

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE QUÍMICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**

**DESENVOLVIMENTO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE
DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA
(*Macadamia integrifolia*)**

André Luiz Borges Machado
Engenheiro de Alimentos

Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso
Orientador
Prof. Dr. Flávio Alves da Silva
Co-orientador

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química.

**Goiânia-GO
2017**

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: **Dissertação** **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

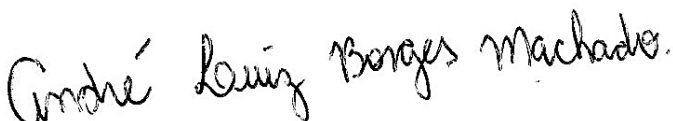
Nome completo do autor: André Luiz Borges Machado

Título do trabalho: Desenvolvimento de extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) E Macadâmia (*Macadâmia Integrifolia*)

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Data: 22/03/2017

André Luiz Borges Machado

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

ANDRÉ LUIZ BORGES MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE
CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia
integrifolia*)**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Engenharia Química da
Universidade Federal de Goiás, para obtenção do
título de Mestre em Engenharia Química

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso
Co-orientador: Prof. Dr. Flávio Alves da Silva

Goiânia
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Machado, André Luiz Borges

Desenvolvimento de extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) [manuscrito] / André Luiz Borges Machado. - 2017.

xviii, 108 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso; co-orientador Prof. Dr. Flávio Alves da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de Química (IQ), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Goiânia, 2017.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

1. Castanha-do-Brasil. 2. Macadâmia. 3. Extrato Hidrossolúvel. 4. Vida Útil. 5. Reologia. I. Cardoso, Cláudio Fernandes, orient. II. Silva, Flávio Alves da, co-orient. III. Título.



UFG

Universidade Federal de Goiás

Instituto de Química

Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química

Ata da defesa de Dissertação de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do Instituto de Química da Universidade Federal de Goiás.

Aos dias 23 (vinte e três) de fevereiro do ano de 2017 (dois mil e dezessete), com início às 13:30 horas (treze horas e trinta minutos) na Escola de Agronomia da UFG, reuniu-se a Banca Examinadora, composta pelos seguintes doutores: Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso, Prof. Dr. Flávio Alves da Silva, Prof^a. Dra. Fernanda Ferreira Freitas e Prof^a. Dra. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima, sob a presidência do primeiro, para julgar a dissertação de André Luiz Borges Machado intitulada: "DESENVOLVIMENTO DE EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia Integrifolia*)" como requisito para a obtenção do título de mestre em Engenharia Química. O presidente da Banca Examinadora abriu a sessão prestando esclarecimentos sobre os trâmites da avaliação e, em seguida, passou a palavra ao candidato para que o mesmo fizesse uma exposição do seu trabalho. Terminada a exposição, o candidato foi arguido pelos membros da Banca Examinadora e, após as arguições, foi determinado um intervalo de tempo para que a banca, em sessão fechada, procedesse ao julgamento do trabalho. O resultado do julgamento foi o seguinte:

Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso: Aprovado

Prof. Dr. Flávio Alves da Silva: Aprovado

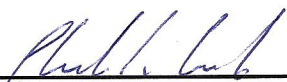
Prof^a. Dra. Fernanda Ferreira Freitas: Aprovado

Prof^a. Dra. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima: Aprovado


A seguir, na presença do público e do candidato, o presidente da Banca Examinadora declarou que André Luiz Borges Machado, candidato ao título de mestre em Engenharia Química foi: Aprovado (); Reprovado ().

Este resultado deverá ser homologado pela Coordenadoria de Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química do IQ/UFG. Nada mais havendo a tratar, o Senhor Presidente cumprimentou o candidato e encerrou os trabalhos. E para constar, eu, Bruno Balduino Borges, lavrei a presente ata que segue assinada pelos membros da banca examinadora.


Goiânia, 23 de fevereiro de 2017.




Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso (UFG)



Prof. Dr. Flávio Alves da Silva



Prof^a. Dra. Fernanda Ferreira Freitas (UFG)



Prof^a. Dra. Mayra Conceição Peixoto Martins Lima (IFGoiano)

“Sou como a haste fina, que qualquer brisa verga, nenhuma espada corta.”
(Maria Bethânia)

“Caminhando contra o vento
Sem lenço, sem documento
No sol de quase dezembro
Eu vou.”
(Caetano Veloso)

Dedico este trabalho aos meus pais, Lauro e Divina Márcia e à minha irmã, Laura. E também, a todos aqueles que contribuíram de certa forma para que eu chegasse até aqui.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus e a Meishu-Sama pela sabedoria, calma e luz recebida para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos meus pais, Lauro e Divina Márcia, e minha irmã Laura pela confiança, carinho, por nunca duvidarem do meu potencial e serem o meu combustível para lutar durante toda essa caminhada que chamamos de vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso pela confiança, apoio e atenção e também por sempre estimular a pensar além.

Ao Prof. Dr Flávio Alves da Silva, pelo apoio técnico-científico.

Ao Prof. Dr. Eduardo Asquieri por disponibilizar o laboratório para execução das análises físico-químicas. Aos técnicos de laboratório do setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia pela atenção e disponibilidade quanto ao uso da planta-piloto.

À Prof. Dr. Maria Raquel Hidalgo e a Prof. Dr. Lyana Jayme, do Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos por viabilizar a pesquisa em microbiologia. Atenção especial à técnica do laboratório, Camila Alves, por todo carinho, paciência e, sobretudo, atenção e ensinamentos durante este trabalho.

À Prof. Dr^a.Tânia Aparecida Pinto de Castro Ferreira por gentilmente ceder o Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais de Alimentos para as análises sensoriais realizadas durante esta pesquisa.

À Prof. Dr^a. Fernanda Ferreira Freitas por seus conselhos estatísticos e também pela paciência e dedicação durante todo o mestrado. Aproveito para agradecer também todos os professores do PPGEQ-UFG pelos ensinamentos transmitidos.

Ao LabMulti (EA-UFG) por disponibilizar o reômetro para as análises reológicas, e à Prof. Dr. Clarissa Damiani por disponibilizar o colorímetro para as análises de cor.

A UFG pela estrutura e recursos oferecidos para a realização deste trabalho, e a CAPES pelo auxílio financeiro.

Aos meus colegas de mestrado: Mayara, Marcos Flávio, Carol Fantt, Jéssica Guimarães, Letícia, Maria Eugênia, Michelly e Rodrigo que ao longo de dois anos me fizeram rir perante as dificuldades e gargalhar com as facilidades.

Gostaria de agradecer em especial, a Kamilla Soares Silva por todo apoio durante a realização desta pesquisa e por ser aquela amiga cujos obstáculos enfrentamos juntos e também à Bruna Oliveira por toda atenção, carinho e compromisso com as análises laboratoriais desta pesquisa.

Aos meus amigos de Rio Verde, Jerônimo Moraes e Dr. Lauro Filho, que mesmo com a distância, o carinho e a amizade só se fortaleceram. Ao pessoal da Vila do Chaves, em especial, à Aurélio Gomides e Karol Rodrigues que por convivência diária, têm sido parte da minha família fora de casa por esses dois anos.

As amizades que ganhei e fortaleci em Goiânia: Juliana e Luciana Parize, Jesus Galvão, Rafael Gonçalves, Jader Magalhães, Cláudia Catarino, Renata Duarte, Lígia Sarneiro. Obrigado pelo carinho, paciência, compreensão e apoio durante este período.

Agradeço a você, que se por ventura esqueci-me de mencionar aqui, mas contribuiu para que eu chegasse aqui. Meus sinceros agradecimentos.

Muito Obrigado à Tod@s!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xiv
LISTA DE TABELAS.....	xv
LISTA DE EQUAÇÕES.....	xvii
LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS.....	xviii
RESUMO GERAL.....	1
ABSTRACT.....	3
CAPÍTULO 1 - REVISÃO DE LITERATURA – CASTANHA-DO-BRASIL (<i>Bertholletia excelsa</i>), MACADÂMIA (<i>Macadâmia integrifolia</i>) E EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS.....	5
RESUMO.....	6
1. INTRODUÇÃO.....	8
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1. CASTANHA-DO-BRASIL.....	11
2.2. MACADÂMIA.....	13
2.3. EXTRATOS HIDROSSOLÚVEL VEGETAIS.....	15
2.4. METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA: PLANEJAMENTO PARA MISTURAS.....	16
2.5. VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS.....	20
2.5.1. Desenvolvimento microbiano.....	21
2.5.2. Influência da temperatura sob os alimentos.....	21
2.5.3. Alterações sensoriais nos alimentos.....	21
2.5.4. Embalagens de vidro.....	22
2.6. REOLOGIA DE ALIMENTOS FLUIDOS.....	23
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
CAPÍTULO 2 - ESTUDO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DE EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (<i>Bertholletia excelsa</i>) E MACADÂMIA (<i>Macadâmia integrifolia</i>).....	29
RESUMO.....	30
1. INTRODUÇÃO.....	31
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.1. MATERIAIS.....	33
2.2. MÉTODOS.....	33
2.2.1. Caracterização física e atividade de água (a_w) da Castanha-do-Brasil e Macadâmia.....	33

2.2.2. Caracterização proximal da Castanha-do-Brasil, da Macadâmia e dos extratos hidrossolúveis	34
2.2.2.1. Matéria Seca.....	34
2.2.2.2. Cinzas.....	35
2.2.2.3. Proteínas.....	35
2.2.2.4. Lipídeos.....	35
2.2.2.5. Carboidratos	35
2.2.2.6. pH.....	35
2.2.2.7. Acidez Total Titulável	35
2.2.3. Perfil microbiológico	36
2.2.4. Produção dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia	36
2.2.5. Planejamento Experimental para Misturas	40
2.2.6. Colorimetria	42
2.2.7. Análise sensorial.....	42
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
3.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DA CASTANHA-DO-BRASIL	44
3.2. COMPOSIÇÃO PROXIMAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DA MACADÂMIA.....	45
3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL A BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	47
3.3.1. Composição proximal das misturas obtidas pelo delineamento Simplex Centroide	47
3.3.2. Validação dos modelos matemáticos de composição proximal dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia	52
3.3.3. Caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia	53
3.3.4. Validação dos modelos matemáticos de caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia	61
3.4. PERFIL SENSORIAL DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA.....	62
4. CONCLUSÃO.....	64
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
CAPÍTULO 3 - ESTUDO DA ESTABILIDADE DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (<i>Bertholletia excelsa</i>) E MACADÂMIA (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	68
RESUMO.....	69

1. INTRODUÇÃO	70
2. MATERIAL E MÉTODOS	72
2.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	72
2.2. ESTABILIDADE FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	73
2.3. ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	73
2.4. AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
3.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	75
3.2. ESTABILIDADE FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	76
3.3. ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA	78
3.4. ANÁLISE SENSORIAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA.....	79
4. CONCLUSÃO.....	81
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
CAPÍTULO 4 - ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (<i>Bertholletia excelsa</i>) E MACADÂMIA (<i>Macadamia integrifolia</i>)	84
RESUMO.....	85
1. INTRODUÇÃO	86
2. MATERIAL E MÉTODOS	88
2.1. ANÁLISE REOLÓGICA DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (<i>Bertholletia excelsa</i>) E MACADÂMIA (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	88
2.2. ANÁLISE DOS DADOS DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA ..	89
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	91
4. CONCLUSÃO.....	95
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
CONCLUSÃO GERAL	99

APÊNDICES E ANEXOS..... 100

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Ouriço (a) e amêndoas de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) (b). 11
- Figura 2.** Frutos (a), noz em casca (b) e amêndoas (c) da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia*). 14
- Figura 3.** Espaço experimental para processos com três variáveis independentes (a). Superfície de resposta para todas as possíveis misturas dos componentes 1, 2 e 3 (b). Curvas de nível resposta (c) 18
- Figura 4.** Dimensionamento da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) 34
- Figura 5.** Diagrama de blocos para o processamento da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) para obtenção do extrato hidrossolúvel. 37
- Figura 6.** Trituração da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) com água pasteurizada em liquidificador industrial. 38
- Figura 7.** Pasteurização em tacho de aço inoxidável encamisado via banho-maria, dos extratos hidrossolúveis. 40
- Figura 8.** Curvas de nível para composição proximal (matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos) dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) 50
- Figura 9.** Valores observados versus valores preditos para matéria seca, lipídeos, cinzas, proteína e carboidratos dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) 51
- Figura 10.** Valores observados versus valores preditos para pH, acidez titulável, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) 59
- Figura 11.** Curvas de nível resposta para caracterização física (pH, acidez, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue) dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) 60
- Figura 12.** Comportamento do pH e da acidez titulável do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e de Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) durante 28 dias. 77
- Figura 13.** Curvas de escoamento da bebida mista à base de (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) a 25, 45, 80 °C. 93
- Figura 14.** Curvas de viscosidade da bebida mista à base de (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) em função da taxa de deformação a 25, 45, 80 °C. 94

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentual mínimo e máximo de cada componente delimitadas para água, Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	40
Tabela 2. Delineamento simplex centroide para mistura com água, Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	41
Tabela 3. Composição proximal da Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>).....	44
Tabela 4. Caracterização física da Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>).....	45
Tabela 5. Caracterização microbiológica da Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) ...	45
Tabela 6. Composição proximal da Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	46
Tabela 7. Caracterização física da Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	46
Tabela 8. Caracterização microbiológica da Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	46
Tabela 9. Valores médios de composição proximal para cada experimento proposto pelo planejamento experimental para misturas simplex centroide.....	47
Tabela 10. Valor-p, coeficientes de determinação experimental (R^2) e coeficientes de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta.....	48
Tabela 11. Modelos matemáticos para a composição proximal em função dos teores de água (x_1), Castanha-do-Brasil (x_2) e Macadâmia (x_3) (em pseudocomponentes) em extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	49
Tabela 12. Valor-p para o teste de falta de ajuste dos modelos para a composição proximal em extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	52
Tabela 13. Proporção de água (x_1), Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) (x_2) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>) (x_3), em pseudocomponentes, e concentração real dos extratos hidrossolúveis.	52
Tabela 14. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos de validação dos modelos matemáticos de composição proximal.....	53
Tabela 15. Valores médios dos parâmetros físicos para cada experimento proposto pelo planejamento experimental para misturas simplex centroide.....	54
Tabela 16. Valor-p, coeficientes de determinação experimental (R^2), coeficientes de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta.....	56
Tabela 17. Modelos para a caracterização física em função dos teores de água (x_1), castanha-do-brasil (x_2) e macadâmia (x_3) (em pseudocomponentes) em extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	57
Tabela 18. Valor-p para teste de falta de ajuste dos modelos para a caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	58

Tabela 19. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos de validação dos modelos matemáticos de caracterização física.	62
Tabela 20. Teste de Aceitação e Intenção de Compra para diferentes formulações de extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	63
Tabela 21. Composição proximal dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	75
Tabela 22. Parâmetro de cor do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	76
Tabela 23. pH e acidez dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>)	77
Tabela 24. Contagem de micro-organismos em extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	78
Tabela 25. Avaliação sensorial do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>) durante 28 dias.	80
Tabela 26. Modelos matemáticos para escoamento de fluidos.	89
Tabela 27. Parâmetros reológicos estimados e fatores estatísticos calculados para os modelos reológicos da bebida mista à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>).....	91
Tabela 28. Viscosidade aparente da bebida mista à base de Castanha-do-Brasil (<i>Bertholletia excelsa</i>) e Macadâmia (<i>Macadamia integrifolia</i>) a 25, 45, 80 °C.	94

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1. Somatório dos componentes de uma mistura.....	16
Equação 2. Modelo linear para misturas.....	18
Equação 3. Modelo quadrático para misturas.....	19
Equação 4. Modelo cúbico especial para misturas.....	19
Equação 5. Cálculo para o coeficiente de determinação experimental.....	19
Equação 6. Cálculo para o coeficiente de determinação ajustado.....	20
Equação 7. Cálculo para codificação de componentes reais.....	41
Equação 8. Cálculo para concentração real de água.....	41
Equação 9. Cálculo para concentração real de Castanha-do-Brasil.....	41
Equação 10. Cálculo para concentração real de Macadâmia.....	41
Equação 11. Cálculo para cromaticidade.....	42
Equação 12. Cálculo para ângulo Hue.....	42
Equação 13. Cálculo para determinação de erro médio relativo em porcentagem	89
Equação 14. Cálculo para determinação de desvio padrão da estimativa em porcentagem.....	89
Equação 15. Cálculo para determinação de qui-quadrado.....	89
Equação 16. Cálculo para determinação de raiz do quadrado médio do erro.....	89

LISTA DE APÊNDICES E ANEXOS

Anexo I. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás....	101
Apêndice I. Ficha de avaliação da análise sensorial com o Teste de Aceitação e de Intenção de Compra.....	105
Apêndice II. Termo de Assentimento.....	106
Apêndice IV. Termo de assentimento livre e esclarecido.....	108

