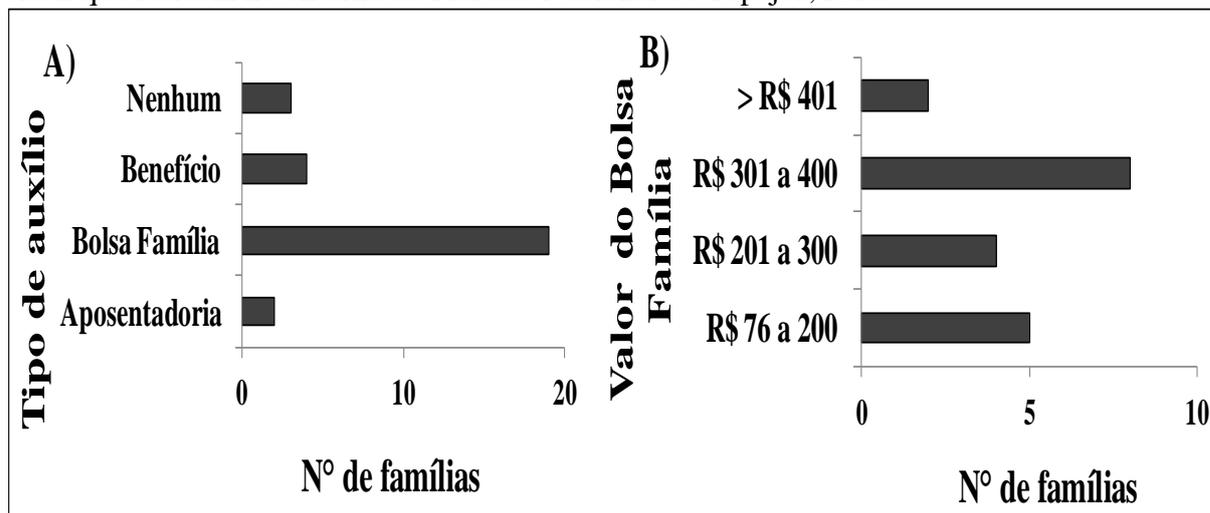
É importante destacar que a comercialização da castanha-do-brasil completa de forma considerável a renda de muitas famílias. Silva et al. (2013) registraram que a atividade de coleta dessa semente contribuiu com 15,0% a 18% para a renda mensal das famílias abordadas em seu estudo e Barbosa e Moret (2016) informaram que 14 famílias residentes na Reserva Extrativista Chico Mendes conseguem se manter por 120 dias somente com a renda obtida com a venda da castanha-do-brasil. O trabalho de Simões (2003), desenvolvido na região de Manicoré-Amazonas registrou que a coleta de castanha-do-brasil chegou a representar um ganho três vezes superior ao valor adquirido com a comercialização de outros produtos agrícolas como a banana e a farinha.

Quase todas as famílias entrevistadas (88%) informaram que recebem algum tipo de auxílio do governo (Figura 4.3A). Dezenove famílias são contempladas pelo Programa Bolsa Família e seis possuem algum membro da família que recebe benefício ou é aposentado. Os valores recebidos do Bolsa Família variaram de R\$ 76,00 a R\$ 682,00 reais (Figura 4.3B). Seis famílias recebem o auxílio há mais de quatro anos (máximo de oito anos), sete entre um a três anos e seis a menos de um ano. Os valores da aposentadoria e do benefício são um salário mínimo.

O Programa Bolsa Família foi criado pelo Decreto nº 5.209 de 2004 sendo resultado da unificação de programas sociais pré-existentes. Esse programa do governo federal está relacionado com a transferência mensal de renda para famílias em situação de extrema pobreza (renda per capita de R\$70,00) e situação de pobreza (renda per capita de R\$140,00),

das quais é exigido o cumprimento de condicionalidades, sendo uma dessas que as crianças apresentem uma frequência mensal mínima de 85% nas escolas (Freire et al., 2013).

Figura 4.3 - Aspectos econômicos, A) Tipo de auxílio do governo e B) Valores (em reais) que mensais recebidos do Programa Bolsa Família informados pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda: N°- número.

O Bolsa Família pode ter contribuído para a elevação do nível de escolaridade dos extrativistas com idade inferior a 23 anos, pois considerando essa faixa etária, dos nove extrativistas apenas dois, justamente os que não são contemplados pelo programa, apresentaram baixo grau de escolaridade (um, com 20 anos nunca frequentou escola, mas sabe ler e escrever e o outro, com 18 anos, não chegou a concluir o ensino fundamental).

No estudo de Cortez (2011), a maioria das famílias entrevistadas (67%) também é contemplada pelo programa Bolsa Família. Além desse benefício o autor registrou outros três tipos principais de programas de transferência de renda: Aposentadoria, Seguro desemprego do pescador (Seguro Defeso) e Bolsa Floresta. Comparando a composição da renda bruta total familiar entre duas comunidades (Democracia e Mocambo), o autor concluiu que o piso de salário (proveniente de benefícios sociais) mais baixo impulsiona o produtor de Mocambo (comunidade com maior produção em relação a Democracia) a realizar maior esforço e concentração de energia para continuar a manutenção da família e das tarefas habituais.

A maior parte das famílias (63%) se locomove para a cidade de Santarém-Pará apenas por meio de ônibus e as demais também utilizam moto ou carro particular. A cidade de Santarém é considerada, principalmente a partir da década de 60, pólo para dezesseis municípios tanto do estado do Pará como do Amazonas, pois muitos fluxos de embarcações

aquáticas e terrestres passaram a convergir para essa aglomeração urbana (PEREIRA, 2004). Conforme Gonçalves et al. (2012), a maioria dos produtos vendidos em estabelecimentos comerciais e feiras livres dessa cidade provêm da zona rural e de municípios vizinhos como Aveiro, Belterra, Monte Alegre e Oriximiná.

A população da região se locomove para a cidade de Santarém tanto para escoar suas mercadorias, quanto para acessar os seus diferentes serviços, já que possui várias agências financeiras (Banco do Brasil, Banco Santander, Caixa Econômica Federal, Banco Itaú, Banco Bradesco), um aeroporto, dois hospitais públicos, hospitais particulares e também universidades públicas e particulares.

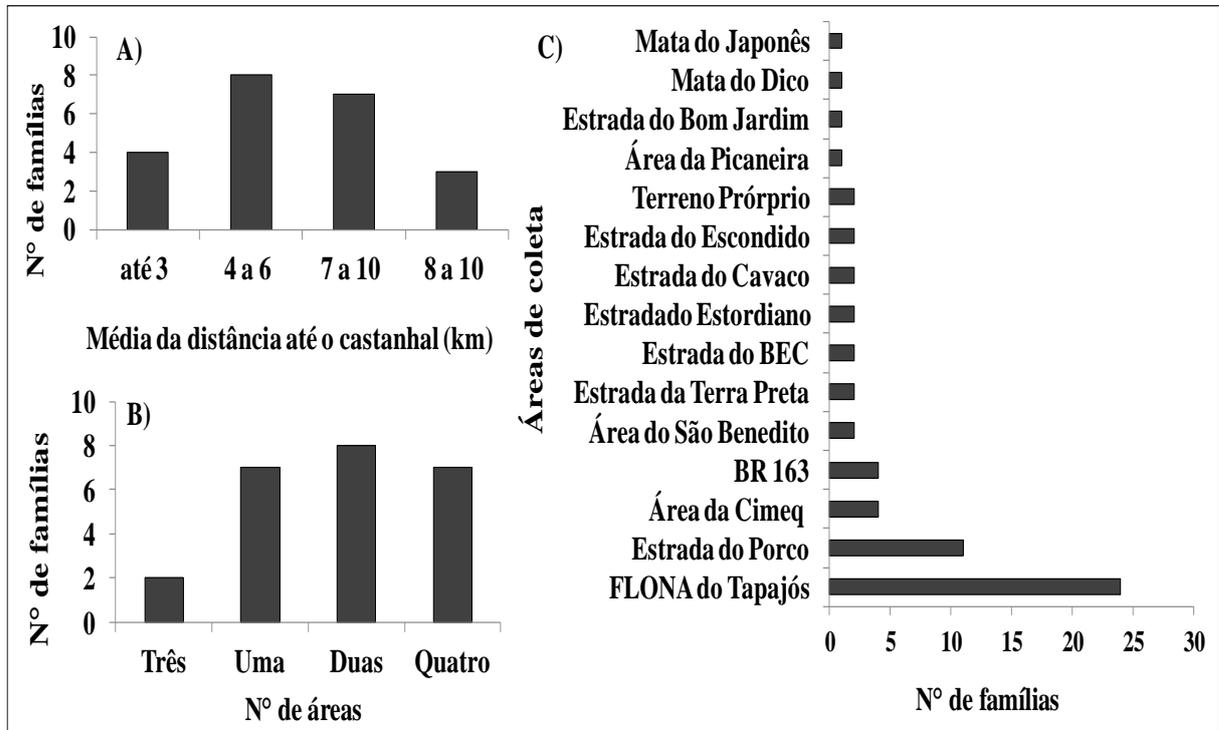
4.3.2 Aspectos de produção e venda

Os castanheiros entrevistados frequentam a floresta para coletar a castanha-do-brasil a partir do mês de novembro e se direcionam para essa atividade até o mês de abril. O fluxo de famílias nesses meses é diversificado: cinco famílias iniciam a coleta no mês de dezembro, nove famílias realizam a coleta somente nos meses de janeiro, fevereiro e março e sete famílias coletam até o mês de abril. A maioria dos entrevistados (63%) informou que o mês mais produtivo é fevereiro, seguido de janeiro e março (17%). De acordo com Silva et al. (2016), a coleta da castanha-do-brasil na região amazônica ocorre a partir do mês de novembro e vai até abril, período que ocorre a queda dos ouriços, com pico de coleta nos meses de janeiro e fevereiro.

A forma de acesso das famílias até as áreas de coleta é realizada principalmente de moto (15 famílias) e a pé (oito famílias), apenas um extrativista informou utilizar a bicicleta como meio de transporte até o castanhal. A maioria dos entrevistados (63%) informou que percorrem de 4 a 10 km para acessar as áreas onde estão as castanheiras (Figura 4.4A).

Silva et al. (2013), estudando o processo de coleta de três municípios na região oeste do Pará informaram que os extrativistas percorrem entre 1,5 e 13 km até chegar nas áreas de coleta. Conforme Scoles (2010), os extrativistas coletam em castanhais próximos ou afastados de suas residências, dependendo da forma de deslocamento até a área. Aqueles que não possuem nenhum meio de transporte são os mesmos que percorrem as menores distâncias. Nenhum extrativista já precisou dormir na floresta durante o período de extração.

Figura 4.4 - Informações sobre as áreas: A) Média de quilômetros percorridos até o local de coleta; B) Quantidade de áreas com castanheiras-do-brasil frequentadas pelas famílias; e C) Áreas mais citadas pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.



Legenda- N°: número.

Dezessete famílias informaram coletar em duas ou mais áreas (Figura 4.4B) e o tipo de afetação dessas são principalmente públicas (74%) e particulares (21%). Depois da FLONA do Tapajós, a área da Estrada do Porco, localizada na Comunidade São Jorge, foi a mais citada pelos entrevistados (Figura 4.4C). No trabalho de Silva et al. (2016), assim como neste estudo, a maioria dos extrativistas trabalha nos castanhais onde a coleta é livre e concorrencial; coleta quem chegar primeiro. Esses autores também informaram que 22% dos entrevistados coletam em áreas consideradas privadas, devendo a entrada do coletor ser autorizada pelo proprietário.

No presente estudo nenhum extrativistas informou ter sido impedido de acessar uma castanheira em área particular e nem ter que pagar, com parte da produção ou em dinheiro, algum tipo de aluguel aos proprietários das fazendas. Esses acordos não são raros em castanhais da Amazônia, Cortez (2011), por exemplo, relata que a cada três latas de castanha-do-brasil coletadas, uma fica como pagamento do arrendamento da área utilizada pelo extrativista.

Todos os entrevistados informaram que coletam na área da FLONA do Tapajós, mas somente uma família possui licença para extrair esse PFM dentro dessa unidade de

conservação. Tal autorização é emitida pelo ICMBIO (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade), órgão ambiental do governo federal responsável pela gestão e fiscalização das ações realizadas em unidades de conservação. Alguns extrativistas informaram que até buscaram adquirir a licença, mas o processo burocrático desmotivaram-nos.

O excesso de burocracia para a legalização do processo de extração de PFNM também é citado no trabalho de Bentes-Gama (2005) como uma dificuldade enfrentada pelas comunidades tradicionais. Essas populações estão historicamente ligadas a processos informais (WEBER, 1999) e a maioria possui diminuto grau de escolaridade, fato que potencializa a dificuldade de se enquadrarem nas normas inerentes aos territórios protegidos pelo estado.

Conforme Silva e Simonian (2015), as populações tradicionais da atualidade têm como um dos principais problemas o desafio de decifrar e aprender como se movimentar segundo a lógica da racionalidade estatal, intrinsecamente relacionada aos processos burocráticos. Os autores também ressaltam que essas populações “não possuem a cultura da ação formal exigida pelo campo burocrático-administrativo estatal, constituindo-se em um hábito a ser construído” e essa ausência de habilidade é um gargalo para essas populações quanto à resolução de suas demandas via unidades de conservação.

Os aspectos legais pertinentes à gestão de unidades de conservação se configuram como uma estratégia do governo de ordenar o território para promover a conservação e preservação de espaços naturais Sales (2010), porém (GURGEL et al., 2011) ressaltaram que a busca por um desenvolvimento em bases sustentáveis para a sociedade deve ser pautado sobre a consolidação de políticas públicas compatíveis com as realidades ambientais locais e destacam a necessidade de visão estratégica para que essas áreas, além de conservar a natureza, possam viabilizar a geração de renda e propiciar melhorias na qualidade de vida das populações locais.

Sobre esse aspecto também é necessário salientar a importância da assistência técnica e extensão rural, enquanto política pública, para orientar e oportunizar o acesso aos conhecimentos técnicos, normativos e organizacionais, e trazer alternativas para essas comunidades no sentido de lidar com os aspectos burocráticos. Peixoto (2008) evidencia que a existência de uma assistência técnica tem importância fundamental para a interação com conteúdos diversos que são essenciais ao desenvolvimento rural.

Os extrativistas entrevistados coletam o ouriço do chão com as mãos e para realizar a extração das sementes é utilizado um facão, também usado para limpar as trilhas e auxiliar no

deslocamento dentro da floresta. No estudo de Silva et al. (2013) a coleta dos ouriços é realizada com mão de onça, uma espécie de pegador de ouriço feito artesanalmente com pedaços de madeira e a quebra dos mesmos, assim como, no presente estudo esta atividade é realizada no interior da floresta com o auxílio do facão.

As castanhas são acondicionadas em sacos de plástico com capacidade para 60 kg e transportadas nas costas, do interior da floresta até o local onde está o meio de transporte (moto ou bicicleta), ou até a residência da família. Silva et al. (2013) informaram que a maioria dos extrativistas de Óbidos, Oriximiná e Almerim transporta a castanha-do-brasil do local onde foram quebrados os ouriços até a primeira via de acesso de forma manual, ou seja, nas costas. Diferente do presente estudo, esses autores também registraram o uso de animal de carga nesta etapa.

A maioria dos entrevistados (54%) declarou realizar outras atividades na floresta enquanto estão coletando, eles caçam e extraem outros produtos não madeireiros (ex.: óleo de andiroba e cumaru). No estudo de Silva et al. (2016) 23% dos entrevistados realizaram a caça regularmente no momento que coletam a castanha-do-brasil.

A preocupação dos extrativistas com a segurança durante a atividade de coleta é baixa. Apenas um entrevistado utiliza bota, luvas e capacete e 11 se protegem no interior da floresta apenas com bota e boné (Tabela 4.2). Apesar da pouca atenção com o uso de equipamentos de proteção individuais, foram registrados apenas três casos de picada de cobra, dois de picada de escorpião, um para picada de aranha e um caso de queda de ouriço em extrativista. Dezoito famílias informaram que nunca ocorreu acidente durante as atividades de coleta, quebra e transporte dos ouriços. A baixa ocorrência de acidentes pode ser relacionada com o fato dos extrativistas exercerem essa atividade há bastante tempo, a maioria (54%) coleta castanha-do-brasil na região há mais de 10 anos e apenas 17% começou a coletar nos últimos cinco anos.

