


DAVID AQUINO DA COSTA



**QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL APÓS O USO DE
SECADOR DE AR POR CONVECÇÃO NATURAL
E ARMAZÉM COM VENTILAÇÃO**

RIO BRANCO - AC

2012

DAVID AQUINO DA COSTA

**QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL APÓS O USO DE
SECADOR DE AR POR CONVECÇÃO NATURAL
E ARMAZÉM COM VENTILAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Profa. Dra. Virgínia de S. Álvares
Co-orientador: Prof. Dr. Jorge Ferreira Kusdra

RIO BRANCO - AC

2012

© 2012 COSTA, D. A.

COSTA, David Aquino da. **Qualidade da castanha-do-brasil após o uso de secador de ar por convecção natural e armazém com ventilação..** Rio Branco, 2012. 110f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Centro de Ciências Biológicas e da Natureza. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Universidade Federal do Acre, Rio Branco.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFAC

C837q Costa, David Aquino da, 1980-

Qualidade da castanha-do-brasil após o uso de secador de ar por convecção natural e armazém com ventilação / David Aquino da Costa. Rio Branco: UFAC/Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2012.

110f.: il.; 30 cm.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Produção Vegetal da Universidade Federal do Acre como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof^a. Dr^a Virgínia de S. Álvares

Co-orientador: Prof^o Dr^o Jorge Ferreira Kusdra

1. *Bertholletia excelsa*. 2. Castanha-do-brasil - Secagem. 3. Castanha-do-brasil - Armazenagem. 4. Castanha-do-brasil - Brasil - Acre. 5. *Aspergillus flavus*. 6. *A.parasiticus*. 7. Aflatoxinas I. Título.

CDD: 660.28426098112

CDU: 634.575(811.2)

Agostinho Sousa crb11/547

Rio Branco - Acre

2012

DAVID AQUINO DA COSTA

**QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL APÓS O USO DE
SECADOR DE AR POR CONVECÇÃO NATURAL
E ARMAZÉM COM VENTILAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia, Área de concentração em Produção Vegetal, da Universidade Federal do Acre, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia.

APROVADA em 1 de junho de 2012.

Banca examinadora:

Prof^a. Dra. Virgínia de S. Álvares
EMBRAPA/AC
(Orientadora)

Dra. Clarissa Reschke da Cunha
EMBRAPA/AC

Prof^a. Dra. Maria Luzenira de Souza
UFAC

RIO BRANCO, AC

2012

Agradeço em primeiro lugar a Deus que iluminou o meu caminho durante esta caminhada e que sempre estiveram ao meu lado, nas minhas quedas, nas minhas fraquezas, nas lutas e controvérsias, vitórias e derrotas. Aos pais, José Antônio da Costa (*in memoriam*) e Maria das Graças Aquino da Costa, a quem eu rogo todas as noites a minha existência.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus por ter me concedido sabedoria, saúde, disposição e condições espirituais e materiais para superar as dificuldades, mostrar os caminhos nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades para que eu pudesse chegar até aqui.

À orientadora Professora Virgínia de Souza Álvares, pela oportunidade de trabalhar nesta área fantástica, pela amizade, apoio e discussões que muito enriqueceram o trabalho;

Ao co-orientador Professor Dr. Jorge Ferreira Kusdra pela dedicação, paciência e sugestões na redação, além das inúmeras contribuições no auxílio da análise estatística ao longo da pesquisa.

Aos professores que, juntamente com a minha orientadora, compuseram a banca de qualificação: Dra. Clarissa Reschke da Cunha e a Prof^a. Dra. Maria Luzenira de Souza, por suas valiosas contribuições.

A todos os professores do curso, colegas de aula, funcionários da UFAC.

À minha família: Aos meus pais, José Antônio da Costa (*in memoriam*) e Maria das Graças Aquino da Costa, grandes incentivadores e amigos, meus irmãos Israel Aquino da Costa e José Antônio da Costa Júnior e a todos demais familiares e amigos, pelo carinho.

Aos mestres que souberam ensinar e guiar a direção correta para que esse crescimento seja possível e que continue indeterminadamente. Àqueles que nos inspiram e fazem sempre querer continuar e melhorar.

Aos amigos Angélica Costa de Lima, Elva Maria Soares de Araújo, Fabiana Cruz Costa, Joyce de Queiroz Barbosa e Simone de Alencar Maciel pela colaboração e incentivo;

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

À Fundação de Tecnologia do Estado do Acre (FUNTAC) pelo apoio financeiro para execução do projeto de pesquisa.

À EMBRAPA – Acre, pelo apoio técnico.

A professora Prof^a. Dra. Roberta Martins Nogueira responsável pela confecção dos secadores utilizados durante os experimentos para execução deste trabalho.

"Seja você quem for, seja qual for à posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá."

Ayrton Senna da Silva

RESUMO

A castanha-do-brasil requer o uso de boas práticas de manejo durante toda a cadeia produtiva para evitar a presença de fungos produtores de aflatoxinas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um secador a ar por convecção natural e de um modelo de armazém na qualidade das amêndoas de castanha-do-brasil. As amêndoas, provenientes do Seringal Porongaba, no município de Brasiléia, foram transportadas para o Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Acre, para instalação de dois experimentos, sendo o primeiro em delineamento de blocos casualizados e o segundo em delineamento inteiramente casualizado. No primeiro experimento foi realizada a secagem das castanhas em um protótipo de secador a ar por convecção natural e avaliadas as características físicas, físico-químicas e microbiológicas das amêndoas antes e após a secagem considerando os teores de umidade, cinzas, proteína, fibra alimentar, extrato etéreo, carboidratos, a atividade de água, a contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxinas e a quantificação de aflatoxinas B1, B2, G1, G2 e total. No segundo experimento o restante das castanhas secas foram armazenadas a granel por até cinco meses (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias) em um protótipo de armazém com ventilação artificial. Foram avaliadas, em cada período de 30 dias, as mesmas variáveis do primeiro experimento. No primeiro experimento não se verificou efeito da secagem na contagem de *Aspergillus flavus* e *A. parasiticus*, aflatoxina e atividade de água. Contudo, a temperatura de secagem de 45 °C foi eficiente para a redução da umidade da amêndoa e da contaminação pré-existente de fungos filamentosos totais. No segundo experimento, verificou-se que o secador-armazém foi eficiente em reduzir o teor de umidade da amêndoa de castanha-do-brasil e manter as características físico-químicas do produto em níveis adequados, mas ineficiente em reduzir o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas no decorrer do armazenamento do produto por até 150 dias. Os resultados deste experimento evidenciam que a armazenagem da castanha deve ser evitada em grandes períodos devido à elevação da quantidade de fungos aflatoxigênicos e aflatoxinas após 30 dias.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Aflatoxinas. Secagem. Armazenamento.

ABSTRACT

The Brazil nuts requires the use of good management practices during the chain to avoid the presence of aflatoxin producing fungi. The aim of this study was to evaluate the efficiency of a dryer by natural convection and a new storage facility model in quality of Brazil nuts. The nuts, from Seringal Porongaba Location, in Brasiléia city, were transported to the laboratory of food technology in Embrapa Acre, for installation of two experiments, the first designed as randomized block and the second as completely randomized design. In the first experiment the nuts were dried in a prototype of dryer by natural convection and evaluated the physical, physical-chemical and microbiological characteristics of nuts before and after drying considering moisture content, ash, protein, dietary fiber, lipids, carbohydrates, water activity, total count of filamentous fungi, potentially aflatoxins producers and quantification of aflatoxins B1, B2, G1, G2 and total. In the second experiment the dried nuts were stored in bulk for five months (0, 30, 60, 90, 120 and 150 days) in a new storage facility model with artificial ventilation. It was evaluated the same variables for the first experiment, with periodicity of 30 days. In the first experiment was not verified the effect of drying on the count of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*, aflatoxin level and water activity. However, the drying temperature of 45° C was efficient to reduce the moisture content and pre-existing contamination of filamentous fungi totals in nuts. In the second experiment, it was verified that the new storage facility model was efficient in reducing the moisture content of nuts and to maintain the physico-chemical properties of the product at appropriate levels, but ineffective in reducing fungal growth and aflatoxin production in the storage for 150 days. The results of this experiment show that the storage of brazil nut should be avoided by large periods due to the elevation of the amount of potentially aflatoxin producers and aflatoxins after 30 days.

Keywords: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Aflatoxins. Drying. Storage.

LISTA DE GRÁFICOS

- Gráfico 1 - Teor de umidade da amêndoa da castanha-do-brasil obtido antes e após sua secagem à alta temperatura (45 °C) por convecção natural, em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 48
- Gráfico 2 - Fungos filamentosos totais na castanha-do-brasil obtido antes e após sua secagem à alta temperatura por convecção natural, em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 52
- Gráfico 3 - Teor de umidade em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.. 69
- Gráfico 4 - Comparação entre a umidade da amêndoa e fungos potencialmente produtores de aflatoxinas obtidos durante o tempo armazenamento de 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011..... 71
- Gráfico 5 - Comparação entre a umidade da amêndoa e aflatoxina total obtida durante o tempo de armazenamento de 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011..... 71
- Gráfico 6 - Fungos potencialmente produtores de aflatoxina (FPPA) observados em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011..... 74
- Gráfico 7 - Atividade de água e fungos potencialmente produtores de aflatoxinas em castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011..... 74
- Gráfico 8 - Atividade de água e aflatoxina total em castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011..... 75

Gráfico 9 - Fungos filamentosos totais em amêndoas de castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	77
Gráfico 10 - Fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) observados em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	78
Gráfico 11 - Temperatura do ambiente e umidade relativa do ar registradas no período de até 150 dias de armazenamento de castanha-do-brasil em armazém de ar forçado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	79
Gráfico 12 - Aflatoxina B1 observada em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	81
Gráfico 13 - Aflatoxina total observada em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	81
Gráfico 14 - Aflatoxina B1 e total observadas em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	82
Gráfico 15 - Teor de cinzas da amêndoa de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011...	84
Gráfico 16 - Teor de carboidratos totais da castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011...	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fruto da castanheira-do-brasil.....	21
Figura 2 - Distribuição das castanheira-do-brasil entre as regiões oeste e leste da Bacia Amazônica.....	22
Figura 3 - Protótipo do secador utilizado nos experimentos com a castanha-do-brasil (A) com detalhe de sua fornalha (B).....	42
Figura 4 - Elementos constituintes do secador.....	42
Figura 5 - Máquina adaptada para extração da amêndoa de castanha-do-brasil....	43
Figura 6 - Protótipo do secador utilizado durante armazenagem da castanha-do-brasil.....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção anual de castanha-do-brasil entre 2008 e 2010.....	26
Tabela 2 - Variáveis físicas e microbiológicas de castanha-do-brasil avaliadas antes e após serem submetidas em secador de ar por convecção natural, em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.....	50
Tabela 3 - Variáveis físicas e físico-químicas da castanha-do-brasil avaliadas antes e após serem submetidas em secador de ar por convecção natural, em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.....	50
Tabela 4 - Correlações entre as variáveis avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.....	53
Tabela 5 - Correlações entre as variáveis avaliadas em experimento no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.....	73

LISTA DE APÊNDICES

- APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância da atividade de água (A_w), teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), aflatoxina B1 (AB1), aflatoxina B2 (AB2), aflatoxina G1 (AG1), aflatoxina G2 (AG2), aflatoxina total (AT), teores de cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT), extrato etéreo (TEE) e fibra bruta total (TFBT), carboidratos totais (TCT) pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variância) e Shapiro-Wilk (normalidade dos erros)..... 107
- APÊNDICE B – Análise de variância do teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 107
- APÊNDICE C – Análise de variância das aflatoxinas B1 e B2 avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 108
- APÊNDICE D – Análise de variância dos teores de umidade centesimal (TUC), cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT) e extrato etéreo (TEE) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 108
- APÊNDICE E – Análise de variância dos teores de fibra bruta total (TFBT) e carboidratos totais (TCT) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 108
- APÊNDICE F – Pressupostos da análise de variância da atividade de água (A_w), teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), aflatoxina B1 (AB1), aflatoxina B2 (AB2), aflatoxina G1 (AG1), aflatoxina G2 (AG2), aflatoxina total (AT), teores de cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT), extrato etéreo (TEE), fibra bruta total (TFBT), e carboidratos totais (TCT) pelos testes de Bartlett (homogeneidade de variância) e Shapiro-Wilk (normalidade dos erros)..... 109
- APÊNDICE G – Análise de variância dos fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 110
- APÊNDICE H – Análise de variância de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e total avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..... 110

APÊNDICE I – Análise de variância dos teores de cinzas (TC), proteína bruta (TPBT), extrato etéreo (TEE) e fibra bruta total (TFBT) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.....	111
APÊNDICE J – Análise de variância dos teores de fibra bruta total (TFBT) e carboidratos totais (TCT) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011..	111

LISTA DE SIGLAS

AIPC - Agência Internacional de Pesquisa do Câncer
AFLORAM - Agência de Florestas e Negócios Sustentáveis do Amazonas
AFPA - *Aspergillus flavus parasiticus*
APPCC - Análises e Pontos Críticos de Controle
Aw - Atividade de água
BPF/BPM - Boas Práticas de Fabricação/Manejo
CAEX - Cooperativa Agropecuária Extrativista de Xapuri
CAPEB - Cooperativa Agroextrativista dos Produtores de Epitaciolândia e Brasiléia
CIRAD - Centro de Coop. Internacional em Pesq. Agronômica para Desenvolvimento
COOPERACRE - Cooperativa Central de Comercialização Extrativista do Estado do Acre
COOPERIACO - Cooperativa dos Produtores Rurais do Vale do Rio Iaco
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EU - União Européia
FAOSFAT/FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação
FUNTAC - Fundação de Tecnologia do Estado do Acre
H. B. K. - Humboldt, Bompland e Kunth
HPLC - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
IARC - Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer
IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais
IBGE - Instituto Brasileiro Geografia e Estatística
LACQSA - Laboratório de Controle de Qualidade e Segurança Alimentar
LOWESS - Locally Weighted Scatterplot Smoothing
MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento - Pará
ONGs - Organizações Não Governamentais
PAS - Programa de Alimentos Seguros
PFNMs - Pauta de exportação de florestais não-madeireiros
PNSQV - Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal
RESEX - Reserva Extrativista Chico Mendes
rpm - Rotação por minuto
SafeNut - Segurança alimentar da castanha-do-brasil
SEAPROF - Secretaria de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar
UFC - Unidade formadora de colônia
UV - Ultra violeta

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	18
2 REVISÃO DE LITERATURA	20
2.1 CASTANHA DO BRASIL.....	20
2.1.1 Distribuição geográfica.....	22
2.1.2 Valor nutricional.....	23
2.1.3 Importância econômica.....	24
2.1.4 Sistema de produção no Acre.....	25
2.1.5 Beneficiamento da castanha-do-brasil.....	27
2.1.6 Qualidade comercial.....	28
2.2 FUNGOS E AFLATOXINAS.....	29
2.3 AFLATOXINAS NA CASTANHA DO BRASIL.....	32
3 CAPÍTULO I	
QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL APÓS A SECAGEM EM ALTA TEMPERATURA POR CONVECÇÃO NATURAL	36
RESUMO.....	37
ABSTRACT.....	38
3.1 INTRODUÇÃO.....	39
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	41
3.2.1 Preparo das amostras.....	43
3.2.2 Análise microbiológica das amêndoas.....	43
3.2.3 Quantificação de aflatoxinas.....	44
3.2.3.1 Preparação dos extratos.....	44
3.2.3.2 Diluição.....	45
3.2.3.3 Purificação e eluição.....	45
3.2.3.4 Retomada.....	45
3.2.3.5 Quantificação.....	45
3.2.4 Análises físicas e físico-químicas das amêndoas.....	45

3.2.5 Análise estatística.....	47
3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
3.5 CONCLUSÕES.....	57
REFERÊNCIAS.....	58
4 CAPÍTULO II	
QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL SECA NO ARMAZENAMENTO....	62
RESUMO	63
ABSTRACT	64
4.1 INTRODUÇÃO.....	65
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	67
4.2.1 Preparo das amostras e análises laboratoriais.....	68
4.2.2 Análise estatística.....	68
4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	69
4.4 CONCLUSÕES.....	87
REFERÊNCIAS.....	88
5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
REFERÊNCIAS.....	93
APÊNDICES.....	105

1 INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) ocorre naturalmente em toda a Amazônia Legal, sendo a amêndoa um produto de elevada importância econômica, social e preservacionista para a economia dos estados da Amazônia brasileira onde, em alguns destes, é o principal produto extrativista não madeireiro de exportação (SANTOS et al., 2001).

As amêndoas da castanha são consideradas como um dos alimentos mais nutritivos das florestas da Amazônia, devido ao seu alto teor de proteínas, carboidratos, lipídios insaturados, vitaminas, açúcares e fibras (CHUNHIENG et al., 2004; CHUNHIENG et al., 2008), além de importantes minerais como cálcio, magnésio, fósforo e potássio (INC, 2010; USDA, 2008; YANG, 2009). Além disso, devido o alto teor de selênio na amêndoa, seu consumo *in natura* tem sido indicado a partir de constatações de que este elemento contribui para a prevenção e redução de tumores malignos (KLEIN et al., 2003).

Embora a castanha-do-brasil apresente alto valor nutricional, a contaminação das amêndoas é um dos maiores problemas para o seu consumo. O sistema tradicional de coleta e armazenamento utilizado compromete seriamente a sua qualidade, favorecendo a incidência de agentes contaminantes como fungos do gênero *Aspergillus*, que podem produzir aflatoxinas e tornar o produto impróprio para o consumo (PINHEIRO, 2004). Esta situação ocorre porque na produção extrativista não são utilizadas tecnologias avançadas que mantenham sua qualidade. Contudo, o uso das boas práticas extrativistas pode reduzir a contaminação por fungos (SIMÕES, 2004). A intensificação da coleta na floresta, o uso de equipamentos específicos para a quebra do ouriço (fruto da castanha), como facão e lona plástica, a proteção contra chuvas, evitar o contato da castanha com outros tipos de contaminações durante o transporte e, principalmente, uma estrutura de armazenamento adequada, são recomendações feitas ao extrativista para manter a qualidade da castanha-do-brasil (PAS, 2004).

A contaminação da castanha-do-brasil por aflatoxinas é de interesse nacional e internacional, pois é um produto importante na pauta de exportações do Brasil, sendo bastante consumido em outros países, especialmente europeus (SILVA; MARSAIOLI JÚNIOR, 2003). Portanto a contaminação torna-se um obstáculo para a

exportação do produto brasileiro para países da União Européia que, inclusive, entre os anos de 2003 e 2004, devolveram lotes do produto, resultando em queda de 91,78% nas exportações brasileiras de castanhas com casca para a união européia (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2003).

Gonçalves et al. (2010), comparando três tipos de secadores para a castanha-do-brasil (solar, do tipo armazém e secador com ar aquecido forçado), concluíram que a secagem artificial é o método mais eficiente na secagem deste produto, visando obter castanhas com umidade de 9,7% ao final de 48h do processo. Entretanto, neste sistema, o controle da temperatura de secagem é um ponto crítico, resultando em picos de temperaturas sob a castanha, podendo comprometer sua qualidade física, causando rachaduras na casca do produto, como citado por Nogueira (2011).

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade física, físico-química e microbiológica da castanha-do-brasil após sua secagem e armazenamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A castanheira-do-brasil ocorre naturalmente em toda a Amazônia Legal, sendo a castanha um produto de elevada importância econômica, social e preservacionista para os estados do norte do Brasil onde, em alguns destes, como Acre, Amazonas e Pará, constitui-se no principal produto extrativista não madeireiro de exportação. É uma espécie de alto valor comercial no mercado internacional, mas que apresenta baixo nível tecnológico em sua cadeia produtiva, bem como condições inadequadas de manejo e manuseio que favorecem a contaminação por fungos toxigênicos, com conseqüente risco à saúde do consumidor e perdas econômicas em todas as etapas da cadeia produtiva. Desta forma, o uso de métodos artificiais de secagem e armazenamento visa orientar a aplicação de medidas de controle de fungos toxigênicos, principalmente os produtores de aflatoxinas, para a melhoria da qualidade das amêndoas.

2.1 CASTANHA DO BRASIL

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) foi descrita pela primeira vez em 1808, nos relatórios das viagens de Humboldt, um geólogo alemão, que juntamente com seu companheiro de viagem Aimé Bonpland, pesquisaram e descreveram a flora de várias partes do mundo (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

Humboldt e Bonpland identificaram, entre as mais de 60.000 espécies de plantas, a castanheira-do-brasil, que foi homenageada com o nome do químico francês Claude-Louis Berthollet, enaltecendo que *excelsa* era aquela árvore. Porém foi o botânico alemão Carl Sigmund Kunth foi quem publicou as classificações botânicas das plantas coletadas no continente americano e tornou-se conhecido como um dos primeiros cientistas a catalogar plantas (PACHECO; SCUSSEL, 2006). Posteriormente Humboldt, Bonpland e Kunth, denominaram a árvore como a majestosa da Floresta Amazônica (NYBG, 2006).

A castanheira-do-brasil é uma planta pertencente à divisão Angiospermae, classe Dicotiledônea, ordem Myrtiliflorae, família Lecythidaceae, gênero *Bertholletia* e espécie *excelsa*. A família tem 325 tipos de árvores nos trópicos americanos e divide-se em 15 gêneros, em que o *Bertholletia* é dominante com 75 espécies (BRASIL, 2002).

É uma espécie encontrada preferencialmente em solos pobres, bem estruturados, argilosos ou argilo-arenosos, sendo que sua maior ocorrência é nos de textura média a pesada, desenvolvendo-se bem em terras firmes e altas da bacia Amazônica, com distribuição regular nas proximidades dos rios e no litoral. Vegeta naturalmente em clima quente e úmido, com temperatura média anual variando entre 24,3 e 27,2 °C, com máximas entre 30,6 e 32,6 °C e mínimas de 19,2 a 23,4 °C (PAS, 2004; PACHECO; SCUSSEL, 2006). Predomina em áreas cuja precipitação média varia de 1400 a 2800 mm/ano e onde existe déficit hídrico de 2-5 meses (CLEMENT, 2002).

A castanheira de ocorrência natural frutifica pela primeira vez entre os 8 e 12 anos e normalmente produz após o décimo quarto ano (PAS, 2004). No Acre os frutos (ouriços) caem de novembro a março, com maior queda nos meses de dezembro a janeiro. Os ouriços contêm sementes grandes e não se abrem espontaneamente, demorando entre 12 a 15 meses até o completo amadurecimento (BRASIL, 2002; CAMARGO et al., 2000; WADT et al., 2005).

O ouriço é um pixídio globoso deprimido, de 8 a 16 cm de diâmetro (Figura 1). Sua casca é espessa, lenhosa, dura, de cor castanha, repleta de resina. Pode ter massa de 0,5 a 5 kg e conter de 10 a 25 sementes, angulosas, agudas, próximo a triangulares, transversalmente rugosas, estreitamente comprimidas, envoltas em polpa branca, dispostas em três séries (BRASIL, 2002).

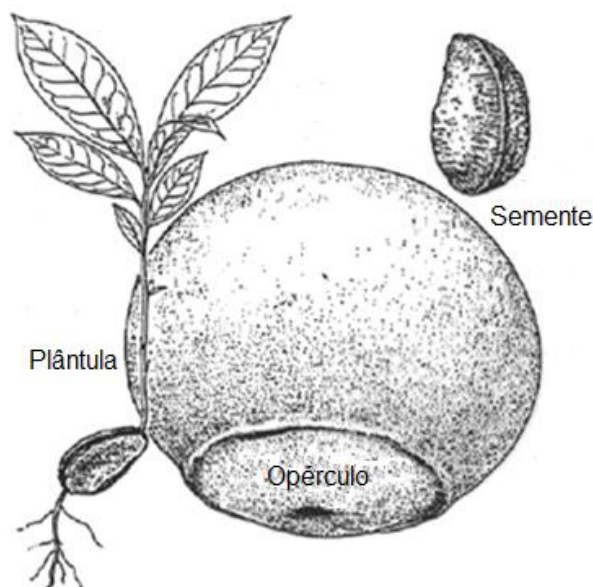


Figura 1 - Fruto da castanheira-do-brasil

Fonte: Adaptado de Prance e Mori (1978).

As sementes, denominadas castanhas, apresentam casca dura e rugosa e abrigam amêndoas comestíveis conhecidas mundialmente como castanha-do-brasil, nozes do Brasil ou castanha-do-pará (BRASIL, 2002; CAMARGO et al., 2000; WADT et al., 2005).

A castanheira é protegida por lei (Decreto Federal nº 1282 de 19 de outubro de 1994) que dispõe sobre a exploração das florestas primitivas e demais formas de vegetação arbórea na Amazônia. Entretanto seu fruto tem elevado valor econômico como produto extrativo florestal, o que não impede seu plantio com a finalidade de reflorestamento, tanto em monocultivos quanto em sistemas consorciados (BRASIL, 1994; SEBRAE, 2007).

2.1.1 Distribuição geográfica

As florestas com a presença das castanheiras cobrem superfícies de aproximadamente 325 milhões de hectares (STOIAN, 2004), abrangendo as Guianas, Brasil, Venezuela, Colômbia, Equador, Peru, Bolívia e Paraguai (Figura 2).



Figura 2 - Distribuição das castanheira-do-brasil entre as regiões oeste e leste da Bacia Amazônica.
Fonte: Pacheco (2007).

É uma planta encontrada em sua maioria, em estado nativo na Amazônia, principalmente na porção brasileira (PACHECO, 2007), especialmente no Acre,

Amazonas e Pará que juntos concentraram, em 2010, 90,51% da produção nacional, ficando os demais estados produtores (RO, MT, AP E RR) com apenas 9,49%, de acordo com dados do IBGE (2012).

2.1.2 Valor nutricional

Segundo Pacheco (2003) a amêndoa possui aroma e sabor exótico. Quando nova, contém notável porção de umidade que permite a extração de um líquido esbranquiçado, conhecido como leite, empregado na culinária. É consumida principalmente ao natural. O óleo pode ser utilizado na fabricação de cosméticos e fitoterápicos e as cascas usadas na produção de biocombustível, tapetes, peças de artesanato e tintas (BRASIL, 2002). Seus extratos são usados também no controle do *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas (CAMPOS et al., 2005).

A amêndoa da castanha-do-brasil consiste em um alimento bastante apreciado pelo sabor e suas qualidades nutritivas. Sua composição tem sido amplamente estudada, demonstrando ser boa fonte nutricional, razão pela qual é conhecida popularmente como “carne vegetal” por ser alimento rico em proteínas (COZZOLINO, 2001; GLÓRIA; REGITANO d’ARCE, 2000). A proteína da amêndoa é considerada completa por apresentar em quantidades superiores a outros vegetais para todos os aminoácidos essenciais, com destaque para os sulfurados como metionina e cisteína. É muito apreciada no mercado internacional, além de apresentar proteínas de alto valor biológico (14,3%), por possuir grande quantidade de lipídios (67,3%) (SOUZA, 2003; SOUZA; MENEZES, 2004). Este teor atinge 60-70%, bem como o teor de ácidos graxos saturados e insaturados deste extrato etéreo, com nível de 73% (ácido oléico e linoléico), que é superior a outras amêndoas (KORNESTEINER et al., 2006; RYAN et al., 2006; VENKATACHALAM; SATHE, 2006). Segundo Kocyigit et al. (2006) pode haver relação entre a redução da incidência de doenças do coração e a alta frequência de consumo de amêndoas, apesar destas serem reconhecidamente ricas em extrato etéreo.