RESUMO GERAL

A Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e a Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) são alimentos ricos em nutrientes de excelente qualidade. A principal forma de consumo de nozes e amêndoas é *in natura*, porém existem produtos que podem ser elaborados a partir destas matérias-primas com alto valor nutricional e também de sabor agradável. Uma alternativa ao consumo desses alimentos são os extratos hidrossolúveis, que consistem em alimentos fluidos de origem vegetal que podem ser produzidos a partir de castanhas, oleaginosas e até mesmo algumas gramíneas e possuem grande apelo comercial, uma vez que são isentos de gorduras animais, não possuem lactose e apresentam alto teor de minerais. Sendo assim, esta pesquisa objetivou determinar a melhor formulação, acompanhar a estabilidade física e microbiológica, composição proximal, estimar a vida útil e determinar o comportamento reológico de um extrato hidrossolúvel a base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia. Para a construção de modelos matemáticos, com a finalidade de se conhecer o efeito da variação das concentrações de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia, dos componentes básicos na elaboração do produto sobre a composição proximal e aspectos físicos como pH, acidez titulável e colorimetria, utilizou-se o planejamento experimental para misturas tipo simplex centroide que forneceu modelos quadráticos e cúbicos com excelente ajuste frente aos dados experimentais. Os Testes de Aceitação Global e Intenção de Compra foram realizados para cada experimento proposto pelo planejamento simplex centroide e o teste de Tukey foi utilizado a fim de determinar a melhor proporção entre os componentes da mistura ternária. A formulação de extrato hidrossolúvel composta por 70% (p/p) de água, 15% (p/p) de Castanha-do-Brasil e 15% (p/p) de Macadâmia, foi considerada como a mais preferida pelos provadores submetidos as avaliações sensoriais. Com a finalidade de melhorar o sabor do produto, adicionou-se 10% (p/v) de açúcar, expressos em sacarose, e reduziu-se a concentração dos conservantes ácido cítrico, sorbato de potássio e benzoato de sódio. O produto foi processado tecnologicamente sob condições higiênicas, sendo envasado em garrafas de vidro transparente de 220 mL, fechado hermeticamente com tampas metálicas do tipo coroa, pasteurizado a 80 °C/25 min, armazenado sob refrigeração a 4 °C e teve sua estabilidade avaliada por 28 dias. Não foi detectado o crescimento de Coliformes Termotolerantes, Estafilococos Coagulase Positiva, *Salmonella* sp, Bolores e Leveduras durante o período de avaliação. Houve variação significativa ($p < 0,05$) do pH nas duas primeiras semanas de estocagem, estabilizando-se para as demais semanas

analisadas. A acidez se manteve constante durante todo o período de vida útil. O produto apresentou coloração branco-amarelada durante todo o estudo, determinada pelas coordenadas da colorimetria. As notas das análises sensoriais para Odor, Cor, Sabor e Impressão Global tiveram média em torno de 6, concluindo assim que o produto tem vida útil de, pelo menos, 28 dias. Foi avaliado o perfil reológico da bebida em três temperaturas distintas, a 25 °C (temperatura ambiente), a 45 °C, (temperatura da etapa de desintegração da Castanha-do-Brasil e Macadâmia com a água em liquidificador), e a 80 °C, (temperatura de pasteurização). O modelo de Ostwald-de-Waele foi considerado o melhor para descrever o escoamento da bebida e uma vez que o índice de escoamento calculado do modelo foi menor que 1, nas temperaturas estudadas, conclui-se que a bebida comportou-se como um fluido não newtoniano pseudoplástico. As curvas de viscosidade aparente da bebida mista foram plotadas e mostram que a viscosidade aparente diminuiu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura.

Palavras-Chave: Castanha-do-Brasil; *Bertholletia excelsa*; Macadâmia; *Macadamia integrifolia*; Simplex Centroide; Vida Útil; Reologia; Extrato Hidrossolúvel.

ABSTRACT

Brazil nut (*Bertholletia excelsa*) and Macadamia (*Macadamia integrifolia*) are rich feeds with excellent nutrients with higher quality. The main form of consumption of these nuts and almonds are *in natura*, but there are products which can be elaborated using these raw materials with high nutritional value and pleasant flavor. Water-soluble extracts are an alternative to consume them, which consist of fluid food of plant origin, that can be produced by nuts, oleaginous and even some grasses and they have great commercial appeal since they are free of animal's fats, "lac free" (free of lactose) and have high rate of minerals. Thus, this research aimed to determine the best formulation, to accompany physical and microbiological stability, proximal composition, to estimate the shelf life and to determine the rheological behavior of a water-soluble extract made of Brazil nut and Macadamia. For the construction of mathematical models, with the purpose of knowing the effect of the variation of water, Brazil nut and Macadamia concentrations, basic components in the elaboration of the product on the proximal composition and physical aspects such as pH, titratable acidity and colorimetry, a simplex centroid design for mixtures was used and provided quadratic and cubic models showing excellent adjustment of experimental data. The Global Acceptance and Purchase Intention tests were performed for each experiment proposed by simplex centroid design and the Tukey test was used in order to determine the best proportion among the components of the ternary mixture. The formulation of water-soluble extract composed of 70% (w/w) water, 15% (w / w) Brazilian nut and 15% (w/w) Macadamia was considered to be the most preferred by tasters submitted to the sensory evaluations. In order to improve the product's flavor, 10% (w/v) of sugar, expressed as sucrose, was added and the concentration of preservatives citric acid, potassium sorbate and sodium benzoate was reduced. The product was processed technologically under hygienic conditions and filled in 220 ml transparent glass bottles, hermetically sealed with metal crown cork, pasteurized at 80 °C/25 min, stored under refrigeration at 4 ° C and had its stability evaluated during 28 days. Growth of Thermotolerant Coliforms, Positive Coagulase *Staphylococci*, *Salmonella sp*, Molds and Yeasts during the evaluation period was not detected. There was a significant variation ($p < 0.05$) in pH in the first two weeks of storage, and remained without significant variation ($p > 0.05$) for the other weeks analyzed. The acidity remained constant throughout the lifetime. The product showed a yellowish-white color throughout the study, determined by the coordinates of the colorimetry. Sensory

analysis scores for odor, color, taste and global impression averaged around 6, thus, concluding that the product has a 28 days of shelf life. The rheological profile of the beverage was evaluated at three different temperatures, at 25 °C (room temperature), at 45 °C (temperature of the disintegration stage of Brazil nut and Macadamia with water in blender), and at 80 °C, (pasteurization temperature). The Ostwald-de-Waele model was considered the best to describe the beverage flow and since the calculated flow rate of the model, was less than 1 at the temperatures studied, it had concluded that the beverage behaved as a fluid Non-Newtonian pseudoplastic. The apparent viscosity curves of the mixed drink were plotted and showed that the apparent viscosity decreased significantly ($p < 0.05$) with the increasing of temperature.

Keywords: Brazil nut; *Bertholletia excelsa*; Macadamia; *Macadamia integrifolia*; Simplex centroide; Shelf life; Rheology; Water-soluble extract.

CAPÍTULO 1
**REVISÃO DE LITERATURA – CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia*
excelsa), MACADÂMIA (*Macadâmia integrifolia*) E EXTRATOS
HIDROSSOLÚVEIS**

RESUMO

Nozes verdadeiras como a Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e a Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) são boas fontes de lipídeos, proteínas, minerais e fibras alimentares insolúveis, além de conterem compostos bioativos que trazem muitos benefícios à saúde humana. A Região Amazônica é conhecida devida à sua grande biodiversidade e, aliada a atual tendência demonstrada pelo consumidor em adquirir produtos naturais, possui um grande potencial no estudo e desenvolvimento de processos com relação aos insumos naturais que têm elevado potencial para serem explorados comercialmente. A Castanha-do-Brasil é uma castanha exclusivamente Amazônica que possui compostos nutricionais de grande importância à dieta humana. Além do seu agradável sabor, é fonte de ácidos graxos poli-insaturados, aminoácidos essenciais e proteínas de excelente valor biológico. Também é conhecida devido a sua grande quantidade de minerais, com destaque para o selênio que desempenha papel antioxidante e tal característica vem sendo associada à diminuição do risco de doenças cardiovasculares e ao câncer. A Macadâmia é uma noz originária da Austrália, apresenta sabor suave e contém grande quantidade ácidos graxos monoinsaturados que possuem alto valor comercial devido às suas propriedades hidratantes na produção de cosméticos e por atuarem no equilíbrio dos níveis de colesterol. Entretanto, a principal forma de consumo de nozes é na forma *in natura* sendo, portanto, o estudo à cerca do desenvolvimento de produtos alimentícios preparados a partir dessas nozes de grande importância. Por serem produtos de origem vegetal, às nozes podem ser utilizadas no preparo de extratos hidrossolúveis popularmente conhecidos como “leites vegetais”. Os extratos hidrossolúveis são alimentos utilizados em dietas com restrição de lactose e também por pessoas veganas cuja filosofia de vida é o não consumo de produtos de origem animal ou qualquer outro que tenha sido testado em animais. Para o desenvolvimento de extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do Brasil e Macadâmia, o uso de um planejamento experimental para misturas, utilizando metodologia de superfície de resposta, se mostra efetivo uma vez que fornece várias combinações de proporção de ingredientes fundamentais no preparo do extrato. Este tipo de planejamento experimental também é capaz de fornecer modelos matemáticos com capacidade de prever dados referentes às variáveis definidas como respostas do planejamento. Quando se deseja desenvolver um novo alimento, o estudo de sua vida útil é essencial para se detectar alterações físicas, químicas, microbiológicas e sensoriais com a finalidade de se garantir a segurança do produto e conseqüentemente a do consumidor. Além disso, o conhecimento do comportamento reológico de uma bebida, como

o extrato hidrossolúvel, permite o maior entendimento de suas características de deslocamento e, assim, o fomento de dados para projetos mais eficientes de equipamentos, tubulações e estruturas da indústria de alimentos que irá processá-lo.

1. INTRODUÇÃO

As nozes constituem alimentos com elevada densidade energética e de nutrientes, assim, a Castanha-do-Brasil e a Macadâmia, compõem boas fontes proteicas e lipídicas. Vale ressaltar que são fontes de minerais, além de apresentarem fibras alimentares (FERNANDES et al., 2010).

Os constituintes lipídicos são os majoritários na composição das sementes da Castanha-do-Brasil, sendo que, em geral, os teores presentes são maiores que a somatória de todos os demais macronutrientes. As indústrias destinam parte das amêndoas quebradas à extração lipídica, em grande parte das vezes, por processos de prensagem. Seus resíduos são utilizados na indústria de alimentos por conterem alto valor nutricional, em decorrência do alto teor proteico, fibras, conteúdo de selênio e demais componentes da nutrição humana (SANTOS, 2008; YANG, 2009).

A noqueira Macadâmia é uma árvore da família *Proteaceae*, originária das florestas tropicais da Austrália, cuja noz é considerada a mais saborosa entre as nozes comercializadas no mundo. A árvore produz nozes comestíveis utilizadas para o consumo *in natura*, fabricação de cosméticos e em confeitaria. A Macadâmia é uma fonte de gordura, de qualidade comparável à do óleo de oliva e, por isso, tornou-se lucrativa para quem a cultiva (SILVA et al., 2007).

A produção global de macadâmia expandiu-se substancialmente, criando concorrência através da participação no mercado com nozes de alta qualidade. Nozes inteiras ou pela metade têm maior valor de mercados quando apresentam coloração creme, sem defeitos e com 72% ou mais de óleo. A Macadâmia é rica em gordura monoinsaturada e fitoquímicos que podem trazer benefícios à saúde do consumidor contribuindo assim para o aumento do espaço de mercado para esta noz (WALL, 2013).

Nos últimos anos, vários estudos foram realizados visando à produção de extratos vegetais hidrossolúveis à base de nozes e castanhas como a Castanha-do-Brasil e a Castanha de Caju (*Anacardium occidentale L.*) (CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000; FERBERG et al., 2002; FELBERG et al., 2004; CARNEIRO; PINEDO, 2013; SANTOS; 2015; PAESE, 2016), entretanto a literatura não dispõe de estudos sobre a produção com a Macadâmia.

Cardarelli e Oliveira (2000) estudaram que a conservação do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil, parcialmente desengordurado, por meio da pasteurização, adicionado ou não de conservantes químicos, envasados em sacos plásticos de

polietileno/náilon/polietileno e armazenados sob refrigeração, pode contribuir para a utilização deste produto na alimentação humana, complementando a dieta com uma boa fonte nutricional.

Delineamentos para mistura são empregados em vários experimentos para o desenvolvimento de novos produtos. Nestes experimentos, dois ou mais ingredientes ou componentes são misturados em várias proporções e as características dos produtos resultantes são registradas. As respostas dependem, somente, das proporções dos componentes presentes na mistura e não da quantidade absoluta na mistura (CORNELL, 1990).

No desenvolvimento de um novo produto alimentício, o estudo da vida útil é de extrema importância. Vida útil ou estabilidade é o tempo que, em determinadas condições, controladas ou não, corresponde a uma tolerável diminuição da qualidade de um alimento acondicionado ou não em uma determinada embalagem (PIERGIOVANNI, 1998).

A estabilidade de alimentos processados pode ser afetada por fatores, tais como a qualidade da matéria-prima, tratamento térmico durante o processamento, temperatura de acondicionamento e reações químicas e enzimáticas durante o armazenamento, além de alterações microbiológicas (SILVA et al., 2006).

Para a comercialização dos novos produtos desenvolvidos, como o extrato hidrossolúvel, faz-se necessário a utilização de um sistema de embalagens adequado a fim de estabilizá-lo, durante o período de vida útil, para a comercialização e consumo de forma segura. Várias são as embalagens que podem ser utilizadas, porém os sistemas que fazem uso das embalagens de vidro são considerados os mais seguros, visto que este material é inerte, impermeável aos gases e vapores de água, permite a utilização de diferentes volumes e formatos, bem como é considerada como uma embalagem nobre (AZEREDO, 2012).

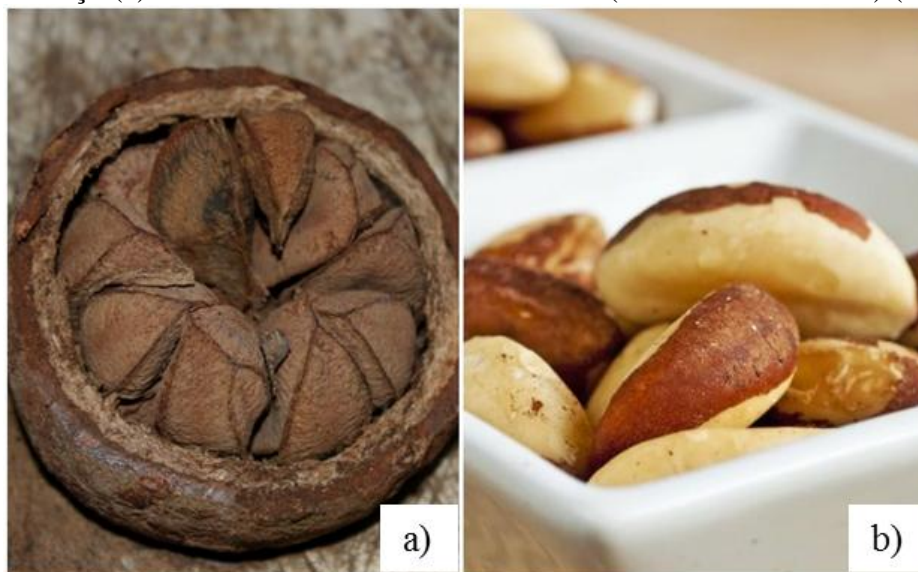
Visto o exposto e a fim de gerar um novo produto capaz de fazer uso de matérias-primas de alto valor nutricional, desenvolveu-se uma bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia a qual atendesse às exigências dos consumidores e apresentasse boa estabilidade física, físico-química, biológica e sensorial. A bebida produzida, submetida às avaliações de qualidade e estabilidade, fornece dados a respeito da influência dos componentes utilizados na formulação sobre a composição proximal e características físicas. A pesquisa também pode dar continuidade e consolidar a linha de pesquisa em extratos hidrossolúveis vegetais do Laboratório de Vegetais do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. CASTANHA-DO-BRASIL

A castanheira, árvore nativa da região Amazônica, é classificada como uma Angiosperma, da classe *Dicotyledonea*, da ordem *Myrtiflorae*, pertencente à família das *Lecythidaceae*, gênero *Bertholletia*, espécie *excelsa*. Sua floração em geral ocorre nos meses de agosto a outubro. Seu fruto é popularmente denominado de ouriço (Figura 1), de forma esférica ou capsular, com cerca de 20 cm de diâmetro, que contém em seu interior em média de 12 a 24 castanhas ou sementes, as quais envolvem as amêndoas (parte comestível do fruto). A superfície do fruto apresenta-se espessa, de coloração castanho-escuro, com uma variação de peso entre 200 g e 1,5 kg, com média de 750 g. Sua coleta é realizada nos meses de novembro a março, a partir de uma prática que sobrevive há décadas, o extrativismo de coleta (YANG, 2009).