Tabela 4.2 - Equipamentos de proteção individual (EPIs) utilizados pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Número de famílias	Equipamentos de proteção individual
11	Somente boné e bota
7	Somente bota
2	Somente boné, bota e caneleiras
1	Somente boné, bota e luvas
1	Somente capacete, bota e luvas
1	Somente boné, bota, caneleiras e luvas
1	Somente bota e caneleiras

Conforme Pinto et al. (2010) e Costa et al. (2015a), o uso de equipamentos de proteção adequados para cada atividade no interior da floresta diminui o risco de ocorrer acidentes graves e no caso da atividade de coleta e quebra dos ouriços recomenda-se principalmente o uso de capacete, botas e luvas. De acordo com Machado (2008) a queda de um ouriço sobre a cabeça do coletor pode ser fatal.

Também é importante destacar o papel da assistência técnica no sentido de orientar quanto ao uso e aquisição dos equipamentos de proteção individual para os extrativistas de castanha da região. Para Machado et al. (2016), as políticas públicas de assistência técnica e extensão rural devem ser uma das prioridades da agricultura brasileira, pois é uma ferramenta ímpar com capacidade real de garantir benefícios para a população rural.

A produção de castanha-do-brasil por família variou de 180 a 2000 kg, na safra de 2013/2014, de 60 a 1200 kg, na de 2014/2015 e de 10 a 1000 kg na de 2015/2016. A média de produção por família foi de 167,8, 100,7 e 106,1 kg para as safras de 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, respectivamente (Tabela 4.3). Houve uma baixa significativa ($H=9,57$; $p<0,01$) entre a produção da safra 2015/2016 em relação às anteriores (Tabela 4.3).

Tabela 4.3 - Dados de produção e comercialização de castanha-do-brasil, para as safras 2013/2014, 2014/2015 e 2015/2016, informados pelos extrativistas que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

	SAFRAS 2013/2014	2014/2015	2015/2016
ASPECTOS DA PRODUÇÃO			
Média por família (kg)	167,8	100,7	106,1
Mínimo (kg)	180	120	10
Máximo (kg)	2.000	1.200	1.000
Produção total (kg)	8.360 ^a	8.530 ^a	3.635 ^b
Número de famílias informantes	12*	20**	19***
PREÇO DE VENDA			
Média por kg	R\$ 2,09	R\$ 1,82	R\$ 2,36
Mínimo por kg	R\$ 0,50	R\$ 1,00	R\$ 1,50
Máximo por kg	R\$ 5,50	R\$ 3,00	R\$ 4,00
Total arrecadado	R\$ 13.860	R\$ 14.610	R\$ 8.760

*Nesta safra oito extrativistas não lembraram a quantidade coletada e dois informaram que não coletaram.

**Nesta safra dois extrativistas não lembraram a quantidade coletada e dois informaram que não coletaram.

***Nesta safra cinco extrativistas informaram que não coletaram nesse período. ^a e ^b Letras diferentes representam resultados significativos entre os anos pela comparação par a par de Mann-Whitney com correção de Bonferroni ($p<0,05$).

A produtividade das castanheiras é bastante variável, sendo diretamente afetada pelos fatores genéticos da espécie e da área, como os climáticos e pedológicos (BARBEIRO, 2012). Tonini e Pedroso (2014) estudaram as variações anuais na produção de frutos e sementes em

diferentes castanhais nativos em Roraima e concluíram que a produção de frutos e sementes varia entre os anos e entre indivíduos de uma mesma população e que no ano de maior produção, um castanhal chega a produzir 52 vezes mais do que em anos de baixa.

Tonini e Pedroso (2014) consideraram que os fatores de produção globais, como as variações climáticas, podem ter maior efeito sobre o padrão de produção das castanheiras do que fatores locais, como solo, relevo, densidade, estrutura das populações, composição florística e abundância de polinizadores. Na discussão desse trabalho os autores sugerem que a diminuição das chuvas que ocorre na época de transição (agosto e setembro) entre as estações chuvosa e seca na Amazônia, coincide com os meses que antecede a emissão dos botões florais e que anos com precipitação elevada pode acarretar em maior estímulo da produção de botões florais. Koenig e Knops (2000) também ressaltaram que o clima é um dos principais contribuintes para a variação anual da produção de castanha-do-brasil.

Quanto à percepção dos extrativistas entrevistados sobre a influência da precipitação na produtividade das árvores de castanha-do-brasil, 16 famílias informaram que há uma diminuição da produção não só das castanheiras, mas também de muitas árvores frutíferas nos anos em que o volume de chuvas é menor; os demais informaram que não sabem responder, pois não fazem essa observação. No segundo capítulo desta tese se apresenta um estudo sobre a produção de serapilheira em uma área com adensamento natural de castanheiras-do-brasil na FLONA do Tapajós e que é frequentada por parte dos extrativistas entrevistados neste estudo. Registrou-se que a produção de flores e frutos foi bem menor, quando comparado com outros trabalhos realizados na região e no mesmo tipo de ecossistema, sendo relacionada essa variação ao estresse hídrico ocasionado por um evento de El Niño de intensidade muito forte ocorrido no ano de estudo (2015) (GOLDEM, 2016) que ocasionou uma seca atípica na região. O evento de seca intensa que ocorreu em 2005 na Amazônia afetou seriamente a agricultura, a pecuária e a navegabilidade das vias aquáticas, e aumentou os riscos de incêndio na região (PRIMAVESI; ARZABE; PEDREIRA, 2007).

Para Primavesi, Arzabe e Pedreira (2007), as alterações no período de floração das plantas ocasionadas pela elevação da temperatura, veranicos ou chuvas irregulares, fenômenos comuns em algumas partes da Amazônia em anos de El Niño (LEWIS et al., 2011; Marengo et al. (2007), podem interferir no processo de polinização uma vez que os insetos não acompanham as mudanças fenológicas e isso pode gerar diversas consequências como, por exemplo, a redução na produção de frutos e sementes. Machado et al. (2016) ratificaram que a temperatura e a precipitação são os principais fatores climáticos que influenciam no desenvolvimento das plantas, pois afetam todas as reações bioquímicas da fotossíntese.

Ao avaliar os possíveis cenários da mudança do clima e seus impactos para a agricultura familiar no bioma Amazônia, com base no quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) e em projeções regionais realizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), Machado et al. (2016) perceberam que os pequenos agricultores terão de se adaptar a um mundo de crescente variabilidade climática e que as consequências esperadas são secas mais frequentes e excesso de chuvas, na mesma região, em anos diferentes. Os autores ressaltaram a necessidade de criação de políticas de adaptação para os pequenos agricultores que considerem os riscos de um aumento da variabilidade climática, uma vez que os eventos extremos devem crescer tanto em quantidade como em intensidade.

Além da influência do clima, a maioria dos entrevistados (92%) informou que as queimadas que ocorrem frequentemente na região contribuem para a variação da produção dos castanhais de forma negativa, pois conforme relatos dos mesmos o fogo queima o tronco e a copa das árvores e os ouriços caem antes de completar o seu processo de maturação, sendo comum no período de agosto a dezembro encontrar ouriços pequenos “sapecados” pelo fogo. O fogo também foi apontado como o fator que mais mata as castanheiras da região.

Costa et al. (2015) concluíram que a vulnerabilidade da floresta ao fogo na região de Santarém é significativa e sua maior ocorrência está relacionada com as florestas degradadas que apresentaram características inflamáveis e bordas mais susceptíveis às queimadas. Os autores ainda ressaltaram que a ocorrência de eventos de secas severas e eventos de El Niño expõem as florestas a situações de maior risco e que uma vez queimada, a mesma fica mais susceptível a novos incêndios.

A variação de produção das castanheiras também proporciona uma oscilação no preço de comercialização de sua semente. Um quilograma da castanha com casca foi vendido, em média, por R\$ 2,09 na safra de 2013/2014, por R\$ 1,82 na de 2014/2015 e por R\$2,36 na de 2015/2016. A contribuição monetária dessa atividade para a renda familiar no ano de 2016 (R\$ 8.760) foi aproximadamente 40 % menor em relação ao ano anterior (Tabela 4.3). Silva et al. (2013) registraram que o preço médio de venda da castanha-do-brasil variou de R\$ 0,71/kg a R\$ 0,86/kg em três municípios do estado do Pará na safra de 2011/2012.

Conforme Begiato e Meneghini (2015), o preço da castanha-do-brasil é altamente controlado pelo mercado e é bem mais baixo no início da safra. Nos anos em que a produção se apresenta em grande quantidade o preço tende a baixar e quando há escassez na produção, o preço aumenta para o extrativista (BARBOSA; MONET, 2016). O estudo de Angelo et al. (2013), que teve como objetivo analisar a variação do preço da castanha-do-brasil no período

de 1988 a 2008, indica que as variáveis: produção de castanha, renda, taxa de câmbio, malha viária e a taxa de desmatamento são as mais explicativas.

O preço da castanha-do-brasil comercializada pelas comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge poderia ser mais estável e atrativo para os extrativistas se a venda fosse subsidiada por cooperativas. Silva et al. (2016) registraram que a cooperativa de Lábrea, localizada no município de Manaus, na safra de 2015/2016 adquiriu castanhas-do-brasil dos associados, ribeirinhos e indígenas a R\$ 180,00/hl (um hectolitro equivale a 50 kg. de castanha com casca) e fez com que os atravessadores elevassem o preço para R\$ 170,00, valor 60% superior ao preço pago pelos atravessadores anteriormente. Cortez (2011) informa que em 2003, o governo do estado do Amazonas colocou em ação o Programa Zona Franca Verde (ZFV) que estabeleceu um novo marco de valorização dos produtos da floresta e de fortalecimento das organizações de base comunitária, inclusive da comercialização da castanha-do-brasil. O autor ressalta que de 2003 a 2009 a produção foi de 538 para 8.871 toneladas e que o valor total da produção industrializada saltou de R\$ 33.600,00 mil reais para R\$ 11.423.100,00 milhões de reais.

Silva (2010) destaca a influência negativa do atravessador sobre o preço da castanha-do-brasil, ressaltando que a presença desse ator na cadeia produtiva contribui para a redução da renda do extrativista, além de perpetuar relações sociais de dependência e de exploração. No presente estudo se identificou que a maioria das famílias (96%) vende sua produção para atravessadores que atuam no complexo do Mercado 2000 (principal mercado de pescado, frutas regionais, artesanatos, plantas medicinais e fármacos naturais de Santarém-Pará). Os próprios extrativistas informaram que devido à ausência de empresas ou associações que também comprem a produção de castanha-do-brasil, eles acabam vendendo a mesma por um valor determinado pelo atravessador.

É comum que os extrativistas vendam sua produção para atravessadores. Silva et al. (2013) registraram que quase a totalidade da produção é comercializada com os atravessadores, geralmente realizada em dinheiro ou com troca de produtos. Apesar da atuação desse ator na cadeia produtiva da castanha-do-brasil ser historicamente questionada, os autores ressaltam que em algumas comunidades, onde os extrativistas têm dificuldade para transportar a sua produção, a presença do atravessador é importante. Nesse contexto foi observada a ausência de políticas públicas efetivas que deem conta de todo o processo que envolve esta cadeia produtiva, destacando-se aqui a questão da infraestrutura nessas regiões para fomentar o escoamento e, por conseguinte, a comercialização direta.

Sobre as experiências de geração de renda com base em atividades de pequeno porte Abramovay (1999) constatou que a organização da comunidade (em cooperativas ou associações) permite a redução dos custos de transação nos negócios, a elevação da renda e o acesso a instituições que geralmente são negligenciadas pelos agricultores rurais como bancos, instituições de assistência técnica e comerciantes, o que os leva a um processo de emancipação da dependência clientelista com os atravessadores que aviltam o preço de sua produção. Lago e Silva (2011) retrataram as cooperativas do ambiente rural como “estruturas econômicas intermediárias” que devem agregar valor aos produtos de seus associados, pois individualmente teriam menos condições de negociar sua produção.

Apenas uma família coleta castanha-do-brasil somente para incrementar a alimentação familiar e quatro vendem toda a sua produção para atravessadores; as demais (79%) coletam para vender, mas também retiram uma parte para consumo. As famílias consomem a semente principalmente *in natura* (63%) e na forma de leite (43%). Considerando que a maior parte dos entrevistados coletam, comercializam e também consomem a castanha-do-brasil, cabe nesse momento um breve destaque sobre a importância (como incremento nutricional) desse item na dieta das famílias rurais da Amazônia.

A castanha-do-brasil apresenta percentuais de proteínas (15-20%) (KORNSTEINER; WAGNER; ELMA, 2006) próximos aos encontrados na carne bovina (26% a 31%) (KAINER et al., 2005). Também é rica em lipídios (60-70%) (GONÇALVES et al., 2002), contém aminoácidos essenciais para a dieta humana como a metionina, leucina, isoleucina, cisteína, lisina, triptofano, valina e a treonina (SOUZA; MENEZES, 2004) e minerais como o fósforo, cobre, potássio, zinco, magnésio, manganês e cálcio (GONÇALVES et al., 2002).

O selênio é um constituinte presente nessa semente em altas concentrações, sendo citado na literatura como um antioxidante relacionado a redução de alguns tipos de câncer e outras patologias como distrofia muscular e desordem no processo reprodutivo masculino (SEIFRID et al., 2007). Também é fonte de ácidos graxos (75% de insaturados e 25% de saturados) com destaque para o ômega-6 e ômega-9 (YANG, 2009) e seu óleo, extraído das sementes, que é indicado para tratamento de doenças do fígado, anemias, hepatite e desnutrição (SOUZA et al., 2008).

Com base nesses estudos pode-se afirmar que a castanha é um alimento nutricional de elevado valor energético e proteico que pode suprir parte das demandas nutricionais do ser humano, e sua relevância é potencializada se for considerado que a região de sua ocorrência natural (norte do Brasil) é considerada uma das mais afetadas pelos problemas de má nutrição ou desnutrição e pobreza (BENICIO et al., 2013; MONTEIRO, 2003).

O transporte da castanha-do-brasil até o comprador é feito pelas linhas de ônibus intermunicipais (Belterra-Santarém) e o custo relatado com esse transporte variou de R\$ 2,00 a R\$ 10,00 reais. Dezesesseis extrativistas (67%) informaram pagar R\$ 5,00 por volume, quatro (17%) informaram pagar R\$ 4,00 e os valores de R\$ 2,00 e R\$ 10,00 foram citados apenas uma vez por informantes diferentes. O uso do transporte público (ônibus) para escoar os produtos extraídos da floresta é comum principalmente se a população extrativista em questão residir em áreas muito longe do local de venda (CONCEIÇÃO et al., 2017). Essa oscilação de valores poderia ser amenizada com a existência de cooperativas e/ou associações que contemplassem a comercialização desse produto, pois de acordo com Gonçalves et al. (2012), a presença de organizações democráticas e representativas contribuem para otimizar a forma de transporte dos produtos dos agricultores rurais.

4.3.3 Aspectos de manejo e beneficiamento

A maior parte dos extrativistas entrevistados (71%) informou que não realiza nenhum manejo nas castanheiras ou na área do castanhal e três famílias (13%) informaram que cortam as lianas e os cipós associados às castanheiras (Tabela 4.4). Quanto às práticas de beneficiamento, 46% informaram que lavam e secam (ao ar livre e em local sombreado) as castanhas-do-brasil (Tabela 4.4).

Tabela 4.4 - Práticas de manejo e beneficiamento realizadas pelos extrativistas de castanha-do-brasil que residem no entorno da Floresta Nacional do Tapajós, Pará.

Práticas de manejo	Nº de famílias	Práticas de beneficiamento	Nº. de famílias
Nenhuma	17	Nenhum	5
Corte de lianas e cipós	2	Lavagem e secagem	11
Limpeza de trilhas	1	Limpeza	3
Capinas	1	Lavagem	2
Limpeza de trilhas, corte de lianas e cipós e capinas	1	Outros	3

Legenda: N° - número.

Simões (2003), estudando as práticas extrativistas tradicionais de manejo da castanha-do-brasil no estado do Amazonas concluiu que elas contribuem para a proliferação de fungos e consequente contaminação por aflatoxinas, e que as etapas de coleta e armazenamento são as mais críticas.

Diferente do relatado pelos extrativistas nesta pesquisa, o processo de secagem registrada por Cortez (2011) é realizado junto com o processo de armazenamento, geralmente em um cômodo da residência, ou seja, em local sombreado e não arejado, resultando em um processo demorado e incompleto.

Os manuais de boas práticas de PSF (2016), MAPA (2014) e MAPA (2012) informaram que a limpeza da área em volta das castanheiras-do-brasil está relacionada com a manutenção de trilhas e cortes de galhos e árvores caídas que impeçam o acesso até os ouriços. Também aconselham a retirada dos ouriços de safras anteriores para que estes não sejam misturados com os novos e aumente o risco de contaminação por aflotoxinas. Eles recomendaram a coleta diária dos ouriços, mas caso tenha que dormir na floresta, que seja sobre uma armação de madeira, construída em forma de mesa de secagem, com abertura virada para baixo permitindo a ventilação e a redução da umidade; o principal é não deixar o ouriço em contato com o solo.