É rica também em selênio, um oligoelemento essencial à saúde devido à sua ação antioxidante nos processos metabólicos (SOUZA, 2003). A função do selênio está relacionada com a formação de radicais livres no organismo, proteção contra a ação nociva de metais pesados, prevenção e redução de doenças crônicas não transmissíveis e aumento da resistência do sistema imunológico (COZZOLINO, 2001;

GONZAGA, 2002). O hábito de consumir de uma a três amêndoas por dia, tem se tornado comum entre a população brasileira e de outros países como EUA, Canadá e Japão. O consumo das amêndoas aumentou principalmente entre os que buscam, além da função energética, suas propriedades antioxidantes como agente de antienvhecimento. A aplicação da castanha-do-brasil em dietas específicas tem sido ótima alternativa na nutrologia e na medicina ortomolecular (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

2.1.3 Importância econômica

A castanha-do-brasil é um importante componente na pauta de exportação da região Amazônica. Sua exploração desempenha papel fundamental na organização socioeconômica de grandes áreas extrativistas da floresta amazônica brasileira, especialmente no Acre (SILVA, 2002), o segundo maior produtor nacional (IBGE, 2012). Suas amêndoas são de grande valor comercial no mercado internacional e representam alternativa de renda para os seringueiros e extrativistas (SOUZA, 2003).

Em alguns países da Amazônia central, como a Bolívia, a castanha é a principal matéria-prima para as indústrias de beneficiamento, representando até 70% da economia total das regiões produtoras (EMBRAPA, 2005). Embora exportada desde 1800, o produto só teve destaque na pauta de exportação de produtos florestais não-madeireiros (PFNMs) a partir do início do século XX (EMMI, 2003). Após a decadência da borracha (*Hevea brasiliensis*) a castanha-do-brasil passou a constituir o principal produto extrativo para exportação da região Norte do Brasil.

Segundo o IBGE (2012) em 2010 o Brasil produziu 40.357 toneladas de castanha-do-brasil sendo o Amazonas o maior produtor nacional concentrando 39,74% da produção nacional (16.039 t. ano⁻¹) seguido pelo Acre com 30,63% (12362 t. ano⁻¹). No caso do Acre grande parte desta produção é beneficiada no próprio Estado, o que agrega valor ao produto e, conseqüentemente, possibilita maior lucro aos extrativistas, constituídos por cerca de cinco mil famílias. As regiões consideradas as maiores produtoras no estado são as do Alto e Baixo Acre, responsáveis por quase toda a produção do Estado, com destaque para os municípios de Brasiléia, Rio Branco, Sena Madureira e Xapuri (Tabela 1).

A castanha-do-brasil é um produto muito conhecido nos EUA e na Europa. Os principais produtores para estes mercados são Brasil, Bolívia e Peru. O Brasil

dominava o mercado internacional, mas desde a década de 90 a Bolívia vem investindo nas suas indústrias e já em 2005 detinha 59% do mercado mundial da castanha sem casca, enquanto o Brasil era responsável por apenas 22% deste nicho (WADT et al., 2005). Atualmente esta situação é ainda mais agravante, onde a Bolívia é responsável por 63,8% da exportação do produto sem casca e o Brasil com apenas 2,53% desta participação. Entretanto, em 2009, o Brasil foi responsável por 64,1% da exportação da castanha com casca (FAOSTAT, 2012), onde grande parte desta produção vai para a Bolívia.

De acordo com Chaves (2007) as amêndoas são exportadas *in natura* principalmente para países da Europa (Alemanha, Reino Unido e Itália) e América do Norte (Estados Unidos). Em relação a esta comercialização, políticas de preços mínimos vêm sendo implementadas a fim de promover a sustentabilidade da cadeia produtiva, além de existir diversas políticas de incentivo à atividade produtiva das castanhas que possibilitam a implantação de cultivos comerciais da castanheira e o beneficiamento do produto no Brasil, ocorrendo maior agregação de valor comercial por meio da sua industrialização (PIMENTEL et al., 2007).

2.1.4 Sistema de produção no Acre

Segundo Gonzaga (2006), o estado do Acre tem tradição no extrativismo da castanha-do-brasil e toda sua produção é oriunda deste sistema, constituindo-se como principal atividade econômica para milhares de famílias que vivem na Amazônia.

A castanha produzida no estado possui a maior parte da produção organizada pelo sistema cooperativista, reunindo 45% do volume produzido e comercializado. Conta com o apoio do programa da Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB, que subsidia a aquisição da produção desde a safra 2003/04, garantindo a compra da produção das cooperativas, diminuindo a incerteza e os custos (GONZAGA, 2006).

A organização dos extrativistas em cooperativas para a exploração racional da castanha tem, de certo modo, reduzido o trabalho operacional de coleta e quebra dos ouriços para obter grandes quantidades da amêndoa para comercialização (RIBEIRO et al., 2009). As associações e cooperativas existentes no Acre são formadas por extrativistas e pequenos agricultores. Seu objetivo principal é a gestão participativa aliada ao uso responsável dos recursos naturais, responsáveis por toda compra da produção (GONZAGA, 2006).

Tabela 1 - Produção anual de castanha-do-brasil entre 2008 e 2010

Unidade	2008	2009	2010
	Produção (t.ano ⁻¹)		
Brasil	30815	37467	40357
Norte	29384	35941	38879
– Acre	11521	10313	12362
- Acrelândia	264	256	84
- Assis Brasil	280	257	180
- Brasília	2120	1930	3760
- Bujari	564	510	570
- Capixaba	255	229	266
- Epitaciolândia	543	494	395
- Plácido de Castro	466	393	475
- Rio Branco	2160	1900	2210
- Senador Guiomard	770	670	740
- Sena Madureira	1939	1822	1384
- Xapuri	2061	1760	2190
- Porto Acre	100	91	108
– Amazonas	9111	16012	16039
– Pará	6203	7015	8128
– Rondônia	1927	2107	1797
– Roraima	102	104	106
– Amapá	519	390	447
– Mato Grosso	1430	1527	1478

Fonte: IBGE (2012)

As principais cooperativas que foram inseridas no contexto da cadeia produtiva da castanha-do-brasil no Acre são a Cooperativa Central de Comercialização Extrativista do estado do Acre Ltda (COOPERACRE), Cooperativa dos Produtores Rurais do Vale do Rio Iaco (COOPERIACO), Cooperativa Agroextrativista dos

Produtores de Epitaciolândia e Brasiléia (CAPEB) e a Cooperativa Agropecuária Extrativista de Xapuri (CAEX). Estas cooperativas são responsáveis pela maior parte de volume produzido e comercializado de castanha-do-brasil no Acre. Dentre elas, a COOPERACRE é a maior do estado e congrega 20 outras cooperativas e associações, totalizando 1.500 produtores extrativistas nas regiões do Alto Acre, Baixo Acre e Purus (COOPERACRE, 2009).

A COOPERACRE, localizada nos municípios de Brasiléia e Rio Branco, possui a capacidade de beneficiamento de 1,3 toneladas/dia, produção que é exportada para as regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, gerando empregos diretos no município acriano (COOPERACRE, 2012). A maior parte da produção acriana é destinada aos mercados de São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul (COSLOVSKY, 2005).

2.1.5 Beneficiamento da castanha-do-brasil

Um das principais etapas do beneficiamento da castanha-do-brasil é a secagem que, consiste em reduzir seu teor de umidade visando diminuir a disponibilidade de água no meio e com isso interromper o crescimento de fungos e a conseqüente produção de micotoxinas. Esse processo baseia-se na propriedade pela qual, aumentando-se a temperatura do ar, a sua umidade diminui e, com isso aumenta a sua capacidade de absorver vapor d'água (WEBER, 2001).

O recomendado pelo Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2006) é que a umidade das castanhas após a coleta seja reduzida até um limite de segurança, que, de acordo com o Programa de Alimentos Seguros (PAS, 2004), é de 13 a 15%. Contudo, Arrus et al. (2005b), estudando a produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* em amêndoa de castanha-do-brasil desidratada, concluíram que a secagem do produto até 3,5-4,0% de umidade e sua manutenção durante o armazenamento são pontos fundamentais para que não haja a síntese da toxina.

Entretanto a maior dificuldade no beneficiamento da castanha ocorre durante a secagem do produto, pois esta etapa não oferece garantias quanto suas condições de armazenamento e transporte e, se não forem adequadas, há também o risco da castanha se reidratar e desenvolver o processo de rancidez. Com a alternância de períodos de chuva e sol as castanhas podem também secar desuniformemente ocasionando problemas na sua armazenagem (SILVA, 2002). Portanto, a probabilidade

de contaminação é diminuída com a redução do teor de umidade da castanha para níveis abaixo do favorável para o crescimento dos fungos (FREITAS-SILVA; VENÂNCIO, 2010). Desta forma, as condições de secagem e armazenagem devem ser as mais adequadas possíveis.

Gonçalves et al. (2010), em estudos comparando três tipos de secadores para a castanha-do-brasil (solar, do tipo armazém e com ar aquecido forçado), observaram que a secagem artificial é o método mais eficiente para reduzir a umidade na pré-secagem deste produto antes da usina de beneficiamento. Neste trabalho, os autores obtiveram castanhas com umidade de 9,7% ao final de 48h de secagem em secador com ar aquecido forçado.

Em relação ao beneficiamento, o manejo adequado do produto tem sido apoiado por projetos governamentais (PAS, 2004), institucionais (CIRAD, 2007) ou pela iniciativa privada (NUTRICON, 2007), demonstrando, tanto ao extrativista quanto ao funcionário da usina, que os procedimentos corretos de boas práticas devem ser executados a fim de manter a qualidade do produto. O uso de sistemas informatizados na tomada de decisões, relacionadas principalmente aos processos de secagem, por exemplo, gera informações fundamentais para o controle de qualidade. Essas inovações tecnológicas poderão permitir aos envolvidos no processo também estender os conceitos assimilados ao seu cotidiano, contribuindo para a melhor qualidade de vida das famílias extrativistas, tão buscada em todas as políticas já estabelecidas para a castanha-do-brasil. Essa melhoria da mão-de-obra e do processo como um todo, evidencia tendência natural de evolução do beneficiamento artesanal para o inovador, apesar do Brasil ainda ser o país com maior área de castanhais e, por sua vez, produtor da matéria-prima utilizada pelas usinas bolivianas (PACHECO; SCUSSEL, 2006).

2.1.6 Qualidade comercial

Por se tratar de produto sem padrões de mercado bem definidos, as variações de preço são imprevisíveis, passando a qualidade a exercer aspecto determinante nas negociações de compra, principalmente na Europa (WADT et al., 2005).

A criação de barreiras sanitárias, que visam maior controle de qualidade dos produtos e o aumento no rigor para importação de castanha por parte dos países

européus e Estados Unidos, exigiu maior grau de organização em todas as etapas da produção da castanha-do-brasil (COSLOVSKY, 2005). Esta situação impulsionou a melhoria de qualidade da cadeia produtiva e, deste modo, valorizou ainda mais o produto. O trabalho de boas práticas de manejo desenvolvido em comunidades do Amazonas (SIMÕES, 2004) e Acre (LEITE, 2008) são exemplos de que a melhoria da qualidade do produto pode ser atingida.

Em 2005, foi definido por meio de instituições internacionais, o Projeto “*SafeNut*” em parceria com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e os estados do Acre e Pará para executar ações para segurança da cadeia produtiva, bem como outros projetos na área de segurança alimentar (PACHECO, 2007). Em vista disso e para fortalecer a cadeia produtiva da castanha-do-brasil o governo do estado do Acre tem investido em armazéns, reformas de usinas e no trabalho de capacitação dos extrativistas e funcionários, a fim de consolidar as boas práticas de manejo e viabilizar o processo econômico dos produtores acrianos de castanha-do-brasil, bem como atender as exigências do mercado externo (SILVA, 2010).

2.2 FUNGOS E AFLATOXINAS

Micotoxina é o termo usado para descrever substâncias tóxicas formadas durante o crescimento de determinadas espécies de fungos, especialmente do gênero *Aspergillus* (DINIZ, 2002). O nome micotoxina é derivado da palavra grega “*mykes*”, que significa fungo, e “*toxicum*” que significa veneno ou toxina (SCUSSEL, 2002).

Os fungos do gênero *Aspergillus*, pertencentes à divisão Deuteromycotina, são constituídos de micélios, hifas septadas, possuem reprodução assexuada e são conhecidos pelos diferentes conidióforos terminais na sua estrutura. Os esporos apresentam-se em diferentes cores, dependendo da espécie e são produzidos em longas cadeias do final das fiálides (PACHECO, 2003). São abundantes e amplamente encontrados na natureza, crescendo rapidamente no solo, em plantas, em alimentos, em papel e até em vidros. Os alimentos armazenados representam excelente meio para a proliferação destes fungos, principalmente quando não são considerados os princípios básicos de secagem e armazenamento (FONSECA, 2009).

As micotoxinas são comumente encontradas em ampla variedade de produtos alimentares incluindo cereais, leguminosas, amêndoas e derivados (PATERSON;

LIMA, 2010). Entre os mais de 300 tipos de micotoxinas destacam-se as aflatoxinas, que constituem toxinas de alto potencial tóxico produzidas por fungos do gênero *Aspergillus* (KLISCH, 2009; SILVA; MARSAIOLI JÚNIOR, 2003). Podem ser produzidas por três espécies de *Aspergillus*: *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e eventualmente, *Aspergillus nomius*. O *A. flavus* produz apenas aflatoxinas do grupo B, enquanto as outras duas espécies produzem aflatoxinas dos grupos B e G (CREPPY, 2002; BAPTISTA et al., 2002). Olsen et al. (2008), estudando as aflatoxinas B1 e G1 em amostras de castanha-do-brasil com casca provenientes do Brasil, verificaram que os grandes responsáveis pela produção de aflatoxinas podem não ser fungos da espécie *Aspergillus flavus* e sim o *Aspergillus nomius*. Embora os fungos do gênero *Aspergillus* sejam produtores de toxinas, nem sempre estes estão relacionados com a presença de aflatoxinas. Alguns autores já detectaram presença de fungos em amostras coletadas na floresta sem, contudo, verificar a presença de aflatoxinas (ARRUS et al., 2005a; CARTAXO et al., 2004). Por outro lado, Leite (2008) detectou a presença de aflatoxina em amostras de castanha-do-brasil na floresta sem detectar crescimento de *Aspergillus flavus* ou *Aspergillus parasiticus*.

As aflatoxinas são observadas mediante compostos com fluorescência azul (aflatoxinas B - Blue) e verde (aflatoxinas G - Green), sob luz ultravioleta (KELLER et al., 2005). As mais conhecidas são denominadas B1, B2, G1 e G2 sendo a B1 a que ocorre em maior quantidade em alimentos (FREITAS-SILVA; VENÂNCIO, 2010; SOARES et al., 2010) e considerada a mais tóxica (KELLER et al., 2005). Soares et al. (2010) verificaram ainda que as aflatoxinas B2, G1 e G2 geralmente não são encontradas na ausência da aflatoxina B1. Esta aflatoxina, particularmente, tem sido estudada com maior interesse, uma vez que guarda estreita relação com seus mecanismos de ação tóxica (KELLER et al., 2005), com efeito pró-carcinogênico, o qual requer ativação metabólica para manifestar seus efeitos tóxicos. A sua absorção ocorre no trato gastrointestinal e sua biotransformação ocorre primariamente no fígado (OGIDO, 2003). Por isso foi considerada como um carcinógeno do grupo I pela Agência Internacional para Pesquisa sobre o Câncer e como sendo a causa de carcinoma hepatocelular humano primário (IARC, 2002). A ingestão de aflatoxinas, dependendo de sua concentração, pode levar a transtornos digestivos e, por efeito cumulativo, desencadear o aumento do risco de câncer de pulmão e de fígado e também suprimir o sistema imunológico, aumentando o risco de infecções (JOLLY et al., 2009; MEGGS, 2009; PARTANEN et al., 2010). A Aflatoxina B1 também possui

propriedades teratogênicas associadas a mutações e alterações na estrutura bruta de cromossomos, causando más-formações em vários órgãos em embriões de vários mamíferos, aves, anfíbios e peixes (STARK, 2001).

Alguns fatores intrínsecos dos alimentos, como composição nutricional, teor de umidade e atividade de água (A_w) podem favorecer ou dificultar a proliferação dos fungos produtores de aflatoxinas (KABAK et al., 2006; KLISCH, 2007). Há faixas de umidade e A_w que são ideais para evitar a produção de aflatoxinas. Os teores de umidade recomendados para castanha com e sem casca a fim de impedir o crescimento de fungos produtores de aflatoxinas são de 5 e 4,5%, respectivamente, correspondendo a A_w de 0,75 e 0,68, respectivamente. A produção destas aflatoxinas é também favorecida ou não em função das condições de temperatura e umidade relativa do ar (ARRUS et al., 2005b). A sua biossíntese ocorre com temperaturas entre 8 e 42 °C, sendo que a temperatura ideal é de 27 °C em substratos com elevada umidade (DINIZ, 2002). Segundo Caldas et al. (2002), as condições de alta umidade e temperatura do ambiente aumentam a probabilidade de crescimento de *Aspergillus* e de produção de aflatoxinas, situação esta agravada no período chuvoso, que favorece o atraso na coleta dos ouriços e sua permanência no solo úmido da floresta. Por isto, para viabilizar condições adequadas de umidade e a atividade de água da castanha é necessário reduzir o tempo entre sua coleta e processamento, além de estabelecer padrões de secagem capazes de diminuir a possibilidade de contaminação (ARRUS et al., 2005b; DILKIN, 2002). Entretanto, segundo Carrillo (2008), os fatores que favorecem o crescimento dos fungos não atuam sozinhos, mas em conjunto: quantidade de inóculo, temperatura, umidade do substrato, condições físicas do substrato, crescimento de outros fungos e umidade do ambiente.

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2006) estimou que entre 5 e 10% do total de alimentos perdidos no mundo anualmente são devidos a contaminações por fungos e micotoxinas e que 40% da redução da expectativa de vida em países pobres está relacionada com a existência de micotoxinas na dieta destas populações.

Alguns métodos foram testados para inibição do fungo e produção das toxinas em alimentos, como por exemplo, substâncias químicas e processos tecnológicos. Dentre essas alternativas há o uso de substâncias naturalmente presentes em

plantas como, por exemplo: antioxidantes, eugenol, mentol e biflavonóides (GONZALEZ et al., 2001; LEE et al., 2001; SANTOS et al., 2000). Há ainda substâncias antibióticas produzidas por *Streptomyces*, interação/competição com outras cepas e adição de substâncias químicas artificiais (GIORDANO, 2009; MARTINS et al., 2000; PASSONE et al., 2007). Alguns autores, entretanto, citam que não há tecnologia viável para eliminar a contaminação dos alimentos por micotoxinas (HALÁSZ et al., 2009; SHAPIRA; PASTER, 2004), pois é uma micotoxina termoestável, de modo que uma vez produzida é de difícil eliminação (NUNES et al., 2003). Métodos biológicos, físicos ou químicos são exemplos que ainda não têm ampla aplicação. A falta de soluções práticas para controlar a contaminação por micotoxinas no campo, na colheita e nos produtos transformados leva à busca de alternativas para a sua eliminação parcial ou total (FREITAS-SILVA; VENÂNCIO, 2010). No momento, a aplicação de ozônio é uma das ferramentas mais promissoras disponíveis para garantir a segurança dos alimentos (FREITAS-SILVA, 2011). As aflatoxinas são instáveis a luz UV, mas bastante estáveis à temperaturas acima de 250 °C, e não são influenciadas pelo frio. Pequena ou nenhuma decomposição destas micotoxinas é obtida sob condições normais de cozimento, pasteurização e torrefação de alguns tipos de alimentos (PATERSON, 2006). Agentes oxidantes como água oxigenada e hipoclorito de sódio reduzem o teor de aflatoxinas no alimento, mas a utilização de tais soluções é impraticável, uma vez que também provocam a formação de resíduos tóxicos, da destruição de nutrientes, e comprometimento do odor, cor, textura e propriedades funcionais do alimento (PÁDUA et al., 2002).

A adoção de programas de monitoramento dos níveis de contaminação de alimentos por micotoxinas é essencial para estabelecer prioridades em ações de vigilância sanitária (CALDAS et al., 2002).

2.3 AFLATOXINAS NA CASTANHA DO BRASIL

Diversas espécies de fungos já foram identificadas na castanha-do-brasil, tanto em unidades de beneficiamento (SOUZA et al., 2004), com casca adquiridas no varejo (BAYMAN et al., 2002) e em feiras livres (FREIRE; OFFORD, 2002). Dentre essas espécies pode-se citar *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius*, todos produtores de aflatoxinas, que, de acordo com a Agência

Internacional de Pesquisa do Câncer - AIPC (IARC, 2002), são toxinas consideradas cancerígenas para humanos e animais.

Em 2003, o alto índice de contaminação por aflatoxinas em castanha-do-brasil, associado ao rigoroso controle dos países importadores em relação aos níveis de toxinas presentes nos alimentos, fizeram com que a União Européia decidisse devolver lotes desse produto oriundos do Brasil (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2003). Devido a essa decisão as exportações brasileiras de castanha-do-brasil com casca para este bloco econômico caíram quase 91,78% entre 2003 e 2004 (SECEX, 2012).

Entretanto, desde 2000, há uma tentativa de padronização quanto ao teor máximo aceitável de aflatoxinas em amêndoas por parte do Codex Alimentarius (2006). Este código inclui mecanismos para diminuição dos riscos de contaminação por aflatoxinas na cadeia produtiva da castanha.

Em 2001 a Comissão do Codex Alimentarius aprovou o limite de $15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina total (CODEX ALIMENTARIUS, 2001). Por outro lado, em 2006 a União Européia estabeleceu limite máximo de $2 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina B1 e $4 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina total (B1+B2+G1+G2) para amêndoas e subprodutos destinados ao consumo direto (CODEX ALIMENTARIUS, 2006). Este nível de exigência motivou o governo brasileiro a definir estratégias para a cadeia produtiva no país, envolvendo a amostragem, método analítico e de preparo, bem como diretrizes para aplicação dos princípios de Boas Práticas de Fabricação/Manejo (BPF/BPM) e do Sistema de Análises e Pontos Críticos de Controle (APPCC) para extrativistas e usinas de beneficiamento (BRASIL, 2004).

No Brasil, o projeto de monitoramento e controle de micotoxinas na castanha-do-brasil (BRASIL, 2002) e o Plano Nacional de Segurança e Qualidade dos Produtos de Origem Vegetal - PNSQV (BRASIL, 2003) têm o objetivo de controlar os níveis de contaminantes e resíduos químicos e biológicos, conforme os limites estabelecidos na legislação para minimizar perdas e agregar valor aos produtos de origem vegetal. Iniciativas em relação à melhoria da qualidade da castanha-do-brasil foram tomadas em vários estados. No Acre, em 2001, foi definido o projeto "Identificação e avaliação de pontos de controle de aflatoxinas na cadeia produtiva da castanha-do-brasil", além de uma parceria com o Programa Alimentos Seguros (PAS, 2004), visando a elaboração de material didático para a segurança neste produto. No Amazonas, em 2002, foi estabelecido o Projeto de Controle da contaminação por aflatoxinas na Cadeia Produtiva da castanha-do-brasil

(PNOPG/CNPq) e a partir de 2003 a Agência de Florestas e Negócios Sustentáveis do Amazonas (AFLORAM) iniciou a execução do Projeto de Boas Práticas na Coleta e Armazenamento da Castanha (AMAZONAS, 2005).

Entre os anos de 2010 e 2011 novos limites foram estabelecidos pelo Brasil e União Européia para micotoxinas em castanha-do-brasil. No Brasil, por meio da Resolução nº 7, de 18/02/2011 da Agência de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde do Brasil (ANVISA), estabeleceu-se para a aflatoxina total em castanha-do-brasil sem casca um limite de $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para consumo humano direto e $15 \mu\text{g.kg}^{-1}$, para processamento, sendo incluídos também limites de $20 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para a castanha-do-brasil com casca (BRASIL, 2011). Por outro lado, a União Européia estabeleceu limite de $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1 e $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina total em castanha-do-brasil para consumo humano direto e de $8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1 e $15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina total em castanha-do-brasil para processamento futuro (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2010).

Entre os países que fazem fronteira com o Brasil, o Peru estabelece limite de $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxinas em todos os alimentos, inclusive castanha-do-brasil (JONKER; VAN EGMOND, 2004). A Bolívia, embora seja o país que mais exporta castanha-do-brasil beneficiada, sendo inclusive a maior parte importada do Brasil como matéria prima, não possui legislação para micotoxinas.

A prevenção da contaminação de alimentos por aflatoxinas nem sempre é efetiva ou praticável, especialmente em países de clima tropical, como o Brasil, onde as condições de temperatura são favoráveis o ano todo contribuindo para que os fungos aflatoxigênicos cresçam e produzam toxinas (SYLOS, 2006). Desta forma é essencial o controle em caráter preventivo para diminuir a contaminação da castanha por fungos e a produção da toxina (PACHECO, 2007), o que foi preconizado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) por meio da Instrução Normativa nº 11, de 22 de março de 2010 (BRASIL, 2010), com as medidas para a prevenção e redução da contaminação por aflatoxinas na cadeia produtiva da castanha-do-brasil.

Segundo Arrus et al. (2005b) uma importante estratégia para evitar aflatoxina em castanha-do-brasil é a prevenção do crescimento do fungo após a coleta do produto mediante controle adequado de temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento. Nunes et al. (2003) complementam ainda que o fungo

pode não estar presente no produto, mas suas micotoxinas podem permanecer, pois estas não são facilmente eliminadas.

A redução do tempo de permanência do ouriço (fruto da castanheira) após sua queda na floresta e a secagem adequada do produto também são medidas citadas como de fundamental importância para reduzir a incidência dos fungos produtores de aflatoxinas (PEREIRA et al., 2002). Mas, de acordo com Pacheco (2003), nem mesmo a secagem pode garantir a não contaminação por aflatoxina devendo, portanto, ser feito controle rigoroso para evitar o crescimento dos fungos, principalmente na sua coleta na floresta para evitar que ocorra a contaminação do produto já no início da cadeia produtiva.

No Acre, após a coleta das castanhas na floresta os extrativistas as depositam na tela de um armazém-secador, disposto a 80 cm do solo e as mantêm, por aproximadamente 15 dias, para secagem por aeração natural, com revolvimento diário, antes de seu armazenamento em sacos de ráfia. Desta forma, segundo Leite (2008), o produto perde cerca de 50% do teor de umidade inicial, alcançando valor médio de atividade de água de 0,93 após os 15 dias de secagem e de 0,74 após 90 dias de armazenamento, valores estes superiores aos recomendados (0,65 a 0,70) por Arrus et al. (2005a) para evitar a produção de aflatoxinas.

3 CAPÍTULO I

QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL APÓS A SECAGEM EM ALTA
TEMPERATURA POR CONVECÇÃO NATURAL

RESUMO

A secagem atualmente realizada pelos extrativistas não é suficiente para que haja redução da contaminação da castanha-do-brasil por fungos potencialmente produtores de aflatoxinas. Sendo assim a secagem da castanha com o uso de um secador artificial pode ser um método capaz de reduzir rapidamente o teor de umidade das amêndoas e, conseqüentemente, evitar o crescimento destes fungos e a produção de aflatoxinas. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de um secador a ar por convecção natural na qualidade da amêndoa após secagem por 6 horas a 45 °C. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com dois tratamentos (castanhas antes e após a secagem) e 10 repetições de 3 kg. As castanhas foram submetidas às análises de umidade, cinzas, proteína, fibra alimentar, extrato etéreo e carboidratos totais, além da atividade de água, contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxina e a quantificação aflatoxinas B1, B2, G1, G2 e total. A secagem neste modelo de secador foi eficiente em reduzir a umidade da amêndoa em 39,7% e a contaminação pré-existente de fungos filamentosos totais. Além de reduzir a umidade da amêndoa, o secador por convecção natural utilizado neste trabalho é uma tecnologia de fácil acesso aos produtores extrativistas e eficiente em reduzir em 98,3% o tempo médio (15 dias) de secagem das amêndoas realizado pelo método tradicional dos extrativistas.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Secagem.