Figura 1. Ouriço (a) e amêndoas de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) (b)



Fonte: Google Imagens (2017).

No Brasil, a produção concentra-se em poucos estados, o que caracteriza o extrativismo, onde o Acre, Amazonas e Pará detém cerca de 80% da produção, com ocorrência ainda nos estados de Roraima, Mato Grosso, Amapá e Rondônia, totalizando os 20% restantes (SOUZA, 2013).

A Castanha-do-Brasil é um alimento grandemente apreciado pelo seu sabor e ainda apresenta qualidades nutricionais importantes. É constituída por 60 a 70% de lipídios, expressivamente de ácidos graxos poli-insaturados, e de 15 a 20% de proteína de boa

qualidade biológica, além de fonte reconhecida de selênio, cálcio, fósforo, magnésio e vitaminas do complexo B (FERREIRA et al., 2006).

É uma amêndoa oleaginosa de elevado valor energético e rica em proteínas de alto valor biológico. Apresenta muitos outros constituintes indispensáveis a uma boa alimentação como o selênio, antioxidante que vem sendo referido na diminuição do risco de câncer, doenças cardiovasculares e muitas outras. A concentração desse elemento na amêndoa varia de região para região onde a planta vegeta (SOUZA; MENEZES, 2004).

Outros componentes considerados indispensáveis para o organismo humano são os aminoácidos essenciais. A amêndoa da Castanha-do-Brasil apresenta estes constituintes químicos em g de aminoácidos por 100 g de proteína, nas seguintes proporções: Isoleucina, 3,09; Leucina, 8,58; Lisina, 4,53; Metionina, 7,12; Cisteína, 2,53; Triptofano, 1,10; Valina, 5,12 e Treonina, 3,02; respectivamente (SOUZA; MENEZES, 2004).

Entretanto, o alto teor de ácidos graxos insaturados presente na amêndoa a torna um alimento altamente perecível decorrente, principalmente, dos processos oxidativos, aos quais estes óleos estão expostos, o que, possivelmente, pode implicar na redução do valor nutricional, além do aparecimento do cheiro e sabor de ranço, se as amêndoas permaneceram expostas por muito tempo, para serem comercializadas, em condições de alta temperatura e alta umidade relativa (SILVA; ASCHERI; SOUZA, 2010).

As amêndoas de Castanha-do-Brasil, além de sua reconhecida constituição em macronutrientes, apresentam-se como considerável fonte de importantes constituintes de ação antioxidante (SANTOS, 2012).

Além disso, essas nozes comestíveis são fontes de outros nutrientes e substâncias com propriedades medicinais, denominados de compostos biologicamente ativos. Dentre eles, destacam-se os ácidos graxos, contendo, sobretudo, os ácidos oleico e linoleico (VENKATACHALAN; SATHE, 2006).

Apesar, como já mencionado, da maior parte da Castanha-do-Brasil ser destinada ao consumo *in natura*, a amêndoa possui uma ampla cadeia de produtos e coprodutos sendo recomendada como matéria-prima para extração de óleo devido ao elevado conteúdo de lipídeos. (FREITAS et al., 2007).

2.2. MACADÂMIA

A Macadâmia é originária dos estados de *New South Wales* e de *Queensland*, na costa leste da Austrália. Atualmente, plantios comerciais desta noz estão localizados em diversos países das Américas, Oceania, África e Ásia (ABM, 2005).

É um gênero de plantas de florescência da família *Proteaceae*. Apenas duas das espécies, *Macadamia integrifolia* e *Macadamia tetraphylla*, produzem nozes comestíveis e têm importância comercial. *M. integrifolia*, vulgarmente conhecida como Macadâmia de casca lisa, fornece núcleos com maior qualidade, ao passo que *M. tetraphylla*, conhecida como a Macadâmia de casca áspera, é mais flexível e pode crescer mais facilmente a baixas temperaturas ou ao longo de um intervalo amplo de temperaturas (JITNGARMKUSOL; HONGSUWANKUL; TANANUWONG, 2008).

O Brasil possui 6.500 hectares plantados da espécie *M. integrifolia*, divididos entre os Estados de São Paulo, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia e algumas regiões do norte do Paraná e Planalto do Mato Grosso do Sul. Em 2012, foram colhidos 4.200 t de Macadâmia em casca, equivalente a 1.100 t de amêndoas. O preço médio pago para o produtor foi de R\$ 3,15/kg em casca ou R\$ 12,0/kg de amêndoa (PIZA; MORIYA, 2014).

A espécie *M. integrifolia* representa 90% da produção mundial e possui noz de melhor sabor, enquanto a *M. tetraphylla* é mais utilizada como porta-enxerto. A adaptação à região Sudeste brasileira se deve, provavelmente, às condições climáticas locais serem semelhantes às da região de origem da espécie, uma vez que estão numa mesma faixa de latitude sul (PIMENTEL et al., 2007).

A *M. integrifolia* caracteriza-se morfológicamente por apresentar plantas perenes de porte médio à grande, alcançando entre quinze e vinte metros de altura. Os frutos são globosos e de coloração verde escura, sendo a amêndoa envolta por uma casca de coloração castanha, que pode ainda variar em sua coloração, desde branco creme até tons amarelados (SOBIERAJSKI et al., 2006).

O óleo de Macadâmia apresenta por volta de 82.4 g/100g de ácidos graxos monoinsaturados pode-se ter como exemplo o ácido oleico (C18:1) e o ácido palmitoleico (C16:1) (MAGUIRE et al. 2004). Na Figura 2 são apresentados os frutos, noz em casca e amêndoas produzidos pela noqueira Macadâmia.

Figura 2. Frutos (a), noz em casca (b) e amêndoas (c) da noqueira Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)



Fonte: Google Imagens (2017).

O óleo de Macadâmia equilibra os níveis do colesterol HDL e LDL, diminui a taxa de açúcar no sangue e contribui para a quebra de gordura dos tecidos que envolvem o fígado e o coração e, ainda, devido a sua composição, possui relevante atividade no controle da pressão sanguínea, especialmente em pacientes com hipertensão moderada (FRANÇA, 2007).

A Macadâmia tem sido muito consumida como aperitivo quando salgada e torrada, acreditando-se que mais da metade da produção mundial acaba torrada para servir de acompanhamento a bebidas em reuniões sociais, sendo também excelente para bolos, biscoitos, confeitos de chocolate e doces (SILVA et al., 2007).

A Macadâmia, com alto valor nos mercados internos e externos, representa um nicho com potencial de expansão. O consumo de Macadâmia é altamente competitivo com as outras variedades de nozes e concorre principalmente com a castanha de caju e a Castanha-do-Brasil (SOBIERAJSKI et al., 2006). Há alguns anos, grande parte da Macadâmia produzida no Brasil era exportada, porém esta tendência vem sendo revertida. Os principais motivos são o aumento da produção brasileira, a entrada de pequenas processadoras com foco no mercado interno e o lançamento de produtos com Macadâmia por grandes indústrias das áreas de panificação, chocolates, sorvetes e drageados (PIZA; MORIYA, 2014).

Apesar da importância da Macadâmia, estudos científicos e informações técnicas são reduzidos e ainda é pequeno o número de instituições que têm investido em pesquisa com essa cultura no Brasil (DALASTRA et al., 2010).

2.3. EXTRATOS HIDROSSOLÚVEL VEGETAIS

O mercado de extrato hidrossolúvel vegetal é novo e crescente. Há um mercado em expansão relativo a pessoas procurando alternativas ao leite de vaca pelas mais diversas razões. Dentre estas razões estão pessoas adeptas ao estilo de vida vegano que não consomem alimentos de origem animal e também pessoas portadoras de alergias alimentares (alergia à proteína do leite de vaca – APLV), intolerância à lactose (GENTRY, 2015).

Extratos hidrossolúveis são bebidas de origem vegetal que possuem apelo comercial nutricional quanto aos aspectos de saúde, como ausência de gorduras animais e altos teores de minerais (CARVALHO et al., 2011). Os mais comuns no mercado são o leite de soja e o leite de coco, entretanto, muitos outros tipos de matéria-prima podem ser utilizados, como amêndoas, castanhas, arroz, aveia, entre outros (WONG, 2013).

O processamento básico para obtenção de extratos de castanhas envolve as etapas de despeliculação, ou não, das amêndoas, extração, separação do resíduo insolúvel, formulação, embalagem e tratamento térmico (FERBERG et al., 2002). Os primeiros estudos realizados a respeito de extrato hidrossolúveis de Castanha-do-Brasil foram por volta da década de 1970, entretanto estudos utilizando a Macadâmia não foram encontrados.

Pereira (1976) estudou extratos solúveis da Castanha-do-Brasil, comparando-as qualitativamente com alimentos infantis, encontrou teores elevados de metionina, tanto na castanha quanto no extrato obtido, concluindo que este possui características de composição química e valor nutricional adequado para aplicação na dieta infantil.

Felberg e colaboradores (2004) estudaram o processo para obtenção da bebida mista de extrato de soja integral e extrato de Castanha-do-Brasil na qual foram elaborados extratos de soja integral (cozimento de soja descascada, trituração com água quente e homogeneização), e de extrato de castanha (trituração com água quente e centrifugação), formulação em proporção definida de extrato de soja, extrato de castanha e açúcar (3%) e sal (0,2%), seguido de homogeneização a 4000 psi. Foram estudados cinco proporções de adição de extrato de Castanha-do-Brasil (10, 20, 30, 40 e 50%), além da bebida de soja integral, as quais foram avaliadas por 80 consumidores utilizando a escala hedônica.

Morais (2009) desenvolveu extratos hidrossolúveis de amêndoa de castanha-de-caju com concentração de sacarose, correspondente a 3%, 4% e 5%, respectivamente, e que apresentaram boa aceitação sensorial em todos os atributos avaliados e foram similares ($p \leq 0,05$) em aparência e aroma.

2.4. METODOLOGIA DE SUPERFÍCIE DE RESPOSTA: PLANEJAMENTO PARA MISTURAS

A metodologia de superfície de resposta (MSR) é uma técnica de otimização bastante difundida utilizada em ciência e tecnologia de alimentos, por ser simples e eficaz (BOX; DRAPER, 1987).

Em diversos setores industriais, técnicas de planejamento de experimentos e avaliação de qualidade de produtos têm sido utilizadas. Quando as propriedades de interesse são função basicamente da mistura ou combinação de componentes, é possível utilizar de uma metodologia específica de experimentos com planejamento para misturas, em substituição ao desenvolvimento da formulação de misturas por meio de tentativa e erro. O delineamento experimental de misturas é um tipo especial de experimento de superfícies de resposta. Neste caso, os fatores são componentes ou ingredientes de uma mistura, e a resposta é uma função das proporções dos componentes ou ingredientes presentes (CORNELL, 2002).

O planejamento experimental para misturas diferencia-se dos planejamentos fatoriais, pois as propriedades de uma mistura são determinadas pelas proporções de seus ingredientes, e não pela sua quantidade total. Ademais, as proporções dos diversos componentes de uma mistura não são independentes. A soma de todas elas tem que resultar sempre em 100% (MYERS; MONTGOMERY, 2002). A Equação 1 descreve este somatório.

$$\sum_{i=1}^q x_i = 100\% = 1 \quad (\text{Equação 1})$$

Na qual, q é o número de componentes e x_i representa a proporção do i -ésimo componente.

Segundo Cornell (2002), os procedimentos de seleção dos pontos experimentais basicamente usados quando se trabalha com até três componentes são os arranjos do tipo simplex. Neste caso, os pontos experimentais são selecionados de forma igualmente espaçada, incluindo constantemente os vértices da figura. No arranjo simplex-centroide,

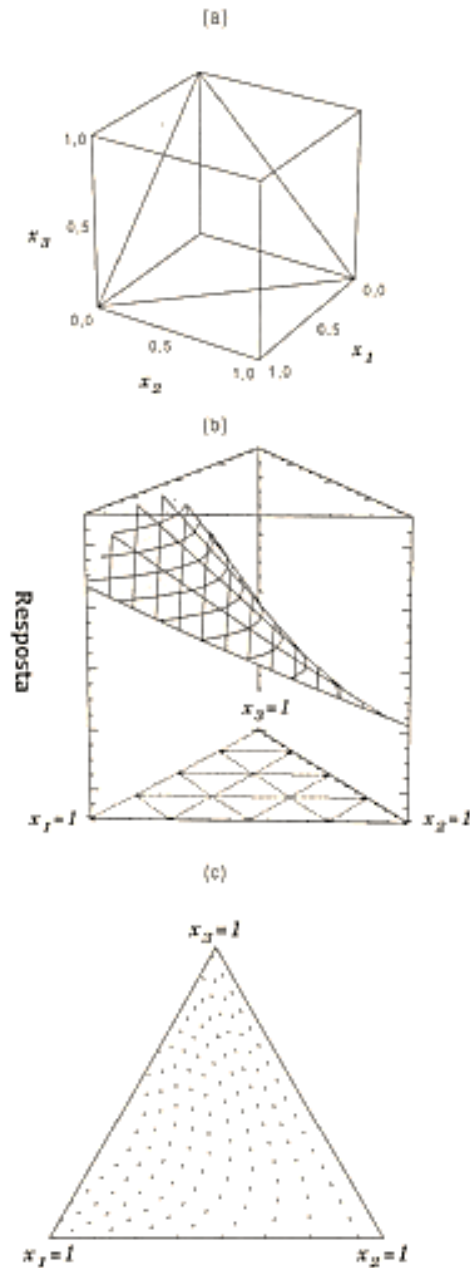
além dos vértices, é selecionado um ponto central ao arranjo. No arranjo simplex expandido, além dos pontos selecionados no simplex-centroide, também são selecionados pontos distribuídos pelo interior do simplex.

Um dos benefícios do uso da MSR embasa-se na economia de recursos financeiros e tempo, proporcionada pelo delineamento gerando curvas “iso-resposta”, o que possibilita a obtenção do mesmo resultado com diferentes proporções entre as variáveis, sem necessidade de se repetir exaustivamente os experimentos (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

As etapas de uma investigação das propriedades de uma mistura são idênticas àquelas que se emprega para sistemas com variáveis independentes. Inicia-se escolhendo um ou mais modelos para descrever as propriedades de interesse em função da composição da mistura. O ajuste do modelo aos resultados é avaliado e comparado com os resultados de modelagens alternativas. A forma escolhida para o modelo determina quais são as composições mais adequadas, do ponto de vista estatístico, para obtenção de estimativas de seus parâmetros. Os parâmetros desconhecidos ou coeficientes no modelo são estimados pelo método dos mínimos quadrados (KNIESS et al., 2012).

Em sistemas com três variáveis independentes, pode-se executar experimentos cujos valores estão inseridos no cubo da Figura 3 (a). Todas as composições possíveis das misturas de três componentes ou ternárias são representadas pelos pontos pertencentes ao triângulo. Os vértices equivalem aos componentes puros e os lados às misturas binárias. Os pontos no interior do triângulo representam as misturas de três componentes. A variação de uma dada propriedade com a composição da mistura pode ser descrita por uma superfície de resposta mostrada na Figura 3 (b). Na Figura 3(c) é visualizado a superfície triangular com as respectivas curvas de nível.

Figura 3. Espaço experimental para processos com três variáveis independentes (a). Superfície de resposta para todas as possíveis misturas dos componentes 1, 2 e 3 (b). Curvas de nível resposta (c)



Fonte: BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS (2010).

Cornell (2002) descreve três modelos que podem ser utilizados na regressão e que respeitam as restrições impostas por este tipo de planejamento experimental para mistura ternária, sendo eles (Equação 2, 3 e 4):

- Modelo Linear

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i \quad (\text{Equação 2})$$

- Modelo Quadrático

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i \leq j} \beta_{ij} x_i x_j \quad (\text{Equação 3})$$

- Modelo Cúbico Especial

$$y = \sum_{i=1}^q \beta_i x_i + \sum_{i \leq j} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i < j < k} \beta_{ijk} x_i x_j x_k \quad (\text{Equação 4})$$

Na qual: β é o coeficiente de cada termo e x a proporção do componente na mistura.

O ajuste dos dados experimentais aos preditos pelos modelos matemáticos obtidos através do planejamento para misturas pode ser verificado através de uma série de métodos que são descritos e utilizados em aplicações por Cornell (1990), Heinsman e Montgomery (1995) e Barros Neto, Scarminio e Bruns (2010) sendo eles:

- Teste de hipóteses para significância da regressão: utilizado para verificar se há uma relação linear entre a resposta e qualquer uma das variáveis regressoras. Em meios práticos, por meio do teste de hipóteses é possível determinar quais modelos se ajustam aos dados experimentais. O resultado do teste é normalmente apresentado em uma tabela de análise de variância (ANOVA).