O processo de triagem deve ocorrer em todas as etapas, ou seja, desde quando o extrativista vai quebrar o ouriço até o processo de armazenamento nos sacos, é preciso retirar as castanhas-do-brasil que visualmente apresentem sinais de mofo ou que estiverem cortadas, rachadas e manchadas de óleo; a lavagem das mesmas pode ocorrer em rios com água corrente, mas de preferência deve ser realizada em tanques com uso de águas limpas, já o processo de secagem necessita ser natural, em um ambiente limpo e arejado (PSF, 2016).

Quando questionados sobre o tempo em que os ouriços permanecem na floresta após coletados, 11 famílias informaram que deixam os mesmos na floresta durante uma a três semanas e 13 informaram que deixam no máximo um dia. Os extrativistas que deixam por mais de um dia, em geral, enterram os ouriços ou os cobrem com a serapilheira para que outros coletores não os roubem. Esse tempo de permanência do ouriço pode ser ainda maior que o relatado pelos extrativistas, pois conforme Kanzaki et al.⁴ (2009 apud Martins Júnior et al., 2011, p.25), os ouriços caem das castanheiras quando seu processo de maturação foi concluído com a influência da ação do vento e das chuvas e sua coleta não é imediata, ficando em contato com a serapilheira e o solo num período variável podendo chegar a meses. No trabalho de Silva et al. (2013) parte dos ouriços é armazenada na floresta por um tempo de até cinco meses.

Para Silva et al. (2016) a concorrência entre os extrativistas somada à baixa organicidade da comunidade produz uma disputa por maior produção que inviabiliza a adoção

⁴ KANZAKI, L. I. B. et al. Desenvolvimento sustentável em áreas de extrativismo da castanha-do-brasil no sul do Amapá: ecologia, socioeconomia, microbiologia e físico-química. Belém: Banco da Amazônia, 2009.

das boas práticas que devem ser adotadas nas etapas de coleta, quebra do ouriço, triagem, transporte e armazenamento. O estudo de Leite et al. (2014) com ouriços coletados com 0 a 5, 15 a 20 e 60 dias após a sua queda confirma que a coleta de castanha-do-brasil tardiamente na floresta indica maior crescimento de fungos aflatoxigênicos. As aflotoxinas produzidas são consideradas carcinogênicas e a exposição humana por meio do consumo de alimento contaminado é questão de saúde pública em todo o mundo (CALDAS; SILVA; OLIVEIRA, 2002).

Quanto ao uso de outras partes, três famílias informaram que usam somente a madeira, três usam somente o ouriço e duas utilizam a madeira e o ouriço. A madeira é utilizada para fazer reparos nas residências e os ouriços como material de combustível. Dezesesseis famílias informaram que não utilizam outras partes da árvore. A castanheira-do-brasil é uma espécie protegida por lei, sendo seu corte proibido desde 1994, quando o governo federal sancionou o Decreto nº 1.282. Este foi revogado em 2006 pelo Decreto nº 5.975, que manteve a proibição da sua exploração madeireira em florestas naturais, primitivas ou regeneradas. Os extrativistas relataram que a madeira utilizada é proveniente das árvores que são encontradas caídas na floresta ou na beira das estradas.

Quando questionados sobre quais os tipos de degradação das castanheiras visualizados na região, a maioria dos entrevistados (88%) responderam que o fogo é o fator que mais atingem essas árvores. Apenas dois entrevistados disseram já ter visto pessoas derrubando castanheiras para extrair madeira.

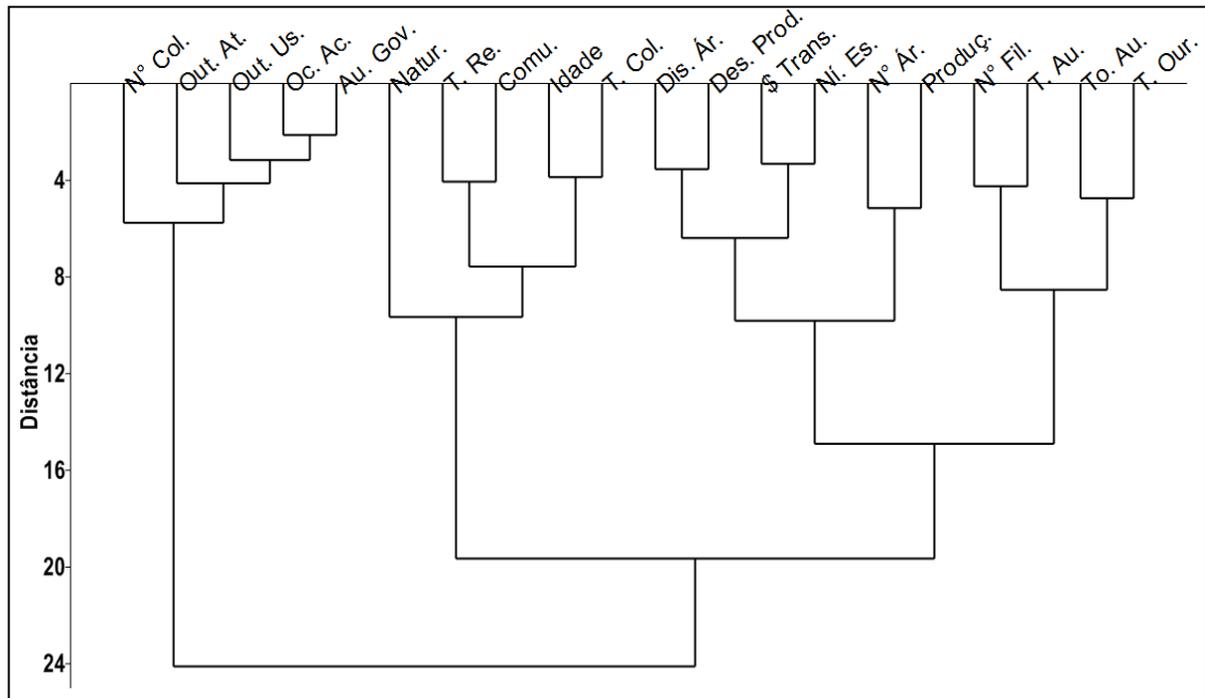
Recentemente o estudo de Scoles et al. (2016) apresentou um diagnóstico biológico sobre as condições vitais e produtivas de castanheiras localizadas nas margens de estradas no município de Oriximiná-Pará, com resultados alarmantes. Os autores identificaram um total de 441 castanheiras numa área de 218,7 ha; a maioria dessas árvores (333) foi encontrada morta e apenas 108 castanheiras sinalizavam estar viva. As árvores diagnosticadas como morta apresentavam sinais de queimadura na casca e/ou no tronco, indicando o fogo como principal causa da morte. Esse estudo também informou que algumas castanheiras tinham sido cortadas com motosserra após morrer, supostamente para aproveitamento da madeira e cerca de 6% das árvores mortas estavam tombadas e com as raízes arrancadas e expostas.

4.3.4 Análise multivariada dos dados

O arranjo por afinidade das variáveis sociais e de produção foi obtido por meio da Análise de Cluster que evidenciou quatro grupos distintos apresentados em dendrograma

(Figura 4.5). O primeiro grupo reuniu as variáveis Número de coletores, Outras atividades desenvolvidas durante a coleta, Usos de outras partes da árvore, Ocorrência de acidentes e Auxílio do governo. Quem não recebe auxílio do governo desenvolve com mais frequência outras atividades enquanto coleta a castanha, não informaram a ocorrência de acidentes e também não utilizam outras partes da castanheira (Figura 4.5).

Figura 4.5 - Dendrograma obtido na Análise de Cluster com os dados socioeconômicos dos extrativistas de castanha-do-brasil das comunidades Branco, Boa Esperança e São Jorge, Belterra-Pará.



Legenda: N° Col.: número de coletores por família, Out. At.: se o extrativista realiza outras atividades na floresta na etapa de coleta; Oc. Ac.: ocorrência de acidentes, Au. Gov.: se o extrativista recebe auxílio do governo, Natur.: naturalidade do entrevistado, T. Re.: tempo que o extrativista reside na região onde coleta, Comu.: comunidade do extrativista, T. Col.: tempo que o extrativista coleta, Dis. Ár.: média da distância percorrida até os castanhais, Des. Prod.: destino da produção, \$ Trans.: valor gasto com o transporte da castanha até o atravessador, Ní. Es.: nível de escolaridade do informante, N° Ár.: número de áreas que coleta, Produç.: média da produção dos anos 2014, 2015 e 2016, N° Fil.: número de filhos por família, T. Au.: tempo que recebe o auxílio do programa Bolsa Família, To. Au.: total do auxílio financeiro que recebe do Bolsa Família, T. Our.: tempo que o ouriço permanece amontoado na floresta.

O segundo grupo é formado pelas variáveis Naturalidade do informante, Tempo que reside na região onde coleta, Comunidade, Idade e Tempo de experiência que o extrativista tem na região onde coleta. Essas variáveis estão relacionadas com os aspectos históricos dos informantes já descritos anteriormente (Figura 4.5).

O terceiro grupo é composto pelas variáveis Média da distância percorrida pelo extrativista até a área de coleta, Destino da produção (venda, consumo, venda e consumo), Valor gasto com o transporte até o comprador, Nível de escolaridade, Número de áreas e

Total produzido. Quem tem menor nível de escolaridade destina mais a produção para a venda, coleta em mais áreas, percorre menos distância (as áreas são mais próximas das residências) e paga com mais frequência os menores valores para transportar a castanha (Figura 4.5).

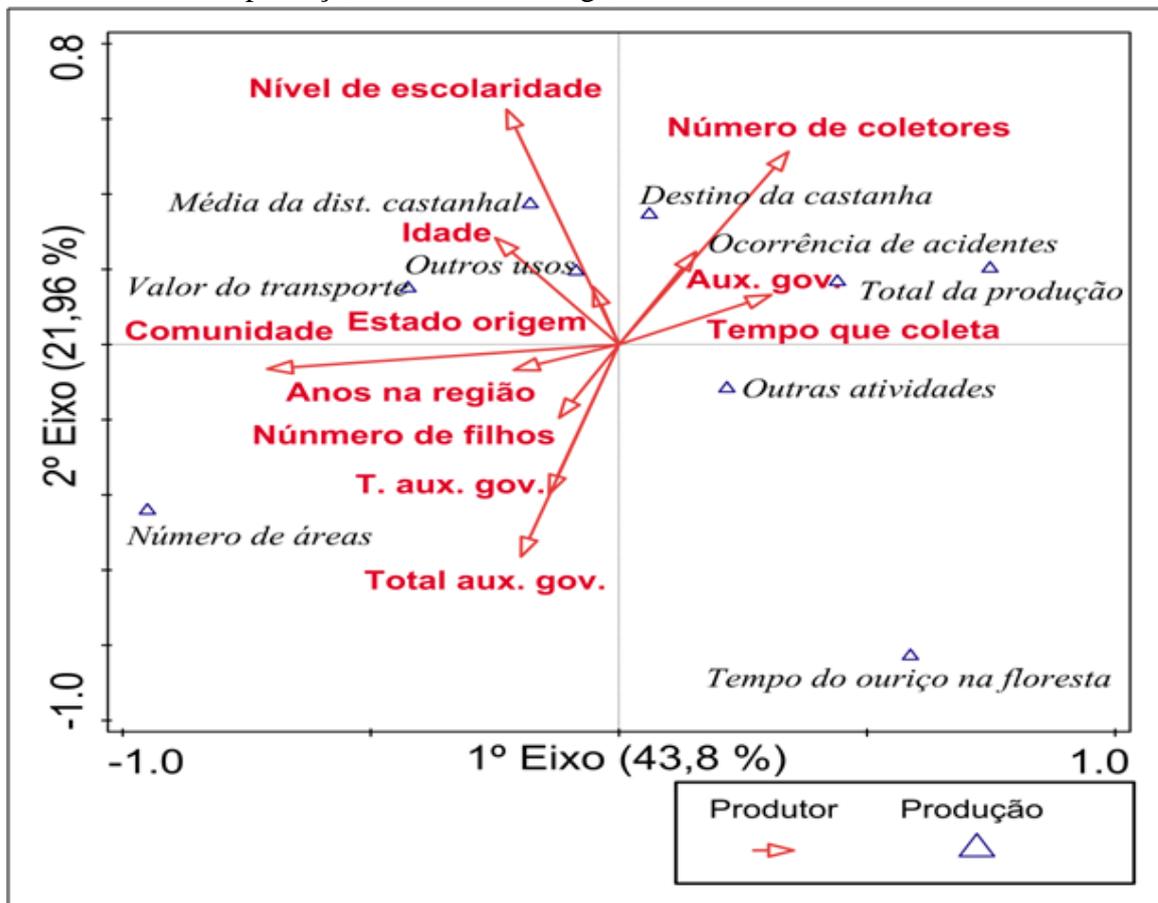
Por fim, o quarto grupo indica a similaridade entre as variáveis Número de filhos, Tempo que recebe o auxílio do programa Bolsa Família, Valor total recebido pelo programa Bolsa Família e Tempo que o ouriço permanece na floresta após a sua coleta. As três primeiras variáveis estão relacionadas entre si e já foram abordadas na discussão sobre o tipo de auxílio que as famílias extrativistas recebem do governo.

Para complementar e/ou ratificar as associações obtidas na Análise de Cluster foi realizada a Análise de Correspondência Canônica (CCA), que fez uma associação entre as variáveis respostas (dados intrínsecos dos produtores) e as variáveis dependentes (dados de produção e relacionados às práticas de coleta) (Figura 4.6).

A CCA explicou 65,76% da variabilidade total dos dados. Destes, 43,8% estão representados no eixo um (eixo x) e 21,96% no eixo dois (eixo y) (Figura 4.6). O *triplot* apresenta forte associação entre o Total produzido nas três safras com o Tempo que o extrativista coleta e se este Recebe auxílio do governo, representando a influência dessa política pública nas decisões das famílias estudadas. Tal associação não foi verificada na Análise de Cluster (Figura 4.5). A Média da distância percorrida até o castanhal também é fortemente associada à Idade dos extrativistas e ao Nível de escolaridade. Neste caso, os extrativistas com maior idade percorrem as menores distâncias para acessar as castanheiras e possuem menor grau de escolaridade, fato também identificado na Análise de Cluster (Figura 4.6).

As variáveis respostas Tempo que o ouriço permanece na floresta e se o extrativista exerce Outras atividades no mesmo momento que coleta a castanha-do-brasil foram inversamente associadas às variáveis explicativas Nível de escolaridade e Idade dos extrativistas (Figura 4.6). Os mais velhos e com nível de escolaridade menor deixam os ouriços na floresta durante maior tempo e exercem com mais frequência outras atividades (caça e extração de outros PFSM) enquanto coletam a castanha. O Número de áreas que os extrativistas visitam para coletar e o Tempo de experiência que o extrativista tem na região onde coleta também foram inversamente associados. Nesse caso, o extrativista com maior tempo de experiência em extrair castanha na região coleta em menos áreas.

Figura 4.6 - Diagrama de ordenação da Análise de Correspondência Canônica com as variáveis sociais e os aspectos de produção dos extrativistas de castanha-do-brasil das comunidades Boa Esperança, Branco e São Jorge, Belterra-Pará.



Legenda: Setas vermelhas representam as variáveis respostas e os triângulos azuis representam as variáveis consideradas dependentes.

4.4 Considerações finais

A situação socioeconômica dos extrativistas de castanha-do-brasil da região de Belterra-Pará é semelhante à registrada na literatura para outras comunidades tradicionais amazônicas, onde as famílias dependem dos recursos da floresta, e para garantir a reprodução social e obter renda durante o ano diversificam suas atividades. O baixo nível de escolaridade é reduzido na população mais jovem contemplada pelo programa Bolsa Família, porém se for considerada a idade e o grau de estudo, os extrativistas mais jovens ainda apresentam atraso considerável nesse aspecto.

A produção dos extrativistas variou entre as safras estudadas e conforme a percepção dos mesmos o baixo índice de precipitação e as frequentes queimadas foram os principais fatores que proporcionaram a redução da produção registradas para a safra de 2015/2016 em relação as anteriores. Esses fatores também são citados em estudos científicos que indicam a

influência da precipitação no comportamento fenológico da castanheira-do-brasil e das queimadas sobre o equilíbrio do ecossistema.