ABSTRACT

Drying currently performed by extractivists is not deemed sufficient for reducing contamination of the brazil nut by potentially aflatoxin producers fungus. Thus, the drying of nut using an artificial dryer can be a useful method to reduce the moisture content of the nuts quickly and thereby prevent the growth of fungi and aflatoxins producing. In this context, this study aimed to evaluate the efficiency of a natural convection dryer to reduce moisture content of nuts after 6 hours drying at 45°C. The experimental design was randomized blocks with two treatments (before and after drying) and 10 repetitions by 3 kg each. The nuts were analyzed at moisture content, ash, protein, dietary fiber, ether extract, total carbohydrates, water activity, the counting of total fungi and potentially aflatoxin producers, besides the quantification of aflatoxins B1, B2, G1, G2 and total. Drying in the artificial model was effective in reducing the moisture content of the nuts as 39,7% and the contamination by pre-existing total and filamentous fungi. Besides reducing the moisture content of nuts, the natural convection dryer used in this work is a technology considered as easily to access by extractivists and 98,3% effective in reducing the drying time (average of 15 days) take by the traditional method of drying.

Keywords: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Drying.

3.1 INTRODUÇÃO

A castanheira-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) é uma árvore de porte elevado, podendo atingir até 60 m de altura, apresentando tronco retilíneo de 100 a 180 cm de diâmetro com casca rígida, grossa e rimosa (NASCIMENTO et al., 2010). A espécie é encontrada em solos pobres, desestruturados, drenados e argilosos ou argilo-arenosos e cresce naturalmente em clima quente e úmido, em áreas com precipitação média entre 1500 a 2800 mm.ano⁻¹ (PENNACCHIO, 2006).

O estado do Acre é o segundo maior produtor nacional de castanha *in natura*, concentrando 30,63% da produção nacional (12362 t. ano⁻¹) (IBGE, 2012). Grande parte dessa produção já é beneficiada, o que agrega maior valor ao produto e, conseqüentemente, gera mais lucro aos extrativistas. Entre os produtos não madeireiros explorados no Acre, a castanha assume o lugar de maior importância, sendo responsável pela manutenção econômica de várias famílias extrativistas. Sua exploração tornou-se a principal atividade econômica na região amazônica desde o declínio do extrativismo da borracha (HOMMA, 2004).

Contudo as condições inadequadas de manejo podem favorecer a contaminação durante e após a coleta deste produto, constituindo em um dos problemas mais importantes para sua comercialização (OLIVEIRA et al., 2006). Esta situação se justifica pelo fato dos ouriços (frutos da castanheira) amadurecerem e se desprenderem das árvores em épocas de chuvas intensas, atrasando sua coleta em função destes poderem causar acidentes nas pessoas ao caírem das árvores. Esta maior permanência dos frutos no solo úmido favorece a contaminação das castanhas, já que este é um ambiente natural de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas.

As aflatoxinas são produzidas principalmente por fungos das espécies *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, consideradas cancerígenas segundo a Agência Internacional de Pesquisa do Câncer – AIPC (IARC, 2002). A contaminação da castanha-do-brasil por aflatoxinas tornou-se obstáculo para a exportação deste produto do Brasil para países da União Européia (UE). Em 2007, por exemplo, os países europeus não efetuaram nenhuma importação de castanha-do-brasil das beneficiadoras brasileiras (OLSEN et al., 2008) apesar de somente 5 a 10% de a produção nacional ser consumida no Brasil (PACHECO; SCUSSEL, 2006), pois, por meio do embargo da UE, grande parte da produção brasileira foi exportada para a

Bolívia a preços menores. Este país, inclusive após beneficiar a castanha *in natura* importada do Brasil a vende, novamente sendo considerado atualmente, segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO/STAT, 2011), como o principal exportador mundial de castanha-do-brasil beneficiada.

Embora as recomendações de Boas Práticas de Manejo preconizadas pelo Programa Alimentos Seguros (PAS, 2004) e pelo Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2006) tenham melhorado a qualidade do produto (SIMÕES, 2004), a secagem pode ainda ser considerada etapa crítica da contaminação, uma vez que esta é tradicionalmente realizada por exposição do produto a condições ambientais naturais, situação que torna este processo lento, aumentando, portanto, o tempo possível de sofrer contaminação. Neste contexto, o presente trabalho objetivou avaliar a eficiência de um secador de ar por convecção natural na qualidade das amêndoas após secagem por 6 horas a 45 °C.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

No período de janeiro a fevereiro de 2011, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa Acre, em Rio Branco, Acre, Brasil, realizou-se um experimento, em delineamento em blocos casualizados com o objetivo de avaliar o efeito da secagem da castanha em suas propriedades físico-químicas e microbiológicas. Foram considerados dois tratamentos (antes e após a secagem), ambos com 10 repetições, correspondentes a avaliações de amostras de um mesmo lote realizadas antes e após a secagem do produto. Para cada repetição utilizou-se a massa de 3 kg de castanha com casca.

A castanha-do-brasil foi procedente da safra de 2010/2011 do Seringal Porongaba, pertencente à Reserva Extrativista Chico Mendes (RESEX), localizado nas seguintes coordenadas geográficas: latitude de $-10^{\circ} 49' 12''$ (S) e longitude de $-68^{\circ} 46' 18''$ (W Gr.).

A metodologia de coleta foi estabelecida conforme o Regulamento da Comunidade Européia nº 401/2006 (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2006), sendo definidos os números de lotes e, em função de suas massas, o número de amostras elementares a serem recolhidas em um mesmo ponto de cada lote.

Foram determinados os teores de umidade, cinzas, proteína bruta total, fibra bruta total, extrato etéreo e carboidrato total, bem como atividade de água, contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxinas, sendo estas quantificadas em B1, B2, G1, G2 e total.

Utilizou-se como secador um modelo que opera por convecção natural (Figura 3), com capacidade variando de 200 a 300 L, ou seja, de 11 a 17 latas de castanha¹, que equivale a produção média diária de um coletor (NOGUEIRA, 2011).

O secador é composto de fornalha, trocador de calor de tubo ar-ar, chaminé, câmara plenum e câmara de secagem (Figura 4), construído sobre uma cobertura de madeira para evitar a exposição a chuvas.

As castanhas foram dispostas em uma camada de 15 cm de altura sobre a câmara plenum, cujo fundo era constituído por uma chapa perfurada de forma a permitir a passagem de ar pela camada. As dimensões globais do secador foram de 1,0 m de largura x 2,0 m de comprimento x 1,70 m de altura. A secagem foi conduzida

por 6 horas com temperatura média de 45 °C na câmara de secagem, mantida por meio do manejo da quantidade de lenha/ourigo na fornalha, e as castanhas foram revolvidas a cada 30 minutos. Caso a temperatura ultrapassasse o limite estipulado, as partes de entrada de ar nas laterais do secador eram abertas até que esta temperatura se estabilizasse.



Figura 3 - Protótipo do secador utilizado nos experimentos com a castanha-do-brasil (A) com detalhe de sua fornalha (B)
Fonte: Nogueira (2011).

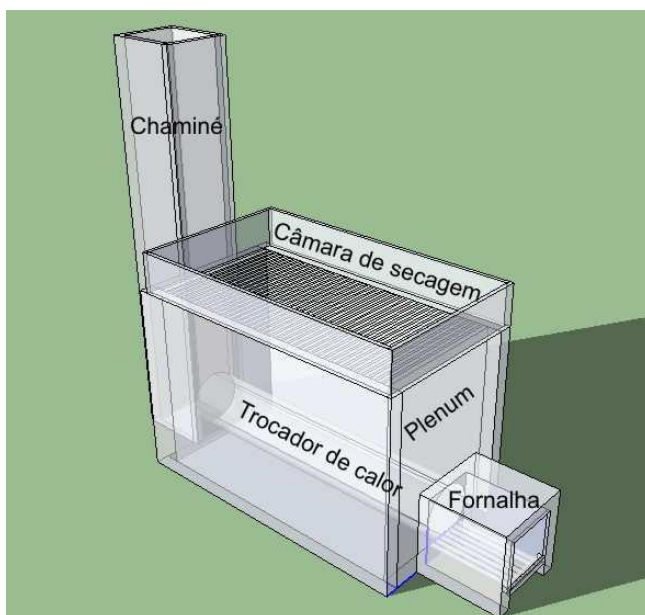


Figura 4 - Elementos constituintes do secador.
Fonte: Nogueira (2011).

¹ Uma lata é a medida de volume característica para a castanha-do-brasil, correspondente a 18 L ou aproximadamente 10 kg.

3.2.1 Preparo das amostras

As amêndoas de castanha-do-brasil foram homogeneizadas e pesadas. O descascamento foi realizado com um extrator manual por compressão (Figura 5), com boas práticas de higiene e sem desinfecção superficial das amêndoas. A moagem foi realizada a seco em moinho tipo CAF, utilizando-se seqüencialmente os discos de 5 mm e 3 mm para permitir melhor homogeneização da massa.



Figura 5 - Máquina adaptada para extração da amêndoa de castanha-do-brasil.
Fonte: Nogueira (2011).

Após trituradas retirou-se 100 g da amostra para análise microbiológica, sendo 40 g deste destinadas à análise imediata para a quantificação de *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* e contagem total fungos filamentosos. Dos 60 g retirou-se uma porção para quantificação do teor de umidade e análise da atividade de água (A_w) e o restante foi armazenado em freezer com temperatura de $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, como reserva de segurança para eventual necessidade de reavaliações.

3.2.2 Análise microbiológica das amêndoas

A contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxinas (*Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*) foi efetuada a partir da

diluição inicial (10^{-1}) preparada com 360 mL de água peptonada a 0,1% em amostra imersa por 30 minutos em sacola para homogeneização estéril (com filtro total). Em seguida esta foi agitada manualmente por 2 minutos para homogeneização e posterior repouso por 4 minutos à temperatura ambiente antes da distribuição nas diluições seriadas (10^{-2} a 10^{-5}) com plaqueamento em superfície de 0,1 mL em meio seletivo Agar *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* – AFPA (9 mL/placa) adicionado de antibióticos clorotetraciclina e cloranfenicol (1 mL da solução para 100 mL de meio), de acordo com Pitt et al. (1983).

Efetou-se a avaliação das placas 48 horas após sua incubação a 30 °C contando-se as colônias que apresentaram reverso de cor amarelada ou alaranjada correspondentes a *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. As demais colônias foram consideradas como sendo de outras espécies de fungos. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônia por grama do produto (UFC.g⁻¹).

3.2.3 Quantificação de aflatoxinas

O preparo da amostra para análise de aflatoxinas foi feito segundo as recomendações do Laboratório de Controle de Qualidade e Segurança Alimentar (LACQSA) do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA/MG). Ao restante da massa das amêndoas moídas adicionou-se água deionizada em proporção 1:1 (m/m) e efetuou-se sua homogeneização em liquidificador industrial por 15 minutos até atingir granulometria menor ou igual a 20 mesh, em peneira ABNT 18. A temperatura da amostra foi verificada sempre na metade e no final do preparo, durante 1 minuto, mantendo-se entre 35 a 40 °C, não causando assim qualquer prejuízo para a quantificação de aflatoxinas.

Para análises de aflatoxinas por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (HPLC) alíquotas de 500 g foram retiradas aleatoriamente de diferentes pontos da massa e armazenadas a - 18 °C em freezer até o momento da análise.

A avaliação de aflatoxinas foi efetuada segundo a metodologia analítica da Aoac (1995) e Stroka et al. (2000), sendo composta pelas etapas de preparação dos extratos, diluição, purificação e eluição, retomada e quantificação.

3.2.3.1 Preparação dos extratos

Em 100 g da pasta (água deionizada + castanha moída) de cada amostra adicionou-se 5 g de cloreto de sódio, 100 mL de hexano e 200 mL de metanol,

submeteu-se a homogeneizador com hélice, tipo Omni-Mixer[®], por 3 minutos a 800 rpm e filtrou-se a solução resultante em papel de filtro qualitativo, sob vácuo.

3.2.3.2 Diluição

Em alíquota de 10 mL do filtrado, foram adicionados 60 mL de solução tampão PBS 1% e a amostra homogeneizada manualmente.

3.2.3.3 Purificação e eluição

A solução diluída do extrato de cada amostra foi eluída através da coluna de imunoafinidade contendo anticorpos específicos para aflatoxina, primeiramente ambientada com a própria solução tampão, com fluxo de 2 a 3 mL. min⁻¹. Por fim, o eluato foi coletado em tubo de ensaio com 3 mL de metanol grau HPLC e evaporado sob ar comprimido em banho-maria sob agitação a 40 °C.

3.2.3.4 Retomada

O resíduo da evaporação foi retomado com 3 mL de solução metanol: água (2:3 m/m) e homogeneizado em agitador tipo vortex. Uma alíquota de 400 µL da solução foi colocada em frasco vial âmbar para quantificação das aflatoxinas.

3.2.3.5 Quantificação

A quantificação foi realizada por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando detector de fluorescência e derivatização pós-coluna por célula eletroquímica. Para a análise, a coluna utilizada foi a C18, com fluxo de 1 mL. min⁻¹. Os dados da contaminação por aflatoxinas (B1, B2, G1, G2 e total) foram expressos em µg.kg⁻¹ da amostra.

3.2.4 Análises físicas e físico-químicas das amêndoas

Para a determinação da atividade de água (*A_w*) foi utilizado um medidor portátil calibrado com solução salina de cloreto de lítio (LiCl), com padrão de 0,500 (± 0,003),

em temperatura de 25 °C, por meio de leitura direta após a adição da amostra moída até cobrir o fundo da cuba.

As determinações de umidade da amêndoa foram efetuadas pelo método de estufa a 105 °C, por 24 horas (BRASIL, 1992) até massa constante. O resíduo mineral fixo (cinzas) foi determinado por carbonização de 3 g da amostra moída, acondicionada em cadinho de porcelana e incineração em forno mufla regulado a temperatura de 550 °C até obtenção de massa constante verificada em balança de precisão, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

O teor de proteína bruta total foi obtido a partir do nitrogênio relativo (%) da amostra, segundo o método de Kjeldahl, transformado pelo fator de conversão 5,75 para proteína vegetal, conforme Resolução - RDC ANVISA/MS nº 360, de 23 de dezembro de 2003 (BRASIL, 2003).

A determinação do extrato etéreo das amostras foi realizada conforme o método de extração por Soxhlet, utilizando éter etílico como solvente orgânico, conforme normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2005).

O teor de fibra bruta total foi determinado a partir da digestão de 1 g da amostra desengordurada das amêndoas, em recipiente próprio para ser adaptado ao digestor com capacidade de 600 mL, onde se adicionou 200 mL de ácido sulfúrico fervente a 1,25%. Terminada a digestão ácida, procedeu-se a filtração em linho, fazendo-se a lavagem sucessiva com água destilada fervente sobre o resíduo até a neutralização do material, verificada com o papel de tornassol azul. Posteriormente, o material retido no linho foi quantitativamente transferido para copo de digestão, usando-se para essa transferência 200 mL da solução de hidróxido de sódio fervente a 1,25%. Após as hidrólises, o resíduo (água, fibra e minerais) foi filtrado a vácuo, em gooch de porcelana. Após a filtração, o material foi lavado com álcool (20mL) e, posteriormente, com éter (10mL) a fim de facilitar a secagem e eliminar compostos provenientes das digestões. A secagem dos goochs foi feita a 105 °C até a massa constante. Posteriormente foi realizada a pesagem do material e, em seguida, a calcinação em mufla a 600 °C, durante uma hora, quando toda fibra foi oxidada, restando somente minerais. A diferença entre a massa do gooch seco na estufa a 105 °C e do gooch após a calcinação forneceu o teor de fibra bruta (AOAC, 1970).

O teor de carboidratos totais nas amostras foi obtido com base na diferença entre 100 e o somatório dos conteúdos de umidade, proteína bruta total, extrato etéreo, fibra bruta total e cinzas, sendo o resultado expresso em g. 100 g⁻¹.

3.2.5 Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à verificação da presença de outliers pelo teste de Grubbs (1969), normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1937). Para as variáveis cujos dados não se verificou a normalidade dos erros e/ou a homogeneidade das variâncias efetuou-se sua transformação para atender a estes pressupostos da análise de variância. Posteriormente efetuou-se a análise de variância dos dados originais e/ou transformados e verificou-se pelo teste F a existência ou não de diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos. Para as variáveis que, mesmo após a transformação dos dados, não atenderam aos pressupostos da análise de variância aplicou-se o teste não-paramétrico de Wilcoxon (1945). Utilizou-se, também, o teste t de Student (1908) para comparar médias de determinadas variáveis com valores de referência obtidos em outros trabalhos.

3.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias obtidas no experimento da castanha-do-brasil antes e após a secagem em secador de ar por convecção natural para as variáveis físicas, microbiológicas e físico-químicas podem ser observadas nas Tabelas 2 e 3.

A secagem de 6 horas a 45 °C aplicou reduziu significativamente o teor de umidade (Gráfico 1) e a contagem total de fungos filamentosos (Gráfico 2) e aumentou ($p < 0,05$) o teor de cinzas (tabela 3) das amêndoas. Por outro lado, a secagem não interferiu ($p > 0,05$) nas demais variáveis (Tabelas 2 e 3).

A secagem das amêndoas por 6 horas a 45 °C causou diminuição significativa no seu teor de umidade de 26,91% (antes) para 16,23% (após), com redução média de 39,57% (Gráfico 1).

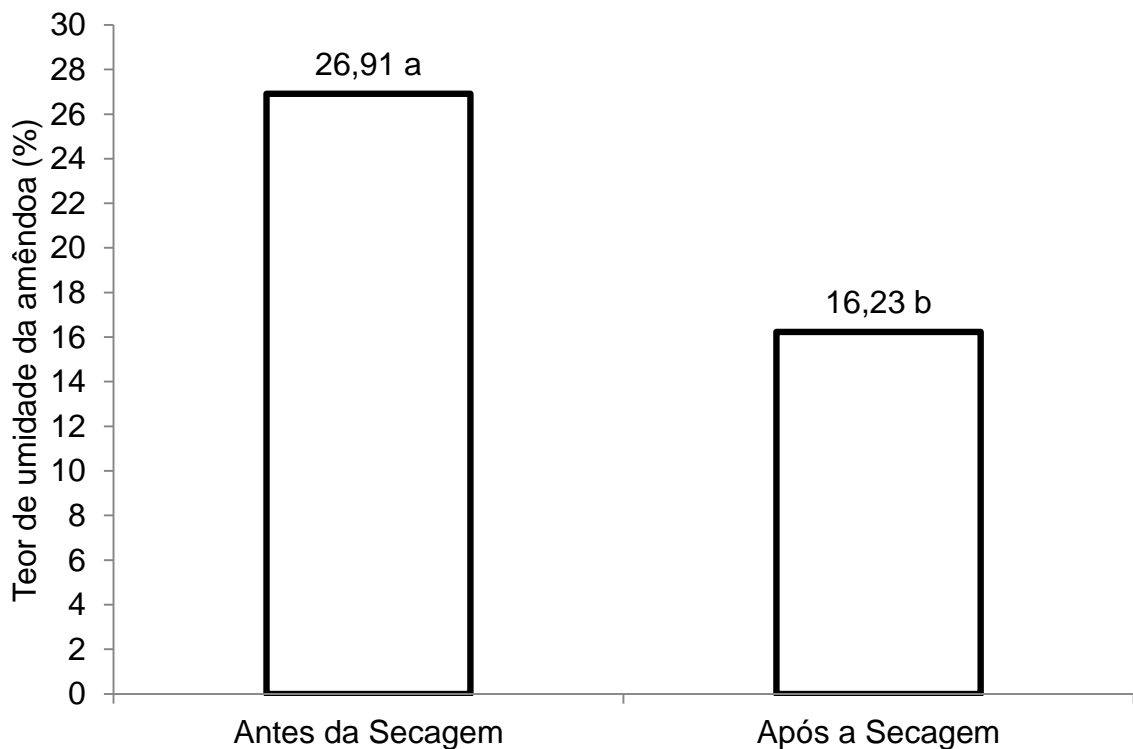


Gráfico 1 - Teor de umidade da amêndoa da castanha-do-brasil obtido antes e após sua secagem à alta temperatura (45 °C) por convecção natural, em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Segundo Álvares et al. (2009), em comunidades extrativistas do Acre, com a utilização da técnica tradicional de secagem por aeração natural, obtêm-se

diminuição do teor de umidade de 34,02% (antes) para 15,21% (após) correspondendo a redução de 55,30%. De acordo com os mesmos autores o tempo de secagem nestas condições é longo (15 dias) e a utilização de um secador adaptado para a situação do extrativista poderia ser útil para diminuir de forma mais rápida a umidade do produto. Desta forma, embora o teor de umidade do sistema de secagem analisado tenha sido estatisticamente inferior ($p < 0,05$) ao de secagem tradicional, o uso do secador foi eficiente na velocidade de redução do teor de umidade visto que ocorreu em apenas 6 horas, ou seja, com redução do teor de umidade do produto 98,3% mais rápido, correspondendo somente a 1,67% do tempo gasto em relação à secagem tradicional da castanha na região.

O secador testado pode ser considerado como sendo uma pré-secagem em comunidade extrativista de castanha pois, posteriormente, o produto será seco adequadamente ficando entre 3,5 a 4,0% de umidade por meio da etapa de desidratação nas usinas de beneficiamento. Entretanto, se esta pré-secagem não for realizada, o produto poderá perder a qualidade em função do elevado tempo de armazenamento a que é geralmente submetido, visto que a alta umidade das castanhas é um fator que pode favorecer a proliferação de fungos, inclusive os produtores de aflatoxinas.

Tabela 2 - Variáveis físicas e microbiológicas de castanha-do-brasil avaliadas antes e após serem submetidas em secador de ar por convecção natural, em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Secagem	Atividade de água ⁽¹⁾ (Aw)	FPPA (log UFC.g ⁻¹)	Aflatoxinas (µg.kg ⁻¹)				
			B ₁	B ₂	G ₁ ⁽¹⁾	G ₂ ⁽¹⁾	Total ⁽¹⁾
Antes	0,97 a	4,06 a	2,952 a	0,326 a	4,742 a	0,009 a	8,228 a
Após	0,99 a	4,07 a	0,803 a	0,137 a	0,070 a	0,081 a	1,116 a
Média	0,98	4,07	1,877	0,231	2,406	0,045	4,672
CV (%)	-	5,89	148,32	126,01	-	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância apresentada no APÊNDICES B e C.

⁽¹⁾Análise não paramétrica (teste de Wilcoxon).

FPPA= fungos potencialmente produtores de aflatoxina.

Tabela 3 - Variáveis físicas e físico-químicas da castanha-do-brasil avaliadas antes e após serem submetidas em secador de ar por convecção natural, em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Secagem	Proteína bruta total	Extrato etéreo	Fibra bruta total	Carboidratos totais	Cinzas
	%				
Antes	14,87 a	66,60 a	7,99 a	7,28 a	3,27 a
Após	15,14 a	63,17 a	7,58 a	9,96 a	3,40 b
Média	15,00	64,89	7,79	8,62	3,33
CV (%)	3,88	5,84	5,86	24,80	1,10

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de probabilidade.

Análise de variância apresentada no APÊNDICES D e E.

Segundo Nogueira (2011) um dos principais pontos para a manutenção da qualidade do produto em termos de umidade é a temperatura de secagem, que não pode exceder a 50 °C para que as características físicas da castanha não sejam comprometidas. Segundo a mesma autora a temperatura superior a esta ocasionou perda de qualidade final do produto, acarretando rachaduras em seu tegumento. Esta observação é importante para trabalhos futuros com a secagem da castanha, uma vez que isso pode inviabilizar o uso de algumas tecnologias.

A atividade de água das amêndoas não foi influenciada ($p > 0,05$) pela secagem da castanha (Tabela 2). Esta variável apresentou valor médio de 0,98, resultado este igual ($p > 0,05$) ao obtido (0,98) por Leite (2008) para castanhas oriundas da floresta sem secagem. Desta forma, mais testes devem ser feitos a fim de reduzir esta variável após a secagem.

A atividade de água requerida para crescimento do fungo *Aspergillus flavus* varia de 0,78 a 0,95 (CARRILLO, 2003; PEREIRA et al. 2002) e para produção de aflatoxinas de 0,68 a 0,87 (ARRUS et al., 2005a; ARRUS et al., 2005b). No caso deste trabalho, a atividade de água das amêndoas manteve-se praticamente constante e elevada, condição esta que permitiu o crescimento de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas em todas as amostras, porém com produção de aflatoxinas em apenas 40% (B1), 40% (B2), 30% (G1), 15% (G2) e 55% (total) das amostras com crescimento dos fungos, evidenciando que a constatação da presença de fungos aflatoxigênicos não é suficiente para ter-se produção de aflatoxinas, conforme já citado por Olsen et al. (2008). Entretanto não se verificou ($p > 0,05$) efeito da secagem sobre as quaisquer destas variáveis (Tabela 2).

Pacheco e Scussel (2006) observaram que a maioria dos fungos não cresce em atividade de água de 0,70. *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus* não crescem ou produzem aflatoxinas em atividade de água menor que 0,70 (CODEX ALIMENTARIUS, 2006). Mas geralmente baixa atividade de água é obtida somente após o beneficiamento da castanha. Santos et al. (2011), por exemplo, analisando castanhas beneficiadas e acondicionadas em embalagem flexível laminada e caixa de papelão, constataram baixa atividade de água (0,47) não apresentando condições favoráveis ao crescimento de microrganismos.

Houve pequena redução (6,6%) na contagem total de fungos filamentosos realizada, obtendo-se médias de 5,30 e 4,95 log UFC.g⁻¹ antes e após a secagem,

respectivamente (Gráfico 2). Já para Álvares et al. (2009), na secagem tradicional em armazém, esta contaminação aumentou 16,9% (4,21 para 4,92 log UFC.g⁻¹). Leite (2008) obteve valores correspondentes a 4,51 log UFC.g⁻¹ para castanhas coletadas após a quebra e 4,22 log UFC.g⁻¹ para submetidas a amontoa, ambos inferiores ($p < 0,05$) aos obtidos neste trabalho para castanha antes da secagem (5,30 log UFC.g⁻¹), sendo esta variação oriunda de vários fatores como local e época de coleta, condições climáticas e outros. Álvares et al. (2012), ao analisarem a qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, obtiveram contagem média de fungos totais de 1,36 log UFC.g⁻¹, valor este também inferior ($p < 0,05$) ao valor obtido neste trabalho para castanha após a secagem (4,95 log UFC.g⁻¹). De acordo com os mesmos autores, durante o processo de beneficiamento das castanhas nas indústrias, pode ocorrer a redução dos níveis de contaminação por fungos devido à autoclavagem das castanhas, embora esta redução não ocorra com os níveis de aflatoxinas. A importância da redução do teor de umidade das amêndoas na redução da contaminação por fungos totais pode ser observada pela correlação (0,61) entre estas variáveis (Tabela 4).