- Teste da falta de ajuste: quando existirem observações repetidas dos dados experimentais, pode-se usá-las a fim de estimar o erro aleatório. Com estas estimativas pode-se verificar, de uma maneira quantitativa, se o modelo representa satisfatoriamente as observações, ou se existe a necessidade de acrescentar mais termos ao modelo (MONTGOMERY; PECK, 1984).

- Coeficiente de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R_A^2): o coeficiente de determinação experimental (R^2) pode ser entendido como a medida da redução na variabilidade da resposta obtida pelo uso das variáveis de regressão. R^2 é definido pela Equação 5, uma vez que $SQ_T = SQ_R + SQ_r$, R^2 varia entre 0 e 1.

$$R^2 = \frac{SQ_R}{SQ_T} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde: SQ_T é a soma quadrática total, SQ_R é soma quadrática da regressão e SQ_r é a soma quadrática dos resíduos.

Entretanto, um alto valor de R^2 não implica necessariamente que o modelo é adequado, pois o acréscimo de um termo ao modelo sempre aumenta o R^2 mesmo que o termo não seja estatisticamente significativo. Então, corre-se o risco de “super-ajustar” o

modelo acrescentando-se termos desnecessários. Por esse motivo, é de grande utilidade o uso paralelo da estatística R^2 ajustado, dado pela Equação 6.

$$R_A^2 = 1 - \frac{\frac{SQ_r}{(n-p)}}{\frac{SQ_T}{(n-1)}} \quad (\text{Equação 6})$$

Onde: SQ_r é a soma quadrática dos resíduos, n é o número de observações, p é o número de variáveis independentes e SQ_T é a soma quadrática total.

Este coeficiente pode diminuir ao se acrescentarem termos não significativos ao modelo, penalizando o “super-ajuste” do mesmo. Um modelo com valor alto de R_A^2 é geralmente mais satisfatório (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010).

2.5. VIDA ÚTIL DE ALIMENTOS

Por definição, a estabilidade ou vida útil dos alimentos é o período que corresponde, em condições definidas, a uma tolerável diminuição da qualidade de um alimento acondicionado em uma embalagem (PIERGIOVANNI, 1998).

Numerosas técnicas são empregadas para conservação de alimentos, dentre as quais a desumidificação, a pasteurização e a refrigeração, que têm por objetivo principal manter, durante o maior espaço de tempo possível, suas qualidades sanitárias, sensoriais e nutricionais (SILVA, 2000).

O processamento com emprego de calor é o método mais comum para aumentar a vida útil dos produtos, possibilitando a inativação ou inibição do crescimento de microorganismos e enzimas (ELES-MARTÍNEZ; MARTÍN-BELLOSO, 2007).

O estudo da vida útil de um determinado produto consiste em submeter várias amostras deste produto, em períodos pré-definidos, a testes físico-químicos, sensoriais ou microbiológicos capazes de identificar a perda de qualidade do alimento (NETTO, 2010).

Faria (1993) destaca como fatores que exercem efeito significativo na vida útil dos alimentos, o desenvolvimento microbiano, a temperatura ambiente e dos alimentos, a concentração de oxigênio no espaço vazio das embalagens ou dissolvido no produto, a barreira e o formato da embalagem, bem como as alterações sensoriais.

2.5.1. Desenvolvimento microbiano

Todos os micro-organismos têm sua velocidade de multiplicação diretamente relacionada às condições do substrato em que se encontram (alimento), e do meio que os cerca. Condições favoráveis fazem com que a velocidade de multiplicação do micro-organismo seja maior, enquanto limitações inerentes ao alimento ou ao ambiente reduzem sua velocidade de multiplicação (GAVA et al., 2008).

Segundo Azeredo (2012), os fatores que afetam a capacidade de sobrevivência ou o crescimento de micro-organismos nos alimentos são divididos em intrínsecos e extrínsecos. Aqueles relacionados às características do próprio alimento, os fatores intrínsecos, são a atividade de água, pH, a composição química do alimento e o potencial redox. Já aqueles associados ao ambiente, os fatores extrínsecos, são a temperatura, umidade relativa e a composição gasosa do ambiente.

2.5.2. Influência da temperatura sob os alimentos

A aplicação de calor, para conservar alimentos, tem por objetivo reduzir a carga microbiana e a desnaturação de enzimas. Vários tipos de tratamentos térmicos podem ser aplicados, dependendo da termossensibilidade do alimento e de sua suscetibilidade à deterioração, bem como da estabilidade requerida do produto (AZEREDO, 2012).

Há dois modelos de tratamento térmico: um denominado pasteurização que objetiva basicamente a higienização do alimento, destruindo os micro-organismos patogênicos não esporulados e reduzindo a microbiota, de modo a assegurar ao consumidor um alimento seguro, com vida útil aceitável, para ser consumido em pouco tempo; o outro modo é a esterilização que pretende destruir os micro-organismos esporulados ou não esporulados, o qual visa um alimento microbiologicamente estável. O método Ultra Alta Temperatura (UAT), também conhecido como *Ultra High Temperature* (UHT), se enquadra na esterilização comercial (ORDOÑEZ, 2005).

2.5.3. Alterações sensoriais nos alimentos

De acordo com Azeredo, alterações físicas, microbiológicas e químicas afetam diretamente nas propriedades sensoriais dos alimentos. Durante a estocagem, as alterações físicas mais relevantes estão associadas à perda de umidade, que acarreta em alterações na textura, e ao ganho de umidade, que resulta no aumento da atividade de água, favorecendo

outras alterações, principalmente, microbiológicas. Os produtos do metabolismo de micro-organismos (sulfetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos orgânicos) conferem características que podem ou não melhorar os atributos sensoriais. Com relação às alterações químicas, as reações de escurecimento enzimático e a oxidação de lipídeos são as mais comumente observadas.

Os órgãos do sentido são frequentemente utilizados na escolha de um alimento, uma vez que são capazes de detectar fatores de qualidade como a aparência e textura, que estão ligados ao uso do tato (dureza, maciez e suculência) e os sentidos pela boca (sensação de calor, frescor, picante, adstringente, fibroso etc.), fatores ligados ao *flavour* ou saboroma, que estão relacionados com o gosto (doce, ácido, salino, amargo e umami), com o aroma (oxidado, fragrante, frutado, floral etc.) e com o gosto-residual, ou *after-taste* (amargo, seco e adstringente) (GAVA et al., 2008).

O sabor e aroma são elementos essenciais na aceitação de um produto, mas possuem suas peculiaridades e são de difícil manutenção. O processo de produção, material de embalagem, condições de estocagem são fatores que afetam diretamente estes atributos, causando modificações e reduzindo sua intensidade (SARANTÓPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001).

2.5.4. Embalagens de vidro

As embalagens visam atender às finalidades de proteção do alimento contra contaminações ou perdas, facilitar e assegurar o transporte, facilitar a distribuição do alimento, identificar o conteúdo em qualidade e quantidade, identificar o fabricante e o padrão de qualidade, atrair a atenção do comprador, induzir o consumidor para a compra, instruir o consumidor no uso do produto e informar o consumidor sobre a composição, valor nutritivo e outras características dos alimentos, conforme exigência legal (GAVA et al., 2008).

São vários os materiais de embalagens utilizados para o envase e acondicionamento de alimentos, destacando-se as produzidas com materiais plásticos, de diversas composições e estruturas poliméricas, as metálicas, aquelas à base de cartão e as de vidro. As embalagens de vidro são impermeáveis aos gases e vapores de água, desde que asseguradas sua integridade e hermeticidade do fechado. Permitem a passagem de luz, especialmente se não contiverem pigmentos. Além de suas excelentes propriedades de barreira e inércia química, o vidro tem mais uma vantagem, a de ser visto pelo consumidor como um material nobre, o

que tem assegurado à continuidade de seu uso como material de embalagem de vários produtos, agregando-lhes valor. Entretanto, o vidro tem sido substituído por plásticos, o que em grande parte se deve às suas limitações, especialmente o alto custo, a fragilidade e alta densidade (AZEREDO, 2012).

2.6. REOLOGIA DE ALIMENTOS FLUIDOS

A relevância do estudo da reologia, além de estritamente tecnológica, é econômica e comercial em relação aos efeitos do transporte e da manipulação na integridade física dos alimentos (tanto os que vão ser consumidos frescos ou que serão processados), seu comportamento durante o processamento e a qualidade da textura do produto acabado dependem, em grande parte, da sua resposta frente à aplicação de forças externas (COSTELL et al., 1997).

De modo geral, é possível classificar o comportamento reológico dos materiais através de dois extremos idealizados: sólidos perfeitos, os hookeanos, e fluidos perfeitos, os newtonianos. Ao passo que os sólidos ideais se deformam elasticamente e a energia de deformação é completamente recuperada quando cessa o estado de tensão, fluidos ideais escoam, ou seja, se deformam de forma irreversível e a energia de deformação é dissipada na forma de calor. Sendo assim, em fluidos, a energia de deformação não é recuperada após o alívio da tensão (PASQUEL, 1999).

O comportamento dos fluidos está separado em newtonianos e não newtonianos. Os fluidos newtonianos são caracterizados por uma relação linear entre tensão de cisalhamento e a taxa de cisalhamento aplicada, dependendo apenas da temperatura e da composição do fluido (SCHUMACHER, 2009).

Já os fluidos não newtonianos podem ainda ser classificados de acordo com a forma com que a viscosidade aparente varia com a taxa de deformação, ou seja, se ela diminui ou aumenta com o aumento da taxa de deformação. São divididos em plásticos de Bingham, fluidos pseudoplásticos, fluidos dilatantes, tixotrópicos e reopéticos. A descrição do comportamento reológico dos materiais é feita através de modelos que relacionam como a tensão de cisalhamento varia com a taxa de deformação (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Haminiuk (2007) cita que os modelos reológicos mais comumente utilizados são os modelos Lei da Potência (Ostwald-De-Waele), Casson e Bingham, de dois parâmetros, e Herschel-Bulkley, de três parâmetros, pois a maioria dos fluidos alimentícios exhibe comportamento pseudoplástico podendo ser descrito pelo modelo da Lei da Potência.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABM – Associação Brasileira de Macadâmia - Boletim Informativo. Dois Córregos, SP. Fevereiro de 2005.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. Brasília: Embrapa, 2012.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Porto Alegre: Editora Bookman, 4ª Ed., 2010.

BOX, G. E. P.; DRAPER, N. R. **Empirical model-building and response surface**, New York: John Wiley & Sons, 1987.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 617-622, 2000.

CARNEIRO, B. L. A.; PINEDO, A. A. **Processamento e aceitabilidade de bebida mista de extrato “leite” de babaçu e de Castanha-do-Brasil**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2013, Palmas. Anais... Palmas: Universidade Federal de Tocantins, 2013. p. 1 CD-ROM.

CARVALHO, W. T.; REIS, R. C.; VELASCO, P.; SOARES JÚNIOR, M. S.; BASSINELO, P. Z.; CALIARI, M. Características físico-químicas de extratos de arroz integral, quirera de arroz e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia**, v. 41, n. 3, p. 422-429, 2011.

CORNELL, J. A. **Experiments with mixtures - designs, models and the analysis of mixture data**. 2. ed. New York: John Wiley and Sons, 1990.

CORNELL, J. A. **Experiments with Mixtures: Designs, Models and the Analysis of Mixture Data**, 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

COSTELL, E., FISZMAN, S. M., DURÁN, L. **Propiedades Físicas I, Reología de Sólidos y Textura**. In: AGUILERA, J. M. . Temas em Tecnologia de Alimentos, CYTED – Programa Iberoamericano de Ciencia e Tecnologia para el desarrollo, 1997. Cap. 6, p. 213 – 259.

DALASTRA, I. M. PIO, R.; ENTELMANN, F.A.; WERLE, T.; ULIANA, M. B.; SCARPARE FILHO, J. A. Germinação de sementes de noqueira-Macadâmia submetidas à incisão e imersão em ácido giberélico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.641-645, 2010.

ELES-MARTÍNEZ, P.; MARTÍN-BELLOSO, O. Effects of high intensity pulsed electric field processing conditions on vitamin C and antioxidant capacity of orange juice and gazpacho, a cold vegetable soup. **Food Chemistry**, v.102, n.1, p.201-209, 2007.

FARIA, J. A. F. **Vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente**. In: II SEMINÁRIO LATINO AMERICANO – AVANÇOS EM TECNOLOGIA PARA O PROCESSAMENTO E ENVASAMENTO ASSÉPTICO DE ALIMENTOS. Campinas, 1993. P. 7-28.

FELBERG, I.; DELIZA, R.; GONÇALVES, E.B.; ANTONIASSI, R.; FREITAS, S.C.; CABRAL, L.C. Bebida mista de extrato de soja integral e Castanha-do-Brasil: caracterização físico-química, nutricional e aceitabilidade do consumidor. **Alimentos e Nutrição**. Araraquara, v. 15, n. 2, p. 163-174, 2004.

FERBERG, I; CABRAL, L. C.; GONÇALVES, E. B.; DELIZA, R. Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de Castanha-do-Brasil despelculada. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 75-88, 2002.

FERNANDES, D. C.; FREITAS, J. B.; CZEDER, L. P.; NAVES, M. M. V. Nutritional composition and protein value of the baru (*Dipteryx alata Vog.*) almond from the Brazilian Savanna. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 90, n. 10, p. 1650-1655, 2010.

FERREIRA, E. S.; SILVEIRA, C. 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). **Alimentos e Nutrição**, v. 17, n. 2, p. 203–208, 2006.

FRANÇA, B. H. C., Dossiê técnico: Macadâmia - cultivo e produtos derivados REDETEC Rede de Tecnologia do Rio de Janeiro, 2007, 20p. Disponível em: <<http://www.sbrt.ibict.br>>, Acesso em: 13 de outubro de 2016.

FREITAS, S. P.; FREITAS-SILVA, O.; MIRANDA, I. C. DE; COELHO, M. A. Z. Extração e fracionamento simultâneo do óleo da Castanha-do-Brasil com etanol. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, p. 14–17, 2007.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Nobel, 2008.

GENTRY, A. **A nova culinária vegana**. Ed. Alaúde, 2015.

HAMINIUK, C. W. I. **Estudo do comportamento reológico e colorimétrico de misturas ternárias e sistemas pécticos de polpas de morango, amora-preta e framboesa**. 2007. 148f. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Paraná, Curitiba - PR, 2007.

HEINSMAN, A. J.; MONTGOMERY, D. C. Optimization of household product formulation using a mixture experiment. **Quality Engineering**, v. 7, n. 3, p. 583-600, 1995.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted Macadâmia flours. **Food Chemistry**, v. 110, p. 23–30, 2008.

KNISS, C. T.; MACCARI, E. A.; BIANCOLINO, C. A.; PRATES, P. B.; RIELLA, H. G. **Obtenção de modelos de regressão para a otimização das propriedades de materiais cerâmicos obtidos com a adição de resíduo industrial.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32. Bento Gonçalves, 2012.

MAGUIRE, L. S.; O'SULLIVAN, S. M.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; O'BRIEN, N. M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. **International Journal Of Food Sciences And Nutrition**, [s.l.], v. 55, n. 3, p.171-178, 2004.

MONTGOMERY, D. C.; PECK, E. A. **Introduction to linear regression analysis.** New York: John Wiley and Sons, 2 ed, 1984.

MORAIS, A. C. S. **Desenvolvimento, otimização e aceitabilidade do extrato hidrossolúvel da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*).** 2009. 113f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

MYERS, R. H.; MONTGOMERY, D. C. **Response Surface Methodology: Product and Process Optimization Using Designed Experiments.** 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

NETTO, F. M. **Determinação da vida-de-prateleira – Erros e limitações.** In: MOURA, S. C. S. R.; GERMER, S. P. M. Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados. 4. ed. Campinas: ITAL, 2010. p. 88- 96, 2010.

ORDOÑEZ, J. Tecnologia de alimentos. Volume 2. **Alimentos de origem animal – 1ª. Ed.,** São Paulo: Artmed, 2005.

PAESE, L. T.. **Aumento da vida de prateleira de leite de castanha de caju através de tratamento térmico convencional.** 2016. 47 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Química, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

PASQUEL, A. Gomas: Utilização e aspectos reológicos. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas. v.33, n.1, p.86-97, 1999.

PEREIRA, P. L. **Extratos solúveis da castanha-do-brasil (*Bertholletia excelsa, H.B.K.*).** 1976. 43f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M.N. **Fundamentos de Tecnologia de Alimentos.** São Paulo: Atheneu, v. 3, cap. 10: p. 246-258, 1998.

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

PIZA, P. L. B. T.; MORIYA, L. M. Cultivo da Macadâmia no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n.1, p. 39-45, 2014.