As práticas de manejo dos castanhais e de coleta e beneficiamento das sementes aplicadas pelos extrativistas das comunidades estudadas não apresentam nenhuma inovação em relação às práticas tradicionais e rudimentares já informadas na literatura. O processo de extração ainda é moroso e arriscado e quando exercido nos limites da FLONA do Tapajós a coleta se torna ilegal, pois praticamente todos os extrativistas não possuem licença para exercer essa atividade do órgão competente (ICMBIO). As práticas informadas favorecem a proliferação de fungos filamentosos que produzem substâncias tóxicas aos seres humanos. A assistência técnica é fundamental para orientar os extrativistas quanto às boas práticas que devem ser adotadas na cadeia produtiva desse PFSM.

A castanha-do-brasil é um importante produto para as famílias estudadas, pois além de complementar de forma substancial a sua alimentação gera renda e contribui para reprodução socioeconômica.

As informações obtidas nessa pesquisa poderão contribuir para ações de gestão do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBIO), atual responsável pela FLONA do Tapajós e também pode fornecer subsídios para a criação de programas como o Programa de Desenvolvimento Sustentável do Amapá (PDSA), que fomentou a atividade extrativista de castanha-do-brasil nesse estado, e para projetos de pesquisas como o Projeto MapCast, financiado pela Embrapa, que busca estudar os processos ambientais que interferem na produtividade das castanheiras-do-brasil na Amazônia legal.

5 CONCLUSÃO GERAL

O estudo dos aspectos edáficos apresentado no primeiro capítulo a partir da Análise Geoestatística, inédito na literatura científica, permitiu o conhecimento das principais variáveis que influenciam o desenvolvimento dos vegetais em relação à distribuição espacial das castanheiras-do-brasil. Os mapas de Krigagem Simples podem auxiliar na escolha de áreas em que futuras ações de manejo devem se concentrar e assim otimizar gastos com fertilizantes e amostragem do solo. As informações elencadas servirão como base de comparação para futuras avaliações no mesmo local e contribuir para o manejo e adaptação de boas práticas às diferentes realidades da Amazônia. Sugere-se a realização do mesmo estudo no período úmido da região e que as pesquisas com tal abordagem adotem uma área como testemunha.

O período de amostragem da produção de serapilheira coincidiu com um evento El Niño de intensidade muito forte, o qual influenciou no comportamento das variáveis precipitação, temperatura e insolação, evidenciando as anomalias causadas por esse fenômeno climático na região da FLONA do Tapajós. A baixa produção de flores e frutos não era prevista, pois os frutos das castanheiras são pesados e como a área estudada possui uma aglomeração dessa espécie, esperava-se resultados superiores aos registrados em trabalhos com a mesma abordagem para essa classe. Apesar dos testes estatísticos não evidenciar uma relação entre a produção de flores e frutos e as variáveis ambientais, pode-se sugerir, com base na literatura disponível e no estudo do terceiro capítulo, que a redução de chuvas influenciou na produção das castanheiras. As informações sobre a produção de serapilheira podem auxiliar estudos relacionados a fertilidade, pois é considerada a principal via de retorno dos nutrientes para o solo, em ecossistemas tropicais.

A extração da castanha-do-brasil contribui para a reprodução social dos extrativistas entrevistados e o consumo dessa semente incrementa de forma considerável a alimentação dessas famílias. A segurança dos extrativistas, a legalização da atividade e a qualidade e o preço de venda das sementes podem ser otimizados com a presença de uma cooperativa e de políticas de assistência técnica e extensão rural.

As informações obtidas nessa pesquisa poderão contribuir para ações de gestão do ICMBIO na FLONA do Tapajós e fornecer subsídios para a criação de políticas públicas e projetos extensionistas e científicos.

REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. Agricultura familiar e desenvolvimento territorial. *Revista da Associação Brasileira de Reforma Agrária*, campinas, v. 29, n. 1, p. 1-21, 1999.
- ALBUQUERQUE, U. P. et al. *Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica*. Recife: NUPEEA, 2010. p. 21-38.
- ALMEIDA, E. J.; LUIZÃO, F.; RODRIGUES, D. de J. Produção de serrapilheira em florestas intactas e exploradas seletivamente no sul da Amazônia em função da área basal da vegetação e da densidade de plantas. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 45, n. 2, p.157-166, 2015.
- ALMEIDA, S. L. de. *O agroextrativismo da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa Bonpl.) na vila Maracá, Mazagão (AP)*. 2014. 121 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná - UFPR, Curitiba, 2014.
- ÁLVARES, V. DE S. et al. Qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, Acre. *Acta amazônica*, Manaus, v. 42, n. 2, p. 269-274, 2012.
- AMARAL, S. et al. *Da canoa à rabeta: estrutura e conexão das comunidades ribeirinhas no Tapajós (PA)*. São José dos Campos: INPE, 2009. 30 p.
- ANDRADE, D. F. et al. Inventário florestal de grandes áreas na Floresta Nacional do Tapajós, Pará, Amazônia, Brasil. *Biota Amazônia*, Macapá, v. 5, n. 1, p. 109-115, 2015.
- ANGELO, H. et al. Determinantes do preço da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*) no mercado interno brasileiro. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 41, n. 98, p. 195-203, 2013.
- AQUINO, R. E. de. et al. Geoestatística na avaliação dos atributos físicos em Latossolo sob floresta nativa e pastagem na região de Manicoré, Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, p. 397-406, 2014.
- ASTA, A. P. D. et al. As comunidades de terra firme do sudoeste do Pará: população, infraestrutura, serviços, uso da terra e conectividades. Relatório Técnico. São José dos Campos: Fundação Vale/INPE, 2014.
- BABEIRO, L. da S. S. *Sistema de amostragem para quantificar a produção de sementes de Bertholletia excelsa H.B.K (castanha do brasil) na região de Oriximiná – PA*. 2012. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.
- BAENA, A. R. C; DUTRA, S. Propriedades físicas de solos submetidos a diferentes sistemas de cultivo. Belém: EMBRAPA, 1981. 23 p. (Boletim de pesquisa, 30)
- BARBOSA, M. A. M.; MORET, A. S. Produção e comercialização da castanha-do-brasil: economia e disponibilidade financeira (subsistência das famílias residentes em reservas extrativistas). *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, Florianópolis, v. 4, n. 2, p. 413-428, 2016.
- BARTOLOMÉ, B. et al. Allergens from Brazil nut: Immunochemical characterization. *Allergologia et Immunopathologia*, Córdoba, v. 25, n. 3, p. 135-144, 1997.

- BAYMA, M. M. A. et al. Aspectos da cadeia produtiva da castanha-do-brasil no estado do Acre, Brasil. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais*, Belém, v. 9, n. 2, p. 417-426, 2014.
- BEGIATO, G. F.; MENEGHINI, R. C. M. Investment opportunity in processing of the Brazil nut. *Custos e @gronegocio*, Recife, v. 11, n. 2, p.13-55, 2015.
- BENÍCIO, M. H. D'A. et al. Estimativas da prevalência de desnutrição infantil nos municípios brasileiros em 2006. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 47, n. 3, p. 560-70, 2013.
- BENTES-GAMA, M. de M. *Importância de produtos florestais não madeireiros (PFNM) para a economia regional*. Porto Velho: Embrapa Amazônia Oriental, 2005. 6 p. (Circular técnica, 81).
- BI, J. et al. Sunlight mediated seasonality in canopy structure and photosynthetic activity of Amazonian rainforests, *Environmental Research Letters*, Bristol, v. 10, n. 064014, 2015.
- BIANCHIN, J. E. et al. Deposição de fitomassa em formações secundárias na Floresta Atlântica do Paraná. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 23, n. 4, p. 524-533, 2016.
- BORCHERT, R. et al. Insolation and photoperiodic control of tree development near the equator. *New Phytologist*, Lancaster, v. 205, p. 7–13, 2015.
- BOUVIE, L. et al. Caracterização físico-química dos frutos de castanheira do Brasil. *Nativa*, Sinop, v. 4, n. 2, p. 107-111, 2016.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. *Elementos da natureza e propriedades dos solos*. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. 704p.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC): Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002; Decreto nº 5.746, de 5 de abril de 2006. Plano Estratégico Nacional de Áreas Protegidas: Decreto nº 5.758, de 13 de abril de 2006. Brasília,DF: MMA, 2011. 76 p.
- BRAZ, C. de O. et al. Contaminantes fúngicos associados à castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* HUMB. & BOMPL.) comercializada em um município do interior do estado do Pará. *Revista CEREUUS*, Gurupi, v. 8, n. 3, p. 19-31, 2016.
- BRAZÃO, J. E. M.; SANTOS, M. M. *Recursos naturais e meio-ambiente: uma visão do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE, 1997. 208 p.
- CALDAS, E. D.; SILVA, S. C.; OLIVEIRA, J. N. Aflotoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana. *Revista de Saúde Pública*, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 319-323, 2002.
- CALVI, G. P.; PEREIRA, M. G.; ESPÍNDULA, A. J. R. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes em áreas de floresta atlântica em Santa Maria de Jetibá, ES. *Ciência Florestal*, Santa Maria, n. 19, v. 2, p. 131-138, 2009.

- CAMARGO, F. F. et al. Variabilidade genética para caracteres morfométricos de matrizes de castanha-do-brasil da Amazônia Matogrossense. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 40, n. 4, p.705-710, 2010.
- CAMARGO, L. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T. Spatial variability of physical attributes of an Alfisol under different hillslope curvatures. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, p. 617-630, 2010.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field scale variability of soil properties in central Iowa soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 58, n. 5, p. 1501-1511, 1994.
- CAMPOS, M. C. C. et al. Spatial variability of physical attributes in Alfisol under agroforestry, Humaitá region, Amazonas state, Brazil. *Revista de Ciências Agrárias*, Recife, v. 56, p. 149-159, 2013.
- CARVALHO, J. O. P. de. Estrutura de matas altas sem babaçu na Floresta Nacional do Tapajós. In: SILVA, J. N. M.; CARVALHO, J. P. de; YARED, J. G. (Ed.) *A silvicultura na Amazônia Oriental: contribuições do projeto Embrapa/DFID*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental/DFID, 2001. p. 277-290.
- CARVALHO, J. O. P. *Structure and dynamics of a logged over Brazilian Amazonian rain forest*. 1992. 215 p. Tese (Doutorado) - University of Oxford, Oxford, 1992.
- CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 37, n. 8, p.1151-1159, 2002.
- CARVALHO, M. P.; TAKEDA, E. Y.; FREDDI, O. S. Variabilidade espacial de atributos de um solo sob videira em Vitória Brasil (SP). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 695-703, 2003.
- CARVALHO, R. F. et al. Intake of partially defatted Brazil nut flour reduces serum cholesterol in hypercholesterolemic patients- a randomized controlled Trial. *Nutrition Journal*, Londres, v. 14, n. 59, p. 2-9, 2015.
- CAVALCANTE, K. V. et al. O extrativismo no século XXI: a castanha no Amazonas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 9, 2011, Brasília. *Anais....* Brasília: SBEE, 2011. p. 1-20.
- CERRI, C. E. P. et al. Assessment of soil property spatial variation in an Amazon pasture: basis for selecting an agronomic experimental area. *Geoderma*, New York, v. 123, p. 51-68, 2004.
- CHAGAS, G. F. B. et al. Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, p. 72-79, 2012.
- CHAVE, J. et al. Regional and seasonal patterns of litterfall in tropical South America. *Biogeosciences*, Hagen, v. 7, n. 1, p. 43-55, 2010.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. de A. Variabilidade espacial do estoque de carbono nos Tabuleiros Costeiros da Paraíba: Solo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência Agrária*, Recife, v. 3, n. 1, p. 20-25, 2008.

CHAVES, N. *Cultivo da castanha-do-brasil*. Brasília: CDT/UnB. 2007. 23 p. (Dossiê Técnico)

CHIG, L. A. et al. Distribuição espacial da granulométrica, cor e carbono orgânico do solo ao longo de um transecto em microbacias na Amazônia meridional. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 38, n. 4, p. 715-722, 2008.

CLEMENT, C. R. Castanha-do-pará (*Bertholletia excelsa*). In: CLAY, J. W.; SAMPAIO, P. T. B.; CLEMENT, C. R. *Biodiversidade Amazônica: exemplos e estratégias de utilização*. Manaus: 2000. p. 119-132.

CLEMENT, R. C. A Lógica do mercado e o futuro da produção extrativista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE ETNOBIOLOGIA E ETNOECOLOGIA, 6, 2006, Porto alegre. *Anais...* Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Etnobiologia e Etnoecologia, 2006. p 135-150.

COELHO, G. C.; BORGES, P. A. P. Mathematical modeling of the litter decomposition and accumulation in a forest plantation: a transient case. In: MONDAINI, R.; DILÃO, R. (eds.). INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MATHEMATICAL AND COMPUTATIONAL BIOLOGY. 2005, Washington. *Proceedings...* Washington: BIOMAT, 2005.

COELHO, M. R. et al. O Recurso Natural: Solo. In: MANZATTO, C. V.; FREITAS JUNIOR, E.; PERES, J. R. R. (ed.). *Uso agrícola dos solos brasileiros*. Rio de Janeiro: Embrapa, 2002. cap. 1, p. 1 -13.

CONCEIÇÃO, S. P. et al. Cadeia produtiva do piquiá no município de Santarém, estado do Pará, Brasil. *Nativa*, Sinop, v. 5, n. 1, p. 31-36, 2017.

CORTEZ, M. G. *Sistemas sociais de produção da castanha da Amazônia (Bertholletia excelsa Bonpl.) no município de Manicoré/AM*. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia)-Universidade Federal do Amazonas - UFAM, Manaus, 2011.

COSTA, C. B. et al. *Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável do Jatobá*. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2015. 76 p.

COSTA, C. C. de A. et al. Análise comparativa da produção de serapilheira em fragmentos arbóreos e arbustivos em área de caatinga na FLONA de Açú-RN. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 259-265, 2010.

COSTA, C. D. F. da. et al. Vulnerabilidade ao fogo de florestas intactas e degradadas na região de Santarém, Pará. In: VIEIRA, I. C. G.; JARDIM, M. A. G.; ROCHA, E. J. P. da. (Org.) *Amazônia em tempo: estudos climáticos e socioambientais*. Belém: Universidade Federal do Pará; Museu Paraense Emílio Goeldi; Embrapa Amazônia Oriental, 2015. cap. 8, 462 p.

COSTA, M. C. et al. Correlação entre precipitação pluviométrica e umidade do solo na produção de serapilheira em Caxiuanã (PA). *Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais*, Aquidabã, v. 5, n. 1, p. 170-179, 2014.

CRONKLETON, P; GUARIGUATA, M. R; ALBORNOZ, M. A. Multiple use forestry planning: timber and Brazil nut management in the community forests of Northern Bolivia. *Forest Ecology and Management*, Nova York, v. 268, n. 1, p. 49-56, 2012.

DAVIS, J. C. *Statistics and Data Analysis in Geology*. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 1986. 646 p.

DIAS, J. S. Nutrientes: do que as plantas precisam? *Unifertil*, Canoas, n. 2, p. 1-10, 2012.

DINIZ, T. D.; BASTOS, T. X. *Contribuição ao clima típico da castanha do Brasil*. Belém: IPEAN, 1974. p. 59-71. (Boletim técnico, 64).

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 3. ed. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 2013. 353 p.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Manual de laboratório: solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos*. São Paulo: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 313 p.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B. et al. Análise da composição florística e fitossociológica da Floresta Nacional do Tapajós com o apoio geográfico de imagens de satélites. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 35, n. 2, p. 155- 173, 2005.

ESPÍRITO-SANTO, F. D. B.; SHIMABUKURO, Y. E. Distribuição espacial das árvores dominantes da Floresta Nacional do Tapajós (PA): uma análise de padrões de eventos. In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 6., 2003, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, 2003.

FAUSTINO, C. de L.; EVANGELISTA, J. S.; WADT, L. H. de O. Dispersão primária de frutos da castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl.): importância para o manejo e a conservação da espécie. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, Belém, v. 9, n. 2, p. 371-379, 2014.

FERNANDES, N. P.; ALENCAR, J. da C. Desenvolvimento de árvores nativas em ensaios de espécies - Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.), dez anos após o plantio. *Acta Amazônica*, Manaus, v.23 n.2-3 p.191-198,1993.

FERRAZ, J. B. S. et al. Perfumes da floresta amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v. 61, n. 3, p. 40-43, 2009.

FERREIRA, A. E. de M. *A influência do fomento florestal nos aspectos ambientais e socioeconômicos em estabelecimentos rurais na Amazônia*. 2012. 142 f. Dissertação (Mestrado em ciências ambientais)-Universidade Federal do Pará - UFPA, Belém, 2012.