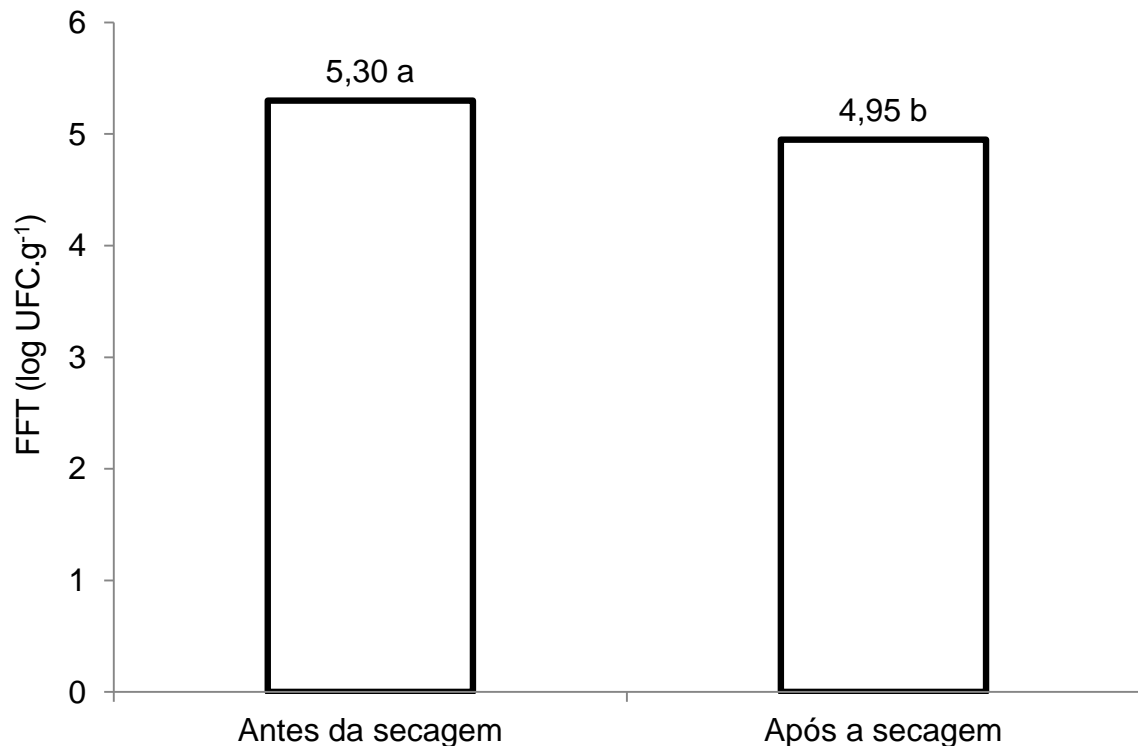


Gráfico 2 - Contagem total de fungos filamentosos totais (FFT) na castanha-do-brasil obtido antes e após sua secagem à alta temperatura (45 °C) por convecção natural, em experimento realizado no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Tabela 4 – Correlações entre as variáveis avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Variável	AA	FA	FT	AB1	AB2	AG1	AG2	AT	C	P	E	F	CB
U	-0,16 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,61 ^{**}	0,27 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,76 ^{**}	-0,24 ^{ns}	0,42 ^{ns}	0,42 ^{ns}	-0,28 ^{ns}
AA		-0,20 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,44 [*]	0,08 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,24 ^{ns}
TA		-0,20 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,35 ^{ns}
FA			0,14 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,45 [*]	0,15 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,22 ^{ns}
FT				0,07 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,48 [*]	0,08 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,29 ^{ns}	-0,17 ^{ns}
AB1					0,73 ^{**}	0,95 ^{**}	-0,05 ^{ns}	0,98 ^{**}	-0,16 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
AB2						0,59 ^{**}	-0,18 ^{ns}	0,66 ^{**}	-0,16 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,08 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
AG1							-0,01 ^{ns}	0,99 ^{**}	-0,23 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
AG2								-0,02 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,07 ^{ns}
AT									-0,21 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,15 ^{ns}	-0,08 ^{ns}
C										0,27 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,22 ^{ns}
P											-0,17 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,32 ^{ns}
E												0,99 ^{**}	-0,95 ^{**}
F													-0,95 ^{**}

U = umidade; AA = atividade de água; FA = fungos potencialmente produtores de aflatoxinas; FT = fungos filamentosos totais; AB1 = aflatoxinas B1; AB2 = aflatoxinas B2; AG1= aflatoxinas G1; AG2 = aflatoxinas G2; AT = aflatoxinas totais; C = cinzas; P = proteína bruta total; E = extrato etéreo; F = fibra bruta total; CB = carboidrato total.

A contaminação por fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) nas amêndoas não foi ($p > 0,05$) influenciada pela secagem e teve média de $4,07 \log \text{ UFC.g}^{-1}$ (Tabela 2). Este valor é superior ($p < 0,05$) ao obtido por Leite (2008) em castanha-do-brasil com diferentes épocas de coleta ($1,11 \log \text{ UFC.g}^{-1}$), para o tipos de seleção na amontoa na floresta ($1,56 \log \text{ UFC.g}^{-1}$) e para o armazém comunitário até 90 dias ($1,71 \log \text{ UFC.g}^{-1}$). Da mesma forma Álvares et al. (2012), analisando três marcas de castanha-do-brasil comercializadas no estado do Acre, beneficiadas e acondicionadas em sacos aluminizados, obtiveram média de $1,34 \log \text{ UFC.g}^{-1}$ sendo esta inferior ($p < 0,05$) a verificada no presente trabalho. Esta variação pode ser considerada comum, assim como para fungos filamentosos totais.

Segundo Pacheco (2007) os fungos intermediários, inclusive *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, crescem em condições de campo com atividade de água de 0,80 a 0,86. Entretanto no atual trabalho, também houve o crescimento destes em atividade de água média de 0,98.

Analisando-se os resultados da quantificação de aflatoxinas detectadas (Tabela 2), pode-se verificar que estatisticamente não houve diferença significativa entre os tratamentos, apresentando médias gerais de 1,877; 0,231; 2,406; 0,045 e $4,672 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para as aflatoxinas do tipo B1, B2, G1, G2 e total, respectivamente. Ressalta-se que a aflatoxina é termoestável (NUNES et al., 2003), estável à temperatura acima de $250 \text{ }^\circ\text{C}$ (PATERSON, 2006), de forma que a temperatura de secagem de $45 \text{ }^\circ\text{C}$ é ineficiente para sua completa remoção. Contudo as médias obtidas foram inferiores ($p < 0,05$) ao limite estabelecido pela legislação brasileira para aflatoxina total em castanha sem casca para consumo humano direto ($10 \mu\text{g.kg}^{-1}$) e para processamento ($15 \mu\text{g.kg}^{-1}$). Estas médias foram também inferiores ($p < 0,05$) ao que estabelece a legislação como limite ($20 \mu\text{g.kg}^{-1}$) para a castanha-do-brasil com casca (BRASIL, 2011). Além disso, os valores obtidos no presente trabalho foram inferiores ($p < 0,05$) aos limites estabelecidos pela União Européia para castanha-do-brasil com casca, que são de $8 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1 e $15 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para a aflatoxina total para processamento e, para castanha-do-brasil sem casca, de $5 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1 e $10 \mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina total para consumo humano direto (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2010).

Os valores de aflatoxinas observados neste trabalho foram inferiores ($p < 0,05$) aos obtidos por Teixeira (2008), que verificou contaminações médias de 35,281,

3,330, 21,457, 1,728 e 61,796 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ em castanhas “verdes” para as aflatoxinas do tipo B1, B2, G1, G2 e total, respectivamente. Os valores obtidos também foram inferiores ($p < 0,05$) aos encontrados por Xavier e Scussel (2008), que observaram nível de contaminação de 11,5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina total. Por outro lado, no presente trabalho foram obtidas médias superiores ($p < 0,05$) às observadas por Leite (2008) para castanhas em diferentes épocas de coleta sendo estas de 0,073, 0,009, 0,034, 0,007 e 0,123 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxinas B1, B2, G1, G2 e total, respectivamente. Os valores observados neste trabalho também foram maiores que os obtidos por Leite (2008) em castanha selecionada na amontoa da floresta de 0,067 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B2, 0,014 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina G1 e de 0,005 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina G2. Porém no caso de aflatoxinas B1 e total os valores obtidos no presente trabalho (1,877 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ e 4,672 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) foram inferior ($p < 0,05$) e estatisticamente igual ($p > 0,05$) aos observados por Leite (2008), de 4,654 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ e 4,740 $\mu\text{g.kg}^{-1}$, respectivamente. Os valores de aflatoxinas obtidos no presente trabalho, com exceção da B2, são também superiores ($p < 0,05$) aos observados por Álvares et al. (2012) que, ao analisarem a qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, obtiveram médias de 0,380 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1, 0,220 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina G1, 0,000 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina G2 e 0,860 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para total. Embora haja esta divergência entre os trabalhos, em ambos verificou-se que aflatoxina B1 foi, dentre a demais, a que apresentou maior média, sendo esta, de acordo com Keller et al. (2005), considerada a mais tóxica.

A produção de aflatoxina detectada no presente trabalho pode ser devida tanto a *Aspergillus flavus* quanto a *Aspergillus parasiticus*. Entretanto, Olsen et al. (2008), estudando o relacionamento entre as aflatoxinas B1 e G1 em amostras de castanha-do-brasil com casca, observaram resultados que indicam que os principais responsáveis pela produção de aflatoxinas não são necessariamente estas espécies, que produzem exclusivamente aflatoxinas do tipo B mas, também, *Aspergillus nomius* que é produtor de ambas as aflatoxinas (B e G).

Em relação à composição centesimal da amêndoa, com exceção de cinzas, para todas as variáveis não se verificou ($p > 0,05$) efeito da secagem (Tabela 3), indicando que esta não interfere nas características físico-químicas das amêndoas. Os teores médios de cinzas aumentaram ($p < 0,05$) após a secagem, variando de 3,27% para 3,40% (Tabela 3). O aumento do teor de cinzas observado após a secagem pode ter ocorrido em decorrência da redução do teor de umidade da

amêndoa com conseqüente concentração dos compostos presentes. Esta situação se confirma pela alta correlação inversa ($r = - 0,76^{**}$) verificada entre estas características (Tabela 4). Como as cinzas são constituídas de minerais, o aumento de seu teor pela secagem pode indicar que este processo contribui para permitir a obtenção de maior concentração mineral da castanha.

Os valores obtidos para cinzas após a secagem foram superiores ($p < 0,05$) aos de 3,32% observado por Santos et al. (2011), de 2,75% por Santos (2008), 3,00% por Vasconcelos et al. (2011) e 3,00% por Souza e Menezes (2008).

As variáveis que não foram ($p > 0,05$) influenciadas pela secagem apresentaram médias de 15,00% de proteína bruta, 64,89% de extrato etéreo, 7,79% de fibra bruta total e 8,62% de carboidrato total (Tabela 3). Esses valores foram menores ($p < 0,05$) do que os obtidos por Santos et al. (2011) para proteína bruta (18,58%), extrato etéreo (66,24%) e carboidrato total (8,76%) para amêndoas beneficiadas. Ao se comparar os resultados de composição centesimal da amêndoa do presente trabalho com o de Vasconcelos et al. (2011) para castanha da floresta, portanto, não beneficiada, verifica-se que os do atual trabalho foram maiores para proteína bruta total (7,00%), extrato etéreo (56,00%) e fibra bruta total (6,00%). Apenas carboidrato total foi menor ($p > 0,05$) no atual trabalho do que o obtido (23,32%) por Vasconcelos et al. (2011), sendo que o teor de umidade das amêndoas auxilia nesta variação, além de outros fatores como o local de coleta.

3.5 CONCLUSÕES

O secador de ar por convecção natural traz importantes vantagens em substituição à secagem tradicional, diminuindo o teor de umidade das amêndoas, com significativa redução no tempo de secagem.

A secagem utilizada não altera a composição físico-química das amêndoas, com exceção do teor de cinzas;

A secagem é eficiente na redução da contaminação pré-existente de fungos filamentosos totais.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, V.S.; LEITE, F.M.N.; MADRUGA, A.L.S.; SOUZA, J.M.L.; COSTA, D.A.C. Monitoramento da cadeia produtiva da castanha-do-brasil quanto à contaminação por coliformes e fungos em três castanhais do Acre. In: **Anais do VII Seminário Anual de cooperação UFAC/UF**. Rio Branco, AC: UFAC, 2009. p. 211-217.
- ÁLVARES, V.S.; CASTRO, I. M. DE.; COSTA, D.A.; Lima, A. C.; Madruga, A. L. Qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, Acre. **Acta Amazonica**, Rio Branco, v. 42, n. 2, p. 269-274, fev. 2012.
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemist. **Official methods of analysis**. Washington: 12 Ed. 1094 p, 1970.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. Natural toxins. **Official Methods of analysis**. Chaper: 16 Ed. 20-21 p, 1995.
- ARRUS, A. K.; BLANKA, G.; ABRAMSONB, D.; CLEARC, R.; HOLLEY, R. A. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 41, p. 513-527, July./Aug. 2005a.
- ARRUS, K.; BLANK, G.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSONB, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. **Journal of Food Protection**, Canadá, v. 68, p. 1060-1065, May. 2005b.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 160, p. 268-282, 1937.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 172 de 04 de julho de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 de julho de 2003. Disponível em: <<http://forteanalises.com.br/paginas/boletins.html>> Acesso em: 26 maio. 2008.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA Resolução - RDC - nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LTM) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção1, 09 mar. 2011.
- CARRILLO, L. Los hongos de los alimentos y forrajes. **Universidad Nacional de Salta**, 2003.
- CODEX ALIMENTARIUS. Code of practice for the prevention and reduction of aflatoxina contamination in tree nuts. **CAC/RCP**, v. 59, p. 1-9, 2006.
- EUROPEAN UNION COMMISSION. (2006). Comissão de regulação nº 401/2006 de 23 de february 2006 on the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foods. **Official Journal of the European Union**, n. 70, L. 57, p. 12-34, Apri. 2006.

EUROPEAN UNION COMMISSION. (2010). Commission Regulation N^o 165/10 of Feb 2010 amending Regulation n^o 1881/06, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Communities**, L. 50, p. 8-12, Dec. 2010.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Available: <<http://faostat.fao.org>>. Accessed on: 10 feb. 2011.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, v. 11, n. 1, p. 1-21, Feb. 1969.

HOMMA, A. K. O. Cemitério das Castanheiras. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 34, n. 202, Mar. 2004.

IARC. International Agency of Research on Cancer. **Evaluation of carcinogenic risks to humans**: some tradicional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. Lyon: 2002. (Monographs, 82).

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 1 ed. digital. 2005. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=0&func=select&orderby=1>. Acesso em: 18 nov. 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2012. Comunicação Social. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1498>. Acesso em: 16 maio 2012.

LEITE, F. M. N. **Fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil sob as condições da floresta e de armazenagem comunitária no Acre**. 2008. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2008.

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

NOGUEIRA, R. M. **Secagem da castanha-do-brasil em condições de floresta e carbonização do resíduo do fruto da castanheira**. 2011. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Engenharia de Processamento de Produtos Agrícolas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

OLIVEIRA, B. R. DE; ALCÂNTARA, E. M.; PICCOLI, R. H.; BATISTA, L. R. **Ocorrência *Aspergillus carbonarius* produtor de ocratoxina A**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba. Anais Microbiologia, Micotoxicologia e Biotecnologia. Curitiba: SBCTA, 2006. 1CD-ROM.

OLSEN, M.; JOHNSON, P.; MOLLER, T.; PALADINO, R.; LINDBLAD, M. *Aspergillus nomius*, an important producer in Brazil nuts? **World Mycotoxin Journal**, Wageningen, v. 1, n. 2, p. 123-126, mayo/ago. 2008.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. **Castanha-do-brasil**: da floresta tropical ao consumidor. Florianópolis: Editograf, 171 p. 2006.

PACHECO, A. M. **Selênio e aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) e qualidade de produtos derivados.** 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PAS. Programa de alimentos seguros. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da castanha-do-brasil.** Brasília: Embrapa, 2004. 62 p.

PENNACCHIO, H. L. **Castanha-do-brasil – Proposta de preço mínimo safra 2006/2007.** Brasília: Editora Mapinguari, p. 08-10, 2006.

PEREIRA, M.M.G.; CARVALHO, E.P.; PRADO, G. Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 141-156, jan/jun. 2002.

PITT, J .I.; HOCKING, AILSA D.; GLENN, IANNRE. An improved medium for the detection of *Aspergillus fravus* and *A. parasiticus*. **Journal of Applied Bacteriology**, Malden, v. 54, n. 14, p. 109-114, Dec.1983.

SANTOS, V. S. **Desenvolvimento de barras de alto teor protéico a partir da castanha-do-brasil.** 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

SANTOS, O. V. dos; CORRÊA, N. C. F.; LANNES, S. C. da SILVA. Caracterização física, físico-química, microbiológica e micotoxicológica da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) **Revista Iluminart**, Sertãozinho, v. 12, n. 7, p. 48-59, set. 2011.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SIMÕES, A. V. **Impactos de tecnologias alternativas e do manejo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) no controle da contaminação por aflatoxinas em sua cadeia produtiva.** 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Sistemas Agroflorestais, Universidade Federal do Amazonas, AM, 2004.

SOUZA, M. L., MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Sociedade brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v. 28 n. 2, p. 45-462, abr./jun. 2008.

STROKA, J.; ANKLAM, E.; JORISSEN, U.; GILBERT, J. Immunoaffinity column cleanup with liquid chromatography using post-column bromination for determination of aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste and paprika powder: collaborative study. **Journal of AOAC**, Washington, v.83, n.2, p. 320-340, Oct. 2000.

STUDENT. The probable error of mean. **Biometrika**. London, v. 6, n. 1, Mar. 1908. p. 1-25.

TEXEIRA, A. S. **Adequação e apresentação de parâmetros de validação intralaboratorial de um ensaio para a quantificação de aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) através de cromatografia líquida de alta eficiência.** 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

VASCONCELOS, A. A.; CRUZ, K.; WALDT, L. O.; ABREU, L. F.; **Caracterização físico-química de amêndoas e óleos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) provenientes do estado do acre.** In: 15° SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, BELÉM-PA. p. 4. 2011.

XAVIER, J. J. M.; SCUSSEL, V. M. Development of an LC-MS/MS method for the determination of aflatoxins B1, B2, G1, and G2 in Brazil nut. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 88, n. 6, p. 425-433, Dec. 2008.

4 CAPÍTULO II

QUALIDADE DA CASTANHA DO BRASIL DURANTE O ARMAZENAMENTO

RESUMO

O nível tecnológico e as condições inadequadas de manejo pós-coleta favorecem a contaminação das amêndoas de castanha-do-brasil, o que constitui um dos maiores problemas para o seu consumo. O sistema tradicional de armazenamento compromete seriamente a qualidade do produto, favorecendo a alta incidência de agentes contaminantes como fungos do gênero *Aspergillus*, que podem produzir aflatoxina. O objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um protótipo de armazém com ventilação artificial na qualidade físico-química e microbiológica da castanha-do-brasil durante o armazenamento. Foi realizado um experimento no delineamento inteiramente casualizado considerando o armazenamento de castanhas por até cinco meses (0, 30, 60, 90, 120 e 150 dias) no protótipo de armazém. Ao final de cada período de 30 dias quatro amostras de 3 kg foram submetidas às análises de umidade, cinzas, proteína, fibra alimentar, extrato etéreo, carboidratos totais, atividade de água, contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxina e a quantificação de aflatoxinas B1, B2, G1, G2 e total. Observou-se que o armazenamento aplicado nas castanhas influenciou os teores de umidade das amêndoas, a contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxinas, aflatoxina B1, aflatoxina total, cinzas e carboidratos totais. Observou-se que o protótipo de armazém foi eficiente em manter as características físico-químicas do produto em níveis adequados, mas ineficiente em reduzir o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas no decorrer do armazenamento do produto por até 150 dias. Observou-se presença de *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e aflatoxinas durante todo o período de armazenamento da castanha, principalmente após os 30 dias. Verificou-se, também, presença de aflatoxinas B1 e total, em altas quantidades e acima do limite máximo estabelecido pelas legislações do Brasil e União Européia. Os resultados deste trabalho evidenciam que a armazenagem da castanha-do-brasil deve ser evitada antes de seu beneficiamento, pois a manutenção do produto em condição de armazenamento pode favorecer o crescimento de fungos aflatoxigênicos e a produção de aflatoxinas.

Palavras-chave: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Armazenamento.

ABSTRACT

The technological level and inadequate management practices favor the post-harvest contamination of brazil nut, which is one of the biggest problems for your consumption. The traditional system of storage is seriously compromising the quality of the product, favoring the high incidence of contaminants such as fungi of the genus *Aspergillus*, which can produce aflatoxin. The objective of this study was to evaluate the efficiency of a prototype of storage unit with artificial ventilation in physico-chemical and microbiological analysis of the brazil nuts during storage. An experiment was conducted in a completely randomized design considering storing nuts for up to five months (0, 30, 60, 90, 120 and 150 days) in the storage unit prototype. At the end of each period by 30 days, four samples of 3 kg each was analyzed for moisture content, ash, protein, dietary fiber, ether extract, total carbohydrates, water activity, counting total filamentous fungi and potentially aflatoxin-producers, besides quantification of aflatoxins B1, B2, G1, G2 and total. It was observed that the storage method influenced the moisture content of kernels, the total count of molds, potentially producers of aflatoxin, aflatoxin B1, total aflatoxin, ash and total carbohydrates. It was observed that the prototype of storage was effective in maintaining the physical and chemical properties at appropriate levels, but ineffective to reduce fungal growth and production of aflatoxin in the product during storage for up to 150 dias. It was observed the presence of *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* and aflatoxin throughout the storage period of the nut, especially after 30 days. There was also presence of aflatoxin B1 and total, in high quantities and above the level established by the laws of Brazil and the European Union. The results of this work show that the storage of the Brazil-nut should be avoided before its processing, because the maintenance of the product in storage condition may favor the growth of aflatoxigenic fungi and aflatoxin production.

Keywords: *Bertholletia excelsa*. *Aspergillus flavus*. *A. parasiticus*. Storage.

4.1 INTRODUÇÃO

A castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) faz parte das riquezas da floresta Amazônica e representa importante componente na pauta de exportação da região. Sua exploração estimula o uso sustentável dos recursos naturais renováveis além de combinar desenvolvimento socioeconômico e conservação das áreas extrativistas (SILVEIRAS, 2004). Constitui-se em alimento bastante apreciado não só pelo seu sabor como, também, por suas qualidades nutricionais (SILVA, 2002). Pode ser consumida *in natura* ou usada para extração de óleo e possui alto valor protéico, devido à quantidade e qualidade dos aminoácidos contidos nas amêndoas (SANTOS et al., 2006), além de ser rica em lipídios e vitaminas.

Embora a castanha seja muito apreciada e consumida, a possibilidade da contaminação das amêndoas representa um dos maiores problemas relacionados à manutenção de sua qualidade. O nível tecnológico e as condições inadequadas de manejo pós-coleta favorecem a contaminação por vários microrganismos, dentre estes fungos filamentosos responsáveis pela produção de micotoxinas (OLIVEIRA et al., 2006), especialmente aflatoxinas (PINHEIRO, 2004), que é um metabólito produzido por espécies de fungos pertencentes ao gênero *Aspergillus*, comuns no ambiente de coleta das castanhas (FAO, 2008; FERREIRA et al., 2006b).

Na Amazônia, as condições climáticas são ideais para o crescimento de fungos durante a floração da castanheira e coleta dos ouriços (frutos). Nestas áreas, além da estação chuvosa característica da região, a umidade relativa do ar atinge valores em torno 80% e as temperaturas chegam até 40 °C (SEGOVIA et al., 2011). A secagem e armazenamento adequados diminuem o tempo de exposição das castanhas às condições de elevada temperatura e umidade relativa do ar (ARRUS et al., 2005a), condições estas que favorecem a contaminação por aflatoxinas. Além disso, com a alternância de períodos de chuva e sol, as castanhas podem secar desuniformemente ocasionando problemas na armazenagem como o favorecimento da proliferação fúngica.

As boas práticas de manejo contribuem para a redução desta contaminação. A intensificação da coleta na floresta, com uso de equipamentos específicos para a quebra do ouriço, como facão e lona plástica, a proteção contra chuva e contato da castanha com outros tipos de contaminações durante o transporte e, principalmente, uma estrutura de armazenagem adequada, são recomendações

feitas ao extrativista para manter a qualidade da castanha-do-brasil (PAS, 2004). Além disso, segundo Arrus et al. (2005a) é possível reduzir o tempo entre a coleta e o processamento de castanha-do-brasil mediante adaptação nas condições de secagem e armazenamento do produto visando reduzir a umidade e atividade de água das amêndoas.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a eficiência de um protótipo de armazém com ventilação artificial na qualidade físico-química e microbiológica da castanha-do-brasil durante o período de armazenamento.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

No período de fevereiro a julho de 2011, no Laboratório de Tecnologia de Alimentos da Embrapa localizada no km 14 da BR 364, em Rio Branco, Acre, Brasil, realizou-se um experimento no delineamento inteiramente casualizado com o objetivo de avaliar o efeito do armazenamento da castanha após a sua secagem em secador de ar por convecção natural em suas propriedades físico-químicas e microbiológicas. Foram considerados seis tratamentos, todos com 4 repetições, que consistiram em avaliações físico-química e microbiológicas das amostras de 3 kg de castanha com casca um mesmo lote nos seguintes tempos de armazenamentos: T1= 0 dias; T2= 30 dias; T3= 60 dias; T4= 90 dias; T5= 120 dias e T6= 150 dias.

A estrutura de armazenagem utilizada neste trabalho foi planejada por Nogueira (2011), tendo capacidade para armazenar aproximadamente 2.835 kg de castanha-do-brasil. Esta foi construída em aço galvanizado, com parede de 1 metro de altura, tela de malha de 1 mm até a cobertura e piso com tela em aço galvanizado de malha de 5 mm (Figura 6).

A temperatura e umidade relativa do ar foi monitorada por meio de datalogger regulado para realizar a leitura a cada 3 horas durante o dia. Além disso diariamente o armazém era aerado por ar forçado por meio de um motor acoplado.



Figura 6 - Protótipo do secador utilizado no experimento durante armazenagem da castanha-do-brasil.

4.2.1 Preparo das amostras e análises laboratoriais

O preparo das amostras e as análises laboratoriais foram realizados da mesma forma descrita no capítulo 1.

4.2.2 Análise estatística

Os resultados das variáveis foram submetidos à verificação da presença de outliers pelo teste de Grubbs (1969), normalidade dos erros pelo teste de Shapiro-Wilk (1965) e de homogeneidade das variâncias pelo teste de Bartlett (1937). Para as variáveis cujos dados não se verificou a normalidade dos erros e/ou a homogeneidade das variâncias efetuou-se sua transformação para atender a estes pressupostos da análise de variância. Posteriormente efetuou-se a análise de variância de regressão dos dados originais e/ou transformados. Considerou-se a regressão de maior grau significativo ($p < 0,05$) até o grau 2 (quadrático) como referência para definir as equações capazes de explicar o comportamento da variáveis avaliadas no decorrer do tempo de 0 a 150 dias, com intervalos de 30 dias. Utilizou-se, também, o teste t de Student (1908) para comparar médias de determinadas variáveis com valores de referência obtidos em outros trabalhos.

4.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das variáveis físicas, microbiológicas e físico-químicas da castanha-do-brasil obtidos no experimento de armazenamento por até 150 dias após o uso de secador de ar por convecção natural (capítulo 1) estão apresentados nos gráficos 3 a 16.

O tempo de armazenamento influenciou ($p < 0,05$) nos teores de umidade (Gráfico 3), na contagem de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (Gráfico 6) e fungos filamentosos totais (Gráfico 9), na produção de aflatoxinas B1 (Gráfico 12) e total (Gráfico 13), cinzas (Gráfico 15) e carboidratos totais (Gráfico 16).

O teor de umidade das amêndoas apresentou comportamento quadrático em função do armazenamento, sendo que este reduziu à medida que aumentou-se o tempo de armazenamento estimando-se em 4,14% o valor mínimo de umidade aos 131 dias (Gráfico 3).