SANTOS, M. G. **Avaliação da estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. 2015. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SANTOS, O. V. **Estudo das potencialidades da Castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos**. 2012. 214f. Teses (Doutorado em Tecnologia Bioquímico-Farmacêutica) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTOS, V. S. **Desenvolvimento de barras de alto teor proteico 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.

SARANTÓPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M. de; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001, 215p.

SCHUMACHER, A. B. **Desenvolvimento de um chocolate meio amargo com maior percentual de proteína**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – RS, 2009.

SILVA, F. A.; MAXIMO, G. J.; MARSAIOLI JR, A.; SILVA, M. A. A. P. **Impacto da secagem com microondas sobre o perfil sensorial de amêndoas de Macadâmia**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 27, n. 3, p.553-561, jul./set. 2007.

SILVA, F. V. G.; MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S.; COSTA, J. M. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. Avaliação da estabilidade de bebida mista elaborada com água de coco e suco de maracujá. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 28, n. 2, p. 191-197, 2006.

SILVA, J. A. **Tópicos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Varela, 2000. 227 p.

SILVA, R. F. DA; ASCHERI, H. L. R.; SOUZA, J. M. L. DE. Influência do processo de beneficiamento na qualidade de amêndoas de Castanha-do-Brasil. **Revista Ciências e Agrotecnologia**, v. 34, n. 2, p. 445–450, 2010.

SOBIERAJSKI, G. R.; FRANCISCO, V. L. F. S.; ROCHA, P.; GHILARDI, A. A.; MAIA, M. L. Noz-Macadâmia: produção, mercado e situação no Estado de São Paulo. **Informações Econômicas**, v. 36, n. 5, p. 25-36, 2006.

SOUZA, J. M. L. de. **Caracterização e efeitos do armazenamento de amêndoas com películas e despelculadas sobre propriedades das frações proteica e lipídica de castanha-do-brasil**. 2013. 128 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/970892>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

SOUZA, M. L.; MENEZES, H. C. Processamentos de amêndoa e torta de Castanha-do-Brasil e farinha de mandioca: parâmetros de qualidade. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 1, p. 120–128, 2004.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

VENKATACHALAN, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 13, p. 4705–4714, 2006.

WALL, M. M.. Improving the quality and safety of macadamia nuts. In: HARRIS, L. J.. **Improving the Safety and Quality of Nuts**. UK: Woodhead Publishing Limited, 2013. Cap. 12, p. 291.

WONG, V. Soy Milk Fades as Americans Opt for Drinkable Almonds. **Business Week**, 2013.

YANG, J. Brazilian nuts and associated health benefits: A review. **LWT - Food Science and Technology**, Sheffield, v. 42, n. 10, p.1573-1580, 2009.

CAPÍTULO 2

ESTUDO DA COMPOSIÇÃO PROXIMAL, DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E SENSORIAIS DE EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadâmia integrifolia*)

RESUMO

Foi avaliada a composição proximal e as características físicas da mistura ternária de água, Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*), a fim de se desenvolver um extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia. As amêndoas, utilizadas no processamento do extrato hidrossolúvel, foram caracterizadas quando à matéria seca, lipídeos, proteínas, cinzas, carboidratos e atividade de água, quanto ao peso, altura, diâmetro menor e maior, bem como as determinações de Coliformes Totais, Coliformes Termotolerantes, *Salmonella* sp., Estafilococos Coagulase Positiva, Bolores e Leveduras. As proporções dos componentes, para a produção dos extratos, foram determinadas através da metodologia de superfície de resposta, utilizando-se um planejamento experimental para misturas. A composição proximal (matéria seca, lipídeos, proteínas, cinzas e carboidratos) e as características físicas (pH, acidez, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue), dos extratos hidrossolúveis, foram utilizadas como variáveis resposta do planejamento experimental. Modelos matemáticos quadráticos e cúbicos foram obtidos com bom ajuste frente aos dados experimentais. Três diferentes formulações com teor de água, de Castanha-do-Brasil e de Macadâmia, pertencentes à faixa de variação proposta pelo planejamento, apresentaram valores experimentais próximos aos preditos, confirmando a validade dos modelos matemáticos. Os extratos hidrossolúveis produzidos foram avaliados sensorialmente através dos Testes de Aceitação e de Intenção de Compra. A formulação com 70% (p/v) de água e 15% (p/v) de Castanha-do-Brasil e 15% (p/v) de Macadâmia foi a mais aceita sensorialmente, com nota média de 6,67 compreendendo entre os termos “Gostei Ligeiramente” e “Gostei moderadamente” na escala hedônica de 9 pontos.

Palavras-Chave: Simplex Centroide, Extrato Hidrossolúvel, Teste de Aceitação.

1. INTRODUÇÃO

Apesar de ainda ser conhecida popularmente como Castanha-do-Pará, a partir do decreto lei N° 51.209, de 18 de setembro de 1961, passou a ser denominada, para efeito de comércio exterior, como Castanha-do-Brasil (BRASIL, 1961).

A amêndoa *in natura* é a principal forma de consumo da Castanha-do-Brasil, entretanto, coprodutos como óleos, farelo ou torta e extrato hidrossolúvel podem ser explorados comercialmente (LOCATELLI et al., 2005).

A noqueira-Macadâmia apresenta boas perspectivas de comercialização, pois produz amêndoas de alto valor no mercado internacional, com grande aceitação entre os consumidores (MARROCOS et al., 2003).

A Macadâmia tem sido muito consumida como aperitivo quando salgada e torrada, acreditando-se que mais da metade da produção mundial acabe torrada, para servir de acompanhamento a bebidas em reuniões sociais, sendo também excelente para bolos, biscoitos, confeitos de chocolate e doces (TOLEDO PIZA, 2000).

O perfil sensorial do extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil e Macadâmia corrobora a possibilidade deste novo produto em obter aceitabilidade satisfatória junto aos consumidores e constituir-se de uma opção de consumo para vegetarianos e veganos, pessoas alérgicas a produtos de origem animal, mas principalmente para quem possui problemas relacionados à ingestão de leite, como má absorção da lactose (GENTRY, 2015).

O planejamento experimental é uma ferramenta poderosa para o desenvolvimento da formulação de produtos dentro das especificações desejadas ou simplesmente para avaliar os efeitos ou impactos que os fatores têm nas respostas desejadas, como é o caso para a produção de bebidas, a exemplo dos extratos hidrossolúveis vegetais (RODRIGUES; IEMMA, 2005)

Quando se deseja estudar e aperfeiçoar uma determinada variável de resposta em função de algumas variáveis de controle, pode-se utilizar a metodologia de superfície de resposta. Esta metodologia consiste na aplicação de técnicas de planejamento e análise de experimentos visando à criação de uma superfície de resposta e, através desta, realiza-se a otimização da variável de interesse (SILVA, 2006).

A criação de misturas, tais como simplex centroide, permite a investigação dos efeitos sinérgicos ou antagonistas dos componentes da mistura em variáveis resposta, pois a

proporção dos componentes é interdependente sobre a mistura (CORNELL, 2002; HANDA *et al.*, 2016). Este é um método estatístico importante que pode auxiliar a esclarecer como as concentrações de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia impactam nas características proximais e físicas do extrato hidrossolúvel.

Portanto, o presente trabalho objetivou determinar a formulação mais preferida sensorialmente, utilizando-se as combinações de teor de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia, propostas pelo planejamento para misturas tipo simplex centroide, e também obter modelos matemáticos, via metodologia de superfície de resposta, para a composição proximal e características físicas dos extratos hidrossolúveis à base destas matérias-primas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. MATERIAIS

Parte das Castanhas-do-Brasil utilizadas para o processamento dos extratos hidrossolúveis foi doada pela empresa Delta Castanhas do Brasil Ltda. (Iporá, GO) e outra parte foi adquirida na empresa Naturalista Produtos Naturais Ltda. (Goiânia, GO), sendo que todas apresentavam-se *in natura* e parcialmente despelculadas. Já a Macadâmia também foi adquirida *in natura* na empresa Naturalista Produtos Naturais Ltda. (Goiânia, GO).

Os conservantes, ácido cítrico, sorbato de potássio e benzoato de sódio, foram cedidos pela empresa Casa Forte Ltda (Goiânia, GO), e o estabilizante carboximetilcelulose sódica, doado pela Naturofarma Ltda (Goiânia, GO).

As embalagens de vidro transparente, bem como as tampas metálicas do tipo coroa, foram adquiridas na empresa Vidropet - Nakayama Indústria Comércio de Alimentos Ltda (Goiânia, GO).

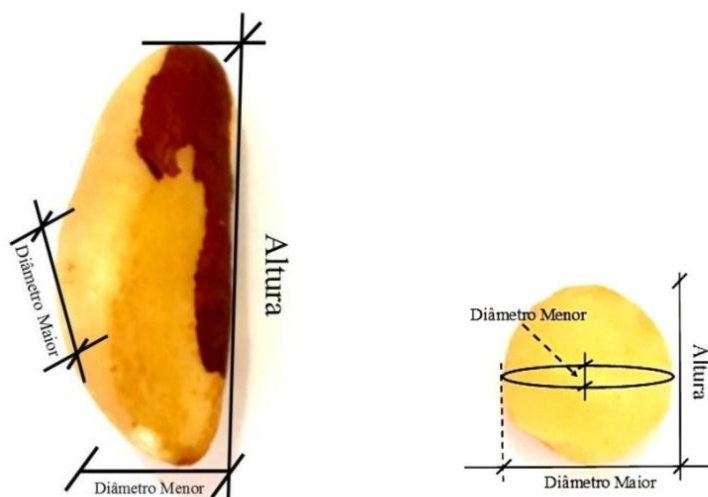
2.2. MÉTODOS

2.2.1. Caracterização física e atividade de água (a_w) da Castanha-do-Brasil e Macadâmia

Os atributos peso, diâmetro maior, diâmetro menor e altura (Figura 4) foram determinados conforme Ferreira e colaboradores (2006).

A atividade de água (a_w) foi realizada conforme metodologia 978.18 da AOAC (2016), em aparelho para determinação da atividade de água Acqualab modelo CX-2 (Washington, EUA) à temperatura constante de 25 ± 3 °C.

Figura 4. Dimensionamento da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)



2.2.2. Caracterização proximal da Castanha-do-Brasil, da Macadâmia e dos extratos hidrossolúveis

As análises de composição proximal foram realizadas no Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Goiás (UFG).

2.2.2.1. Matéria Seca

A determinação da matéria seca da Castanha-do-Brasil, da Macadâmia e dos extratos hidrossolúveis foi realizada utilizando-se estufa com circulação forçada de ar Nova Ética modelo 402-3D (Vargem Grande do Sul, SP). Foram pesados, cerca de 5 g de amostra em cadinhos de porcelana, previamente secos e tarados. A secagem à 105°C foi realizada em estufa segundo metodologia proposta pela AOAC (2010), realizando-se pesagens a cada duas horas até os cadinhos atingirem peso constante.

2.2.2.2. *Cinzas*

O teor de cinzas foi determinado submetendo-se as amostras à incineração em forno tipo mufla modelo EDG CON 3P (São Carlos, SP) à 550°C conforme metodologia proposta pela AOAC (2010).

2.2.2.3. *Proteínas*

O método de Kjeldahl foi utilizado para determinação do nitrogênio total da amostra e, através da multiplicação do fator de conversão de nitrogênio total em proteína, determinou-se o percentual de proteína presente na amostra. Esta metodologia consiste em três etapas: digestão em bloco digestor (TECNAL TE-007MP, Piracicaba, SP) à 400°C, destilação (TECNAL TE-0363, Piracicaba, SP) e titulação. O fator de conversão de nitrogênio total em proteína utilizado para a Castanha-do-Brasil foi 5,46, de acordo com Hart e Fisher (1971), e para a Macadâmia, 5,30 (JITNGARMKUSOL; HONGSUWANKUL; TANANUWONG, 2008) e a média aritmética de 5,38, para os extratos hidrossolúveis.

2.2.2.4. *Lipídeos*

A técnica de extração a frio proposta por Bligh e Dyer (1959) foi utilizada para a determinação de lipídeos. O método consiste na extração de todas as classes de lipídeos através de uma mistura de metanol, clorofórmio e água na proporção de 2:1:0,8, respectivamente, de modo a formar um sistema homogêneo com a água da amostra.

2.2.2.5. *Carboidratos*

O teor de carboidratos foi obtido por diferença, subtraindo-se de cem os valores obtidos de umidade, cinzas, proteínas e lipídios, em acordo com o estipulado na Resolução RDC nº 360 de 2003 (BRASIL, 2003).

2.2.2.6. *pH*

O potencial hidrogeniônico foi determinado por leitura direta em potenciômetro Micronal modelo B474 (São Paulo, SP), segundo técnica nº 981.12 da AOAC (2010).

2.2.2.7. *Acidez Total Titulável*

A acidez total titulável foi determinada utilizando-se o método proposto por IAL (2008) para o leite de coco. Uma amostra de 5 g foi diluída e homogeneizada em 50 mL de

água destilada e esperou-se 30 min. Adicionou-se 4 gotas de indicador fenolftaleína e titulou-se com solução padronizada de hidróxido de sódio 0,1 N, sob agitação, até o ponto de viragem do indicador.

2.2.3. Perfil microbiológico

As análises de perfil microbiológico foram realizadas no Laboratório de Controle Higiênico-Sanitário de Alimentos (LCHSA) da Faculdade de Nutrição da UFG.

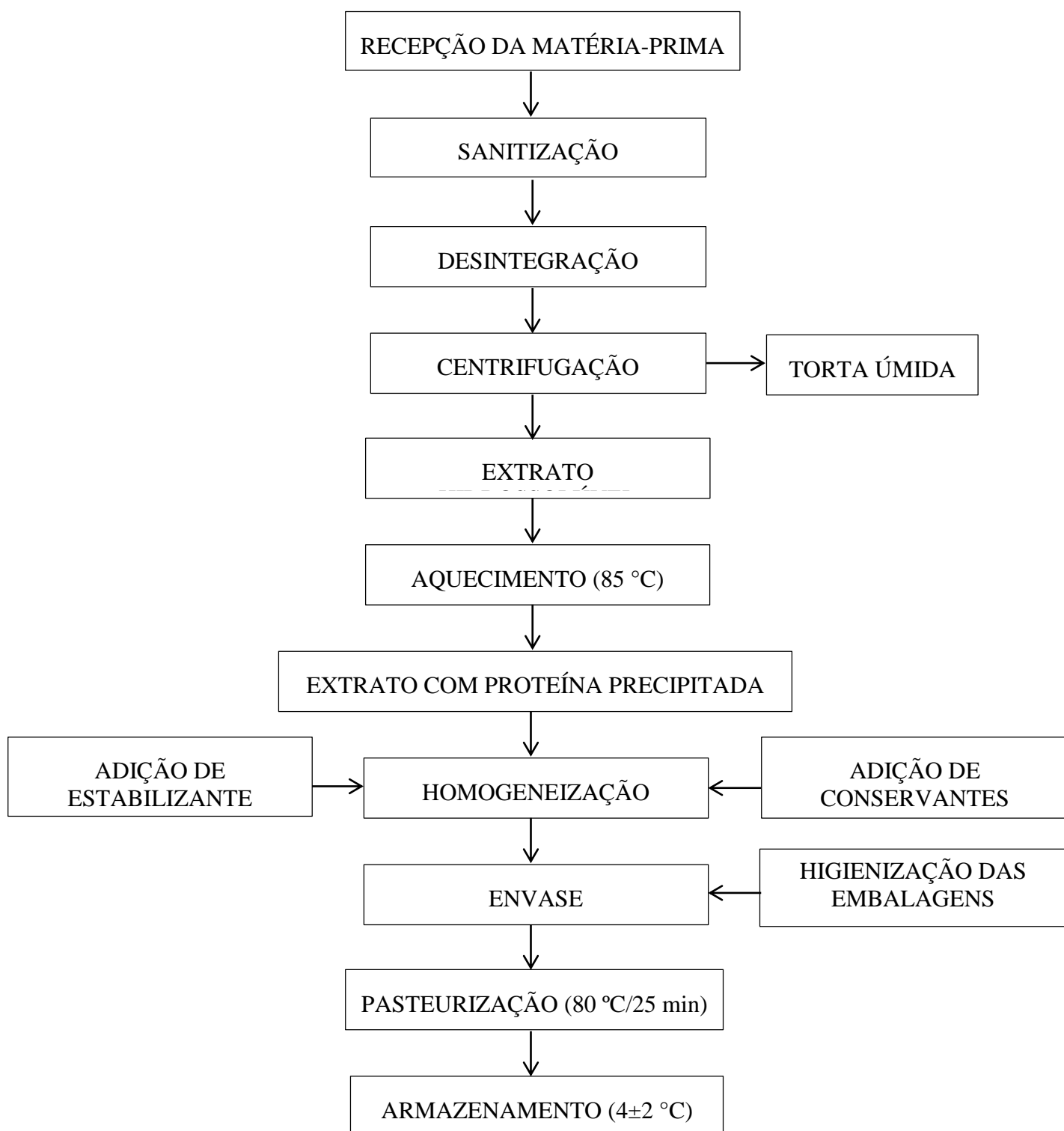
Todas as análises microbiológicas foram realizadas de acordo com as metodologias propostas pela *American Public Health Association* (APHA, 2001). Executou-se a contagem de Coliformes a 35 °C, Coliformes a 45 °C, contagem de *Salmonella* sp., Estafilococos Coagulase Positiva e presença de *Salmonella* sp. em 25 g, determinadas no item 23.a da Resolução RDC nº 12 para leite de coco (BRASIL, 2001). Executou-se também a contagem de Bolores e Leveduras, mesmo não sendo uma exigência da RDC nº12.