FERREIRA, F. N. et al. Avaliação da atividade da lipoxigenase na castanha-do-brasil (*bertholletia excelsa*). *Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos*, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 1-8, 2011.

FERREIRA, L. S.; CATTÂNIO, J. H.; JARDIM, M. A. G. Efeito da topografia e da precipitação na florística e na produção de liteira em Caxiuanã, Pará. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 39, n. 6, p. 995-1005, 2015.

FERREIRA, M. J. et al. Características nutricionais de plantas jovens de *Bertholletia excelsa* Bonpl. sob tratamentos de fertilização em área degradada na Amazônia. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 863-872, 2015.

FERREIRA, M. J.; GONÇALVES, J. F. de C.; FERRAZ, J. B. S. Crescimento e eficiência do uso da água de plantas jovens de castanheira-da-amazônia em área degradada e submetidas à adubação. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 22, n. 2, p. 393-401, 2012.

FERREIRA, M. L. *Incremento diamétrico arbóreo em diferentes grupos funcionais e produção de serapilheira em duas florestas brasileiras*. 2014. 201 f. Tese (Doutorado em Ciências)-Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2014.

FERREIRA, R. R. M.; TAVARES FILHO, J.; FERREIRA, V. M. Efeitos de Sistemas de Manejo de Pastagens nas Propriedades Físicas do Solo. *Semina*, Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 4, p. 913-932, 2010.

FILIZOLA, H. F. et al. Aspectos físicos de um solo tratado com lodo de esgoto: estabilidade de agregados e argila dispersa em água. In: BETTIOL, W.; CAMARGO, O. A. de. (Org.). *Lodo de esgoto: Impactos ambientais na agricultura*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2006. cap. 8, p. 137-148.

FREIRE, V. R. B. P. et al. Atividades acadêmicas na rotina de crianças ribeirinhas participantes do Programa Bolsa Família. *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, Brasília, v. 29, n. 2, p. 159-166, 2013.

FREITAS, E. C. S. et al. Deposição de serapilheira e de nutrientes no solo em sistema agrossilvipastoril com Eucalipto e Acácia. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 409-417, 2013.

FYLLAS, N. M. et al. Basin-wide variations in foliar properties of Amazonian forest: phylogeny, soils and climate. *Biogeosciences*, Hagen, v. 6, p. 2677-2708, 2009.

GABRIEL, M. L. D. Métodos Quantitativos em Ciências Sociais: Sugestões para Elaboração do Relatório de Pesquisa. *Desenvolvimento em Questão*, Ijuí, v.12, n. 28, p. 348-369, 2014.

GALLON, M. M. P. *Um estudo sobre a dinâmica de sistemas complexo a partir de séries temporais de dados microclimáticos para uma floresta de transição no Noroeste do Mato Grosso*. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal do Mato Grosso - UFMG, Cuiabá, 2004.

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; MACHADO, D. L. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de Cerradão e Mata Mesofítica na Estação Ecológica de Pirapitinga – MG. *Ciência Florestal*, Santa Maria, n. 22, v. 4, p. 669-680, 2012.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 220 p.

GODINHO, T. de O.; CALDEIRA, M. V. W.; BRUN, E. J. Ciclagem de nutrientes via serapilheira em ecossistemas florestais naturais no Brasil. In: FARIA, Á. B. de C.; BRUN, E. J.; FERRARI, F. (Org). *Ciências Florestais e Biológicas*. Curitiba: UTFPR Editora, 2015. cap. 1, p. 13-52.

GODINHO, T. O.; et al. Quantificação de biomassa e nutrientes na serapilheira acumulada em trecho de Floresta Estacional Semidecidual Submontana, ES. *Cerne*, Lavras, v. 20, n. 1, p.11-20, 2014.

GOLDEN, Gate Weather Services. *El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI)*. 2016. Disponível em: <http://ggweather.com/enso/oni.htm>. Acesso em: 20 jan. 2017.

GOLLEY, F. B; MCGINNIS, J. T; CLEMENTS, R. G. *Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida*. São Paulo: EPU. Editora da Universidade de São Paulo, 1978. 256 p.

GONÇALVES, D. C. M. et al. Aspectos mercadológicos dos produtos não madeireiros na economia de Santarém-Pará, Brasil. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 19, n. 1, p. 9-16, 2012.

GONÇALVES, F. G.; SANTOS, J. R. Composição florística e estrutura de uma unidade de manejo florestal sustentável na Floresta Nacional do Tapajós, Pará. *Acta Amazônica*, Manaus, n. 38, p. 229-244, 2008.

GONÇALVES, J. F. C. et al. Primary metabolism components of seeds from Brazilian Amazon tree species. *Brazilian Journal of Plant Physiologic*, Campinas, v. 14, n. 2, p. 139-142, 2002.

GUERREIRO, Q. L. M. et al. Spatial variability of soil physical and chemical aspects in a Brazil nut tree stand in the Brazilian Amazon. *African Journal of Agricultural Research*, Nairobi, v. 12, n.4, p. 237-250, 2017.

GUIMARÃES, E. G. T.; PYLE, E. H. *Levantamento florestal de 20 ha na Floresta Nacional do Tapajós*. Santarém: Projeto LBA Ecologia, 1999. 30 p.

GURGEL, H. C. et al. Unidades de conservação e o falso dilema entre conservação e desenvolvimento. In: MEDEIROS, R.; ARAÚJO, F. F. S. *Dez anos do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza: lições do passado, realizações presentes e perspectivas para o futuro*. Brasília: MMA, 2011. cap. 3, p. 37-44.

HAMMER, O.; HAPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Eletrônica*, v. 4, p. 1-9, 2001.

HANDRECK, K.; BLACK, N. *Growing media for ornamental plants and turf*. Sydney: University of New South Wales Press, 1999. 448 p.

HAYASHI, S. N. Dinâmica da serapilheira em uma cronosequência de florestas no município de Capitão Poço-Pa. 75 f. Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2006.

HOMMA, A. K. O. Amazônia: os limites da opção extrativa. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v.159, p.70-73, 2000.

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

HOMMA, A. K. O. Extrativismo, manejo e conservação dos recursos naturais na Amazônia. In: MAY, P.H. (Org.). *Economia do Meio Ambiente: teoria e prática*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. part. III, cap. 5, p. 353-374.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Floresta Nacional do Tapajós – plano de manejo*. Belterra: IBAMA, 2004. 373p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS (IBAMA). *Floresta Nacional do Tapajós - Plano de Manejo*. Belterra: IBAMA, 2004. 373p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). *Produção da extração vegetal e da silvicultura*. Rio de Janeiro: IBGE, 2015. v. 30, 46 p.

ILLUKPITIYA, P.; YANAGIDA, J. F., Farming forests: Trade-off between agriculture and the extraction of non-timber forest products. *Ecological Economics*, Nova York, n. 69, p. 1952-1963, 2010.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). *Ocorrência de La nina e El Niño*. 2010. Disponível em: http://enos.cptec.inpe.br/tab_elnino.shtml. Acesso em: 10 mar. 2017.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, R. M. An introduction to applied geostatistics. New York: Oxford University Press, 1989. 561 p.

KAINER, K. A; WADT, L. H; STAUDHAMMER, C. L. Explaining variation in Brazil nut fruit production. *Forest Ecology and Management*, Netherlands, v. 250, n. 3, p. 244-255, 2007.

KAINER, K. et al. Castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl). In: SHANLEY, P.; MEDINA, G. (Ed.). *Frutíferas e plantas úteis na vida amazônica*. Belém: CIFOR/ IMAZON, 2005. cap. 1, p. 61-73.

KAPOS, V. et al. Edge-related changes in environmental and plant responses due to forest fragmentation in central Amazonia. In: LAURANCE, W. F.; BIERREGARD JR., R. O. (Eds.). *Tropical forest remnants: ecology, management, and conservation of fragmented communities*. Chicago: University of Chicago Press, 1997. p. 33-44.

KATO, C. G. et al. A presença de aflatoxinas na castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.): uma revisão. *Revista Uningá*, Maringá, v. 26, n. 2, p. 35-40, 2016.

KLIMAS, C. A.; KAINER, K. A.; WADT, L. H. O. The economic value of sustainable seed and timber harvests of multi-use species: An example using *Carapa guianensis*. *Forest Ecology and Management*, Nova York, v. 268, n.1, p. 81-91, 2012.

KOENIG, W. D.; KNOPS, J. M. H. Patterns of annual seed production by Northern Hemisphere trees: a global perspective. *The American Naturalist*, Chicago, n. 155, p. 59–69, 2000.

KOMSTA, L. Processing data for outliers. *R News*, v. 6, n. 2, p. 10-13, 2006.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K.; ELMA, D. F. A. Tocopherols and total phenolic in 10 different nut types. *Food Chemistry*, Nova York, v. 98, n. 2, p. 381-387, 2006.

LAGO, A.; SILVA, T. N. *Fatores condicionantes ao desenvolvimento de relacionamentos intercooperativos*. Porto Alegre: SESCOOP/RS, 2011. 176 p.

LAL, R.; SHUKLA, M. K. Principles of soil physics. Columbus: Ohio State University, 2005. 699 p.

LEITE, F. M. N. et al. Incidence of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* and aflatoxins in Brazil nuts in the Amazon forest environment. *World Mycotoxin Journal*, Wageningen, v. 7, p. 199-205, 2014.

LEWIS, S. L. et al. The 2010 Amazon drought. *Science*, Washington, n. 331, p. 554, 2011.

LIMA, J. S. S.; SILVA, S. A.; SILVA, J. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo cultivado em plantio direto. *Revista Ciência Agronômica*, Fortaleza, v. 44, n. 1, p. 16-23, 2013.

LIMA, R. M. B. de; AZEVEDO, C. P. de. Desenvolvimento inicial de espécies florestais estabelecidas em consórcio com aplicações de fungos micorrízicos e adubação. In: GASPAROTO, L.; PREISINGER, H. *SHIFÍ-Projeto ENV-23: recuperação de áreas degradadas e abandonadas, através de sistemas de policultivo*. Manaus: Embrapa/Universidade de Hamburg, 1996. p. 157-170.

LIMA, R. M. B. de; HIGA, A. R.; SOUZA, C. R. de. Influência dos fatores edáficos no crescimento da *Bertholletia excelsa* H.B.K. na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2005, Curitiba. *Anais...* Colombo: Embrapa, 2005. p. 319-321.

LIMA, R. P. et al. Aporte e decomposição da serapilheira na Caatinga no Sul do Piauí. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v. 22, n.1, p. 42-49, 2015.

LOCATELLI, M. et al. Castanha-do-Brasil: opção para solo de baixa fertilidade na Amazônia. In: SEMINÁRIO NACIONAL DEGRADAÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL, 1., 2003, Foz do Iguaçu. *Anais...* Foz do Iguaçu: Sobrade, 2003. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/915982/1/locatelli2003.pdf>>. Acesso em: 13 de jan de 2017

LOCATELLI, M. et al. *Crescimento em diâmetro de castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa H.B.K.) cultivada em solo de baixa fertilidade*. Porto Velho: Embrapa, 2005. 4 p. (Circular Técnica, 79).

LOCATELLI, M. et al. *Plantio de castanha-do-brasil: uma opção para reflorestamento em Rondônia*. Porto Velho: EMBRAPA, 2002. 4 p. (Recomendações Técnicas, 60).

LORENZI, H. *Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. 7. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2014. 384 p.

LOUREIRO, A. A.; SILVA, M. F. da; ALENCAR, J. da C. *Essências florestais madeireiras da Amazônia*. Manaus: INPA, 1979. 245 p.

LUIZÃO, F. J. Ciclo de nutrientes na Amazônia: respostas as mudanças ambientais e climáticas. *Ciência e cultura*, São Paulo, v. 59, n. 3, p. 31-36, 2007.

MACHADO FILHO, H. et al. *Mudança do clima e os impactos na agricultura familiar no Norte e Nordeste do Brasil*. São Paulo: Centro Internacional de Políticas para o Crescimento Inclusivo, 2016. 68 p.

MACHADO, F. A. et al. Produção e qualidade da serapilheira em três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. *Archivos de Zootecnia*, Córdoba, v. 61, n. 235, p. 323-334, 2012.

MACHADO, F. S. *Manejo de Produtos Florestais Não Madeireiros: um manual com sugestões para o manejo participativo em comunidades da Amazônia*. Rio Branco, Acre: PESACRE e CIFOR, 2008. 105 p.

MACHADO, L. de O. et al. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 31, p. 591-599, 2007.

MALHI, Y. et al. Produção, Estoques e Fluxo de Carbono nas Florestas Amazônicas. *Geophysical Monograph*, Hoboken, v.186, p. 355-371, 2009.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Caderno de boas práticas para o extrativismo sustentável orgânico da castanha-do-brasil*. Brasília: MAPA/ACS, 2014. 41 p

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). *Série boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico: Castanha-do-brasil ((Bertholletia excelsa H.B.K.))*. Brasília: MAPA/ACS, 2012. 49p.

MARENGO, J. A. et al. The drought of Amazonia in 2005. *Journal of Climate*, Boston, n. 5, v. 2, p. 35-41, 2007.

MARGARIT, E. O processo de ocupação do espaço ao longo da BR-163: uma leitura a partir do planejamento regional estratégico da Amazônia durante o governo militar. *Geografia em Questão*, Marechal Cândido Rondon, v. 6, n. 01, p. 12-31, 2013.

MARTINS JUNIOR, P. de O. et al. Fontes de contaminação microbiana da castanha-do-pará. *Amazônia: Ciência e Desenvolvimento*, Belém, v. 6, n. 12, p.21-30, jan./jun. 2011.

MARTINS, S. V.; RODRIGUES, R. R. Produção de serapilheira em clareiras de uma floresta estacional semidecidual no município de Campinas, SP. *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 22, n. 3, p. 405-412, 1999.

MAUÉS, M. M. Reproductive phenology and pollination of the Brazil nut tree (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bompl. Lecythidaceae) in eastern Amazonia, In: KEVAN, P.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. (ed.). *Pollination bees: the conservation link between agriculture and nature*. Brasília,DF: Ministério do Meio Ambiente, 2002. p. 245-254.

MEIR, P. et al. Os efeitos da seca nas florestas chuvosas Amazônicas. *Geophysical Monograph*, Hoboken, v. 186, p. 429-449, 2009.

- MOCHIUTTI, S.; QUEIROZ, J. A. L.; MELÉM JUNIOR, N. J. Produção de serapilheira e retorno de nutrientes de um povoamento de taxi-branco e de uma Floresta Secundária no Amapá. *Boletim de Pesquisas Florestais*, Colombo, n. 52, p. 3-20, 2006.
- MONTEIRO, C. A. A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil. *Estudos Avançados*, São Paulo, v. 17, n. 48, p. 7-20, 2003.
- MOOLMAN, J. H.; VAN HUYSSTEEN, L. A geostatistical analysis of the penetrometer soil strength of a deep ploughed soil. *Soil & Tillage Research*, Netherlands, v. 15, p.11-24, 1989.
- MORAES, R. M. Ciclagem de nutrientes na floresta do PEFI: produção e decomposição da serapilheira. In: BICUDO, D.; FORTI, M.; BICUDO, C. (ed.). *Parque estadual das fontes do Ipiranga, unidade de conservação que resiste à urbanização de São Paulo*. São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2002. p.133-142.
- MORI, S. A.; PRANCE, G. T. Taxonomy, ecology, and economic botany of the Brazil nut (*Bertholletia excelsa* Humb. & Bonpl.: Lecythidaceae). *Advances in economic botany*, Nova York, v. 8, p. 130-150, 1990.
- MOTOMIYA, A. V. A. et al. Spatial variability of soil properties and cotton yield in the Brazilian Cerrado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 15, p. 996-1003, 2011.
- MÜLLER, C. H. et al. *A cultura da Castanha-do-Brasil*. Belém: EMBRAPA, 1995. 65 p.
- NEVES, E. de S.; WADT, L. H. de O.; GUEDES, M. C. Estrutura populacional e potencial para o manejo de *Bertholletia excelsa* (Bonpl.) em castanhais nativos do Acre e Amapá. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 44, n. 109, p.19-31, 2016.
- NIEDERLE, P. A.; SCHNEIDER, S. A pluriatividade na agricultura familiar: estratégia diferencial de distintos estilos de agricultura. In: Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, 45., 2007, Londrina. *Anais...* Londrina: SOBER, 2007. p. 1-23.
- NOVAES FILHO, J. P. et al. Distribuição espacial de carbono em solo sob floresta primária na Amazônia meridional. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 83-92, 2007.
- NUNES, L. A. P. L. et al. Atributos físicos do solo em área de monocultivo de cafeeiro na Zona da Mata de Minas Gerais. *Bioscience Journal*, Netherlands, v. 26, p. 71-78, 2010.
- O'BRIEN, J. J. et al. Phenology and stem diameter increment seasonality in a Costa Rican wet tropical forest. *Biotropica*, v. 40, n. 2, p. 151-159, 2008.
- OLIVEIRA JUNIOR, R. C.; CORREA, J. R. V. *Caracterização dos solos do Município de Belterra, estado do Pará*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2001. 39 p.
- OLIVEIRA, F. H. T. et al. Fertilidade do solo no sistema de plantio direto. In: ALVAREZ, V. V. H.; SCHEFER, C. E. G. R.; BARROS, N. F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. (eds). *Tópicos em ciências do solo*. 2. ed. Viçosa, SBCS, 2000. p. 393-486.