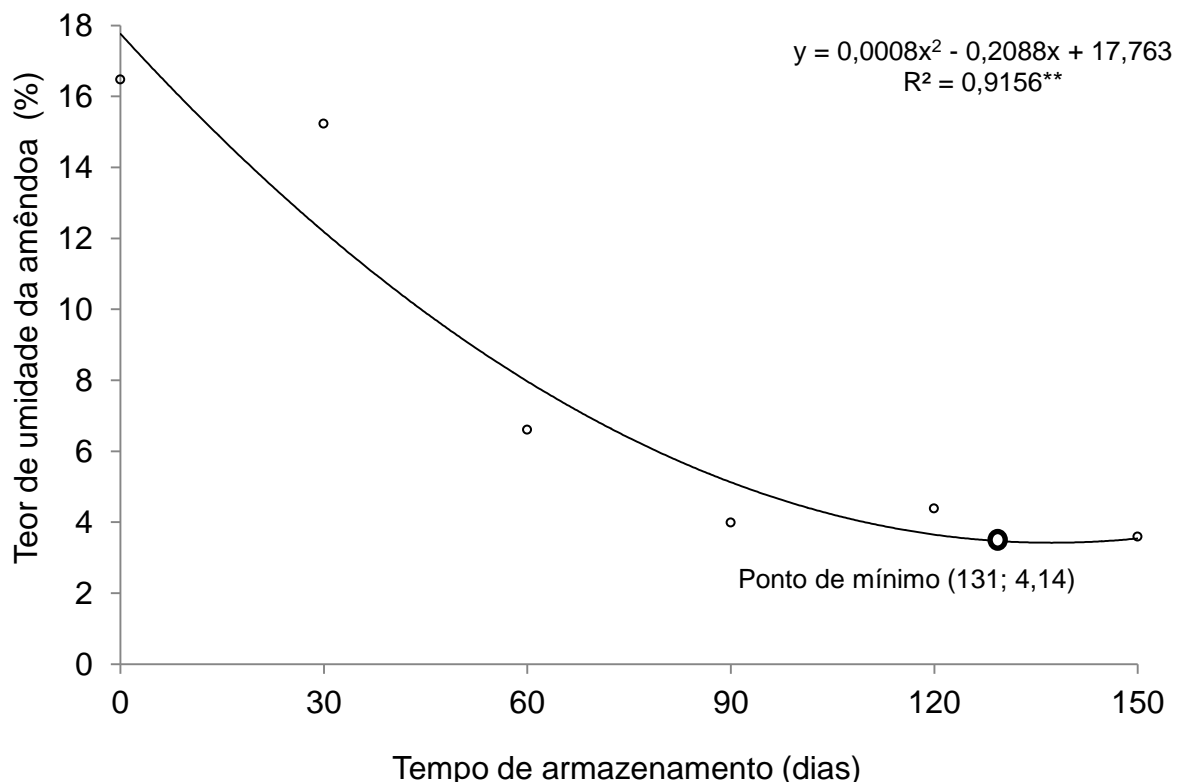


Gráfico 3 - Teor de umidade em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE G).

O teor de umidade das amêndoas variou de 16,47 a 3,59% (redução de 78,20%) em 150 dias de armazenamento (Gráfico 4). As menores médias foram observadas a partir de 60 dias, sendo que até este tempo o teor de umidade variou de 16,47 a 6,60% (redução de 59,93%) e até 90 dias variou de 16,47 a 3,99% (redução de 75,77%). Comparando-se o teor de umidade das amêndoas obtidos aos 60 e 90 dias com os de Álvares et al. (2009), que avaliaram castanhas armazenadas em comunidades extrativistas do estado do Acre em armazém comunitário tradicional, verifica-se que estes variaram de 14,96 a 12,73% (redução de 14,91%) em 60 dias e de 14,96 a 12,20% (redução de 18,45%) aos 90 dias de armazenamento. Essas maiores diferenças registradas em ambos os tempos de armazenamento se devem à aeração forçada realizada no atual trabalho. Desta forma, pode-se concluir que o sistema de armazenamento analisado foi 4 vezes mais eficiente na redução do teor de umidade do produto em relação ao sistema tradicional de armazenamento em armazéns comunitários utilizados na região.

Segundo o Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2006) a umidade das castanhas após a coleta deve ser reduzida até o limite de segurança que, de acordo com o Programa de Alimentos Seguros (PAS, 2004), é abaixo da umidade crítica de 15%. Segundo Brasil (2004) a castanha deve possuir teor de umidade abaixo do limite máximo aceito para comércio internacional que é de $13 \pm 2\%$. De acordo com a equação de regressão (Gráfico 3), este teor de umidade foi obtido apenas após 25 dias de armazenamento, indicando que a pré-secagem foi insuficiente para o armazenamento a longos períodos. Isto porque relacionando-se a umidade da amêndoa com os fungos potencialmente produtores de aflatoxina (FPPA) verifica-se que a redução de umidade até 3,59%, obtida aos 150 dias de armazenamento, não foi suficiente para reduzir esta contaminação, que variou de 4,23 a 5,70 log UFC.g⁻¹ (Gráfico 4). Entretanto, ao relacionar-se a umidade da amêndoa com aflatoxina total (Gráfico 5) observa-se que a redução da umidade de 4,38% para 3,59%, no período de 120 a 150 dias resultou na redução da aflatoxina total de 315,67 para 237,31 µg.kg⁻¹.

Arrus et al. (2005a), em estudos de castanhas com casca em armazenamento, observaram que a umidade de 5% evita o crescimento dos fungos toxigênicos, situação esta não observada no presente trabalho.

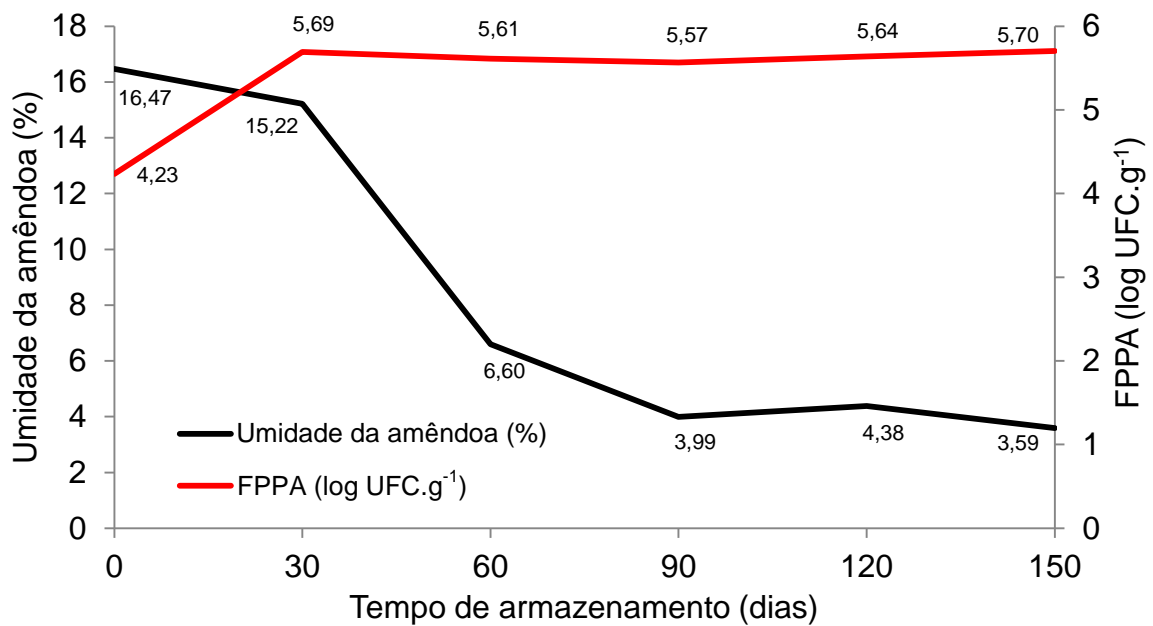


Gráfico 4 - Comparação entre umidade da amêndoa e fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) obtidos durante o tempo armazenamento de 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

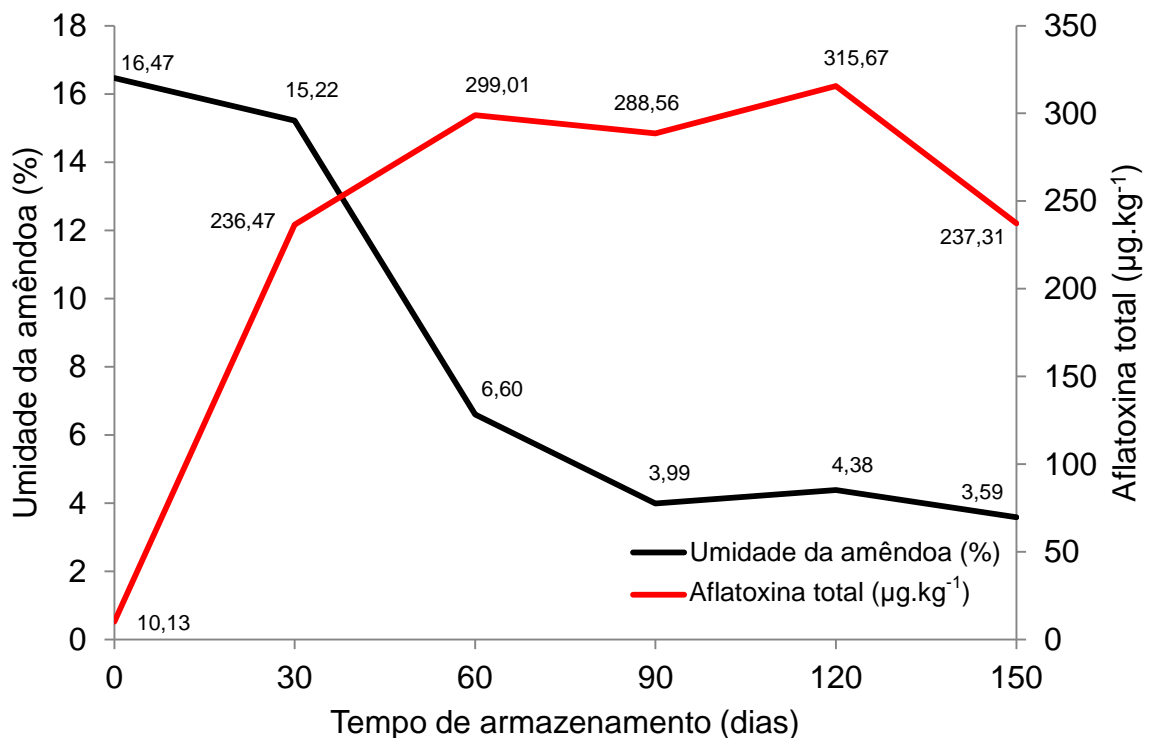


Gráfico 5 - Comparação entre umidade da amêndoa e aflatoxina total obtida durante o tempo de armazenamento de 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

Os resultados obtidos também discordam dos observados por Arrus et al. (2005b), que estudando a produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* em castanha-do-brasil desidratada, concluíram que quando a amêndoa é seca até 3,5-4,0% de umidade não há síntese de aflatoxina. Entretanto, no atual trabalho, a redução de umidade das amêndoas foi realizada de forma gradativa, o que pode ter favorecido a contaminação. O ideal é que esta umidade seja reduzida durante a pré-secagem antes do armazenamento. As relações entre estas variáveis são confirmadas pelas altas correlações entre umidade da amêndoa com fungos aflatoxigênicos ($r = -0,62^{**}$) e com aflatoxinas totais ($r = -0,65^{**}$) (Tabela 5).

A contagem total de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) foi influenciada ($p < 0,05$) pelo tempo de armazenamento apresentando comportamento quadrático estimando-se valor máximo de $6,17 \log \text{UFC.g}^{-1}$ aos 129 dias de armazenamento (Gráfico 6). As médias variaram de 4,23 a $5,70 \log \text{UFC.g}^{-1}$ ao longo do armazenamento (Gráfico 7), com variação total da contaminação de 34,7%. Esta variação nos primeiros 90 dias de armazenamento, de 32% ($4,23$ a $5,57 \log \text{UFC.g}^{-1}$), foi menor que a observada por Leite (2008) em armazém tradicional, de 54% (valores correspondentes a de $1,24$ a $1,91 \log \text{UFC.g}^{-1}$) no mesmo período de armazenamento. Portanto a armazenagem por ventilação forçada utilizada neste experimento foi mais eficiente em manter a população de fungos aflatoxigênicos do que o armazém tradicional.

Tabela 5 - Correlações entre as variáveis avaliadas em experimento com castanha-do-brasil armazenada por até 150 dias em secador-armazém, após secagem por convecção natural, em delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011

Variável	AA	FA	FT	AB1	AB2	AG1	AG2	AT	C	P	E	F	CB
U	0,88**	-0,62**	-0,65**	-0,73**	-0,28 ^{ns}	-0,47*	-0,79**	-0,78**	-0,91**	0,13 ^{ns}	0,37 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,44*
AA		-0,49*	-0,51*	-0,52**	-0,20 ^{ns}	-0,47*	-0,64**	-0,59**	-0,87**	0,14 ^{ns}	0,30 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,34 ^{ns}
FA			0,94**	0,93**	0,28 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,72**	0,93**	0,33 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,40*
FT				0,95**	0,26 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,74**	0,93**	0,34*	-0,00 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,45*
AB1					0,30**	0,25**	0,82**	0,98**	0,46*	-0,06 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,45*
AB2						0,16 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,18 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	0,23 ^{ns}
AG1							0,42*	0,40 ^{ns}	0,46*	-0,20 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,07 ^{ns}
AG2								0,84**	0,65**	-0,30 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,40 ^{ns}
AT									0,52**	-0,07 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,42*
C										-0,21 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	0,39 ^{ns}
P											0,15 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
E												0,42*	-0,80**
F													-0,56**

U = umidade; AA = atividade de água; FA = fungos potencialmente produtores de aflatoxinas; FT = fungos filamentosos totais; AB1 = aflatoxinas B1; AB2 = aflatoxinas B2; AG1= aflatoxinas G1; AG2 = aflatoxinas G2; AT = aflatoxinas totais; C = cinzas; P = proteína bruta total; E = extrato etéreo; F = fibra bruta total; CB = carboidrato total.

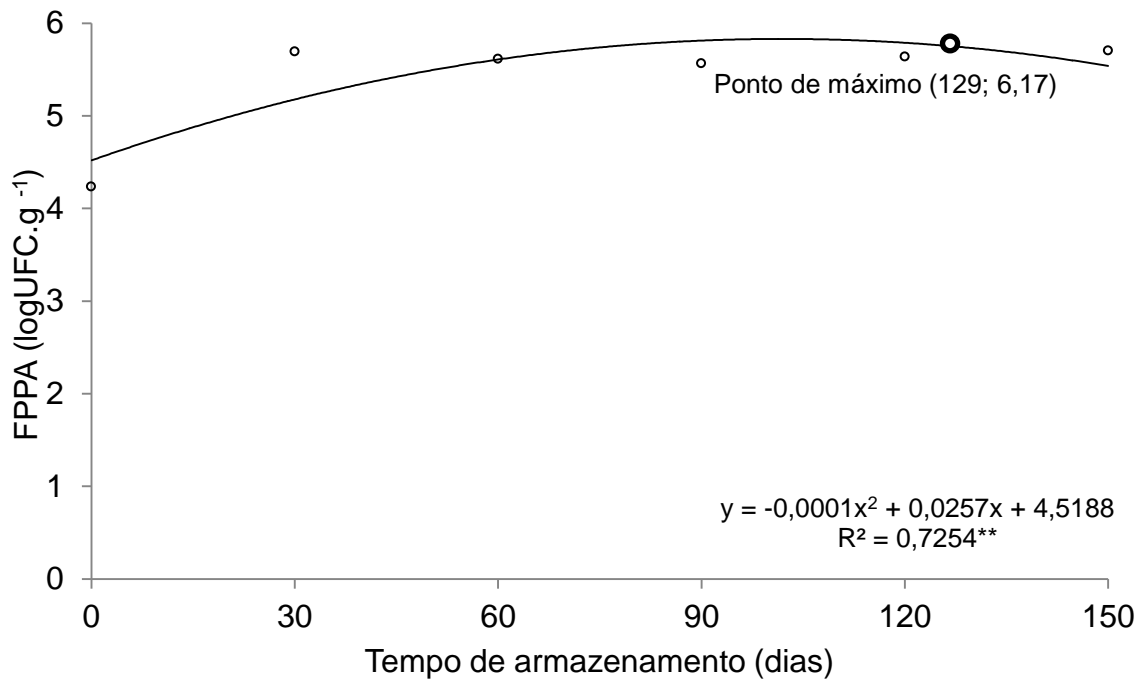


Gráfico 6 - Fungos potencialmente produtores de aflatoxina (FPPA) observados em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em secador-armazém, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE G).

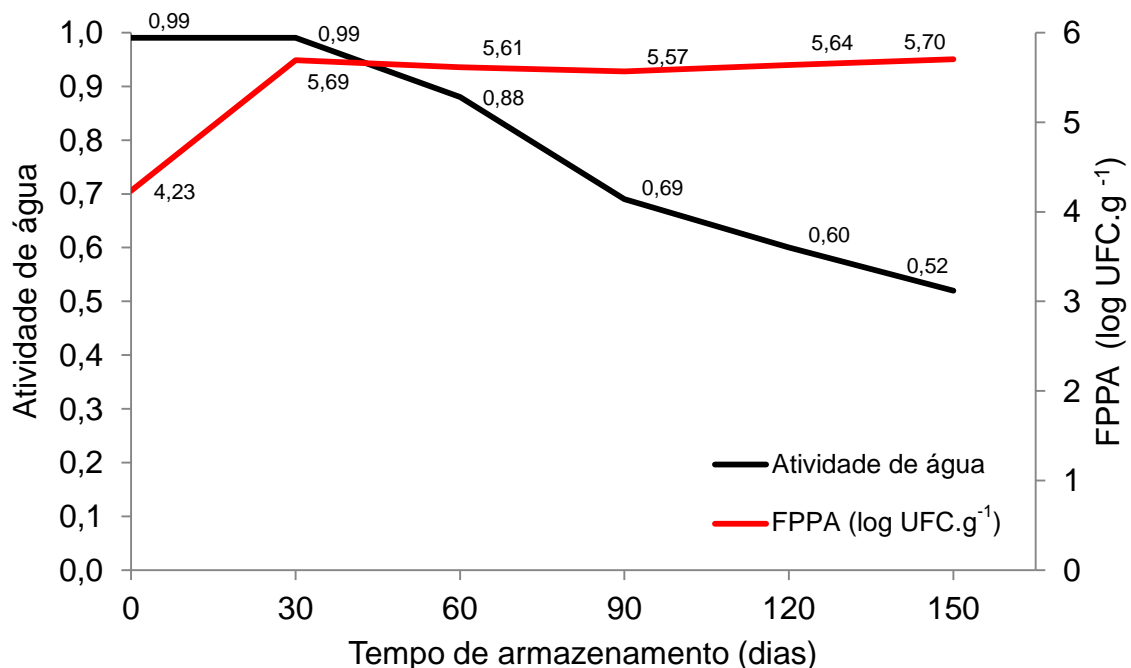


Gráfico 7 - Atividade de água e fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) em castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

Observa-se que houve um aumento da contaminação por FPPA nos primeiros 30 dias de armazenamento, provavelmente pela elevada atividade de água (Gráfico 7), bem como elevada umidade das amêndoas (Gráfico 4) neste período.

A atividade de água variou de 0,99 a 0,52 apresentando tendência de redução com a evolução do tempo de armazenamento. Contudo mesmo a atividade de água de 0,52 não foi suficiente para impedir o crescimento de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas (Gráfico 7). Entretanto com a redução da atividade de água de 0,60 para 0,52 ocorrida no período de 120 a 150 dias, verificou-se redução na produção de aflatoxinas de 315,67 para 237,31 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (Gráfico 8).

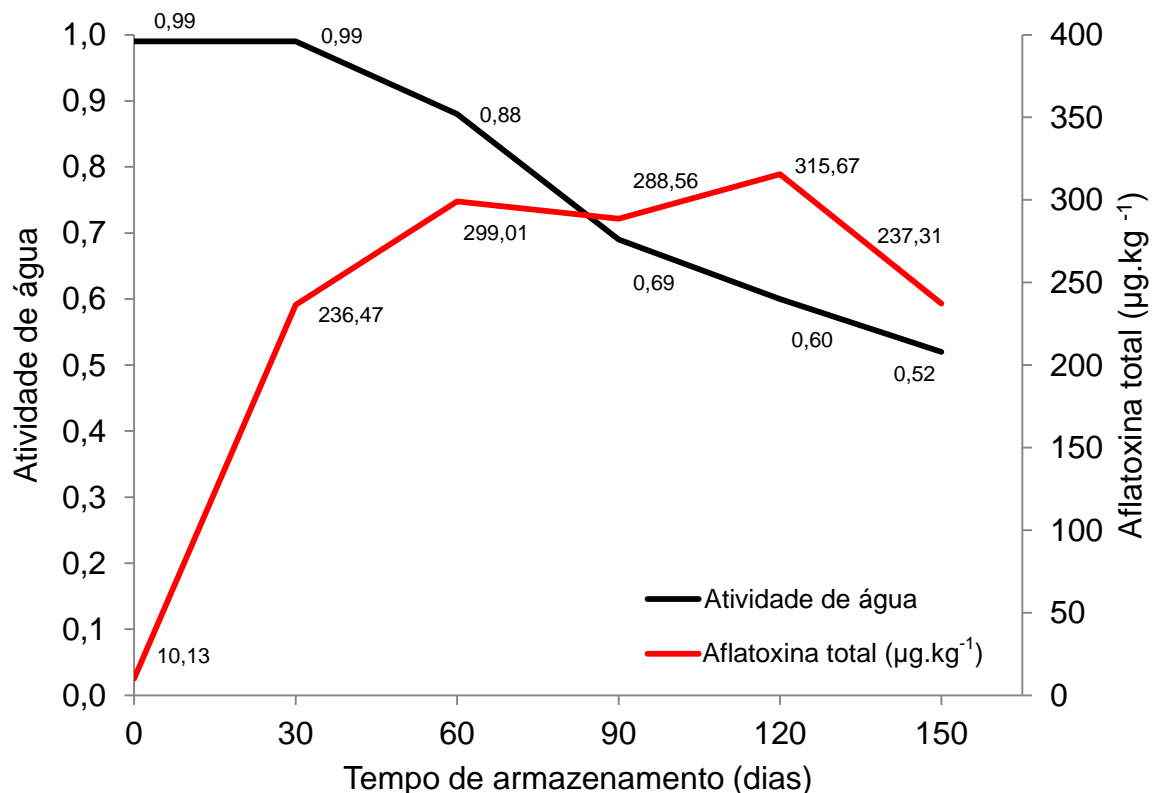


Gráfico 8 - Atividade de água e aflatoxina total em castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

Pacheco e Scussel (2006) verificaram que os fungos não crescem em atividade de água abaixo de 0,70, enquanto que, de acordo com Arrus et al. (2005b), não há produção de aflatoxinas com atividade de água entre 0,65 a 0,70. Também, segundo o Codex Alimentarius (2006), em alimentos com atividade de água abaixo

de 0,70 não ocorre crescimento de FPPA ou produção de aflatoxinas. Entretanto no presente trabalho a atividade de água da amêndoa atingiu valor mínimo de 0,52 aos 150 dias de armazenamento e mesmo nesta condição verificou-se crescimento de FPPA (Gráfico 7) e produção de aflatoxinas (Gráfico 8). É importante destacar que alimentos com atividade de água menor que 0,60 são classificados como desidratados, mas, assim como a redução da umidade das amêndoas, esta característica foi reduzida de forma gradativa, o que pode ter favorecido a contaminação por aflatoxina, pois Nunes et al. (2003) citam que uma vez produzidas as aflatoxinas, são de difícil eliminação.

A média (0,78) de atividade de água obtida neste trabalho foi estatisticamente igual à obtida (0,82) por Leite (2008) que também observou sua redução durante o armazenamento da castanha por até 90 dias. Álvares et al. (2009) observaram em castanhas acondicionadas em sacos de ráfia, no próprio armazém tradicional da comunidade, atividade de água de 0,84 e também sua redução após 90 dias de armazenamento.

Da mesma forma que neste trabalho, a presença dos fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil também foi detectada em condições de armazenagem por Simões (2004), Pacheco (2007) e Leite (2008). Diversas espécies de fungos já foram identificados na castanha-do-brasil na floresta (CARTAXO et al., 2003), em unidades de beneficiamento (SOUZA et al., 2004), em castanhas com casca adquiridas no varejo (BAYMAN et al., 2002) e em feiras livres (FREIRE; OFFORD, 2002) destacando-se entre elas *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* e *Aspergillus nomius*, todas produtoras de aflatoxina. Segundo Bayman et al. (2002) a colonização por fungos na castanha-do-brasil e a interação entre estes pode ter profundas implicações para a contaminação por aflatoxinas, uma vez que as castanhas estão expostas a níveis elevados do inóculo durante a coleta ou processamento.

A contagem total de fungos filamentosos foi influenciada ($p < 0,05$) pelo tempo de armazenamento e apresentou comportamento quadrático estimando-se valor máximo de 5,92 log UFC.g⁻¹ aos 103 dias de armazenamento (Gráfico 9). As médias variaram de 5,04 a 5,81 log UFC.g⁻¹ (Gráfico 10), com variação de 15,3% ao longo do armazenamento. Da mesma forma que para FPPA, observa-se que houve um

maior acréscimo na contaminação de fungos totais nos primeiros 30 dias de armazenamento, assim como já observado por Leite (2008).

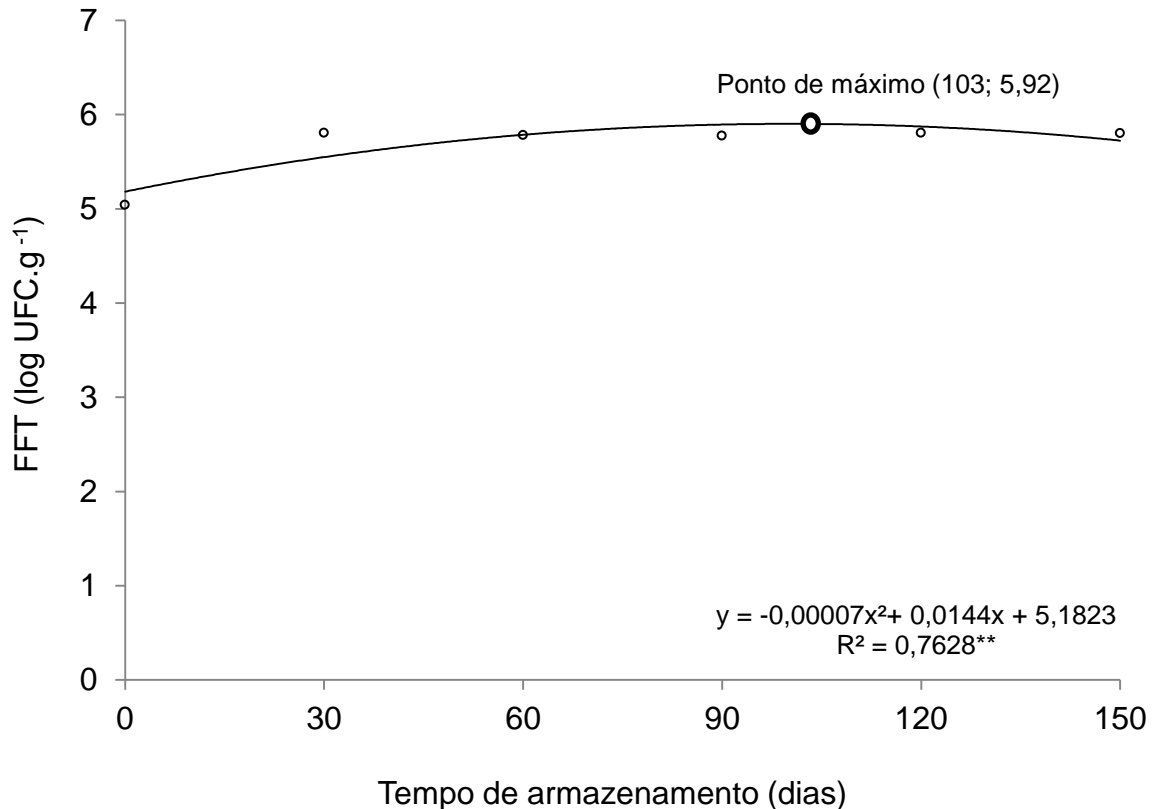


Gráfico 9 - Fungos filamentosos totais em amêndoas de castanha-do-brasil obtida durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE G).