2.2.4. Produção dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia

Os processamentos para obtenção dos extratos foram executados no Laboratório de Vegetais do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia da UFG.

A metodologia adotada para a produção do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia foi desenvolvida por Santos (2015). O fluxograma de processamento é apresentado na Figura 5.

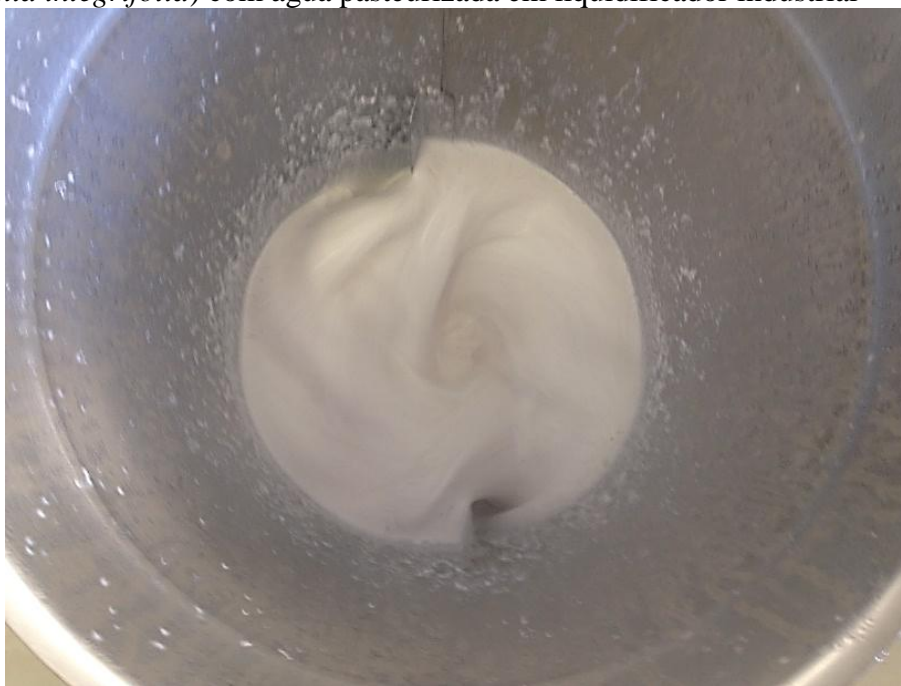
Figura 5. Diagrama de blocos para o processamento da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) para obtenção do extrato hidrossolúvel



Os utensílios utilizados durante o processamento foram limpos com solução detergente neutra (Limpol, Bombril S.A., São Bernardo do Campo, SP), enxaguados em água corrente, imersos em solução de hipoclorito de sódio a 0,03% (Ypê, Química Amparo Ltda., Amparo, SP), por 30 min, e posteriormente foram enxaguados com solução de hipoclorito de sódio a 0,001%.

Primeiramente, as castanhas utilizadas foram imersas em solução clorada à 0,03% durante 30 min e, posteriormente, enxaguadas utilizando solução clorada à 0,001% e processadas logo em seguida. Em liquidificador industrial de aço inoxidável modelo LSR 25 (Siemens, Brusque, SC), foram adicionados água a 45 °C, já previamente pasteurizada a (80 °C/25 min), e as castanhas sanitizadas. As proporções das castanhas e água seguiram as quantidades sugeridas pelo delineamento para misturas apresentado no item 2.3.2.5 deste capítulo. Todo o conteúdo foi triturado por 10 min (Figura 5). Uma centrífuga elétrica modelo VCC-7000 (Vicini, China) foi utilizada para separação da fase sólida, definida como torta úmida, e da fase líquida, definida como o extrato hidrossolúvel.

Figura 6. Trituração da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) com água pasteurizada em liquidificador industrial



O extrato hidrossolúvel obtido foi submetido ao aquecimento a 85 °C, até que a fração proteica coagulasse, em trocador de calor do tipo tacho encamisado de aço inoxidável. Posteriormente, adicionou-se ao extrato obtido os conservantes benzoato de sódio, na

proporção de 0,15% (p/v), sorbato de potássio, na proporção de 0,1% (p/v), conforme sugerido por Santos (2015), e ácido cítrico, na proporção de 0,05% (CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000). Santos (2015) utilizou 0,1% (p/v) na formulação de extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil, entretanto, durante os pré-testes realizados observou-se que esta concentração não foi suficiente para eliminar a separação de fases e, visando diminuir este fenômeno, estabeleceu-se a quantidade de 0,2% (p/v) de carboximetilcelulose sódica para a formulação. Após a aditivação, uma nova homogeneização em liquidificador industrial foi realizada durante 3 min.

Os extratos hidrossolúveis foram envasados manualmente, entre duas chamas de bicos de Bunsen, em garrafas de vidro transparente de 220 mL (Vidropet, Goiânia, GO) previamente lavadas com solução detergente e autoclavadas a 121 °C/20 min. O fechamento das garrafas foi realizado com o uso de tampa de metal do tipo coroa que também foram lavadas com solução detergente e higienizadas por imersão em solução clorada a 0,03% durante 30 min e enxaguadas utilizando solução clorada a 0,001%. Na sequência, foi realizada a pasteurização lenta com o binômio 80 °C/25 min, conforme descrito por Santos (2015), em tacho de aço inoxidável encamisado, via banho-maria, utilizando uma garrafa aberta como controle para aferir a temperatura no centro geométrico da garrafa (Figura 6). Após o cumprimento do binômio de pasteurização, aguardou-se 15 min para o abaixamento da temperatura das amostras e as mesmas foram acondicionadas em geladeira a 4 ± 2 °C.

Figura 7. Pasteurização em tacho de aço inoxidável encamisado via banho-maria, dos extratos hidrossolúveis.



2.2.5. Planejamento Experimental para Misturas

Um planejamento para misturas do tipo simplex-centroide (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010) foi utilizado para estabelecer a proporção dos componentes principais utilizados na elaboração dos extratos hidrossolúveis. Com o objetivo de se conhecer o comportamento da interação entres as castanhas e a água, o delineamento foi elaborado de modo a sugerir misturas com altas proporções de castanhas e também misturas com altas proporções de água. As quantidades mínimas e máximas de cada componente da mistura estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Porcentual mínimo e máximo de cada componente delimitadas para água, Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*).

Componente	Mínimo (%m/m)	Máximo (%m/m)
Água	50	80
Castanha-do-Brasil	10	40
Macadâmia	10	40

O software Statistica 7.0 (Statsoft, Oklahoma, Tulsa, EUA) forneceu a matriz de experimentos do planejamento para misturas do tipo simplex centroide com sete pontos. A Tabela 2 apresenta as proporções das misturas em termos de pseudocomponentes e concentrações reais.

Tabela 2. Delineamento simplex centroide para mistura com água, Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Experimento	Pseudocomponente			Concentração Real (% p/p)		
	x'_1	x'_2	x'_3	x_1	x_2	x_3
1	1	0	0	80	10	10
2	0	1	0	50	40	10
3	0	0	1	50	10	40
4	1/2	1/2	0	65	25	10
5	1/2	0	1/2	65	10	25
6	0	1/2	1/2	50	25	25
7	1/3	1/3	1/3	60	20	20

Onde: x_1 = água, x_2 = Castanha-do-Brasil, x_3 = Macadâmia. Restrição: $x_1 \geq 50$, $x_2 \geq 10$, $x_3 \geq 10$.

A decodificação dos pseudocomponentes em concentração real foi realizada através da Equação 7, uma vez que o mínimo de cada componente da mistura ternária fora previamente estabelecido.

$$x'_i = \frac{x_i - l_i}{1 - \sum_{i=1}^q l_i} \quad (\text{Equação 7})$$

Onde:

$$0 \leq l_i \leq x_i$$

$$\sum_{i=1}^q l_i < 1$$

$$i=1,2,3,4,\dots,q$$

x'_i = teor do componente em termo de pseudocomponente.

x_i = teor do componente em termo de concentração real.

l_i = limite inferior e diferente de zero da concentração de componente.

Substituindo-se os limites inferiores estabelecidos para cada componente da mistura na Equação 7, obtiveram-se as Equações 8, 9 e 10 com a finalidade de calcular a concentração real de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia, respectivamente, em cada componente nas misturas ternárias.

$$x_1 = 0,3x'_1 + 0,5 \quad (\text{Equação 8})$$

$$x_2 = 0,3x'_2 + 0,1 \quad (\text{Equação 9})$$

$$x_3 = 0,3x'_3 + 0,1 \quad (\text{Equação 10})$$

Na representação do ajuste dos valores das variáveis resposta, que foram a composição proximal e a caracterização física, utilizou-se as equações linear, quadrática e

cúbica especial em termos de pseudocomponentes. A significância estatística das equações foi feita através da análise da variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância.

As variáveis respostas do delineamento foram a matéria seca, cinzas, lipídeos, carboidratos, proteínas, acidez, pH, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.

Além da análise de variância para avaliar a significância de cada modelo e também dos coeficientes, realizou-se o teste de falta de ajuste e análise gráfica entre os valores observados experimentalmente e os valores preditos pelo modelo obtido, além dos coeficientes de determinação experimental (R^2) e coeficiente de determinação ajustado (R_A^2).

2.2.6. Colorimetria

A determinação instrumental da cor foi realizada através do método de colorimetria, utilizando-se colorímetro eletrônico Colorquest II (Hunter Associates Laboratory Inc, Reston, Virgínia, Estados Unidos) no qual foram determinados os valores de L^* , a^* e b^* . Através dos parâmetros a^* e b^* realizou-se o cálculo, segundo McGuire (1992), da cromaticidade (Equação 11) e do ângulo Hue (Equação 12).

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad \text{(Equação 11)}$$

$$^{\circ}H = \text{arc tg} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad \text{(Equação 12)}$$

2.2.7. Análise sensorial

A análise sensorial foi executada somente após a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa da UFG, sob o parecer nº 1.582.868 (Anexo I). As análises sensoriais só foram conduzidas após a realização das análises microbiológicas que certificam a boa condição higiênico-sanitária dos produtos, de acordo com os estabelecidos na Resolução RDC nº 12 para leite de coco (BRASIL, 2001).

A aceitação do produto foi estimada utilizando escala hedônica de 9 pontos, na qual o provador atribuiu notas de 1, detestei, à 9, adorei, para os atributos cor, odor, sabor e impressão global. Para o teste de Intenção de Compra foi utilizado uma escala variando de 1 (Certamente não compraria) à 5 (Certamente compraria).

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais (LAFISE) da Faculdade de Nutrição da UFG. Porções de 20 mL dos extratos hidrossolúveis foram servidas em cabines individuais, de forma aleatória, em copos brancos de poliestireno descartáveis codificados com número de três dígitos. Conforme protocolo descrito por IAL (2008), água potável foi servida para limpeza do palato no intervalo de degustação de cada amostra. A ficha de avaliação sensorial utilizada é apresentada no Apêndice I. A análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foram utilizados para a análise estatística dos dados coletados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DA CASTANHA-DO-BRASIL

Os resultados das análises de composição proximal são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Composição proximal da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)

Matéria Seca*	Lipídeos*	Cinzas*	Proteínas*	Carboidratos Totais*	a _w
97,56±0,1	60,97±0,8	3,39±0,0	11,58±0,2	21,62±0,78	0,411±0,0
1	5	3	0		2

*(g/100g)

Os teores de matéria seca e cinzas foram semelhantes aos relatados por Santos (2012) e Santos (2015). Ferreira e colaboradores (2006) encontraram um teor de lipídeos de 61 g/100 g, sendo este próximo ao encontrado nesta pesquisa. A Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO), desenvolvida pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) em 2011, mostra, para a Castanha-do-Brasil crua, 63,5% de lipídeos, 14,5% de proteínas, 15,1% de carboidratos, 3,4% de cinzas e umidade de 3,5%. Neste trabalho, o teor de proteínas foi menor, 11,58 g/100 g, e de carboidratos foi maior, 21,62 g/100 g, do que os valores da TACO. Em relação à atividade de água (a_w), os valores descritos por Santos (2012), Silva (2014) e Santos (2015) são maiores do que os encontrados nesta pesquisa.

Sabe-se que alguns fatores também podem estar relacionados a estas diferenças, tais como os fatores instrumentais, pontos de amostragem, técnicas de preparo da amostra, metodologia, condições laboratoriais e alterações intrínsecas da matéria-prima, a variabilidade genética, riqueza do solo, índice pluviométrico, técnicas de coleta e plantio, entre outros (SANTOS, 2012).

A Tabela 4 apresenta os dados de caracterização física da Castanha-do-Brasil. Ferreira e colaboradores (2006) apresentaram valores bem maiores para a caracterização física da castanha. Tal fato pode ser justificado pela ampla variedade de pesos e tamanhos que as amêndoas de Castanhas-do-Brasil podem, naturalmente, apresentar (YANG, 2009).

Tabela 4. Caracterização física da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)

	Média *	Menor	Maior
Peso (g)	3,45 ± 0,61	2,37	5,09
Altura (mm)	32,75 ± 2,58	27,04	39,48
Diâmetro menor (mm)	12,57 ± 1,30	9,42	15,27
Diâmetro maior (mm)	15,45 ± 1,59	12,31	19,45

*Média de cem unidades analisadas.

A Resolução nº 12 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) determina, como padrão para comercialização, parâmetros apenas para as espécies de Coliformes Termotolerantes a 45 °C, com tolerância para amostra indicativa de 10³ UFC/g e ausência em 25 g para *Salmonella* sp. (BRASIL, 2001). Também se realizou a contagem de Estafilococos Coagulase Positiva e Bolores e Leveduras. Na Tabela 5 são mostradas as contagens de micro-organismos na Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e as mesmas estão de acordo com a legislação vigente.

Tabela 5. Caracterização microbiológica da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)

Micro-organismo	Castanha-do-Brasil	Limite Permitido
Coliformes Totais	<10 UFC*/g	<10 ³ UFC/g
Coliformes Termotolerantes	<10 UFC/g	
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Estafilococos Coagulase Positiva	<10 UFC/g	Não estabelecido
Bolores e Leveduras	300 UFC/g	Não estabelecido

*UFC: Unidade Formadora de Colônia.

3.2. COMPOSIÇÃO PROXIMAL, CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MICROBIOLÓGICA DA MACADÂMIA

Os valores encontrados no estudo para a matéria seca, cinzas e proteínas da Macadâmia, foram semelhantes aos relatados por Garcia (2010), com dados de 98,67 g/100g, 1,36 g/100g e 7,32 g/100g, e pela USDA (2009), com dados de 98,39 g/100g, 1,14 g/100g e 7,79 g/100g, respectivamente. O teor de lipídeos foi ligeiramente menor que os encontrados por Garcia (2010), 77,50 g/100g, e pela USDA (2009), 76,08 g/100g. Essa variação pode ser explicada pelas diferenças de clima, solo, práticas agrícolas e características genéticas (FREITAS; NAVES, 2010). A Tabela 6 demonstra os dados da composição proximal da Macadâmia.

Tabela 6. Composição proximal da Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Matéria Seca*	Lipídeos*	Cinzas*	Proteínas*	Carboidratos Totais*	a_w
98,20±0,14	70,07±1,43	1,52±0,01	7,68±0,24	18,93±1,39	0,397±0,01

*(g/100g)

A Tabela 7 apresenta o resultado da caracterização física da Macadâmia. Penoni (2011) mensurou o tamanho da Macadâmia de diferentes cultivares e os resultados encontrados nesta pesquisa encontram-se na faixa de variação relatadas em todos os atributos avaliados, sendo eles peso, altura e diâmetros.

Tabela 7. Caracterização física da Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

	Média *	Menor	Maior
Peso (g)	1,90 ± 0,36	0,97	2,78
Altura (mm)	12,74 ± 1,32	9,73	15,37
Diâmetro menor (mm)	16,55 ± 1,27	12,75	19,03
Diâmetro maior (mm)	17,69 ± 1,43	13,83	21,15

*Média de cem unidades analisadas.

Segundo Dalastra et al.. (2010) e Penoni et al.. (2011), há diferenças marcantes nas dimensões dos frutos e amêndoas entre as cultivares de noqueira Macadâmia.