- OLIVEIRA, I. A. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em um Cambissolo Háplico, sob diferentes usos na região Sul do Amazonas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 37, p. 1103-1112, 2013.
- ORTIZ, E. G. Brazil nuts (*Bertholletia excelsa*). In: SHANLEY, P. ; PIERCE, A. R ; LAIRD, S. A.; GUILLEN, A (ed.). *Tapping the Green Market: certification & management of non-timber forest products*. London: Earthsan Publications Ltd., 2002. p. 61-74.
- OURIQUE, L. K. de. et al. Relação da produção de serapilheira com incremento em diâmetro de uma floresta madura na Amazônia Central. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v. 44, n. 112, p. 875-886.
- PAROLIN, P. et al. Drought responses of flood-tolerant trees in Amazonian floodplains. *Annal of Botany*, Oxford, 2010. v. 105, p. 129-139.
- PEIXOTO, M. *Extensão Rural No Brasil - Uma abordagem histórica da legislação*. Brasília,DF, 2008. 50 p. (Série Textos para Discussão, 48).
- PEREIRA, J C. M. *Importância e significado das cidades médias na Amazônia: uma abordagem a partir de Santarém (PA)*. 2006. 139 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido)-Universidade Federal do Pará, Belém, 2006.
- PINHO, G. S. C. et al. Efeito de diferentes métodos de corte de cipós na produção de madeira em tora na Floresta Nacional do Tapajós. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 179-192, 2004.
- PINTO, A. et al. *Boas práticas para manejo florestal e agroindustrial: produtos florestais não madeireiros: açaí, andiroba, babaçu, castanha-do-brasil, copaíba e unha-de-gato*. Belém: Imazon; Manaus: Sebrae-AM, 2010. 180 p.
- PRIMAVESI, O.; ARZABE, C.; PEDREIRA, M. dos S. *Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais ou urbanos*. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007. 200 p. (Documentos, 70).
- PROCTOR, J. Tropical Forest Litterfall. In: SUTTON, S. L.; WHITMORE, T. C.; CHADWICK, A. C. (ed.). *Tropical rain forest: ecology and management*. Oxford: Blackwell Scient. Public, 1983. p. 267-273.
- PROJETO SENTINELAS DA FLORESTA (PSF). *Manual de boas práticas de manejo, coleta e beneficiamento de castanha-do-Brasil*. Juruena: Editora Sustentável; Cooperativa dos Agricultores do Vale do Amanhecer, 2016. 28 p.
- PYLE, E. H. et al. Dynamics of carbon, biomass, and structure in two Amazonian forests. *Journal of Geophysical Research*, Nova York, v. 113, p. 1-20, 2008.
- QUESADA, C. A. et al. Soils of Amazonia with particular reference to the rainfor sites. *Biogeosciences*, Hagen, v. 8, n. 6, p. 1415-1440, 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: 21 nov. 2016.

- RACHID JÚNIOR, A. et al. Variabilidade espacial e temporal de atributos químicos do solo e da produtividade da soja num sistema de agricultura de precisão. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 14, p. 156-169, 2006.
- RAMALHO, A. B. et al. Diversidade genética entre genótipos de *Bertholletia excelsa* por meio de marcadores moleculares. *Revista Floresta*, Curitiba, v. 46, n. 2, p. 207-214, 2016.
- RESTREPO-COUBE N. et al. What drives the seasonality of photosynthesis across the Amazon basin? A cross-site analysis of eddy flux tower measurements from the Brasil flux network. *Agricultural and Forest Meteorology*, Nova York, v. 182, n. 1, p. 28-44, 2013.
- RIBEIRO JUNIOR, P. J.; DIGGLE, P. J. *geoR*: A package from geostatistical analysis. UK: University Lancaster, 2001.
- RIVERA G. et al. Increasing day-length induces spring-flushing of tropical dry forest trees in the absence of rain. *Trees*, v. 16, p. 445-456, 2002.
- ROSS, J.; LIGGES, U. *Nortest*: Tests for normality. 2015. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/nortest/nortest.pdf>.
- SAHA, D.; SUNDRIYAL, R. C. Utilization of non-timber forest products in humid tropics: Implications for management and livelihood. *Forest Policy and Economics*, Nova York, 2012. v. 14, n. 1, p. 28-40.
- SALES, G. *Gestão de unidades de conservação federais no Brasil: burocracia e poder simbólico*. 2010. 240 f. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.
- SALMAN, A. K. D. et al. *Espécies arbóreas nativas da Amazônia Ocidental Brasileira com potencial para arborização de pastagens*. Porto Velho: Embrapa, 2008. (Boletim técnico, 127).
- SALOMÃO, R. D. P. Estrutura e densidade de *Bertholletia excelsa* H. & B. ("Castanheira") nas regiões de Carajás e Marabá, estado do Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi: Ciências Naturais*, Belém, v. 7, n. 1, p. 47-68, 1991.
- SALOMÃO, R. P. A castanheira: história natural e importância socioeconômica. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciência Natural*, Belém, v. 9, n. 2, p. 259-266, 2014.
- SALVIANO, A. A. C.; VIEIRA, S. R.; SPAROVEK, G. Variabilidade espacial de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* L. em área severamente erodida. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 22, n.1, p. 115-122, 1998.
- SANTOS JUNIOR, U. M. dos. *Fisiologia e indicadores de estresse em árvores crescendo em ambientes alagados pela hidroelétrica de Balbina na Amazônia Central*. 2008. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal)-Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais da Amazônia - INPA, Manaus, 2008.
- SANTOS NETO, A. P. et al. Produção de serapilheira em floresta estacional semidecidual e em plantios de *Pterogyne nitens* Tul. E *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake no Sudoeste da Bahia. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 25, n. 3, p. 633-643, 2015.

- SANTOS, C. F.; ABSY, M. L. Polinizadores de *Bertholletia excelsa* (Lecythidales: Lecythidaceae): Interações com Abelhas sem Ferrão (Apidae: Meliponini) e Nicho Trófico. *Neotropical Entomology*, Londrina, v. 39, n. 6, p. 854-861, 2010.
- SANTOS, D. C. et al. Fracionamento químico e físico da matéria orgânica de um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 43, p. 838-844, 2013.
- SANTOS, G. R. D. et al. Krigagem simples versus krigagem universal: qual o preditor mais preciso? *Revista Energia na Agricultura*, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 49-55, 2011.
- SANTOS, G. R. dos; BARBOSA FILHO, J.; COELHO, L. M. Avaliação da gestão da Floresta Nacional do Tapajós, Belterra-PA, na percepção dos moradores da comunidade Maguari. *Revista Uniara*, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 37-49, 2014.
- SANTOS, J. C.; SENA, A. L. S.; ROCHA, C. I. L. Competitividade brasileira no comércio internacional de castanha-do-Brasil. In: CONGRESSO DA SOBER, SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 48., 2010, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: SOBER, 2010. p. 1-14.
- SANTOS, K. S. et al. Variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v. 16, n. 8, p. 828-835, 2012.
- SANTOS, S. C. dos. et al. Avaliação da qualidade de mudas de castanha do Brasil submetidas à ausência de nutrientes. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 9, n. 17, p. 439-450, 2013.
- SAVAGE, M.J. et al. Lower limit of soil water available. *Agronomy Journal*, Madison, v. 88, n.5, p. 844-851, 1996.
- SCHAFFRATH, V. R. et al. Variabilidade e correlação espacial de propriedades físicas de solo sob plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 32, p. 1369-1377, 2008.
- SCHNEIDER, S. La pluriactividad en el medio rural brasileño: características y perspectivas para la investigación. In: GRAMMONT, H. C. de; VALLE, L. M. (Org.). *La pluriactividad en el campo latinoamericano*. Quito: Ed. Flacso, 2009. p. 132-161.
- SCOENHOLTZ, S. H.; VAN MIEGROET, H.; BURGER, J. A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: challenges and opportunities. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v. 138, p. 335-356, 2000.
- SCOLES, R. e GRIBEL, R. Population structure of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*, Lecythidaceae) stands in two areas with different occupation histories in the Brazilian Amazon. *Human Ecology*, Nova York, v. 39, n. 4, p. 455-464, 2011.
- SCOLES, R. *Ecologia e extrativismo da castanheira (Bertholletia excelsa, lecythidaceae) em duas regiões da Amazônia brasileira*. 2010. 209 f. Tese (Doutorado em Capacidade de suporte, Ecologia Animal, Ecologia vegetal, Ecossistemas, Interação Inseto-Planta) - Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA, Manaus, 2010.

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

SCOLES, R. Projeto Novas Parcerias (CAPES/DAAD). *Building partnerships and networks for the implementation of the National Plan for Promotion of Socio-Biodiversity Product Chains in the Brazilian Amazon region: Local sustainable economies and value chains of extractivist products - the case of the Brazil nut* (sociobio.net). 2013.

SCOLES, R.; KLEIN, G. N.; GRIBEL, R. Crescimento e sobrevivência de castanheira (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) plantada em diferentes condições de luminosidade após seis anos de plantio na região do rio Trombetas, Oriximiná, Pará. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, Ciências Naturais*, Belém, v. 9, n. 2, p. 321-336, 2014.

SCORIZA, R. N. et al. Métodos para coleta e análise de serrapilheira aplicados à ciclagem de nutrientes. *Floresta e Ambiente*, Seropédica, v.2, n.2, p. 01-18, 2012.

SEIDEL, E. J.; OLIVEIRA, M. S. de. Novo índice geoestatístico para a mensuração da dependência espacial. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, Viçosa, v. 38, p. 699-705, 2014.

SEIFRIED, H. E. et al. A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. *The journal of nutritional biochemistry*, Nova York, v. 18, n. 9, p. 567-579, 2007.

SELLE, G. L. Ciclagem de nutrientes em ecossistemas florestais. *Biogeosciences*, Hagen, v. 23, n. 4, p. 29-39, 2007.

SILVA NETO, S. P. et al. Variação espacial do teor de matéria orgânica do solo e produção de gramínea em pastagens de capim-marandu. *Bioscience Journal*, Uberlândia, v. 28, p. 41-53, 2012.

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

SILVA, A. D. *Produção e concentração de nutrientes via deposição de liteira na Floresta Nacional do Tapajós, Belterra – PA*. 2014. 90 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)-Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA, Santarém, 2014.

SILVA, A. D.; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de. Produção de liteira na Floresta Nacional do Tapajós no ano de 2007. *Espaço Científico*, Santarém, v. 11, n. 1/2, p. 1-12, 2010.

SILVA, A. P. da; LIBARDI, P. L.; VIEIRA, S. R. Variabilidade espacial da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho-Escuro ao longo de uma transeção. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 13, n. 1, p. 1-5, 1989.

SILVA, H. A. S. *Dinâmica da paisagem na microbacia hidrográfica do rio Mojuí, Oeste do estado do Pará*. 2013. 95f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual de São Paulo – UNESP, Botucatu. 2013.

- SILVA, J. B. da; SIMONIAN, L. T. L. População tradicional, Reservas Extrativistas e racionalidade estatal na Amazônia brasileira. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, Curitiba, v. 33, p. 163-175, 2015.
- SILVA, L. de J. et al. Realidade socioeconômica das comunidades extrativistas da RDS Piagaçu-Purus: reflexões sobre os condicionantes da adoção de tecnologias como estratégia de desenvolvimento rural. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA, 4., 2016, 2016. *Anais...* Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2016. p. 326.
- SILVA, R. M. da. et al. Influência de variáveis meteorológicas na produção de liteira na Estação Científica Ferreira Penna, Caxiuanã, Pará. *Acta Amazônica*, Manaus, v. 39, n. 3, p. 573-582, 2009.
- SILVA, S. M. P. Estado e políticas públicas no mercado de castanha-do-brasil no estado do Acre: uma análise pela abordagem do desenvolvimento local. *Revista IDEAS*, Santa Maria, v. 4, n. especial, p. 103-128, 2010.
- SILVA, V. R. et al. Variabilidade espacial das características químicas do solo e produtividade de milho em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico Arênico. *Revista Brasileira de Ciência Solo*, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 1013-1020, 2003.
- SILVA, W. R. *Produção de liteira final em uma área de contato capinarama-Floresta Ombrófila na Amazônia setentrional*. 2013. 43 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais)-Universidade Federal de Roraima - UFRR, Boa Vista, 2013.
- SIMÕES, A.V. *Impactos de tecnologias alternativas e do manejo da castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa, Humb & Bonpl.) no controle da contaminação por aflotoxinas em sua cadeia produtiva*. 2003, 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias)-Universidade do Amazonas, Manaus, 2003.
- SIQUEIRA, J. C. de. Impactos das mudanças climáticas na biodiversidade. *Pesquisas, Botânica*, São Paulo, n. 61, p. 325-329, 2010.
- SOIL SURVEY STAFF (USDA). *Soil taxononmy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil survey*. 2. ed. Washington: USDA. 1999. 871 p.
- SOUZA, C. R. de. et al. *Castanha-do-brasil (Bertholletia excelsa Hurnb. & Bonpt.)*. Manaus: Embrapa Amazônia Ocidental, 2008. 22 p. (Documentos, 60).
- SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um Neossolo Quartzênico e um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de manejo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília,DF,v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.
- SOUZA, E. R. de. et al. Variabilidade espacial das frações granulométricas e da salinidade em um Neossolo Flúvico do semi-árido *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 698-704, 2008.
- SOUZA, M. L. de; MENEZES, H. C. de. Processamentos de amêndoa e torta de castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, 2004.

SOUZA, Z. M. de. et al. Análise dos atributos do solo e da produtividade da cultura de cana-de-açúcar com o uso da geoestatística e árvore de decisão. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.40, n.4, p.840-847, 2010.

SOUZA, Z. M. de. et al. Número de amostras na análise geoestatística e na krigagem de mapas de atributos do solo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 44, n. 2, p. 261-268, 2014.

TER BRAK, C. J. F.; SMILAUER, P. *Canoco reference manual and canodraw for Windows user's guide, software for canonical community ordination (version 4.5)*. Netherlands: Biometris, Wageningen and Ceske Budejovice, 2002. 500 p.

TOBIAS, A. J. S. Dinâmica migratória paraense no período 1981-1991. In: ENCONTRO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS POPULACIONAIS, 13., 2002, Ouro Preto. *Anais...* Ouro Preto: ABEP, 2002.

TONINI, H.; BORGES, R. A. *O extrativismo da castanha-do-brasil na região do Baixo Rio Branco (RR)*. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2010. 20 p. (Documentos, 39).

TONINI, H.; PEDROZO, C. Â. Variações anuais na produção de frutos e sementes de Castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* Bonpl., Lecythidaceae) em florestas nativas de Roraima. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 38, n. 1, p. 133-144, 2014.

TROEH, F. R.; THOMPSON, L. M. *Solos e fertilidade do solo*. 6. ed. São Paulo: Andrei Editora Ltda., 2007.

VALENTIN, J. L. *Ecologia numérica: uma introdução à análise multivariada de dados ecológicos*. 2. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012. 168 p.

VASCONCELLOS, R. L. de F. et al. Nitrogênio, carbono e compactação do solo como fatores limitantes do processo de recuperação de matas ciliares. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 37, p. 1164-1173, 2013.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p.

VENTURIERI, A. et al. Análise da expansão da agricultura de grãos na região de Santarém e Belterra, Oeste do estado do Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO (SBSR), 13., 2007, Florianópolis. *Anais...* São José dos Campos: INPE, 2007. p. 7003-7010.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAES, R. S.; ALVAREZ, V. V. H.; SCHAESER, C. E. G. R. (ed.). *Tópicos em Ciências do Solo*. Viçosa: SBCS, 2000. p.1-54.

VITAL, A. R. T. et al. Produção de serapilheira e ciclagem de nutrientes de uma floresta estacional semidecidual em zona ripária. *Revista Árvore*, Viçosa, v. 28, n. 6, p.793-800, 2004.