A incidência fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) nas castanhas armazenadas no armazém durante o período de armazenamento (0 a 150 dias) tiveram comportamento similar (Gráfico 10).

Independente da contaminação advinda da etapa anterior de secagem realizada utilizando o secador de ar quente por convecção natural, o crescimento dos fungos foi favorecido pela temperatura do ambiente e umidade relativa do ar nas condições iniciais de armazenamento (0 a 30 dias). Segundo Pacheco (2007), nas condições de temperatura e umidade relativa do ar da região Amazônica, a armazenagem por 30 dias ou mais pode ser considerada preocupante, pois favorece a proliferação de fungos necessitando, portanto, de procedimentos que a controlem

ou a minimizem. Segundo o mesmo autor a temperatura é o fator que mais interfere no crescimento fúngico, pois é menos restritiva que a umidade relativa do ar.

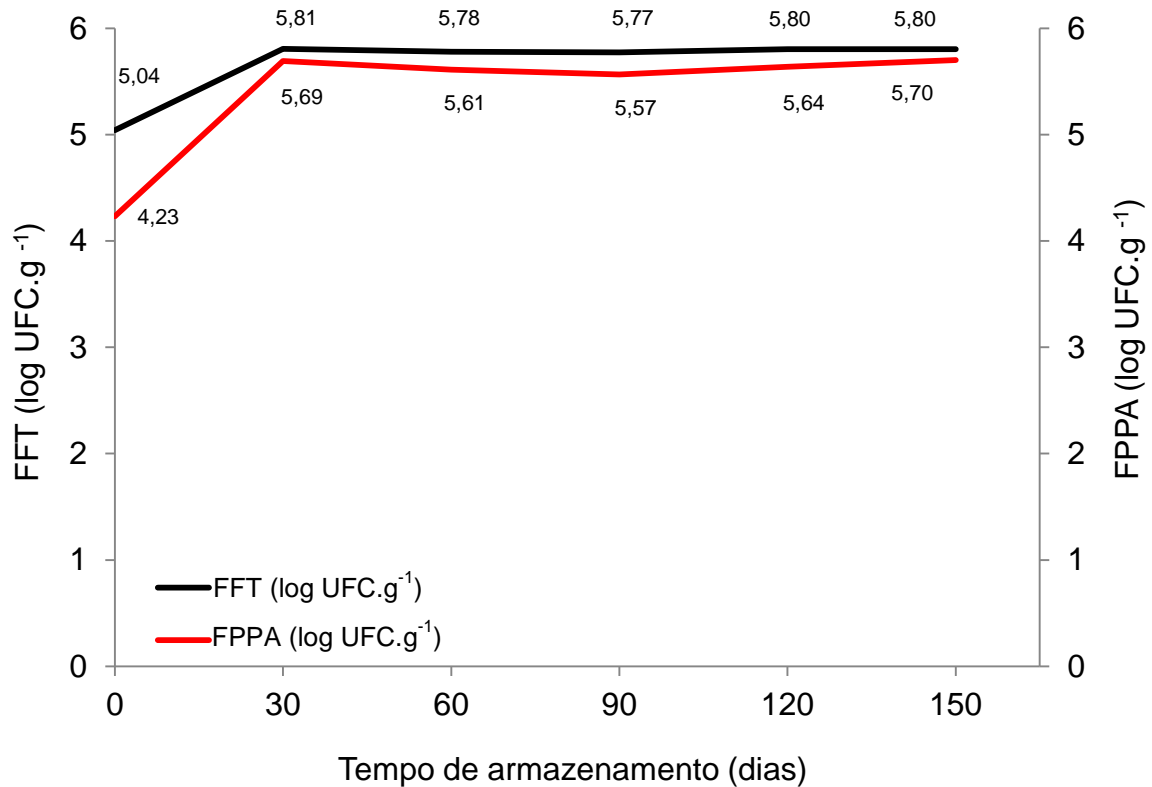


Gráfico 10 - Fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) observados em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

Observa-se que neste período inicial de 30 dias de armazenamento, a variação de temperatura foi de 26,87 a 28,05 °C e de umidade relativa de 67,7 a 77,60% (Gráfico 11), sendo estes valores próximos aos observados por Leite (2008) (24,72 a 28,55 °C e 65,77 a 76,45%), que também observou maior contagem de fungos filamentosos totais nos primeiros 30 dias de armazenamento.

Após os primeiros 30 dias de armazenamento, observou-se que, apesar das pequenas oscilações da temperatura do ambiente ao longo do armazenamento e a redução da umidade relativa a partir dos 60 dias (Gráfico 11) as contagens de FPPA e de fungos filamentosos totais permaneceram relativamente estáveis até os 150 dias de armazenamento (Gráfico 10). Deste modo pode-se concluir que o efeito

combinado das condições temperatura do ambiente e da umidade relativa do ar foram fatores críticos para o crescimento dos fungos, bem como a elevada umidade e atividade de água das amêndoas no início do armazenamento. Segundo Silva (2008), os fatores que mais influenciam no crescimento dos fungos são: teor de umidade do produto, temperatura do ambiente e umidade relativa do ar. De acordo com este autor quando a umidade relativa do ar alcança 75% os esporos encontram condições favoráveis para seu crescimento.

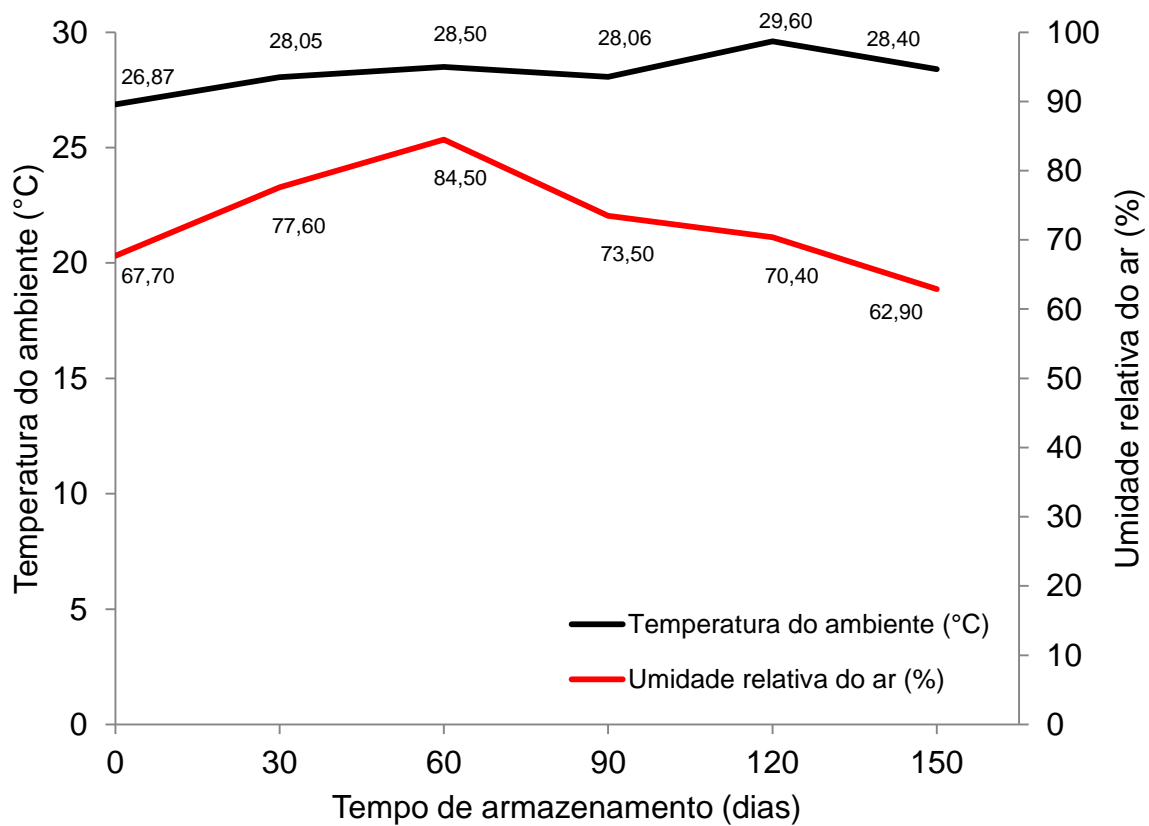


Gráfico 11 - Temperatura do ambiente e umidade relativa do ar registradas no período de até 150 dias de armazenamento de castanha-do-brasil em armazém de ar forçado, em Rio Branco, Acre, 2011.

As condições ambientais ocorridas durante todo o tempo de armazenamento caracterizaram-se por variações de temperatura entre 26,87 a 29,60 °C e de umidade relativa do ar entre 62,90 a 84,50% (Gráfico 11). É importante destacar que a temperatura do ambiente, a umidade relativa do ar e o efeito combinado destas são fatores críticos para o crescimento de fungos e produção de micotoxinas. Segundo Fonseca (2009) áreas quentes e úmidas, com condições de umidade relativa entre

70 a 100% e temperatura do ambiente acima de 25 °C favorecem o rápido crescimento de fungos. De acordo com Pacheco e Scussel (2006) durante a armazenagem nestas regiões tropicais a maioria das espécies fúngicas cresce em temperaturas em torno de 30 °C e, de acordo com Pas (2004), estas podem se introduzir na casca da castanha e contaminar a amêndoa em umidade relativa do ar a partir de 75%. Por isto o Codex Alimentarius (2006) limita em 70% a umidade relativa do ar ideal para armazenamento de castanha, condição esta que ocorreu apenas no início e no final (após 120 dias) do período de armazenamento (Gráfico 11), já que as condições não foram controladas. Da mesma forma que no presente trabalho, Arrus et al. (2005a) observaram crescimento de fungos à temperatura entre 25 e 30 °C e umidade relativa do ar entre 80 e 97%. Estes resultados coincidem também com os de Scussel (2002) que verificou que a temperatura ambiente favorável para os fungos é de 30 °C, enquanto que a umidade relativa do ar para seu crescimento é de 70% (mínima) a entre 80 a 85% (ótima). Pitt (2006) observou que os fungos produtores de aflatoxinas crescem em condições de umidade relativa do ar elevada (a partir de 85%) e temperatura em torno de 25 °C. Segundo Pacheco (2007) *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, crescem em condições de campo em temperaturas variando entre 10 a 35 °C e umidade relativa do ar de 65% a maior que 90%. Freire et al. (2000) também observaram que o aumento da umidade relativa do ar de 65,77% para 75,70% favoreceu o aumento na população de fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil. Segundo Saleemullah et al. (2005) quanto maior a umidade relativa do ar mais rápido ocorre o crescimento de *Aspergillus*, favorecendo a produção de micotoxinas. No presente trabalho foram verificadas condições de temperatura e umidade relativa do ar próximas as obtidas por estes autores (ARRUS et al., 2005a; FONSECA, 2009; SCUSSEL, 2002). Portanto as condições de temperatura e a umidade relativa do ar que ocorreram durante o período de armazenamento se mantiveram próximas da faixa ideal de crescimento dos fungos e produção de aflatoxinas.

Entre as aflatoxinas (B1, B2, G1 e total), apenas B1 (Gráfico 12) e total (Gráfico 13) foram influenciadas ($p < 0,05$) pelo tempo de armazenamento das castanhas, onde as demais apresentaram médias de 0,699; 22,020 e 0,659 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ de aflatoxina B2, G1 e G2, respectivamente.

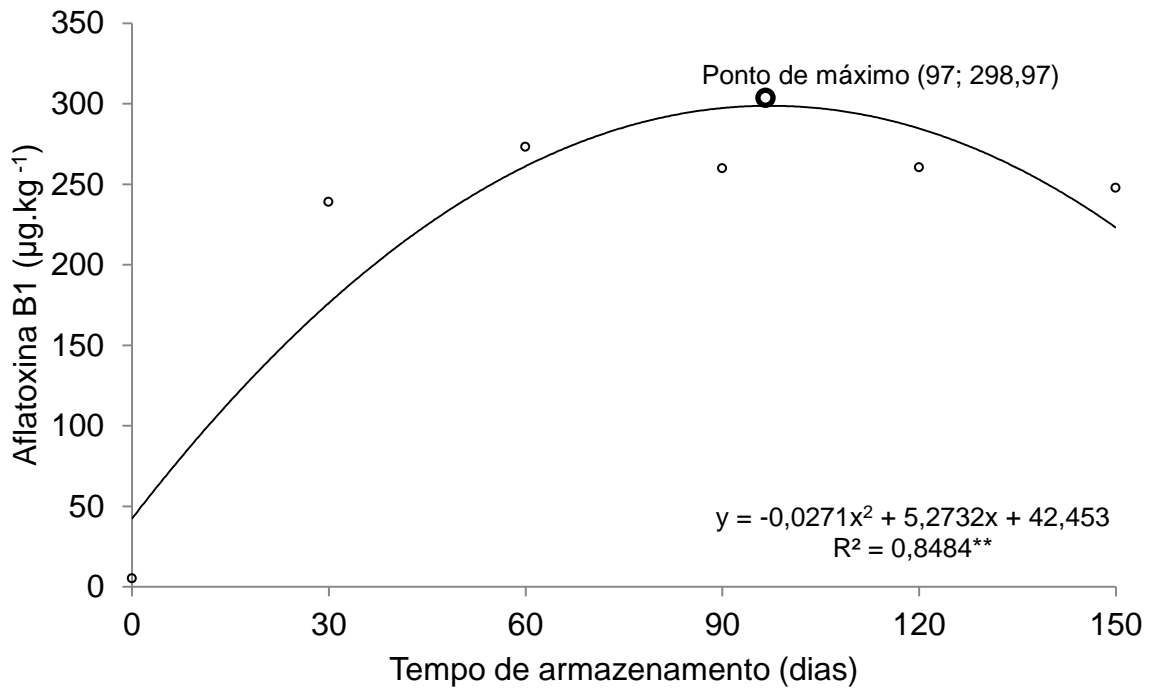


Gráfico 12 - Aflatoxina B1 observada em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE H).

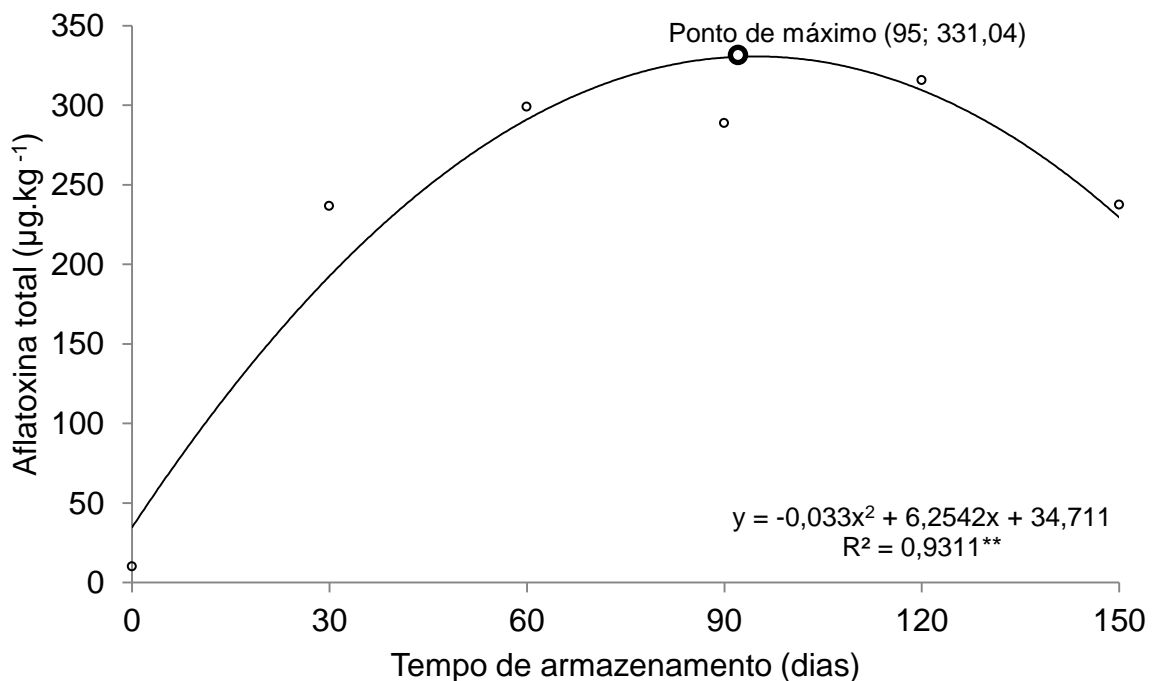


Gráfico 13 - Aflatoxina total observada em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE H).

A quantificação de aflatoxina B1 foi influenciada ($p < 0,05$) pelo tempo de armazenamento apresentando comportamento quadrático estimando valor máximo de $298,97 \mu\text{g.kg}^{-1}$ aos 97 dias de armazenamento (Gráfico 12) e tendo variação de $5,07$ a $273,07 \mu\text{g.kg}^{-1}$ ao longo do armazenamento (Gráfico 14).

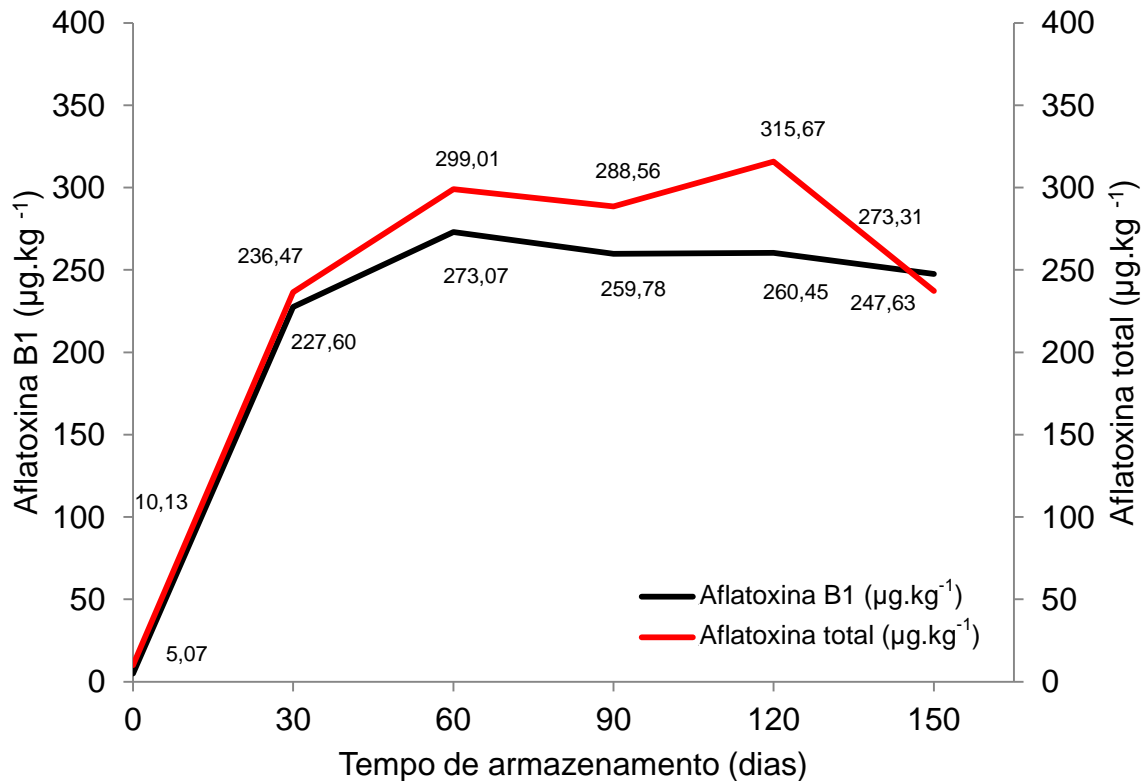


Gráfico 14 - Aflatoxina B1 e total observadas em amêndoas de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011.

Da mesma forma que observado para a contagem total de fungos filamentosos e potencialmente produtores de aflatoxinas, verificou-se uma maior elevação de aflatoxina B1 no início do armazenamento (Gráfico 14), período em que houve também aumento da temperatura ambiente e da umidade relativa de ar (Gráfico 11) e que as castanhas estavam com elevada umidade (Gráfico 4) e atividade e água (Gráfico 7). Os resultados são semelhantes aos de Leite (2008), que obteve aumento significativo de aflatoxina B1 aos 30 dias de armazenamento em armazém comunitário.

A maior contaminação pela aflatoxina B1 ($273,07 \mu\text{g.kg}^{-1}$) foi obtida aos 60 dias de armazenamento (Gráfico 14), ocasião esta em que a temperatura do ambiente era de $28,05 \text{ }^\circ\text{C}$ e a umidade relativa era máxima e de $84,5\%$ (Gráfico 11).

Este resultado é semelhante ao observado por Freire et al. (2000) e Arrus et al. (2005a) que verificaram que temperaturas de 25 a 30 °C são favoráveis para produção de aflatoxinas em castanha-do-brasil e por Scussel (2002) que constatou produção de aflatoxinas na faixa entre 80 a 85% de umidade relativa do ar. Baptista et al. (2004) observaram que a temperatura para o crescimento de *Aspergillus flavus* e produção máxima de aflatoxinas por essa espécie ocorre a partir de 24 °C, não havendo produção em temperaturas menores que 13 °C e maiores que 42 °C.

A quantificação de aflatoxina total apresentou comportamento quadrático em função do tempo de armazenamento, sendo que esta elevou-se à medida que aumentou-se o tempo de armazenamento até os 95 dias quando estimou-se seu valor máximo de 331,04 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (Gráfico 13).

Analisando-se em conjunto os resultados das quantificações de aflatoxinas B1 e total (Gráfico 14) no decorrer do tempo de armazenamento pode-se verificar que ambas mantiveram comportamento similar em termos de aumentos e reduções em cada avaliação de 30 dias.

Como o limite estabelecido pela legislação brasileira de aflatoxina total em castanha-do-brasil com casca é de 20 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ (BRASIL, 2011) verifica-se que no presente trabalho este valor foi superado em menos de 30 dias de armazenamento (Gráfico 14). É importante destacar que a legislação preconiza valores ainda menores para castanha sem casca para consumo direto (10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$) e para processamento (15 $\mu\text{g.kg}^{-1}$). Somente no início de período de armazenamento (0 dias), os valores obtidos no presente trabalho foram estatisticamente iguais aos limites estabelecidos pela União Européia para castanha-do-brasil sem casca, que são 5 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina B1 e 10 $\mu\text{g.kg}^{-1}$ para aflatoxina total para consumo humano direto (EUROPEAN UNION COMMISSION, 2010). Esta situação enfatiza que o ideal é que a castanha não seja armazenada antes do processamento e, principalmente, por tempo prolongado. Segundo Pas (2004), a armazenagem é considerada uma etapa crítica, pois dependendo de sua duração e condução, poderá ocorrer o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas, sendo necessário que, desde a disposição dos ouriços na floresta até o beneficiamento, seja evitado favorecer condições ao crescimento de fungos aflatoxigênicos. A armazenagem prolongada só é recomendada se houver possibilidade de controle local quanto à umidade relativa do ar e temperatura do ambiente durante o armazenamento. No caso deste trabalho, foi feita apenas a ventilação durante o armazenamento estando, portanto, as castanhas ainda sujeitas ao efeito das

condições ambientais de temperatura e umidade relativa do ar. Provavelmente o ideal seja que a ventilação ocorra com ar quente, o que poderá diminuir a contaminação por fungos e a produção de aflatoxinas, mas não destruirás micotoxinas já existentes.

Analisando as variáveis físico-químicas verificou-se que apenas os teores de cinzas e de carboidratos totais das amêndoas foram influenciados ($p < 0,05$) pelo tempo de armazenamento da castanha (Gráficos 15 e 16).

O teor de cinzas das amêndoas apresentou comportamento quadrático em função do tempo de armazenamento aumentando, porém, durante todo período de armazenamento uma vez que seu valor máximo (4,2%) seria obtido somente aos 305 dias (Gráfico15). Durante o tempo de armazenamento o teor médio de cinzas foi de 3,64% sendo este igual ($p > 0,05$) aos de 3,63% observados por Vasconcelos et al. (2011), 3,65% por Furtado (2011) e de 3,84% por Souza e Menezes (2004).

Ao correlacionar-se o teor de cinzas com o de umidade da amêndoa ($r = -0,91^{**}$) observa-se que, no decorrer do tempo de armazenamento, com a redução da umidade da amêndoa houve aumento do teor de cinzas (Tabela 5). Esta situação também foi observada no experimento 1 após a secagem das castanhas.

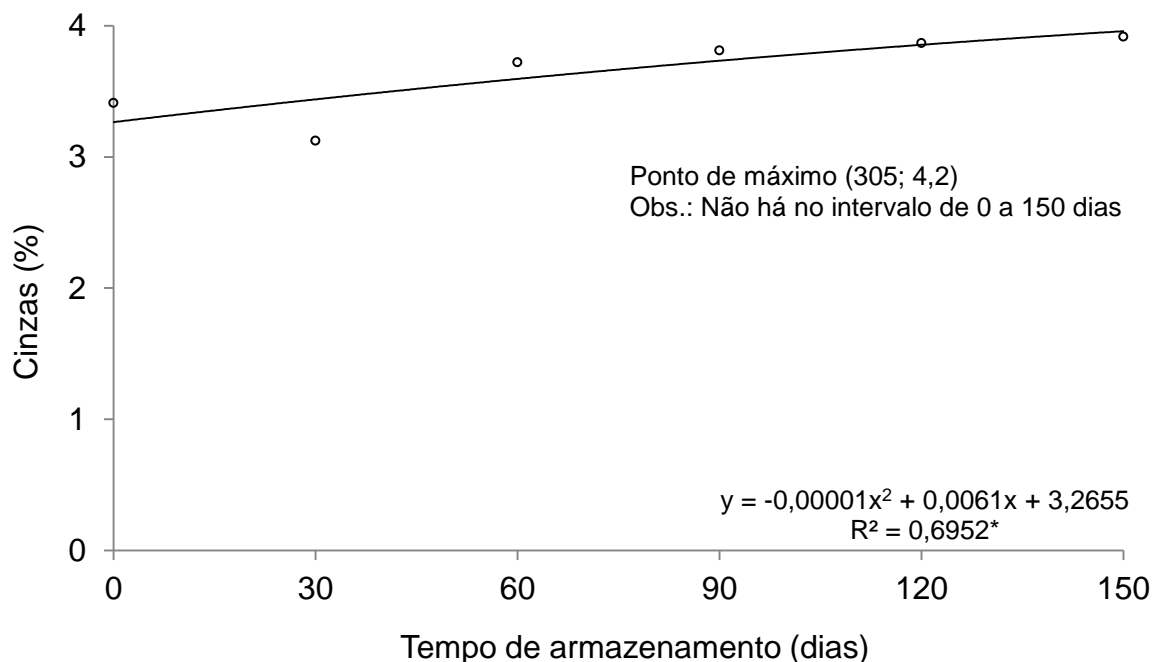


Gráfico 15 - Teor de cinzas da amêndoa de castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em armazém de ar forçado, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE I).

O teor de carboidratos totais apresentou comportamento quadrático em função do tempo de armazenamento, estimando-se em 11,95% o valor máximo aos 100 dias (Gráfico 16) e com médias variando de 2,65 a 14,58%. Entretanto mesmo o maior valor (14,58%) foi inferior ($p < 0,05$) à média de outros trabalhos como 23% por Vasconcelos et al. (2011) e 17,12% por Ferreira et al. (2006a). Contudo as médias verificadas aos 30 (7,25%) e 60 dias (10,96%) foram estatisticamente iguais às obtidas por Santos et al. (2011) para castanhas beneficiadas (10,29%) e pela Cooperativa Xapuri (2000) em castanhas também beneficiadas (8,76%).