A análise microbiológica da Macadâmia mostrou que todos os parâmetros microbiológicos estabelecidos para nozes *in natura* pela Resolução nº 12 de 2001 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) foram atendidos. Mesmo não sendo um parâmetro estabelecido pela legislação vigente, as pesquisas de Estafilococos Coagulase Positiva, Bolores e Leveduras foram realizadas a fim de se estabelecer um maior nível de segurança biológica para o produto que seria então elaborado. Na Tabela 8 são apresentados os dados referentes às análises microbiológicas realizadas e as mesmas estão de acordo com a legislação vigente.

Tabela 8. Caracterização microbiológica da Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Micro-organismo	Macadâmia	Limite Permitido
Coliformes Totais	<10 UFC/g	<10 ³ UFC/g
Coliformes Termotolerantes	<10 UFC/g	
<i>Salmonella</i> sp.	Ausência em 25g	Ausência em 25g
Estafilococos Coagulase Positiva	<10 UFC/g	Não estabelecido
Bolores e Leveduras	536 UFC/g	Não estabelecido

UFC: Unidade Formadora de Colônia.

3.3. CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL A BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

3.3.1. Composição proximal das misturas obtidas pelo delineamento Simplex Centroide

Os extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia foram preparados a partir de três matérias-primas principais: água (x_1), Castanha-do-Brasil (x_2) e Macadâmia (x_3), que são as variáveis “independentes”, e como variável resposta, “dependente”, analisou-se a composição proximal dos extratos (matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos) observando-se o comportamento de cada resposta quando alterações nas proporções das misturas propostas pelo planejamento foram executadas. A Tabela 9 mostra os resultados obtidos das variáveis resposta para cada mistura proposta pelo delineamento.

Tabela 9. Valores médios de composição proximal para cada experimento proposto pelo planejamento experimental para misturas simplex centroide.

Experimento	Matéria Seca	Lipídeos	Cinzas	Proteínas	Carboidratos
1	13,51 ^f ±0,20	8,21 ^g ±0,10	0,49 ^f ±0,01	2,10 ^e ±0,24	2,70 ^c ±0,14
2	48,46 ^a ±0,80	35,57 ^c ±0,03	1,46 ^a ±0,01	7,39 ^a ±0,24	4,05 ^b ±0,75
3	47,72 ^a ±0,11	36,38 ^b ±0,03	0,87 ^{de} ±0,03	4,79 ^c ±0,05	5,68 ^a ±0,15
4	33,93 ^d ±0,23	25,35 ^f ±0,07	0,96 ^c ±0,02	5,66 ^b ±0,38	1,96 ^c ±0,57
5	32,55 ^e ±0,16	25,64 ^e ±0,19	0,80 ^e ±0,06	3,71 ^d ±0,08	2,39 ^c ±0,22
6	46,47 ^b ±0,30	36,68 ^a ±0,06	1,14 ^b ±0,03	5,93 ^b ±0,22	2,72 ^c ±0,33
7	37,71 ^c ±0,01	28,87 ^d ±0,11	0,92 ^{cd} ±0,01	5,70 ^b ±0,15	2,23 ^c ±0,04

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

O Experimento 1, onde a água teve sua maior proporção sugerida pelo delineamento, as variáveis respostas apresentaram seus menores valores de concentração, com exceção dos carboidratos. Quando o somatório dos teores de Castanha-do-Brasil e Macadâmia foram iguais a 50% (Experimentos 2 e 3) da proporção com água, notou-se que os teores de todas as respostas apresentaram valores mais elevados.

Os dados obtidos permitiram testar os modelos linear, quadrático e cúbico especial. A análise de variância (ANOVA) foi realizada entre os modelos, ao nível de 5% ($p < 0,05$), para verificar o grau de significância do modelo. O coeficiente de determinação experimental (R^2) e os coeficientes de determinação ajustado (R_A^2), parâmetros que mostram o grau de variabilidade do modelo, também foram verificados para escolha do melhor modelo. Quanto

mais próximo à unidade são os coeficientes de determinação, melhor é o ajuste aos dados. A Tabela 10 mostra os resultados de valor-p e os R^2 e R_A^2 dos três modelos testados para as variáveis respostas estudadas.

Tabela 10. Valor-p, coeficientes de determinação experimental (R^2) e coeficientes de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta.

Variável Resposta	Modelo	Valor-p	R^2	R_A^2
Matéria Seca	Linear	0,0001	0,9871	0,9856
	Quadrático	0,0001	0,9993	0,9991
	Cúbico Especial	0,2689	0,9994	0,9991
Lipídeos	Linear	0,0001	0,9769	0,9743
	Quadrático	0,0001	0,9985	0,9980
	Cúbico Especial	0,0001	0,9999	0,9999
Cinzas	Linear	0,0001	0,9705	0,9672
	Quadrático	0,0010	0,9846	0,9819
	Cúbico Especial	0,0017	0,9919	0,9898
Proteínas	Linear	0,0001	0,9234	0,9149
	Quadrático	0,0001	0,9715	0,9664
	Cúbico Especial	0,0041	0,9832	0,9790
Carboidratos	Linear	0,0091	0,4065	0,3406
	Quadrático	0,0001	0,9223	0,8963
	Cúbico Especial	0,1259	0,9346	0,9066

O modelo cúbico especial não foi significativo ($p > 0,05$) para os dados da matéria seca e carboidratos. O R^2 e R_A^2 tiveram valores próximos à unidade para todos os modelos, exceto para o modelo linear referente aos carboidratos, o que confirma um bom ajuste. Na Tabela 11 são apresentados os modelos matemáticos que descrevem o comportamento do teor de matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos, respectivamente, em função da concentração dos teores de água (x_1), Castanha-do-Brasil (x_2) e Macadâmia (x_3) em pseudocomponentes. Os coeficientes não significativos ($p > 0,05$) foram eliminados de cada modelo, um por vez, iniciando-se pelo coeficiente com o valor-p mais elevado e em seguida, a análise de ajuste dos modelos foi realizada somente com os termos significativos. O modelo quadrático foi que melhor se ajustou aos dados de matéria seca e carboidratos, enquanto o modelo cúbico foi o que se adequou aos teores de lipídeos, cinzas e proteínas nas misturas propostas pelo delineamento uma vez que esse modelos foram significativos e apresentaram coeficiente de determinação experimental e coeficiente de determinação ajustado elevados.

Tabela 11. Modelos matemáticos para a composição proximal em função dos teores de água (x_1), Castanha-do-Brasil (x_2) e Macadâmia (x_3) (em pseudocomponentes) em extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

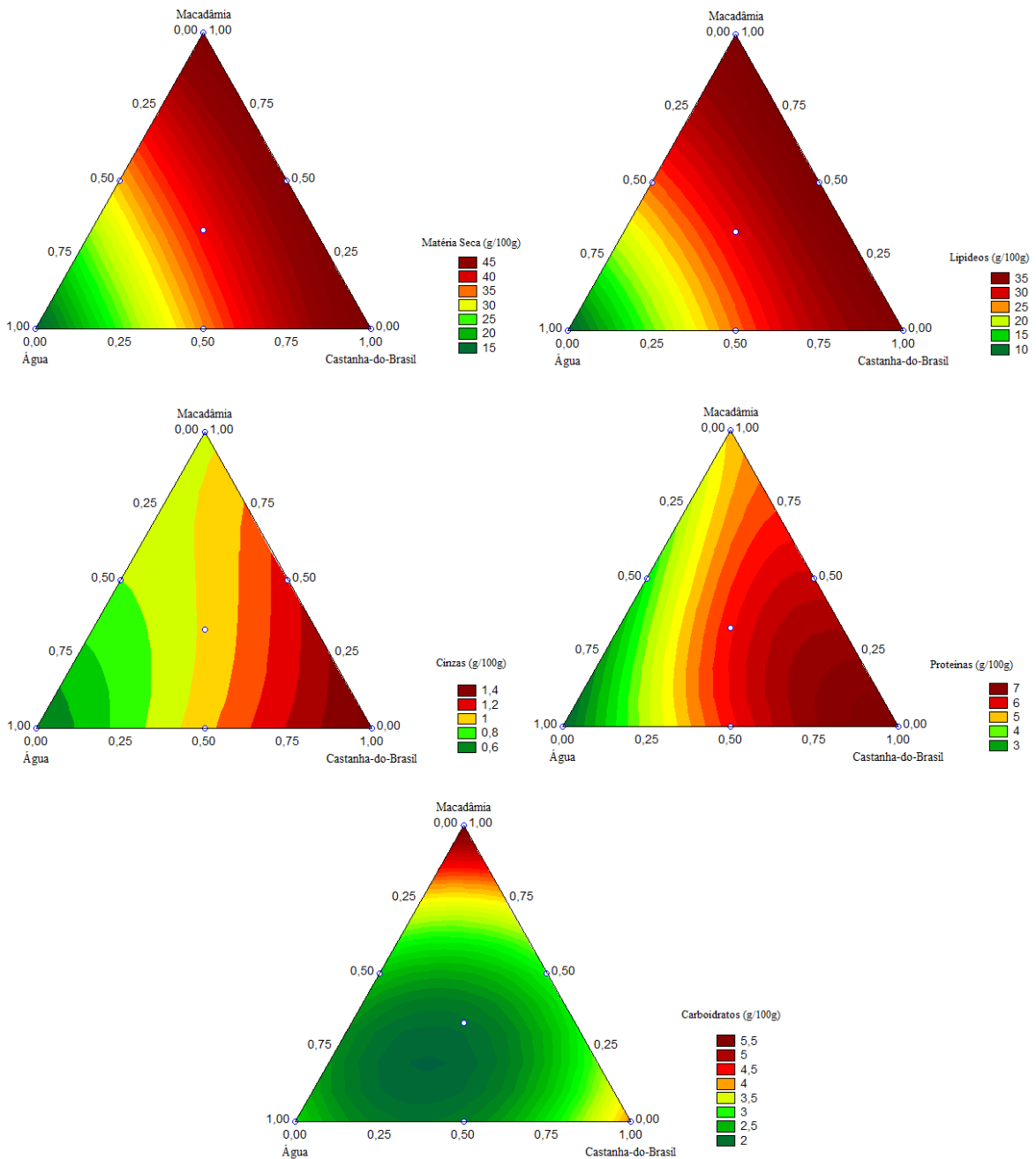
Variável Resposta	Modelo
Matéria Seca	$y = 13,53x_1 + 48,48x_2 + 47,74x_3 + 11,38x_1x_2 + 7,35x_1x_3 - 6,90x_2x_3$
Lipídeos	$y = 8,21x_1 + 35,57x_2 + 36,38x_3 + 13,85x_1x_2 + 13,39x_1x_3 + 2,80x_2x_3 - 32,15x_1x_2x_3$
Cinzas	$y = 0,49x_1 + 1,45x_2 + 0,86x_3 + 0,49x_1x_3 - 1,90x_1x_2x_3$
Proteínas	$y = 2,20x_1 + 7,32x_2 + 4,82x_3 + 3,58x_1x_2 + 13,94x_1x_2x_3$
Carboidratos	$y = 2,67x_1 + 4,02x_2 + 5,64x_3 - 5,02x_1x_2 - 6,53x_1x_3 - 7,94x_2x_3$

Cada componente produziu, individualmente, efeito sinérgico em todas as variáveis respostas. A interação entre a água e Castanha-do-Brasil (x_1x_2) possuiu efeito sinérgico na resposta da matéria seca, lipídeos e proteína e apresentou-se não significativa no teor de cinzas. Já para a interação entre água e Macadâmia (x_1x_3), observou-se sinergia nos modelos para matéria seca, lipídeos e cinzas. A sinergia entre Castanha-do-Brasil e Macadâmia (x_2x_3) também foi constatada no modelo proposto para o teor de lipídeos, entretanto, esta interação implica na diminuição dos teores de matéria seca e carboidratos visto que apresenta efeito antagônico. Todas as interações apresentaram efeito antagônico no modelo proposto para o teor de carboidrato, entretanto o coeficiente de determinação experimental. A interação entre os três componentes da mistura ($x_1x_2x_3$) não foi significativa nos modelos propostos para matéria seca e carboidratos e, portanto, não influenciam diretamente nos teores destes componentes. Esta interação tem efeito antagônico nos teores de lipídeos e cinzas, e sinérgico no teor de proteínas.

A Figura 7 apresenta as curvas de nível, resultantes dos modelos gerados para matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos em função das diferentes proporções de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia em pseudocomponentes. As curvas de nível de cor verde estão na região onde as respostas têm menor valor numérico e as mesmas se encontram onde a componente água tem sua maior proporção na mistura, ou seja, quanto maior a proporção de água, menor serão os teores de composição proximal dos extratos.

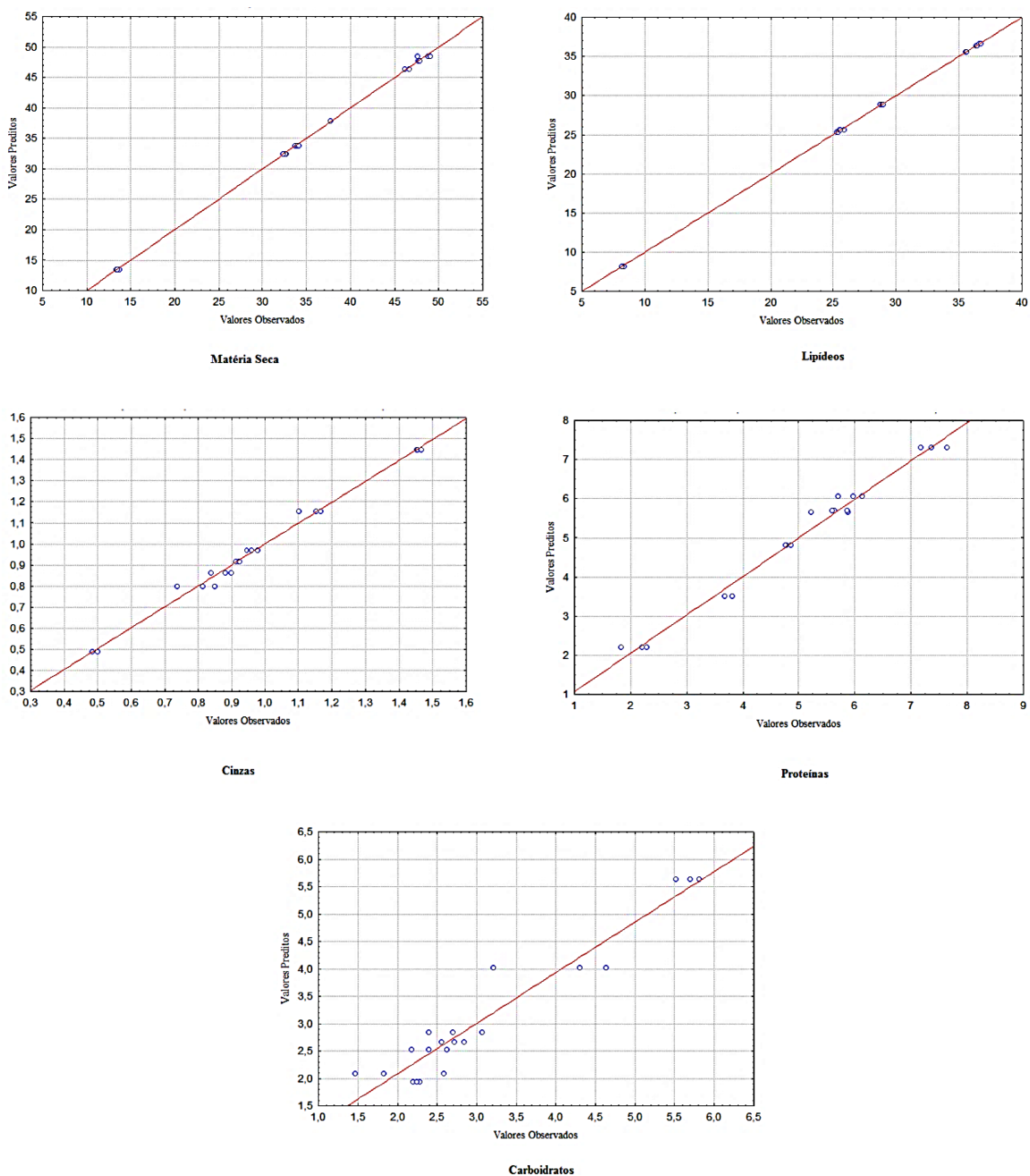
Com a relação ao teor de cinzas e proteínas, observa-se que o vértice onde se encontra a maior concentração de Castanha-do-Brasil (0, 1, 0) apresenta curvas de nível de cor vermelha, sendo este componente o responsável por elevar a quantidade desses compostos nos extratos hidrossolúveis.