WADT, L. H. O.; KAINER, K. A. Domesticação e melhoramento de castanheira. In: BORÉM, A.; LOPES, M. T. G.; CLEMENT, C. R. (ed.). *Domesticação e melhoramento: espécies amazônicas*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2009. cap. 15, p. 296- 317.

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*, Nova York, v. 211, p. 371-384, 2005.

WAGNER, F. H. et al. Climate seasonality limits leaf carbon assimilation and wood productivity in tropical forests. *Biogeosciences*, Hagen, v. 13, p. 2537-2562, 2016.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. (ed.). *Applications of soil physics*. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

WEBER, M. *Economia e sociedade*. Brasília,DF: Editora Universidade de Brasília, 1999. 586 p.

YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. *Geoestatística: conceitos e aplicações*. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215 p.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. *Food science and technology*, Campinas, v. 42, n. 10, p. 1573-1580, 2009.

YOON, J. H.; ZENG, N. An Atlantic influence on Amazon rainfall. *Climate Dynamics*, v. 34, p. 249-264, 2010.

ZAR, J. H. *Biostatistical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1999.662 p.

ZATORRE, N. P. *Influência da mudança do uso do solo em ecossistema na Amazônia Sul Ocidental*. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Seropédica, 2009.

ZHANG, H. et al. Seasonal patterns of litterfall in forest ecosystem worldwide. *Ecological Complexity*, Nova York, v. 20, p. 240-247, 2014.

ZUIDEMA, P. A. *Ecology and management of the Brazil nut tree (Bertholletia excelsa)*. Ribeiralta: Promab, 2003. 111p.

APÊNDICES

APÊNDICE A - TEORES DOS NUTRIENTES E VALORES DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DAS AMOSTRAS DE SOLO COLETADAS EM ÁREA DE CASTANHAL NATIVO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA, PARÁ.

(continua)

PONTOS DE COLETA	AREIA TOTAL	SILTE	ARGILA	pH	C	N	P	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Zn	Mn	Cu	C/N	PT	Macrop.	Microp.	CC	PMP
P1	405	117	478	4,1	14,9	1,5	4,9	34	4	0,52	0,25	2,1	202	1,05	4,1	0,22	9,7	0,61	0,23	0,37	0,34	0,24
P2	407	99	494	4,3	16,3	1,1	3,8	29	10	0,14	0,23	1,9	244	1,94	2,8	1,44	14,4	0,50	0,22	0,28	0,26	0,20
P3	431	93	476	4,4	11,1	1,0	3,1	36	6	0,24	0,32	1,2	241	1,71	6,9	0,33	11,0	0,59	0,23	0,37	0,34	0,22
P4	383	74	543	4,0	16,7	0,9	3,6	24	1	0,10	0,13	1,7	228	1,43	2,5	0,78	18,8	0,53	0,19	0,34	0,32	0,22
P5	361	108	532	3,9	14,3	1,2	2,5	16	1	0,15	0,15	2,3	233	0,67	1,6	0,15	12,4	0,56	0,22	0,34	0,30	0,20
P6	371	109	520	4,0	15,0	1,1	3,1	19	2	0,17	0,35	1,7	258	0,79	4,1	0,42	13,1	0,56	0,29	0,27	0,24	0,15
P7	362	89	549	4,5	12,0	1,2	2,4	19	2	0,98	0,35	0,7	172	0,68	6,2	0,24	10,0	0,60	0,20	0,40	0,36	0,27
P8	353	95	551	3,9	14,0	1,0	2,3	13	2	0,09	0,06	1,9	263	0,89	1,2	0,42	14,3	0,56	0,18	0,38	0,34	0,26
P9	342	101	557	4,2	9,9	1,0	2,5	13	2	0,44	0,34	1,3	271	0,64	3,2	0,12	9,5	0,55	0,23	0,31	0,28	0,21
P10	373	85	542	4,0	14,8	1,0	2,5	12	1	0,06	0,10	1,7	187	0,72	4,3	0,53	14,3	0,54	0,18	0,36	0,33	0,25
P11	403	98	499	4,1	12,3	1,1	2,9	29	4	0,32	0,31	1,6	228	0,79	2,0	0,46	11,0	0,53	0,20	0,33	0,30	0,22
P12	368	123	509	4,1	14,6	1,1	2,5	17	2	0,39	0,24	1,6	375	0,80	2,1	0,16	12,8	0,58	0,20	0,38	0,35	0,26
P13	393	91	516	4,3	12,2	1,0	2,3	14	2	0,43	0,26	1,5	234	0,53	13,7	0,15	12,2	0,58	0,20	0,38	0,35	0,25
P14	385	96	519	4,1	17,0	1,1	2,8	25	7	0,12	0,13	2,0	245	0,93	1,4	0,54	15,1	0,58	0,22	0,36	0,33	0,25
P15	355	100	544	4,0	14,4	1,1	2,3	18	4	0,08	0,09	2,1	290	0,56	1,5	0,16	13,5	0,57	0,26	0,32	0,29	0,21
P16	358	107	535	3,9	13,2	1,0	2,4	13	3	0,07	0,15	1,9	249	0,84	1,2	0,51	12,7	0,56	0,16	0,40	0,36	0,27
P17	359	97	544	4,0	13,1	1,2	2,6	19	3	0,11	0,21	1,6	177	0,44	1,4	0,14	10,9	0,55	0,19	0,36	0,34	0,24
P18	347	135	517	4,1	20,0	1,4	2,8	33	10	0,18	0,38	1,8	181	0,63	3,7	0,30	14,4	0,53	0,19	0,34	0,31	0,25
P19	342	122	536	4,2	13,9	1,1	2,7	18	4	0,07	0,27	1,7	176	0,73	3,0	0,31	12,4	0,58	0,23	0,35	0,33	0,24
P20	385	142	473	3,9	17,2	1,4	2,8	23	4	0,13	0,17	1,9	282	0,73	1,6	0,29	12,0	0,58	0,16	0,42	0,40	0,29
P21	366	132	502	4,1	12,4	1,1	2,8	23	5	0,14	0,27	1,5	228	0,59	1,8	0,14	11,7	0,60	0,28	0,33	0,31	0,22
P22	361	121	519	4,2	13,4	1,2	2,5	21	3	0,08	0,21	1,7	131	0,63	3,8	0,42	10,9	0,61	0,27	0,34	0,32	0,23
P23	361	124	515	3,9	13,3	1,2	2,9	16	3	0,07	0,20	1,9	224	0,53	0,9	0,14	11,4	0,58	0,24	0,35	0,32	0,23
P24	366	129	505	4,2	17,6	1,2	3,6	21	5	0,48	0,22	1,3	197	0,63	3,2	0,33	14,4	0,59	0,25	0,35	0,33	0,22
P25	357	114	529	4,0	12,2	1,0	2,8	15	2	0,06	0,18	1,8	225	0,57	9,2	0,27	11,7	0,51	0,18	0,33	0,32	0,24
P26	343	98	559	4,1	15,2	1,2	3,0	39	4	0,29	0,31	1,7	222	0,85	5,3	0,54	12,2	0,56	0,22	0,34	0,32	0,24
P27	357	83	560	3,9	13,0	1,1	2,8	29	4	0,10	0,22	1,8	251	0,90	2,2	0,10	11,6	0,49	0,22	0,27	0,26	0,19
P28	361	102	537	4,0	13,9	1,1	2,7	21	4	0,13	0,20	1,8	191	0,88	5,9	0,37	12,4	0,52	0,22	0,30	0,28	0,20
P29	379	90	531	4,0	11,1	1,1	2,8	15	3	0,06	0,07	1,5	209	0,58	3,6	0,14	10,3	0,62	0,22	0,40	0,38	0,26
P30	403	105	493	3,9	12,0	1,1	2,7	18	3	0,11	0,12	1,9	208	0,74	4,3	0,44	11,1	0,59	0,19	0,40	0,38	0,28

(conclusão)

PONTOS DE COLETA	AREIA TOTAL	SILTE	ARGILA	pH	C	N	P	K	Na	Ca	Mg	Al	Fe	Zn	Mn	Cu	C/N	PT	Macrop.	Microp.	CC	PMP
P31	412	60	528	4,2	13,1	1,0	3,1	19	3	0,31	0,26	1,0	304	0,82	3,2	0,38	12,6	0,62	0,23	0,39	0,37	0,25
P32	396	88	516	4,1	9,3	1,0	3,7	19	3	0,11	0,18	1,7	301	0,73	1,0	0,29	9,5	0,66	0,28	0,38	0,35	0,23
P33	393	85	522	4,1	12,4	1,2	3,1	29	5	0,13	0,20	1,4	334	1,27	1,1	0,59	10,0	0,62	0,21	0,41	0,39	0,27
P34	482	78	441	4,4	12,4	0,9	2,8	35	9	0,52	0,24	0,7	218	0,67	10,2	0,20	13,6	0,60	0,26	0,35	0,32	0,21
P35	464	83	453	4,4	11,1	0,9	2,7	25	3	0,31	0,32	1,0	219	0,89	3,7	0,53	12,9	0,61	0,23	0,38	0,36	0,25
P36	420	123	457	4,2	21,7	1,5	3,3	37	5	0,61	0,53	1,3	221	0,85	6,2	0,34	14,7	0,61	0,24	0,37	0,35	0,24
P37	405	97	498	4,0	14,2	1,2	2,6	19	4	0,13	0,15	1,8	160	0,63	5,4	0,22	11,4	0,55	0,24	0,32	0,29	0,20
P38	376	87	537	4,1	12,2	1,1	2,5	13	2	0,19	0,23	1,4	182	0,51	5,1	0,17	11,2	0,60	0,21	0,39	0,37	0,25
P39	364	88	549	4,2	11,2	1,0	2,3	21	3	0,17	0,27	1,4	191	0,59	4,0	0,16	11,3	0,58	0,20	0,38	0,35	0,24
P40	380	93	527	4,0	12,2	1,1	2,3	18	2	0,09	0,08	2,1	169	0,50	5,6	0,18	11,0	0,53	0,20	0,32	0,29	0,21
P41	394	102	504	4,3	12,0	1,2	2,6	16	2	0,35	0,52	0,9	292	0,52	7,8	0,21	10,4	0,54	0,22	0,32	0,28	0,20
P42	388	106	507	3,8	15,1	1,2	3,1	17	3	0,09	0,13	2,1	227	0,82	1,1	0,63	12,3	0,49	0,19	0,29	0,27	0,18
P43	494	93	413	3,8	15,6	1,1	2,9	22	4	0,11	0,11	1,7	271	0,80	1,0	0,42	13,7	0,57	0,20	0,37	0,34	0,24
P44	378	70	553	4,3	10,5	1,0	3,2	12	2	0,13	0,13	1,4	44	0,64	5,4	0,26	10,9	0,57	0,20	0,37	0,34	0,24
P45	508	79	414	4,1	14,9	1,3	3,2	25	3	0,25	0,29	1,5	203	0,71	3,5	0,39	11,7	0,51	0,15	0,36	0,34	0,24
P46	382	97	520	4,0	8,8	1,0	2,3	16	2	0,11	0,09	1,5	205	0,60	2,3	0,31	8,4	0,57	0,19	0,37	0,35	0,25
P47	363	87	550	4,5	11,4	1,1	2,2	12	2	0,39	0,34	1,0	149	0,69	13,5	0,49	10,7	0,51	0,12	0,39	0,37	0,26
P48	361	117	522	3,9	20,2	1,6	3,3	34	5	0,22	0,21	2,0	269	0,79	1,4	0,42	13,0	0,53	0,18	0,35	0,32	0,23
P49	367	89	544	4,2	12,0	1,1	2,4	21	3	0,23	0,49	1,1	158	0,67	8,3	0,28	10,9	0,46	0,16	0,30	0,28	0,21
P50	367	104	530	3,8	15,0	1,1	2,4	21	5	0,07	0,11	1,8	236	0,71	1,4	0,26	13,5	0,50	0,18	0,32	0,31	0,22
P51	351	134	515	4,3	12,5	1,1	2,5	21	5	0,09	0,22	1,4	146	0,68	1,7	0,34	11,1	0,51	0,16	0,35	0,32	0,24
P52	334	111	555	4,0	15,8	1,2	2,7	22	4	0,22	0,29	1,5	297	1,04	3,3	0,80	13,0	0,58	0,17	0,41	0,38	0,28
P53	528	79	393	3,8	13,8	1,3	2,9	24	4	0,17	0,28	1,4	257	1,15	1,3	1,44	10,5	0,48	0,19	0,29	0,27	0,20
P54	383	112	505	4,1	11,9	1,1	4,2	17	2	0,09	0,31	1,3	221	0,67	1,6	0,37	11,2	0,54	0,19	0,34	0,32	0,23
P55	323	93	585	4,0	14,5	1,3	2,4	26	8	0,09	0,17	1,7	250	1,18	1,2	1,43	11,1	0,56	0,20	0,36	0,34	0,24
P56	335	131	534	3,8	15,3	1,2	2,5	16	4	0,05	0,08	1,9	287	1,23	1,1	0,95	12,7	0,54	0,19	0,35	0,33	0,24
P57	377	109	514	4,1	17,3	1,3	3,0	34	3	0,26	0,19	1,5	200	0,90	0,7	0,37	12,8	0,55	0,16	0,38	0,36	0,27
P58	337	113	550	3,9	13,1	1,2	2,2	17	3	0,09	0,17	1,5	175	0,71	1,8	0,31	11,3	0,56	0,20	0,36	0,34	0,25
P59	387	114	499	3,8	20,3	1,7	3,0	27	5	0,11	0,25	1,9	238	0,68	2,6	0,28	11,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P60	305	120	575	3,9	12,5	1,1	2,3	17,0	3	0,06	0,15	1,7	236	0,55	1,630	0,17	10,9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Legenda: pH: potencial hidrogeniônico, C: carbono, N: nitrogênio, P: fósforo, K: potássio, Na: sódio, Ca: cálcio Mg: magnésio, Al: alumínio, Fe: ferro, Zn: zinco, Mn: manganês, Cu: cobre, C/N: relação carbono/nitrogênio, PT: porosidade total, Macrop.: macroporosidade, Microp.: microporosidade, CC: capacidade de campo, PMP: ponto de murcha permanente.

APÊNDICE B - DADOS MENSAIS DE CADA FRAÇÃO DA SERAPILHEIRA, POR COLETORES, EM G, OBTIDOS EM ÁREA DE CASTANHAL NATIVO DA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS, BELTERRA, PARÁ.