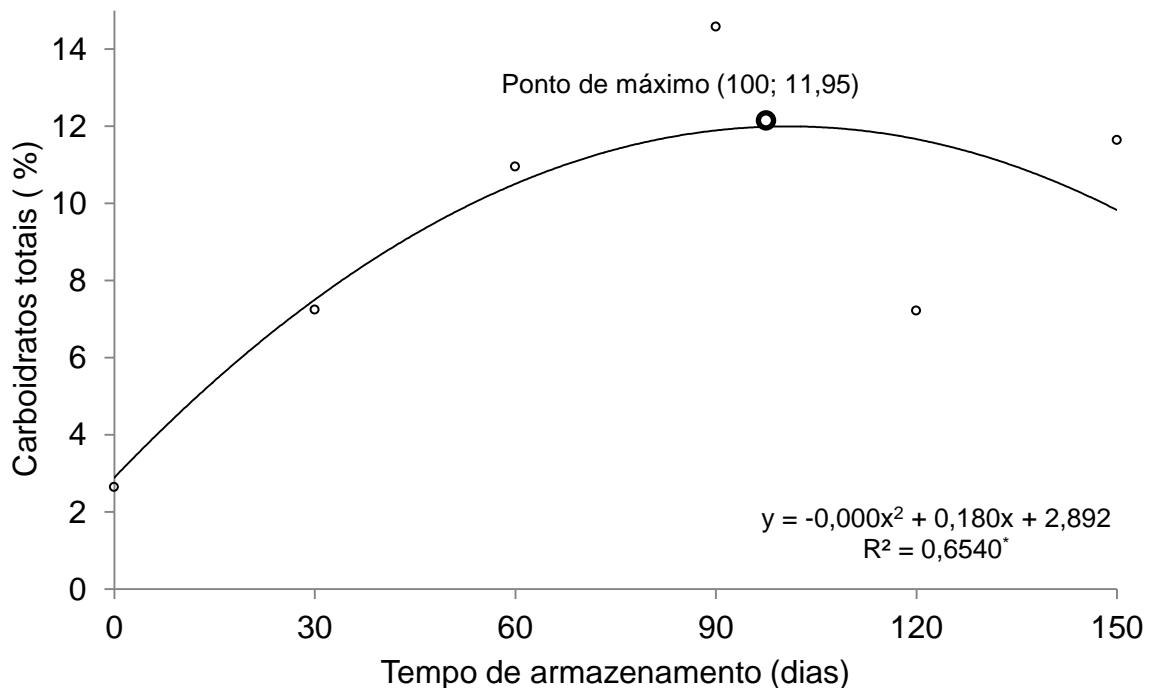


Gráfico 16 - Teor de carboidratos totais da castanha-do-brasil durante seu armazenamento por até 150 dias em secador-armazém, após secagem por convecção natural, em experimento realizado no delineamento inteiramente casualizado, em Rio Branco, Acre, 2011 (APÊNDICE I).

O teor médio de proteína bruta total foi de 15,29% no decorrer do período de armazenamento de até 150 dias. Este valor é estatisticamente igual aos obtidos por Ferreira et al. (2006a) (15,60%), Neto et al. (2009) (16,50%), Cooperativa Xapuri (2000) (17,00%), Santos (2008) (18,22%) e Santos et al. (2011) (18,58%). Estes valores confirmam que a castanha é uma rica fonte protéica pois, segundo Cardarelli e Oliveira (2000), esta situação ocorre quando amêndoa apresenta de 15 a 20% de proteína.

Para o teor de extrato etéreo obteve-se média de 63,86% durante o período do armazenamento de até 150 dias. Este valor é estatisticamente igual aos obtidos em outros trabalhos como Ferreira et al. (2006a), Neto et al. (2009), Santos et al. (2011), Santos (2008) e Mello (2007), com médias de 61,00%, 66,23%, 65,33%, 67,30% e 68,58%, respectivamente, confirmando a riqueza lipídica deste alimento. Segundo Cardarelli e Oliveira (2000) o extrato etéreo da castanha-do-brasil varia de 60 a 70%, sendo considerado de boa qualidade biológica. Entretanto, Silva e Marsaioli Júnior (2003) verificaram que o elevado teor lipídico da castanha-do-brasil pode torná-la muito susceptível à rancificação. Além disso, os fungos produtores de aflatoxinas usam glicerina (componente dos óleos) como fonte de calor. No entanto, este constituinte é importante do ponto de vista nutricional, pois o maior componente da amêndoa de castanha-do-brasil é o ácido graxo linoléico, amplamente reconhecido como ácido graxo essencial, de grande relevância para alimentação humana (RODRIGUES et al., 2005).

O teor médio de fibra bruta total verificado durante o armazenamento foi de 8,03%. Este valor é estatisticamente igual aos obtidos por Glória e Regitano-d'Arce (2000), Souza e Menezes (2004), Ferreira et al. (2006a), Souza e Menezes (2008) com médias de 8,02%, 8,02%, 7,79% e 7,00%, respectivamente.

4.4 CONCLUSÕES

O armazém com ar forçado utilizado é eficiente em reduzir o teor de umidade da amêndoa de castanha-do-brasil e manter as características físico-químicas do produto em níveis adequados, mas ineficiente em reduzir o crescimento de fungos e a produção de aflatoxinas no decorrer do armazenamento do produto por até 150 dias;

A castanha-do-brasil atinge atividade de água acima do valor ideal para armazenamento estando, portanto, propícia ao crescimento de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas e a produção de aflatoxinas;

Aspergillus flavus, *Aspergillus parasiticus* e aflatoxinas estão presentes durante todo o período de armazenamento da castanha, principalmente após 30 dias em armazém com ar forçado;

Aflatoxinas B1 e total, em alta quantidade e acima do limite máximo estabelecido pelas legislações do Brasil e União Européia, estão presentes em grande parte das castanhas-do-brasil com casca, pré-secas e armazenadas sendo estas, portanto, consideradas inseguras para uso na alimentação;

A armazenagem de castanha-do-brasil deve ser evitada antes de seu beneficiamento, pois a manutenção do produto em condição de armazenamento pode favorecer o crescimento de fungos aflatoxigênicos e a produção de aflatoxinas.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, V.S.; LEITE, F.M.N.; MADRUGA, A.L.S.; SOUZA, J.M.L.; COSTA, D.A.C. Monitoramento da cadeia produtiva da castanha-do-brasil quanto à contaminação por coliformes e fungos em três castanhais do Acre. In: **Anais do VII Seminário Anual de cooperação UFAC/UF**. Rio Branco, AC: UFAC, 2009. p. 211-217.
- ARRUS, A. K.; BLANKA, G.; ABRAMSONB, D.; CLEARC, R.; HOLLEY, R. A. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 41, p. 513-527, July./Aug. 2005a.
- ARRUS, K.; BLANK, G.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSONB, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. **Journal of Food Protection**, Canadá, v. 68, p. 1060-1065, May. 2005b.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. v. 160, p. 268-282, 1937.
- BAPTISTA, A. S.; HORII, J.; BAPTISTA, A. S. Fatores físico-químicos e biológicos ligados à Produção de micotoxinas. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2004.
- BAYMAN, P.; BAKER, J. L.; MAHONEY, N. E. *Aspergillus* on tree nuts: incidence and associations. **Mycopathologia**, New York, v. 29, p. 53-92, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Monitoramento e Segurança na Qualidade da Castanha do Brasil e da Cadeia Produtiva. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, 28 maio. 2004. 24 p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA Resolução - RDC - nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LTM) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção1, 09 mar. 2012.
- CODEX ALIMENTARIUS. Code of practice for the prevention and reduction of aflatoxina contamination in tree nuts. **CAC/RCP**, v. 59, p. 1-9, 2006.
- CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de Castanha-do-brasil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, p. 617-622, out./dez. 2000.
- CARTAXO, C. B. C.; SOUZA, J. M. L.; CORRÊA, T. B.; COSTA, P.; FREITAS-SILVA, O. Occurrence of aflatoxin and filamentous fungi contamination in brazil-nuts left inside the forest. In: IV CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOTOXICOLOGIA. **Anais eletrônicos**. Havana: Centro Nacional de Sanidad Agropecuária 2003. p.4.
- COOPERATIVA AGRO-EXTRATIVISTA DE XAPURI-AC. **Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K)** Rio Branco, 2000. 64 p.
- EUROPEAN UNION COMMISSION. (2010). Commission Regulation nº 165/10 of Feb 2010 amending Regulation nº 1881/06, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Communities**, L. 50, p. 8-12, Dec. 2010.

FAO. Codex committee on contaminants in food. **Discussion paper on aflatoxin contamination in brazil nuts second session.** Agenda item, Netherlands, Mar./April. 2008.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. da S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 203-208, abr./jun. 2006a.

FERREIRA, H.; PITTNER, E; SANCHES, H. F.; MONTEIRO, M. C. **Aflatoxinas: um risco a saúde humana e animal.** Guarapuava: v. 2, n. 1 p. 113-127 jan./jun. 2006b.

FONSECA, H. **Os fungos e a deterioração de alimentos.** 2009. Disponível em: <<http://www.micotoxinas.com.br/boletim4.htm>>. Acesso em: 15 maio 2011.

FREIRE, F. DAS C. O.; KOZAKIEWICZ, Z; PATERSON, R. R. M. Mycoflora and mycotoxins in Brazilian black pepper, white pepper and Brazil nuts. **Mycopathologia**, New York, v. 149, n. 1, p. 13-19, 2000.

FREIRE, F.; OFFORD, L. Bacterial and yeast counts in Brazilian commodities and spices. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo: v. 33, n. 2 p. 34-39, Apr./Jun. 2002.

FURTADO, M. T. **Barras mistas de frutas desidratadas: formulação, qualidade e aceitabilidade.** 2011. 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2011.

GLÓRIA, E.M.; REGITANO DARCE, M. Concentrado e isolado protéico de torta de Castanha do Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas: v. 20, n.2, p. 240-245, Maio/Ago. 2000.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, v. 11, n. 1, p. 1-21, Feb. 1969.

LEITE, F. M. N. **Fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil sob as condições da floresta e de armazenagem comunitária no Acre.** 2008. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2008.

MELLO, F. R. **Avaliação da qualidade da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), sua relação com o processo de seleção e contaminação por aflatoxinas.** 2007. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

NETO, V. Q.; BAKKE, O. A.; RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S.; LETELIER, J. C.; CONCEIÇÃO, M. M. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K) seed kernel oil: characterization and thermal stability. **Revista de Biologia e Farmácia**, João Pessoa, v. 3, n. 1, 2009.

NOGUEIRA, R. M. **Secagem da castanha-do-brasil em condições de floresta e carbonização do resíduo do fruto da castanheira.** 2011. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Engenharia de Processamento de Produtos Agrícolas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

- NUNES, I. L.; MAGAGNIN, G.; BERTOLIN, T. E.; FURLONG, E. B. Arroz comercializado na região Sul do Brasil: aspectos micotoxicológicos e microscópicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 190-194, 2003.
- OLIVEIRA, B. R. DE; ALCÂNTARA, E. M.; PICCOLI, R. H.; BATISTA, L. R. **Ocorrência *Aspergillus carbonarius* produtor de ocratoxina A**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba. Anais Microbiologia, Micotoxicologia e Biotecnologia. Curitiba: SBCTA, 2006. 1CD-ROM.
- PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. **Castanha-do-brasil: da floresta tropical ao consumidor**. Florianópolis: Editograf, 171 p. 2006.
- PACHECO, A. M. **Selênio e aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) e qualidade de produtos derivados**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- PAS. Programa de alimentos seguros. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da castanha-do-brasil**. Brasília: Embrapa, 2004. 62 p.
- PINHEIRO, M. dos R. R. **Estudo de variabilidade genética de *Aspergillus flavus* como base para o desenvolvimento de PCR, Multiplex para detecção de fungos produtores de aflatoxinas em castanha-do-brasil e castanha de caju**. 100 f. Dissertação (Mestrado em ciências Genômicas e Biotecnologia) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2004.
- PITT, J. I. Fungal ecology and the occurrence of mycotoxin. Mycotoxins and phycotoxins: advances in determination, toxicology and exposure management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MYCOTOXINS AND PHYCOTOXINS - IUPAC, 11., 2004, Bethesda, Maryland, 2006. **Proceedings...** p. 33-41.
- RODRIGUES, J. E.; ARAÚJO, M.E.; AZEVEDO, F. F. M.; MACHADO, N.T. Phase equilibrium measurements of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil supercritical carbon dioxide. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 34, p. 223-229, Feb. 2005.
- SALEEMULLAH, A. I., KHALIL, I. A.; SHAH, H. Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. **Food Chemistry**, Peshawar, v. 98, p. 699-703, 2005.
- SANTOS, O. V. dos; CORRÊA, N. C. F.; LANNES, S. C. da SILVA. Caracterização física, físico-química, microbiológica e micotoxicológica da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.). **Revista Iuminart**, Sertãozinho, v. 12, n. 7, p. 48-59, set. 2011.
- SANTOS, V. S. **Desenvolvimento de barras de alto teor protéico a partir da castanha-do-brasil**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.
- SANTOS, J. U. M. DOS.; BASTOS, M. DE N. DO C.; GURGEL, E. S. C.; CARVALHO, A. C. M. (*Bertholletia excelsa* H. B. K.): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Revista Ciências Exatas Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 103-112, maio/ago. 2006.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (ed). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 675-804.

SEGOVIA, J. F. O.; OLIVEIRA, L. O.; GONÇALVES, M. C. A.; RESCK, I. S.; SILVA, C. A. M.; SILVEIRA, D.; GAVRILOV, A. V.; GAVRILOVA, L. A. KANZAKI, L. I. B. Botanical characterization, geographical distribution and phytochemistry analysis of *Manilkara huberi* (Ducke) Stanhl autochthonous in Amapá State, Brazil. **Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus/Series of Biological Sciences**, Belarus, v. 2, p. 30-40, 2011.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, J. S. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa, MG: Editora Suprema. 2008. 168 p.

SILVA, F. A. **Aplicação de microondas no processo de beneficiamento de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)** 2002. 70 f. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, JR. A. Aspecto econômico de um processo de secagem de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) assistida a microondas. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Londrina, v. 5, n. 2, Jul./Dez. 2003.

SILVEIRAS, J. Sustainability in a nutshell. **Trends in ecology e evolution (Personal edition)**, v. 19, n. 6, p. 276–278, July./Sept. 2004.

SIMÕES, A. V. **Impactos de tecnologias alternativas e do manejo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) no controle da contaminação por aflatoxinas em sua cadeia produtiva**. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Sistemas Agroflorestais, Universidade Federal do Amazonas, AM, 2004.

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 Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, jan. 2004.

SOUZA, J. M. L.; CARTAXO, C. B. C.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S. **Microbiological evaluation of of the Brazil nut processing plants in Acre**. Rio Branco, AC: 2004. 39 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

SOUZA, M. L., MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Sociedade brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v. 28 n. 2, p. 45-462, abr./jun. 2008.

STUDENT. The probable error of mean. **Biometrika**. v. 6, n. 1, Mar. 1908. p. 1-25.

VASCONCELOS, A. A.; CRUZ, K.; WALDT, L. O.; ABREU, L. F.; **Caracterização físico-química de amêndoas e óleos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) provenientes do estado do Acre**. In: 15º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, BELÉM-PA. p. 4. 2011.

5.0 CONSIDERAÇÕES FINAIS

É recomendável avaliar a eficiência de outras técnicas e manejos de secagem e armazenamento de castanha-do-brasil. Por exemplo, se a ventilação do armazém for com ar quente, poderá haver redução de fungos potencialmente produtores de aflatoxinas e, conseqüentemente, na produção de aflatoxinas. Entretanto é importante destacar que este calor, embora possa impedir o crescimento dos fungos, não pode destruir as aflatoxinas já produzidas.

REFERÊNCIAS

- ÁLVARES, V.S.; LEITE, F.M.N.; MADRUGA, A.L.S.; SOUZA, J.M.L.; COSTA, D.A.C. Monitoramento da cadeia produtiva da castanha-do-brasil quanto à contaminação por coliformes e fungos em três castanhais do Acre. In: **Anais do VII Seminário Anual de cooperação UFAC/UF**. Rio Branco, AC: UFAC, 2009. p. 211-217.
- ÁLVARES, V.S.; CASTRO, I. M. DE.; COSTA, D.A.; Lima, A. C.; Madruga, A. L. Qualidade da castanha-do-brasil do comércio de Rio Branco, Acre. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 2, p. 269-274, fev. 2012.
- AMAZONAS, Governo do Estado. Cadeia produtiva da castanha-do-Brasil no estado do Amazonas. Manaus: SDS. **Série técnica meio ambiente e desenvolvimento sustentável**, v. 3. p. 28, 2005.
- AOAC. Association of Official Agricultural Chemist. **Official methods of analysis**. Washington: 12 Ed. 1094 p, 1970.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemist. Natural toxins. **Official Methods of analysis**. Chaper: 16 Ed. 20-21 p, 1995.
- ARRUS, A. K.; BLANKA, G.; ABRAMSONB, D.; CLEARC, R.; HOLLEY, R. A. Aflatoxin production by *Aspergillus flavus* in Brazil nuts. **Journal of Stored Products Research**, Amsterdam, v. 41, p. 513-527, July./Aug. 2005a.
- ARRUS, K.; BLANK, G.; CLEAR, R.; HOLLEY, R. A.; ABRAMSONB, D. Microbiological and aflatoxin evaluation of Brazil nut pods and the effects of unit processing operations. **Journal of Food Protection**, Canadá, v. 68, p. 1060-1065, May. 2005b.
- BAIRD, R. E.; TRIGIANO, R. N.; WINDHAM, G.; et al. Comparison of aflatoxigenic and nonaflatoxigenic isolates of *Aspergillus flavus* using DNA amplification fingerprinting techniques. **Mycopathologia**, New York, v. 161, p. 93-99, 2006.
- BAPTISTA, A. S. et al. Formas termolisada e viva de leveduras na reducao de toxicidade causada por aflatoxinas. **Scientia agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 257-260, abr./jun. 2002.
- BAPTISTA, A. S.; HORII, J.; BAPTISTA, A. S. Fatores físico-químicos e biológicos ligados à Produção de micotoxinas. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 1-14, 2004.
- BARTLETT, M. S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**. Oxford, v. 160, p. 268-282, 1937.
- BAYMAN, P.; BAKER, J. L.; MAHONEY, N. E. *Aspergillus* on tree nuts: incidence and associations. **Mycopathologia**, New York, v. 29, p. 53-92, 2002.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. **Regras para análise de sementes**. Brasília, DF, 1992. 365p.

BRASIL. Decreto nº 1.282, de 19 de outubro de 1994. Regulamenta os arts. 15, 19, 20 e 21 da Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965. **Código Florestal**. Disponível em: <www.planalto.gov.br>. Acesso em: 12 jun. 2011.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeto de Monitoramento da Castanha do Brasil. Relatório de Atividades. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002. 110 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 172 de 04 de julho de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 7 de julho de 2003. Disponível em: <<http://forteanalises.com.br/paginas/boletins.html>> Acesso em: 26 maio. 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Monitoramento e Segurança na Qualidade da Castanha do Brasil e da Cadeia Produtiva. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, 28 maio. 2004. 24 p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA Resolução - RDC - nº 11, de 22 de março de 2010. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LTM) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção1, 09 mar. 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA Resolução - RDC - nº 7, de 18 de fevereiro de 2011. Dispõe sobre limites máximos tolerados (LTM) para micotoxinas em alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção1, 09 mar. 2012.

CALDAS, W.; SILVA, S.; OLIVEIRA, J. Aflatoxinas e ocratoxina A em alimentos e riscos para a saúde humana (Aflatoxins and ochratoxin A in food and the risks to human health). **Journal of Public Health**, Oxford, v. 36, p. 319-323, June. 2002.

CAMARGO, I. P.; CASTRO, E.; GAVILANES, M. L. Aspectos da anatomia e morfologia de amêndoas e plântulas de castanheira-do-Brasil. **Revista Cerne**, Lavras, v.6, n.2, p. 011-018, maio. 2000.

CAMPOS, F.; FUJIWARA, B.; SATHE, S.K. Trypanocidal activity of extracts and fractions of *Bertholletia excelsa* H. B. K. **Fitoterapia**, Mallorca, v. 76, p. 26-29, 2005.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de Castanha-do-brasil. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 57, p. 617-622, out./dez. 2000.

CARRILLO, L. Los hongos de los alimentos y forrajes. **Universidad Nacional de Salta**, 2003.

CARRILLO, L. **Microbiologia Agrícola**. Disponível em: <<http://www.unsa.edu.ar/Matb/ib/hongos/01htextomohos.pdf>> Acesso em: 30 abr. 2008.

CARTAXO, C. B. C.; SOUZA, J. M. L.; CORRÊA, T. B.; COSTA, P.; FREITAS-SILVA, O. Occurrence of aflatoxin and filamentous fungi contamination in brazil-nuts left inside the forest. In: IV CONGRESSO LATINO AMERICANO DE MICOTOXICOLOGIA. Anais eletrônicos. Havana: Centro Nacional de Sanidad Agropecuária 2003. p.4.

CARTAXO, C. et al. Occurrence of aflatoxin and filamentous fungi contamination in Brazil-nuts left inside the forest. **Sem. Cient. Int. de Salud Animal**, Havana/CU: 2004. National Center for Animal and plant health, 2003, 1 CD-ROM.

CHAVES, N. **Cultivo da Castanha-do-brasil**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da Universidade de Brasília – CDT/UnB, 2007, 22p.

CHUNHIENG, T. PETRITIS, K.; ELFAKIR, C.; BROCHIER, J.; GOLI, T.; MONTET, D. Study of selenium in the protein fractions of the Brazil nut, *Bertholletia excelsa* H. B. K.) **Journal of Agriculturae Food Chemistry**, Canadá, v. 52, n. 13, p. 4318-4322, June. 2004.

CHUNHIENG, T.; HAFIDI, A.; PIOCH, D.; BROCHIER, J.; MONTET, D. Detailed study of Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) oil micro-compounds: phospholipids, tocopherols and sterols. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, Canadá, v. 65, n. 19, p. 1374-1380, Sept. 2008.

CIRAD. The STDF safenut project. Oral presentation. 2007.

CLEMENT, C.R. Brazil nut. **Castanha**. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/v0784e/v0784e0k.htm>>. Acesso em 30 maio 2002.

CODEX COMMITTEE ON CONTAMINANTS IN FOOD. Discussion paper on aflatoxin contamination in Brazil nuts second session. Agenda item 11 e Netherlands, 31 march/04, apr. 2001.

CODEX ALIMENTARIUS. Code of practice for the prevention and reduction of aflatoxina contamination in tree nuts. **CAC/RCP**, v. 59, p. 1-9, 2006.

COOPERATIVA AGRO-EXTRATIVISTA DE XAPURI-AC. **Castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)**. Rio Branco, 2000. 64p.

COOPERACRE – Cooperativa central de comercialização extrativista do Estado do Acre. Dados referentes à produção de castanha-do-brasil nos anos 2001-2007. Entrevista realizada em janeiro de 2009. Rio Branco-Acre, 2009.

COOPERACRE – Cooperativa central de comercialização extrativista do Estado do Acre. Dados referentes à produção de castanha-do-brasil nos anos 2011-2012. Entrevista realizada em fevereiro de 2012. Rio Branco-Acre, 2012.

COSLOVSKY, S. V. How Bolivia's Brazil nut industry became competitive while Brazil's fell behind: lessons from a matched comparison. In: THE 1ST WORKSHOP INSTITUTIONAL CHALLENGES FOR CLUSTER UPGRADING, Cambridge, Massachusetts Institute of Technology. 2005.

COZZOLINO, S. M. F. **Usos e aplicações das dietary reference intakes: DRIs**. São Paulo: ILSI BRASIL, Novembro, 2001. 48 p.

CREPPY, E.E. Uptade of survey, regulation and toxic effects of mycotoxins in Europe. **Toxicology Letters**, Amsterdam, v. 127, p. 19-28, 2002.

DILKIN, P. Micotoxicose suína: aspectos preventivos, clínicos e patológicos. **O Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 18-191, 2002.

DINIZ, S. P. S. **Micotoxinas**. Campinas: Ed. Rural, 2002, 181 p.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Luta para afastar ameaça à castanha-do-brasil**. Disponível em: <www.folhadoamapa.com.br>. Acesso em: 23 maio 2005.

EMMI, M. F. Os castanhais do Tocantins e a indústria extrativa no Pará até a década de 60. In E. Fontes (Ed.), **Os Conflitos e os Grandes Projetos na Amazônia Contemporânea (Século XX)**. Belém: E. Motion, v. 2, 2003. p.138-167. (Coleção Contando a história do Pará).

EUROPEAN UNION COMMISSION. (2003). nº 493/2003/EC imposing special conditions on the import of Brazil nuts in shell originating in or consigned from Brazil. **Official Journal of the European Union**, n. 46, L. 168, p. 33-38, Out. 2003.

EUROPEAN UNION COMMISSION. (2006). Comissão de regulação nº 401/2006 de 23 de february 2006 on the methods of sampling and analysis for the official control of the levels of mycotoxins in foods. **Official Journal of the European Union**, n. 70, L. 57, p. 12-34, Apri. 2006.

EUROPEAN UNION COMMISSION. (2010). Commission Regulation N^o 165/10 of Feb 2010 amending Regulation nº 1881/06, setting maximum levels for certain contaminants in foodstuffs as regards aflatoxins. **Official Journal of the European Communities**, L. 50, p. 8-12, Dec. 2010.

FAO. Legislação para micotoxinas. Disponível em: <<http://www.fao.org.br/.pdf>> Acesso em: 29 abr. 2006.

FAO. Codex committee on contaminants in food. **Discussion paper on aflatoxin contamination in Brazil nuts second session**. Agenda item, Netherlands, mar./apri. 2008.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Available: <<http://faostat.fao.or>>. Accessed on: 10 feb. 2011.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. da S.; LUCIEN, V. G.; AMARAL, A. S. Caracterização físico-química da amêndoa, torta e composição dos ácidos graxos majoritários do óleo bruto da castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) **Brazilian Journal of Food and Nutrition**. Araraquara: v.17, n. 2, p. 203-208, abr./jun. 2006a.

FERREIRA, H.; PITTNER, E; SANCHES, H. F.; MONTEIRO, M. C. **Aflatoxinas: Um risco a saúde humana e animal**. Guarapuava: v.2, n.1 p. 113-127 jan./jun. 2006b.

FONSECA, H. **Os fungos e a deterioração de alimentos**. 2009. Disponível em: <<http://www.micotoxinas.com.br/boletim4.htm>>. Acesso em: 15 maio 2011.

FREIRE, F. DAS C. O.; KOZAKIEWICZ, Z; PATERSON, R. R. M. Mycoflora and mycotoxins in Brazilian black pepper, white pepper and Brazil nuts. **Mycopathologia**, New York, v. 149, n. 1, p. 13-19, 2000.

FREIRE, F.; OFFORD, L. Bacterial and yeast counts in Brazilian commodities and spices. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo: v. 33, n. 2 p. 34-39, Apr./Jun. 2002.

FREITAS-SILVA, O.; VENÂNCIO, A. Ozone applications to prevent and degrade mycotoxins: a review. **Drug Metabolism Reviews**, London, v. 42, p. 612-620, 2010.

FURTADO, M. T. **Barras mistas de frutas desidratadas: formulação, qualidade e aceitabilidade**. 2011. 114f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2011.

GIORDANO, B. N. E. **Efeito do ozônio sobre a micoflora e aflatoxinas durante a armazenagem de castanha-do-brasil com casca (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)** 2009. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

GLÓRIA, E.M.; REGITANO DARCE, M. Concentrado e isolado protéico de torta de Castanha do Pará: Obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas: v. 20, n.2, p. 240-245, Maio/Ago. 2000.

GONCALVES, R. C.; ALVARES, V. de S.; CARTAXO, C. B. da C.; WADT, L. H. de O.; SOUZA, J. M. L. De; LIMA, A. C. de; COSTA, D. A. Da; GIACOMELLI, M.; MAGALHÃES, K. da S.; MADRUGA, A. L. S. **Secador estacionário a ar aquecido forçado artificialmente: inovação tecnológica na secagem de sementes de castanheira-da-amazônia (*bertholletia excelsa* H. B. K.)** Rio Branco: Embrapa Acre, 2010. (Comunicado Técnico, 174).