													(continua)	
COLETORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total (kg ha ⁻¹)	Total (Mg ha ⁻¹)
FRAÇÕES														
AGOSTO/2015														
Folha	14,9	4,9	24,1	31,4	9,5	18,9	14,7	10,1	14,9	14,4	13,8	12,2	612	0,612
Madeira	0,51	0,21	9,93	3,36	0,00	1,50	1,77	0,85	1,25	1,73	1,06	0,19	75	0,075
Flores e frutos	0,12	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,30	0,00	2	0,002
Miscelania	0,32	0,46	0,67	0,29	0,52	1,15	0,94	0,26	1,15	0,57	0,75	0,40	25	0,025
Produção total	15,9	5,6	34,7	35,0	10,0	21,6	17,4	11,2	17,3	16,7	15,9	12,7	713	0,7
SETEMBRO/2015														
Folha	24,3	22,8	24,1	21,7	14,5	25,8	22,5	38,8	25,0	25,1	18,4	26,7	966	0,966
Madeira	4,15	1,78	1,13	18,32	3,49	3,88	9,02	90,69	10,45	2,06	3,11	2,31	501	0,501
Flores e frutos	0,88	1,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,24	0,00	0,00	0,00	0,00	18	0,018
Miscelania	3,35	2,83	1,53	0,47	0,99	1,54	2,43	1,10	2,97	1,46	2,01	0,27	70	0,070
Produção total	32,7	28,8	26,8	40,5	19,0	31,2	33,9	133,9	38,4	28,6	23,5	29,2	1555	1,6
OUTUBRO/2015														
Folha	15,6	19,3	19,3	16,3	4,8	17,1	17,1	7,0	16,9	22,1	12,4	22,0	633	0,633
Madeira	2,64	1,74	1,31	9,35	1,75	2,13	4,58	0,55	5,29	1,62	1,80	1,16	113	0,113
Flores e frutos	0,00	0,00	0,01	0,00	0,78	0,06	0,00	0,01	3,58	0,28	0,00	0,02	16	0,016
Miscelania	1,68	1,55	0,85	0,34	0,56	0,82	1,24	0,68	1,58	0,86	1,14	0,27	38	0,038
Produção total	19,9	22,6	21,5	26,0	7,9	20,1	22,9	8,2	27,4	24,9	15,3	23,4	801	0,801
NOVEMBRO/2015														
Folha	6,8	15,9	14,5	10,9	9,7	8,4	11,8	13,9	8,9	19,1	6,4	17,3	479	0,479
Madeira	1,13	1,70	1,49	0,37	6,37	0,38	0,13	1,10	0,13	1,17	0,49	4,17	62	0,062
Flores e frutos	0,10	1,44	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,02	0,00	0,00	6	0,006
Miscelania	0,80	0,26	0,16	0,20	0,13	0,10	0,04	0,25	0,19	0,26	0,26	0,26	10	0,010
Produção total	8,9	19,3	16,2	11,5	16,2	8,9	12,0	15,3	9,3	20,5	7,2	21,8	556	0,556

COLETORES													(continuação)	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total (kg ha ⁻¹)	Total (Mg ha ⁻¹)
DEZEMBRO/2015														
Folha	8,3	4,6	14,5	3,2	4,7	10,2	12,3	5,4	10,3	6,7	4,6	8,6	310	0,310
Madeira	0,24	0,32	0,55	0,08	0,79	0,43	0,40	0,98	0,51	0,98	0,51	2,23	27	0,027
Flores e frutos	2,27	0,00	0,00	0,00	0,29	0,00	0,01	0,00	0,00	0,88	0,00	0,00	12	0,012
Miscelania	1,30	0,02	0,12	0,01	0,96	0,06	0,53	0,24	0,25	0,25	0,01	0,35	14	0,014
Produção total	12,1	4,9	15,2	3,3	6,7	10,7	13,2	6,6	11,1	8,8	5,1	11,2	362	0,362
JANEIRO/2016														
Folha	9,8	8,6	16,9	17,3	11,0	21,0	7,6	12,0	17,5	5,3	13,4	12,6	510	0,510
Madeira	5,28	1,37	0,32	11,94	0,80	0,03	0,00	0,45	0,45	3,63	0,77	0,01	84	0,084
Flores e frutos	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	1	0,001
Miscelania	0,11	0,29	0,28	0,05	0,12	0,08	0,04	0,21	0,26	0,65	0,57	0,00	9	0,009
Produção total	15,2	10,2	17,5	29,3	11,9	21,1	7,6	12,6	18,2	9,8	14,8	12,6	603	0,603
FEVEREIRO/2016														
Folha	2,7	14,1	2,6	11,5	3,5	5,0	1,8	5,0	8,1	2,5	5,6	2,8	218	0,218
Madeira	0,06	1,27	0,34	3,92	1,15	1,99	0,47	2,12	2,01	13,45	2,87	0,19	99	0,099
Flores e frutos	0,00	0,00	0,00	0,81	0,00	0,00	0,04	0,62	0,00	0,00	0,10	0,20	6	0,006
Miscelania	0,10	1,48	0,16	2,65	0,03	0,63	0,42	0,25	0,71	0,71	0,42	0,05	25	0,025
Produção total	2,9	16,8	3,1	18,9	4,7	7,6	2,7	8,0	10,9	16,7	9,0	3,3	348	0,348
MARÇO/2016														
Folha	2,3	3,8	7,5	6,8	3,0	10,4	1,0	11,2	2,5	4,0	5,0	1,0	195	0,195
Madeira	2,09	1,02	0,30	0,49	1,69	0,00	0,39	0,02	0,04	2,49	2,79	0,13	38	0,038
Flores e frutos	0,00	0,00	1,32	0,05	1,53	0,20	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	10	0,010
Miscelania	0,87	0,23	0,44	0,45	0,23	0,24	0,65	0,22	0,30	0,24	0,09	0,12	14	0,014
Produção total	5,3	5,1	9,6	7,8	6,5	10,8	2,1	11,5	2,8	6,7	7,9	1,3	257	0,257

COLETORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	(conclusão)	
													Total (kg ha ⁻¹)	Total (Mg ha ⁻¹)
ABRIL/2016														
Folha	3,3	4,8	8,1	2,3	3,9	3,9	4,6	6,6	3,1	3,3	3,5	3,5	170	0,170
Flores e frutos	0,00	1,89	0,08	0,00	0,38	0,00	0,00	0,90	2,61	0,01	0,00	0,00	20	0,020
Miscelania	0,35	0,16	0,15	0,11	0,48	0,32	0,00	0,47	1,13	0,25	0,26	0,03	12	0,012
Produção total	4,6	13,8	8,3	4,8	5,0	5,0	4,6	16,4	7,2	4,4	17,2	3,8	317	0,317
MAIO/2016														
Folha	4,2	5,9	2,2	4,7	1,0	7,8	3,9	3,5	4,3	4,3	5,3	4,0	170	0,170
Madeira	1,52	1,17	3,62	0,12	0,19	3,20	0,20	1,43	2,30	0,75	2,91	0,74	61	0,061
Flores e frutos	0,00	0,07	0,00	0,07	2,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8	0,008
Miscelania	0,26	0,73	0,02	0,50	0,13	0,55	0,25	1,76	1,30	0,43	0,05	0,62	22	0,022
Produção total	6,0	7,8	5,8	5,3	3,6	11,6	4,4	6,7	7,9	5,4	8,3	5,3	261	0,261
JUNHO/2016														
Folha	12,0	6,1	16,1	1,7	4,8	5,0	4,6	3,5	4,2	3,7	2,0	3,9	225	0,225
Madeira	4,84	9,28	0,82	0,81	1,04	3,17	1,46	1,20	1,90	1,30	0,56	0,86	91	0,091
Flores e frutos	0,00	0,00	0,02	1,36	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5	0,005
Miscelania	0,69	1,38	0,68	1,01	0,97	0,98	0,10	1,79	0,00	0,04	1,30	1,21	34	0,034
Produção total	17,6	16,7	17,6	4,9	6,9	9,1	6,2	6,5	6,1	5,0	3,8	6,0	354	0,354
JULHO/2016														
Folha	6,4	4,2	9,4	7,8	0,7	8,2	5,8	9,1	5,4	4,0	8,2	11,9	270	0,270
Madeira	4,06	1,01	0,20	4,09	1,51	4,12	1,96	0,94	1,48	4,79	1,24	2,14	92	0,092
Flores e frutos	0,00	0,00	0,16	0,02	0,00	0,30	0,29	0,00	0,48	0,00	0,00	0,00	4	0,004
Miscelania	0,09	0,58	1,01	0,41	0,06	0,61	0,65	0,02	0,19	0,68	0,61	0,48	18	0,018
Produção total	10,6	5,8	10,7	12,3	2,2	13,2	8,7	10,0	7,6	9,5	10,0	14,5	384	0,384

Legenda: kg: quilograma, ha: hectare.

**APÊNDICE C - FORMULÁRIO DE ENTREVISTA APLICADO AOS
EXTRATIVISTAS DE CASTANHA-DO-BRASIL**

FORMULÁRIO DE EXTRATIVISTAS (CASTANHEIROS)

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu

_____,
estou sendo convidado a participar de um estudo denominado **ATRIBUTOS QUÍMICO-FÍSICOS E BIOLÓGICOS DO SOLO, PRODUÇÃO DE SERAPILHEIRA E ASPECTOS SOCIAIS EM CASTANHAL NATIVO NA FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS**, cujo objetivo é: Avaliar a influência da variação sazonal da precipitação sobre os aspectos químicos, físicos e biológicos de solo sob castanhais nativos na Floresta Nacional do Tapajós e caracterizar o perfil socioeconômico e as práticas de manejo desenvolvidas na área.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome ou qualquer outro dado ou elemento que possa, de qualquer forma, me identificar, será mantido em sigilo.

Também fui informado de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar o motivo que fez sair da pesquisa, e que também não sofrerei qualquer prejuízo. A pesquisadora envolvida com o referido projeto é **Quêzia Leandro de Moura Guerreiro** acadêmica da **Universidade Federal do Pará** e com ela poderei manter contato pelo telefone (93) 99223-6440.

É assegurada acesso as informações e esclarecimentos adicionais sobre o estudo e suas consequências, ou seja, tudo o que eu queira saber antes, durante e depois da minha participação me será esclarecido.

Enfim, tendo sido orientado quanto ao teor de todo o aqui mencionado e compreendido a natureza e o objetivo do já referido estudo, manifesto meu livre consentimento em participar, estando totalmente ciente de que não há nenhum valor econômico, a receber ou a pagar, por minha participação.

Santarém, _____ de _____ de 2016.

Nome do sujeito da pesquisa

Assinatura/ impressão digital

Nome do aplicador

Nome do responsável pela pesquisa

IDENTIFICAÇÃO PESSOAL	
Data: / /	Entrevistador (a):
Comunidade:	Município: UF:
Nome do Informante:	
Quantos anos na região de estudo?	Data de Nascimento: / /
Nº membros na família:	Nº de filhos (as):
Coordenadas geográficas (domicílio):	
1 – Onde o senhor (a) nasceu?	
2 – Onde seus pais nasceram?	
Pai: _____	
Mãe: _____	
3 - Sobre a propriedade que reside, o senhor (a) é?	
1() Proprietário 2() Arrendatário 3() Caseiro 4() Outro: _____	
4 – O senhor (a) tem outros imóveis?	
1() Não	
2() Casa	UF: _____ Município: _____
3() Terreno	UF: _____ Município: _____
4() Ponto comercial	UF: _____ Município: _____
5() Roça	UF: _____ Município: _____
6() Outra (s) _____	UF: _____ Município: _____
5 – Como o senhor (a) se locomove para a cidade?	
1() Moto 2() Ônibus 3() Carro 4() Carona	
6 - A castanha é a principal fonte de renda da família? 1() Não 2() Sim	
6.1 - Qual a fonte de renda principal?	
1() Farinha 2() Milho 3() Polpa de fruta 4() Trabalho externo 5() Turismo 6() Horta	
7() Outro: _____	
7 – A família recebe algum recurso financeiro externo¹? 1() Sim 2() Não	
	Nº pessoas Valor total Desde quando recebe (em anos)
1 Bolsa família	_____ R\$ _____ 1() até 1 2() de 1 até 3 3() de 4 até 8 4() > 9
2 Aposentadoria (idade)	_____ R\$ _____ 1() até 1 2() de 1 até 3 3() de 4 até 8 4() > 9
3 Aposentadoria (borracha)	_____ R\$ _____ 1() até 1 2() de 1 até 3 3() de 4 até 8 4() > 9
4 Benefício	_____ R\$ _____ 1() até 1 2() de 1 até 3 3() de 4 até 8 4() > 9
5 Outro: _____	_____ R\$ _____ 1() até 1 2() de 1 até 3 3() de 4 até 8 4() > 9
¹ Governo, ONGs, Fundação...	

COLETA E ACESSO AO CASTANHAL

8 - Desde quando o senhor (a) coleta (apanha) castanha na região? _____

9 – Sobre as pessoas que participam da coleta e/ou beneficiamento e/ou venda da castanha, responda:

Gênero		Idade	Nível escolar					
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C
1()M	2()F	_____	1()Analf.	2()Ler e escrever	3()E.F.Inc	4()E.F.C	5()E.M.In	6()E.M.C

10 - Quais os castanhais frequentados?

		Situação da Área		
Cast.1	_____	1()Particular/cedido	2()Público	3()Área própria
Cast.2	_____	1()Particular/cedido	2()Público	3()Área própria
Cast.3	_____	1()Particular/cedido	2()Público	3()Área própria
Cast.4	_____	1()Particular/cedido	2()Público	3()Área própria

11 – Qual a distância da sua casa para o castanhal?

Cast.1	_____	1()até 5 km	2()de 6 a 10 km	3()de 11 a 15 km
Cast.2	_____	1()até 5 km	2()de 6 a 10 km	3()de 11 a 15 km
Cast.3	_____	1()até 5 km	2()de 6 a 10 km	3()de 11 a 15 km
Cast.4	_____	1()até 5 km	2()de 6 a 10 km	3()de 11 a 15 km

12 – De que forma é feito o acesso da sua casa até os castanhais?

1()A pé 2()Moto 3()Bicicleta 4()Outros _____

13 - É realizado pernoite em barraco na área do castanhal?

1()Não 2()Sim

13.1 – Sobre o barraco:

Distância até o castanhal: _____ ()Tempo ()Km

Tempo e frequência de permanência no barraco: _____ ()Dias ()Semanas ()Meses

Tipo de alimentação: ()Caça ()Pesca ()Produtos manufaturados ()Outros _____

14 – O senhor (a) exerce outra atividade na área?

1()Não 2()Sim

1()Caça 2()Coleta de outros frutos Qual: _____

15 - Em quais meses do ano realiza-se a coleta da castanha?

1()Dez 2()Jan 3()Fev 4()Mar 5()Abr 6()Mai

16 - Qual o mês mais produtivo?

1()Dez 2()Jan 3()Fev 4()Mar 5()Abr 6()Mai

17 – Quais equipamentos, maquinários e/ou objetivos são utilizados para auxiliar na coleta da castanha?

1()Facão 2()Saco 3()Gancho feito na floresta 4()Outro

18 - Quais EPIs são usados no momento da coleta?

1()Nenhum 2()Capacete 3()Boné 4()Bota 5()Caneleira 6()Luva

19 – Já aconteceu algum acidente enquanto o senhor (a) estava coletando ou quebrando as castanhas?

1() Não

2() Sim 1() Picada de cobra 2() Picada de escorpião 3() Queda de ouriço 4() Queda

5() Corte enquanto quebrava o ouriço 6() Outro: _____

20 - Como é feito o transporte da castanha do interior da floresta até o meio de transporte?

1() Nas costas 2() Bicicleta 3() Carrinho de mão 4() Outro: _____

21 - Quais dificuldades são enfrentadas durante a coleta?

22 – O senhor (a) tem licença para coletar?

1() NÃO 2() SIM

Ano de obtenção: _____

PRODUÇÃO E VENDA

23– Quanto foi coletado de castanha com casca nas safras abaixo?

2011/2012: _____

2012/2013: _____

2013/2014: _____

2014/2015: _____

2015/2016: _____

23.1 - Por que o senhor (a) não coletou nesse (s) ano (s)?

24 – O senhor (a) identifica as árvores com maior produção? 1() Não 2() Sim

24.1 - Como?

25 - Qual o destino da castanha?

1() Venda

2() Consumo

3() Venda e consumo

26 – Como são consumidas ou utilizadas a castanha?

1() Não consome 2() Semente 3() Leite 4() Biscoitos 5() Óleo 6() Paçoca

7() Preparação de pratos 8() Outros: _____

27 – Para quem é vendida?

1() Atravessador

2() Empresa

3() Varejo

Município/comunidade

28 – Qual o valor médio de venda?

2011/2012:R\$ _____ 2012/2013:R\$: _____ 2013/2014:R\$: _____ 2015/2016:R\$: _____

29 - Como é feito o transporte da castanha até o comprador?

1()Carro 2()Moto 3()Frete 4()Ônibus 5()Outros: _____

30- Quanto o senhor (a) gasta com esse transporte?

R\$: _____

31 – O senhor (a) percebe alteração na produção em anos que tiveram o verão mais intenso?

1()Não sei responder 2()Não percebo alteração 3()Aumenta 4()Diminui

Obs.: _____

32 – O senhor (a) percebe alteração na produção em anos que tiveram mais queimadas na região?

1()Não sei responder 2()Não percebo alteração 3()Aumenta 4()Diminui

Obs.: _____

PRÁTICAS DE MANEJO DA ÁREA E BENEFICIAMENTO**33 - Quais as práticas de manejo são realizadas no castanhal?**

1()Nenhuma 2()Limpeza de trilhas 3()Corte de lianas (cipós) 4()Capinar/Limpar no redor da castanheira 5()Outras: _____

34 - Quais as práticas são realizadas de manejo-beneficiamento da castanha?

1()Nenhuma 2()Limpeza 3()Secagem 4()Lavagem 5()Outras: _____

35– Por quanto tempo o ouriço fica amontoado na floresta até o seu transporte?

1()Nenhum 2()Até um dia 3()Até um semana 4()Até três semanas 5()Um ou mais meses

36 – O senhor (a) vê alguma degradação na área do castanhal ou no seu entorno?

1()Nenhuma 2()Extração de madeira 3()Queimada 4()Desmatamento 5()Outras: _____

37 – O senhor (a) utiliza outras partes da castanheira?

1()Não 2()Sim

Qual? Para quê?

1()Folhas. _____

2()Tronco (madeira). _____

3()Ouriço. _____

4()Casca da semente. _____

5()Casca do tronco. _____

38 – O que o senhor (a) acha que poderia ser feito para melhorar a produção do castanhal?_____