GONZAGA, I. **Avaliação nutricional relativa ao selênio em crianças com dieta enriquecida de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.)** 2002. 161 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2002.

GONZAGA, D. S. de O. M. **Considerações sobre inovações na cadeia produtiva da castanha-do-brasil no estado do Acre**. 2006. 39 f. Monografia (Especialização de Agentes de Inovação e Difusão Tecnológica – AGINTEC). Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2006.

GONZALEZ, E.; FELÍCIO, J.; PINTO, M. Biflavonoids inhibit the production of aflatoxin by *Aspergillus flavus*. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, Ribeirão Preto, v. 34, p.1453-1456, Oct. 2001.

GRUBBS, F. E. Procedures for detecting outlying observations in samples. **Technometrics**, London, v. 11, n. 1, p. 1-21, Feb. 1969.

HALÁSZ, A.; LÁSZTITY, R.; ABONYI, T.; BATA, Á. Decontamination of mycotoxin containing food and feed by biodegradation. **Food Reviews International**, Florence, v. 25, p. 284–298, 2009.

HOMMA, A. K. O. Cemitério das Castanheiras. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 34, n. 202, Mar. 2004.

IARC. International Agency of Research on Cancer. **Evaluation of carcinogenic risks to humans**: some tradicional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. Lyon: 2002. (Monographs, 82).

INC. International Nut Council. Brazil Nut Retrieved on 30th November 2010. ><http://www.nutfruit.org/brazilnuts>>. Acesso em: 16 fev. 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 1 ed. digital. 2005. Disponível em: <http://www.ial.sp.gov.br/index.php?option=com_remository&Itemid=0&func=select&orderby=1>. Acesso em: 25 abr. 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2012. Comunicação Social. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticias/noticia_impresao.php?id_noticia=1498>. Acesso em: 16 maio 2012.

JOLLY, C. M.; BAYARD, B.; VODOUHE, S. Risks of ingestion of aflatoxina contaminated groundnuts in Benin: scale measurements, beliefs and socioeconomic factors. **Risk Analysis**, San Francisco, v. 29, p. 1395-1409, 2009.

KABAK, B.; DOBSON, A. D.W.; VAR, I. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: A review. **Critical Magazine in Food Science and Nutrition**, Florence, v. 46, p. 593-619, 2006.

KELLER, N. P.; TURNER, G.; BENNETT, J. W. Fungal secondary metabolism-from biochemistry to genomics. **Nature reviews**, London, v.3, p. 937-947, Dec. 2005.

KLEIN, E. A.; THOMPSON, I. M.; LIPPMAN, S. M.; GOODMAN, P. J.; ALBANES, D.; TAYLOR, P. R.; COLTMAN, C. SELECT: the selenium and vitamin e cancer prevention trial. **Urologic Oncology: Seminars and Original Investigations**, v. 21, n. 1, p. 59-65, 2003.

KLISCH, M. A. Environmental and developmental factors influencing aflotoxin production by *Aspergillus flavus* and *Aspergillus parasiticus*. **Mycoscience**, New York, v. 48, p. 71-80, 2007.

KLISCH, M. A. Health effects of *Aspergillus* in food and air. **Toxicology and Industrial Health**, Princeton, v. 25, p. 657-667, 2009.

KOCYIGIT, A.; KOYLU, A.A.; KELES, H. Effects of pistachio nuts consumption on plasma lipid profile and oxidative status in healthy volunteers. **Nut Met e Card Diseases**, Sanliurfa, v.16, p. 202-209, apr. 2006.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolic in 10 different nut types. **Food Chemistry**, Peshawar, v. 98, p. 381-387, 2006.

LEE S. et al. Inhibitory Effects of Naturally Occurring Compounds on Aflatoxin B1 Biotransformation, **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Canadá, v.49, p. 5171-5177, Nov. 2001.

LEITE, F. M. N. **Fungos aflatoxigênicos na castanha-do-brasil sob as condições da floresta e de armazenagem comunitária no Acre.** 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, AC, 2008.

MARTINS, H.; MARTINS, M.; BERNARDO, F. Interaction of strains of non-toxicogenic *Aspergillus flavus* with *Aspergillus parasiticus* on aflatoxin production. *Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science*, v. 37, n. 6, p. 112-122, 2000.

MEGGS, W. J. Epidemics of mold poisoning past and present. **Toxicology and Industrial Health**, Princeton, v. 25, p. 571-576, 2009.

MELLO, F. R. **Avaliação da qualidade da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.), sua relação com o processo de seleção e contaminação por aflatoxinas.** 2007. 167f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2007.

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

NETO, V. Q.; BAKKE, O. A.; RAMOS, C. M. P.; BORA, P. S.; LETELIER, J. C.; CONCEIÇÃO, M. M. Brazil nut (*Bertholletia excelsa* H. B. K) seed kernel oil: characterization and thermal stability. **Revista de Biologia e Farmácia**, João Pessoa, v. 3, n. 1, 2009.

NOGUEIRA, R. M. **Secagem da castanha-do-brasil em condições de floresta e carbonização do resíduo do fruto da castanheira.** 2011. 150 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Engenharia de Processamento de Produtos Agrícolas, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2011.

NUNES, I. L.; MAGAGNIN, G.; BERTOLIN, T. E.; FURLONG, E. B. Arroz comercializado na região Sul do Brasil: aspectos micotoxicológicos e microscópicos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 190-194, abr./jun. 2003.

NUTRICON. **Cartilha de Higiene para manipuladores de alimentos.** 15 p. 2007.

NYBG - The New York Botanical Garden. The Brazil nut Industry- Past, present and the future. Disponível em: <<http://www.nybg.org/bsci/braznut>>. Acesso em: 09 maio 2006.

OGIDO, Rony. **Efeitos da exposição prolongada de aflatoxina B1 e fumonisina B1 em codornas: avaliação de parâmetros de desempenho e qualidade dos ovos.** Pirassununga, 2003.109 f. Dissertação (Mestrado em Nutrição Animal). Nutrição e Produção Animal, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, B. R. DE; ALCÂNTARA, E. M.; PICCOLI, R. H.; BATISTA, L. R. **Ocorrência *Aspergillus carbonarius* produtor de ocratoxina A.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 20., 2006, Curitiba. Anais Microbiologia, Micotoxicologia e Biotecnologia. Curitiba: SBCTA, 2006. 1CD-ROM.

OLSEN, M.; JOHANSSON, P.; MOLLER, T.; PALADINO, R.; LINDBLAD, M. *Aspergillus nomius*, an important producer in Brazil nuts? **World Mycotoxin Journal**, Wageningen, v. 1, n. 2, p. 123-126, mayo/ago. 2008.

PACHECO, A. M. **Ocorrência de Aflatoxinas (B1, B2, G1 e G2) em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) proveniente de municípios do Estado do Amazonas na safra de 2002**. 2003. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Amazonas Manaus, AM, 2003.

PACHECO A. M. ROBERT F.; SCUSSEL V. Detecção de aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) na safra de 2005. **Revista Analítica**, São Paulo, v. 22, p. 64-65, jan. 2006.

PACHECO, A. M.; SCUSSEL, V. M. **Castanha-do-brasil: da floresta tropical ao consumidor**. Florianópolis: Editograf, 171 p. 2006.

PACHECO, A. M. **Selênio e aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) e qualidade de produtos derivados**. 2007. 144 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

PÁDUA, I. P. M.; SILVEIRA I. A.; MARTINS, C. E. C. B. Aflatoxinas e risco de contaminação do leite humano. **Revista Pro Homine**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 25-30, 2002.

PARTANEN, H. A.; EL-NEZAMI, H. S.; LEPPÄNEN, J. M.; MYLLYNEN, P. K.; WOODHOUSE, H. J.; VÄHÄKANGAS, K. H. Aflatoxin B1 transfer and metabolism in human placenta. **Toxicological Sciences**, Oxford, v. 113, p. 216-225, 2010.

PAS. Programa de alimentos seguros. **Manual de segurança e qualidade para a cultura da castanha-do-brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2004. 62 p.

PASSONE, M. A.; RESNIK, S.; ETCHEVERRY, M. G., Antiaflatoxigenic property of food grade antioxidants under different conditions of water activity in peanut grains, **International Journal of Food Microbiology**, Córdoba, v. 118, p. 8-14, nov. 2007.

PATERSON, R. R. M. Identification and quantification of mycotoxigenic fungi by PCR, **Process Biochemistry**, Braga, v. 41, p.1467-1474, Feb. 2006.

PATERSON, R. R. M.; LIMA, N. How will climate change affect mycotoxins in food? **Food Research International**, Amsterdam, v. 43, p. 1902-1914, Sept. 2010.

PENNACCHIO, H. L. **Castanha-do-brasil – Proposta de preço mínimo safra 2006/2007**. Brasília: Editora Mapinguari, p. 08-10, 2006.

PEREIRA, M.M.G.; CARVALHO, E.P.; PRADO, G. Crescimento e produção de aflatoxinas por *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*. **Boletim do Ceppa**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 141-156, jan./jun. 2002.

PIMENTEL, L. D.; JÚNIOR, A. W.; SANTOS, C. E. M. dos; BRUCKNER, C. H. Estimativa de viabilidade econômica no cultivo da castanha-do-brasil. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 37, n. 6, p. 26-27, 2007.

PINHEIRO, M. dos R. R. **Estudo de variabilidade genética de *Aspergillus flavus* como base para o desenvolvimento de PCR, Multiplex para detecção de fungos produtores de aflatoxinas em castanha-do-brasil e castanha de caju.** 100 f. Dissertação (Mestrado em ciências Genômicas e Biotecnologia) - Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2004.

PITT, J. I.; HOCKING, AILSA D.; GLENN, IAN R. An improved medium for the detection of *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus*. **Journal of Applied Bacteriology**, Malden, v. 54, n. 14, p. 109-114, Dec. 1983.

PITT, J. I. Fungal ecology and the occurrence of mycotoxin. Mycotoxins and phycotoxins: advances in determination, toxicology and exposure management. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MYCOTOXINS AND PHYCOTOXINS - IUPAC, 11., 2004, Bethesda, Maryland, 2006. **Proceedings...** p. 33-41.

PRANCE, G. T. e MORI, S. A. Observations on the fruits and seeds of neotropical lecythidaceae, **Brittonia**, New York, v. 30, p. 21-33, 1978.

RIBEIRO, A. C.; FILOCREÃO, A. S. M.; CAMPOS, I. A socioeconômica da castanha-do-pará no Estado do Amapá. In: KANZAKI, L. I. B. (Org.). **Desenvolvimento sustentável em áreas de extrativismo da castanha-do-brasil no sul do Amapá.** Belém: Banco da Amazônia, 2009. p. 49-117.

RODRIGUES, J. E.; ARAÚJO, M.E.; AZEVEDO, F. F. M.; MACHADO, N.T. Phase equilibrium measurements of Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) oil supercritical carbon dioxide. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 34, p. 223-229, Feb. 2005.

RYAN, E.; KELES, H.; ABRAMSON, D. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of Brazil, pecan, pine, pistachio and cashew nuts. Department of Food and Nutritional Sciences, Ireland, v. 57, p. 219-228, Jan. 2006.

SALEEMULLAH, A. I., KHALIL, I. A.; SHAH, H. Aflatoxin contents of stored and artificially inoculated cereals and nuts. **Food Chemistry**, Peshawar, v. 98, p. 699-703, 2005.

SANTÁNA, A. S.; ROSENTHAL, A.; MASSAGUER, P. R. The fate of patulin in apple juice processing: a review. **Food Research International**, Reino Unido, v. 41, p. 441-453, Jan. 2008.

SANTOS, C.; ALVES, P.; VALE, V. **Controle da produção de aflatoxina em amendoim pelo uso de plantas medicinais contendo mentol.** XVII CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Fortaleza/CE: SBCTA, v. 3, p.10-15, 2000.

SANTOS, J. C.; MENEZES, R. S.; SOUZA, J. M. L.; FIGUEIREDO, S. M. M.; FIGUEIREDO, E. O.; COSTA, J. S. R. **Demandas tecnológicas para o processamento de castanha (*Bertholletia excelsa* H. B. K) no Estado do Acre.** Rio Branco, AC: Embrapa Acre: CPAF-AC, 2001. 17 p. (Documentos, 70).

SANTOS, J. U. M. DOS.; BASTOS, M. DE N. DO C.; GURGEL, E. S. C.; CARVALHO, A. C. M. (*Bertholletia excelsa* H. B. K.): aspectos morfológicos do fruto, da semente e da plântula. **Revista Ciências Exatas Naturais**, Belém, v. 1, n. 2, p. 103-112, maio/ago. 2006.

SANTOS, O. V. dos; CORRÊA, N. C. F.; LANNES, S. C. da SILVA. Caracterização física, físico-química, microbiológica e micotoxicológica da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.). **Revista Iluminart**, Sertãozinho, v. 12, n. 7, p. 48-59, set. 2011.

SANTOS, V. S. **Desenvolvimento de barras de alto teor protéico a partir da castanha-do-brasil**. 2008. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2008.

SCUSSEL, V. M. Fungos em grãos armazenados. In: LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. (ed). **Armazenagem de grãos**. Campinas: IBG, 2002. p. 675-804.

SEBRAE - Serviço brasileiro de apoio às micro e pequenas empresas. **Trabalho e paciência - entrevista realizada com a diretoria COOPERACRE**. Rio Branco, 2007. Disponível em: <www.ac.sebrae.com.br/s_578.html>. Acesso em: 10 mar. 2011.

SEGOVIA, J. F. O.; OLIVEIRA, L. O.; GONÇALVES, M. C. A.; RESCK, I. S.; SILVA, C. A. M.; SILVEIRA, D.; GAVRILOV, A. V.; GAVRILOVA, L. A. KANZAKI, L. I. B. Botanical characterization, geographical distribution and phytochemistry analysis of *Manilkara huberi* (Ducke) Stanhl autochthonous in Amapá State, Brazil. **Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus/Series of Biological Sciences**, Belarus, v. 2, p. 30-40, 2011.

SHAPIRA, R.; PASTER, N. Control of mycotoxins in storage and techniques for their decontamination. In: MAGAN, N.; OLSEN, M. (Eds.), **Mycotoxins in Food: Detection and Control**. Cambridge: England Woodhead Publishing Limited and CRC Press. p. 190-223. 2004.

SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, Oxford, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, Dec. 1965.

SILVA, F. A. **Aplicação de microondas no processo de beneficiamento de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)** 2002. 70 f. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SILVA, F. A.; MARSAIOLI, JR. A. Aspecto econômico de um processo de secagem de amêndoas de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa*) assistida a microondas. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, Londrina, v. 5, n. 2, Jul./Dez. 2003.

SILVA, J. S. **Tecnologias de secagem e armazenagem para a agricultura familiar**. Viçosa, MG: Editora Suprema. 2008. 168 p.

SILVA, F. A. **Aplicação de microondas no processo de beneficiamento de castanha do Brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.)** 2002. 70 f. (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Departamento de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2002.

SILVA, R.A.; CHALFOUN, SM; SILVA, M.A.M.; PEREIRA, M.C. Inquérito sobre o consumo de alimentos possíveis de contaminação por micotoxinas na ingestão alimentar de escolares da cidade de Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 439-447, mar./abr. 2007.

SILVA, S. M. P. Estado e políticas no mercado de castanha-do-brasil no Estado do Acre: uma análise pela abordagem do desenvolvimento local. **Revista Ideas News**, Ribeirão Preto, v.4, n. 26, p. 103-128, jun./jul. 2010.

SILVEIRAS, J. Sustainability in a nutshell. **Trends in ecology e evolution (Personal edition)**, v. 19, n. 6, p. 276-278, July./Sept. 2004.

SIMÕES, A. V. **Impactos de tecnologias alternativas e do manejo da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H. B. K.) no controle da contaminação por aflatoxinas em sua cadeia produtiva**. 2004. 62 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) – Sistemas Agroflorestais, Universidade Federal do Amazonas, AM, 2004.

SOARES, C.; RODRIGUES, P.; FREITAS-SILVA, O.; ABRUNHOSA, L.; VENÂNCIO, A. HPLC method for simultaneous detection of aflatoxins and cyclopiazonic acid. **World Mycotoxin Journal**, Wageningen, v. 3, n. 3, p. 225-231, Aug. 2010.

SOUZA, J. M. L.; CARTAXO, C. B. C.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S. **Microbiological evaluation of of the Brazil nut processing plants in Acre**. Rio Branco, AC: 2004. 39 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 39).

SOUZA, M. L. de. **Processamento de cereais matinais extrusados de castanha-do-brasil e com mandioca**. 2003. 191 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, SP, 2003.

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 Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 120-128, jan. 2004.

SOUZA, M. L., MENEZES, H. C. Extrusão de misturas de castanha do Brasil com mandioca. **Sociedade brasileira de Ciência e Tecnologia dos Alimentos**. Campinas, v. 28 n. 2, p. 45-462, abr./jun. 2008.

STARK, A. A. Mechanisms of action of aflatoxin B1 at the biochemical and molecular levels In *Microbial Food Contamination*, Boca Raton, FL: CRC Press. p. 47-60, 2001.

STOIAN, D. Cosechando lo que cae:la economia de la castaña (*Bertholletia excelsa* H. B. K) em la Amazônia Boliviana. In: ALEXIADES, M.N.; SHANLEY, P. (Eds.), **Productos forestales, medios de subsistencia y conservación de productos forestales no maderables**. Cifor, v. 3, p. 89-116. 2004.

STROKA, J.; ANKLAM, E.; JORISSEN, U.; GILBERT, J. Immunoaffinity column cleanup with liquid chromatography using post-column bromination for determination of aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste and paprika powder: collaborative study. **Journal of AOAC**, Washington, v.83, n.2, p. 320-340, Oct. 2000.

STUDENT. The probable error of mean. **Biometrika**. London, v. 6, n. 1, Mar. 1908. p. 1-25.

SYLOS, C. M. Efeito da luz sobre a produção de aflatoxinas durante o armazenamento de produtos de amendoim. In: XII Encontro Nacional de Micotoxinas, V Congresso Latino-Americano de Micotoxicologia e IV Simpósio em Armazenagem Qualitativa de Grãos do Mercosul, 2006, Florianópolis. **Livro de Resumos**, p. 269.

TEXEIRA, A. S. **Adequação e apresentação de parâmetros de validação intralaboratorial de um ensaio para a quantificação de aflatoxinas em castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) através de cromatografia líquida de alta eficiência**. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

TONINI, H. Castanheira-do-brasil: **Uma espécie chave na promoção do desenvolvimento com conservação**. Boa Vista: Embrapa Roraima, 2007. (Comunicado Técnico, 49).

USDA (2008). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, **Food Group: 12 Nut and Seed Products** Publication. Retrieved 15th November, 2010, from USDA.

VAN EGMOND, H. P.; JONKER, M. A. Current situation on regulations for mycotoxins. In: YOSHIZAWA, T.; KUMAGAI, S.; GOTO T. (Eds.), **New Horizon of Mycotoxicology for Assuring food Safety. Japanese Association of Mycotoxicology**, Tokyo, p. 1-15. 2004.

VASCONCELOS, A. A.; CRUZ, K.; WALDT, L. O.; ABREU, L. F.; **Caracterização físico-química de amêndoas e óleos de castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) provenientes do estado do acre**. In: 15º SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, BELÉM-PA. p. 4. 2011.

VENKATACHALAM, M.; SATHE, S.K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Canadá, v. 54, p.4705-4714, Nov. 2006.

WADT, L. H. de O.; KAINER, K. A.; NUNES, G. M.; LEITE, F. M. N. **Manejo da castanheira (*Bertholletia excelsa* H. B. K.) para a produção de castanha-do-brasil**. Rio Branco: Secretaria de Extrativismo e Produção Familiar. 2005. 42p. Seaprof (Documento técnico, 3).

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária, 2001. 396 p.

WILCOXON, F. individual comparisons by ranking methods. **Biometrics Bulletin**, Bruxelles, v. 1, n. 6, p. 80-83, Dec. 1945.

XAVIER, J. J. M.; SCUSSEL, V. M. Development of an LC-MS/MS method for the determination of aflatoxins B1, B2, G1, and G2 in Brazil nut. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, v. 88, n. 6, p. 425-433, Dec. 2008.

YANG, J. Brazil nuts and associated health benefits: a review. **LWT Food Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, p. 1573-1580, May. 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Pressupostos da análise de variância da atividade de água (A_w), teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), aflatoxina B1 (AB1), aflatoxina B2 (AB2), aflatoxina G1 (AG1), aflatoxina G2 (AG2), aflatoxina total (AT), teores de cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT), extrato etéreo (TEE) e fibra bruta total (TFBT), carboidratos totais (TCT), pelos testes de Bartlett (homogeneidade das variâncias) e Shapiro-Wilk (normalidade dos erros)

Variáveis	Teste de Bartlett		Teste de Shapiro Wilk	
	χ^2	Hipótese	W	Hipótese
$A_w^{(1)}$	-	-	0,691	R
TUA	1,515	NR	0,989	NR
FFT	0,556	NR	0,067	NR
FPPA	0,479	NR	0,927	NR
AB1	12,415	R	0,974	NR
AB1 transformado	3,411	NR	0,945	NR
AB2	2,450	NR	0,958	NR
AG1 ⁽¹⁾	57,308	R	0,929	NR
AG2 ⁽¹⁾	19,201	R	0,908	NR
AT ⁽¹⁾	26,048	R	0,968	NR
TC	0,070	NR	0,986	NR
TPBT	0,088	NR	0,963	NR
TEE	3,734	NR	0,975	NR
TFBT	3,703	NR	0,975	NR
TCT	4,121	R	0,980	NR
TCT transformado	3,110	NR	0,977	NR

NR: não rejeita; R: rejeita

⁽¹⁾Análise não paramétrica (teste de Wilcoxon)

APÊNDICE B – Análise de variância do teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA) avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TUA	FFT	FPPA
Tratamento	1	570,098**	0,623**	0,001 ^{ns}
Bloco	9	2,657 ^{ns}	0,038 ^{ns}	0,073 ^{ns}
Erro	9	1,285	0,038	0,057
Total	19	-	-	-
CV(%)	-	5,25	3,82	5,89

APÊNDICE C – Análise de variância das aflatoxinas B1 e B2 avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		B ₁ ⁽¹⁾	B ₂
Tratamento	1	1,215 ^{ns}	0,179 ^{ns}
Bloco	9	1,289 ^{ns}	0,112 ^{ns}
Erro	9	1,364	0,085
Total	19	-	-
CV(%)	-	148,32	126,01

⁽¹⁾Dados originais transformados em raiz(x) para atender os pressupostos da análise de variância.

APÊNDICE D – Análise de variância dos teores cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT) e extrato etéreo (TEE) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TC	TPBT	TEE
Tratamento	1	0,075 ^{**}	0,381 ^{ns}	58,790 ^{ns}
Bloco	9	0,003 ^{ns}	0,173 ^{ns}	14,481 ^{ns}
Erro	9	0,001	0,338	14,363
Total	19	-	-	-
CV(%)	-	1,10	3,88	5,84

APÊNDICE E – Análise de variância dos teores de fibra bruta total (TFBT) e carboidratos totais (TCT) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		TFBT	TCT ⁽¹⁾
Tratamento	1	0,849 ^{ns}	0,692 ^{ns}
Bloco	9	0,210 ^{ns}	0,632 ^{ns}
Erro	9	0,208	0,497
Total	19	-	-
CV(%)	-	5,86	24,80

⁽¹⁾Dados originais transformados em raiz(x) para atender os pressupostos da análise de variância.

APÊNDICE F – Pressupostos da análise de variância da atividade de água (A_w), teor de umidade (TUA), fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), aflatoxina B1 (AB1), aflatoxina B2 (AB2), aflatoxina G1 (AG1), aflatoxina G2 (AG2), aflatoxina total (AT), cinzas (TC), proteína bruta total (TPBT), extrato etéreo (TEE), fibra bruta total (TFBT) e carboidratos totais (TCT), pelos testes de Bartlett (homogeneidade das variâncias) e Shapiro-Wilk (normalidade dos erros)

Variáveis	Teste de Bartlett		Teste de Shapiro Wilk	
	χ^2	Hipótese	W	Hipótese
A_w	-	-	0,948	R
TUA	26,028	R	0,871	R
TUA transformado	8,378	NR	0,916	NR
FFT	6,868	NR	0,932	NR
FPPA	23,832	R	0,836	R
FPPA transformado	3,207	NR	0,975	NR
AB1	4,166	NR	0,978	NR
AB2	1,672	NR	0,929	NR
AG1	10,107	NR	0,935	NR
AG2	-	-	0,745	R
AT	8,422	NR	0,935	NR
TC	9,065	NR	0,940	NR
TPBT	9,506	NR	0,932	NR
TEE	8,123	NR	0,951	NR
TFBT	9,186	NR	0,966	NR
TCT	20,592	R	0,948	NR
TCT transformado	9,009	NR	0,965	NR

NR: não rejeita; R: rejeita

APÊNDICE G – Análise de variância do teor de umidade (TUA) e dos fungos filamentosos totais (FFT) e potencialmente produtores de aflatoxinas (FPPA), avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TUA ⁽¹⁾	FFT	FPPA ⁽²⁾
Regressão linear	1	1,505**	0,821**	16699,95**
Regressão quadrática	1	0,089**	0,621**	8845,48**
Regressão cúbica	1	0,040**	0,329**	9297,80**
Desvios de regressão	2	0,052**	0,593**	1590,030**
Erro	18	0,000 ⁽³⁾	0,004	74,357
Total	23	-	-	-
CV(%)	-	2,43	1,09	6,97

⁽¹⁾Dados originais transformados em log (x) para atender os pressupostos da análise de variância.

⁽²⁾Dados originais transformados sen (x) para atender os pressupostos da análise de variância.

⁽³⁾Valor menor que 0,001.

APÊNDICE H – Análise de variância de aflatoxinas B₁, B₂, G₁ e total avaliadas em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios			
		B ₁	B ₂	G ₁	Total
Regressão linear	1	96282,67**	0,179 ^{ns}	1820,54 ^{ns}	136054,46**
Regressão quadrática	1	87551,10**	0,066 ^{ns}	346,66 ^{ns}	105043,42**
Regressão cúbica	1	23850,10**	0,244 ^{ns}	747,11 ^{ns}	14338,77**
Desvios de regressão	2	1541,13*	0,243 ^{ns}	143,125 ^{ns}	3242,142**
Erro	18	306,50	0,153	422,10	164,91
Total	23	-	-	-	-
CV(%)	-	8,25	56,04	7,09	5,41

APÊNDICE I – Análise de variância dos teores de cinzas (TC), proteína bruta (TPBT), extrato etéreo (TEE) e fibra bruta total (TFBT) avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios		
		TC	TPBT	TEE
Regressão linear	1	1,344**	0,011 ^{ns}	47,619 ^{ns}
Regressão quadrática	1	0,011*	0,008 ^{ns}	2,388 ^{ns}
Regressão cúbica	1	0,206**	0,004 ^{ns}	7,214 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,186**	0,349 ^{ns}	16,043 ^{ns}
Erro	18	0,002	0,565	20,503
Total	23	-	-	-
CV(%)	-	1,17	4,94	7,09

APÊNDICE J – Análise de variância dos teores de fibra bruta total (TFBT) e carboidratos totais (TCT), avaliados em experimento no delineamento em blocos casualizados, em Rio Branco, Acre, 2011.

Fonte de Variação	GL	Quadrados Médios	
		TFBT	TCT ⁽¹⁾
Regressão linear	1	0,807 ^{ns}	0,637**
Regressão quadrática	1	0,192 ^{ns}	0,332*
Regressão cúbica	1	0,950 ^{ns}	0,120 ^{ns}
Desvios de regressão	2	0,579 ^{ns}	0,026 ^{ns}
Erro	18	0,599	0,065
Total	23	-	-
CV(%)	-	9,64	30,10

⁽¹⁾Dados originais transformados em log (x) para atender os pressupostos da análise de variância.