Figura 8. Curvas de nível para composição proximal (matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos) dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)



Além do valor-p e do R^2 e R_A^2 , para verificar a qualidade do ajuste dos modelos, utilizou-se também análise gráfica entre os valores observados experimentalmente versus valores preditos pelo modelo, bem como o teste da falta de ajuste. A Figura 8 apresenta os gráficos obtidos através dos valores observados e preditos.

Figura 9. Valores observados versus valores preditos para matéria seca, lipídeos, cinzas, proteína e carboidratos dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)



*A linha diagonal, em vermelho, representa a concordância exata.

Os pontos são distribuídos ao acaso próximos da linha, demonstrando excelente concordância entre os dados, o que também pode ser corroborado pelo teste de falta de ajuste realizado. Uma vez que o modelo cúbico tem o número de parâmetros igual ao número de experimentos distintos, não há grau de liberdade o suficiente para que o teste seja executado (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010), portanto o teste de falta de ajuste para o modelo de teor de lipídeos não foi realizado por tal motivo. A Tabela 12 apresenta o valor-p obtido no teste de falta de ajuste através da análise de variância de cada variável dependente.

Tabela 12. Valor-p para o teste de falta de ajuste dos modelos para a composição proximal em extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Matéria Seca	Lipídeos	Cinzas	Proteínas	Carboidratos Totais
0,269	n.c.*	0,442	0,131	0,126

*n.c.= não calculado.

Todos os valores-p foram maiores que 0,05 logo, o teste de falta de ajuste não foi significativo ao nível de 5%. Com estas estimativas, mesmo não tendo sido realizado o teste para o modelo de teor de lipídeos, observa-se que os modelos representaram de modo satisfatório os dados observados.

3.3.2. Validação dos modelos matemáticos de composição proximal dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia

Executou-se três experimentos, em triplicata, a fim de comprovar a validade dos modelos. Na Tabela 13 são apresentadas as proporções de pseudocomponentes e concentração real dos extratos hidrossolúveis analisados.

Tabela 13. Proporção de água (x_1), Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) (x_2) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) (x_3), em pseudocomponentes, e concentração real dos extratos hidrossolúveis.

Experimento	Pseudocomponente			Concentração Real (%)		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
V ₁	2/3	1/6	1/6	70	15	15
V ₂	1/6	2/3	1/6	55	30	15
V ₃	1/6	1/6	2/3	55	15	30

Verificou-se que todos os valores observados experimentalmente foram próximos aos valores preditos (Tabela 13) pelos modelos matemáticos. Portanto, os modelos propostos para os teores de composição proximal podem ser considerados válidos e com alta capacidade preditiva.

Tabela 14. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos de validação dos modelos matemáticos de composição proximal.

Variável Resposta	Experimento	Observado	Predito	Erro (%)
Matéria Seca	V ₁	26,87±0,18	26,94	0,26
	V ₂	43,03±0,62	43,23	0,46
	V ₃	42,50±0,13	42,53	0,07
Lipídeos	V ₁	19,85±0,06	19,97	0,60
	V ₂	32,78±0,18	32,77	0,03
	V ₃	33,24±0,06	33,14	0,30
Cinzas	V ₁	0,72±0,01	0,73	1,39
	V ₂	1,16±0,11	1,17	0,86
	V ₃	0,97±0,03	0,92	5,15
Proteínas	V ₁	4,12±0,10	4,15	0,73
	V ₂	6,63±0,13	6,71	1,21
	V ₃	5,17±0,04	5,16	0,19
Carboidratos	V ₁	2,18±0,26	1,88	13,76
	V ₂	2,45±0,75	2,44	0,41
	V ₃	3,12±0,15	3,15	0,96

3.3.3. Caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia

As determinações de pH, acidez e parâmetros de cor, que envolvem a luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, foram realizadas. A Tabela 15 apresenta os dados obtidos dos sete experimentos propostos pelo planejamento simplex centroide.

Tabela 15. Valores médios dos parâmetros físicos para cada experimento proposto pelo planejamento experimental para misturas simplex centroide.

Experimento	pH	Acidez*	Luminosidad e	Cromaticidad e	Ângulo Hue
1	5,51 ^e ±0,02	1,72 ^c ±0,0 2	83,90 ^d ±0,19	6,07 ^d ±0,04	87,64 ^a ±0,0 1
2	6,04 ^b ±0,02	3,45 ^a ±0,1 1	82,64 ^e ±0,19	9,25 ^a ±0,47	74,88 ^e ±0,7 5
3	5,91 ^{cd} ±0,0 1	5,91 ^b ±0,0 1	90,40 ^a ±0,07	8,00 ^b ±0,05	80,80 ^c ±0,1 3
4	6,06 ^b ±0,01	2,65 ^b ±0,1 1	77,43 ^f ±0,21	7,00 ^c ±0,11	74,77 ^e ±0,2 1
5	5,90 ^d ±0,04	3,66 ^a ±0,1 1	89,68 ^b ±0,44	6,40 ^d ±0,07	79,28 ^d ±0,1 1
6	5,96 ^c ±0,03	2,78 ^b ±0,1 1	86,15 ^c ±0,14	8,36 ^b ±0,03	72,99 ^f ±0,0 2
7	6,18 ^a ±0,01	2,77 ^b ±0,0 2	82,37 ^e ±0,04	6,56 ^{cd} ±0,02	82,43 ^b ±0,0 7

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. *% de ácido oleico.

O pH dos extratos hidrossolúveis variou de 5,51 a 6,18, o que caracterizou o produto como levemente ácido. No Experimento 2 e 3 a quantidade de água foi mantida e houve somente a variação na proporção de amêndoas da mistura. Nota-se que uma maior concentração de Castanha-do-Brasil nos extratos elevou o pH, e o mesmo comportamento pode ser observado nos Experimentos 4 e 5. De maneira contrária, o mesmo ocorreu com acidez. Macadâmia em maior concentração contribuiu para o aumento da acidez dos extratos hidrossolúveis.

A luminosidade é expressa pela variável L*, que assume valor 0 para o preto absoluto e 100 para o branco total. É expressa graficamente por uma reta vertical perpendicular ao centro de um círculo (AUTRAN; GONÇALEZ, 2006). Os valores encontrados experimentalmente variaram entre 77,43 e 90,40, que são valores que se encontram próximos ao branco. Nos experimentos cinco e seis, a concentração de Macadâmia foi mantida constante enquanto variou-se água e Castanha-do-Brasil, observando-se que uma maior concentração de Castanha-do-Brasil exerce uma redução na luminosidade do extrato hidrossolúvel.

A cromaticidade (Croma) representa o comportamento da saturação de cor na amostra, onde valores para próximos à 0 expressam cores mais acinzentadas, enquanto que próximos a 60, cores mais intensas e vívidas (BEM *et al.*, 2012). O maior valor encontrado

para este parâmetro dentre as misturas analisadas foi igual a 9,25, ou seja, todos os experimentos estudados têm coloração próxima ao acinzentado.

O ângulo Hue, ou ângulo de cor ($^{\circ}\text{H}$) pode variar de 0° a 360° , sendo que o 0° corresponde à cor vermelha, 90° corresponde ao amarelo, 180° ao verde e 270° ao azul (SOUZA, 2010). Neste trabalho, todos os extratos hidrossolúveis elaborados através do planejamento tipo simplex centroide, tiveram valores próximos a 90° e uma vez que a luminosidade de todos os experimentos indica cor próxima ao branco, os extratos hidrossolúveis de Castanha-do-Brasil e Macadâmia apresentam cor branco amarelada de acordo com os valores encontrados para a luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue.

A partir dos dados observados experimentalmente, realizaram-se os testes de adequação aos modelos linear, quadrático e cúbico especial, e, através da análise de variância, observou-se a significância dos modelos. O R^2 e R_A^2 também foram avaliados para observação do ajuste dos modelos. A Tabela 16 apresenta os dados de valor-p e os coeficientes de determinação para os três modelos testados em cada um dos cinco parâmetros de caracterização física estudados.

Tabela 16. Valor-p, coeficientes de determinação experimental (R^2), coeficientes de determinação ajustados (R_A^2) de cada modelo testado para cada variável resposta.

Variável Dependente	Modelo	p	R^2	R_A^2
pH	Linear	0,0032	0,4718	0,4131
	Quadrático	0,0001	0,9354	0,9192
	Cúbico Especial	0,0001	0,9919	0,9892
Acidez	Linear	0,0467	0,2886	0,2095
	Quadrático	0,0001	0,9438	0,9297
	Cúbico Especial	0,0001	0,9851	0,9802
Luminosidade (L*)	Linear	0,0001	0,6944	0,6604
	Quadrático	0,0001	0,9845	0,9794
	Cúbico Especial	0,0001	0,9979	0,9970
Cromaticidade (C*)	Linear	0,0001	0,8317	0,8130
	Quadrático	0,0001	0,9441	0,9301
	Cúbico Especial	0,0005	0,9758	0,9677
Ângulo Hue (°H)	Linear	0,0001	0,6279	0,5866
	Quadrático	0,2316	0,7181	0,6241
	Cúbico Especial	0,0001	0,9974	0,9962

Observa-se que o modelo linear apesar de ser significativo ($p > 0,05$) para as cinco variáveis estudadas com relação a caracterização física apresentou baixos valores de coeficiente de determinação experimental e coeficiente de determinação ajustado. O modelo quadrático não foi significativo ($p > 0,05$) apenas para os dados referentes ao ângulo Hue e também apresentou coeficientes de determinação menores que os observados para o modelo cúbico. Para todas as variáveis resposta analisadas, o modelo cúbico foi o que melhor se ajustou aos dados uma vez que o mesmo se apresenta significativo ao nível de 5% ($p < 0,05$) e com altos valores de R^2 e R_A^2 . Após a exclusão dos coeficientes não significativos, um por vez, iniciando-se pelo coeficiente de menor significância, obteve-se os modelos matemáticos apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Modelos para a caracterização física em função dos teores de água (x_1), castanha-do-brasil (x_2) e macadâmia (x_3) (em pseudocomponentes) em extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Variável Resposta	Modelo
pH	$y = 5,51x_1 + 6,04x_2 + 5,91x_3 + 1,16x_1x_2 + 0,79x_1x_3 + 4,04x_1x_2x_3$
Acidez	$y = 1,74 + 3,47x_2 + 2,57x_3 - 6,02x_1x_3 - 0,98x_2x_3 - 10,25x_1x_2x_3$
Luminosidade	$y = 83,90x_1 + 82,64x_2 + 90,40x_3 - 23,39x_1x_2 + 10,10x_1x_3 - 1,50x_2x_3 - 44,17x_1x_2x_3$
Cromaticidade	$y = 6,07x_1 + 9,16x_2 + 7,91x_3 - 2,46x_1x_2 - 2,39x_1x_3 - 16,75x_1x_2x_3$
Ângulo Hue	$y = 87,64x_1 + 74,88x_2 + 80,80x_3 - 25,96x_1x_2 - 19,77x_1x_3 - 19,40x_2x_3 + 231,29x_1x_2x_3$

Em todos os modelos, cada variável independente aumentou o valor numérico da resposta visto que todos os coeficientes são positivos. Uma vez que o pH é inversamente proporcional a acidez, observou-se que as interações quadráticas e cúbicas, quando significativas, apresentaram sinergia nos valores de pH e valores antagônicos no modelo para acidez. Com relação aos parâmetros colorimétricos, a interação entre água e Castanha-do-Brasil (x_1x_2) impactou de forma negativa às respostas de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, enquanto que a interação entre água e Macadâmia (x_1x_3), impactou de forma positiva exceto para cromaticidade. A interação entre Castanha-do-Brasil e Macadâmia não foi significativa ($p > 0,05$) no modelo para a cromaticidade e nos modelos para luminosidade e ângulo Hue, causou efeito antagônico. A interação dos três componentes ($x_1x_2x_3$) teve significância ($p < 0,05$) em todos os modelos, impactando antagonicamente nos valores de luminosidade e cromaticidade, e sinergicamente na resposta do ângulo Hue.

A falta de ajuste foi calculada para os modelos matemáticos de pH, acidez titulável, e cromaticidade. Não foi possível realizar o teste da falta de ajuste nos modelos para luminosidade e ângulo Hue uma vez que o número de experimentos foi igual ao número de parâmetros do modelo (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 2010). A Tabela 18 mostra os valores p para os modelos em que a falta de ajuste pode ser observada. Uma vez que o resultado deste teste se mostrou não significativo ($p > 0,05$), observou-se que o modelo teve um bom ajuste aos dados experimentais.

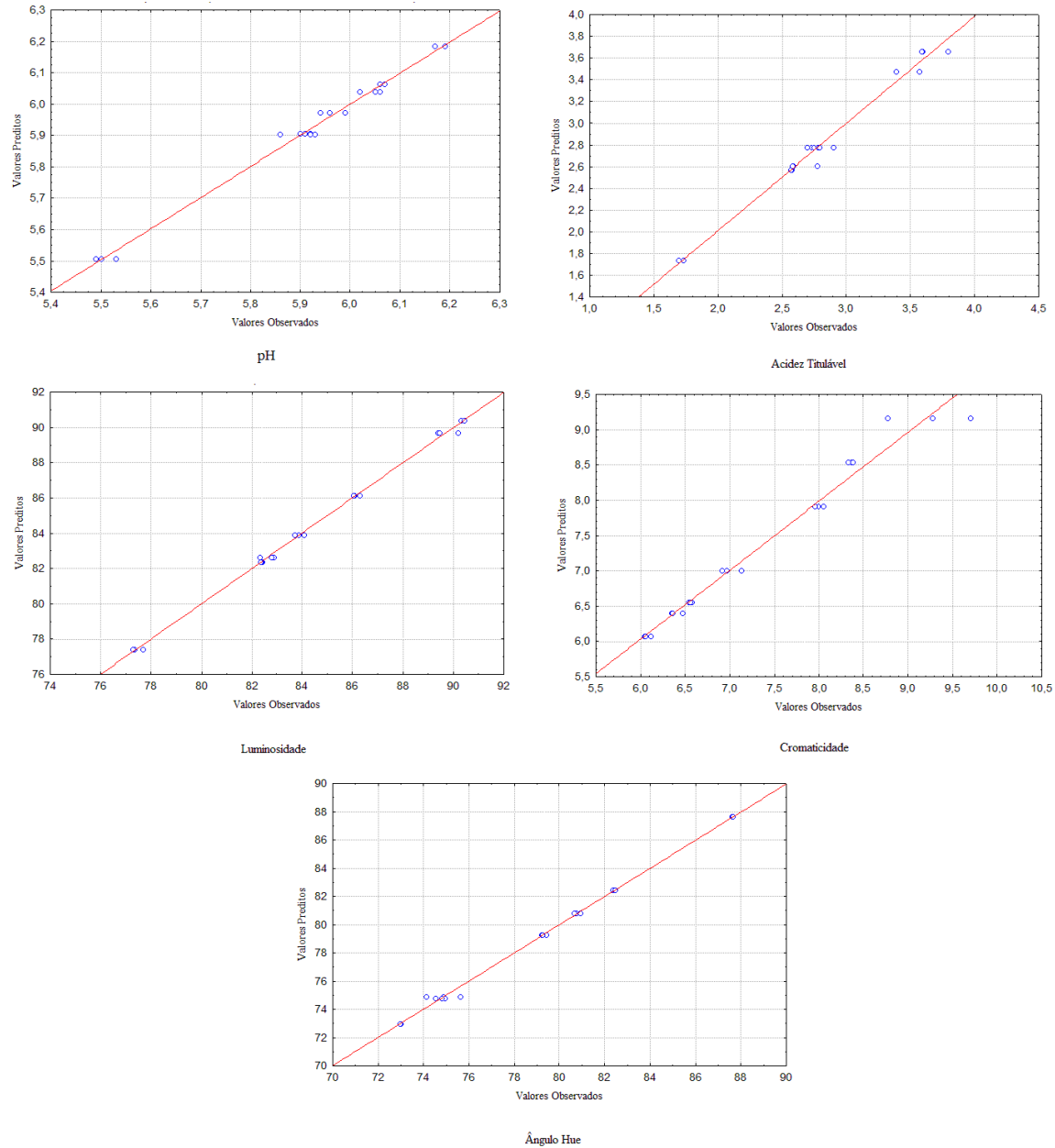
Tabela 18. Valor-p para teste de falta de ajuste dos modelos para a caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

pH	Acidez Titulável	Luminosidade	Cromaticidade	Ângulo Hue
0,393	0,332	n.c.*	0,061	n.c.*

*n.c.= não calculado.

A análise de ajuste dos modelos também foi realizada utilizando gráficos de valores observados experimentalmente versus valores preditos pelo modelo matemático obtido. A Figura 9 apresenta estes gráficos para as cinco variáveis respostas em questão. Os pontos são distribuídos de maneira uniforme em torno da linha vermelha que representa a concordância exata entre os dados, portanto os modelos matemáticos construídos apresentam boa qualidade de ajuste aos dados experimentais.

Figura 10. Valores observados versus valores preditos para pH, acidez titulável, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

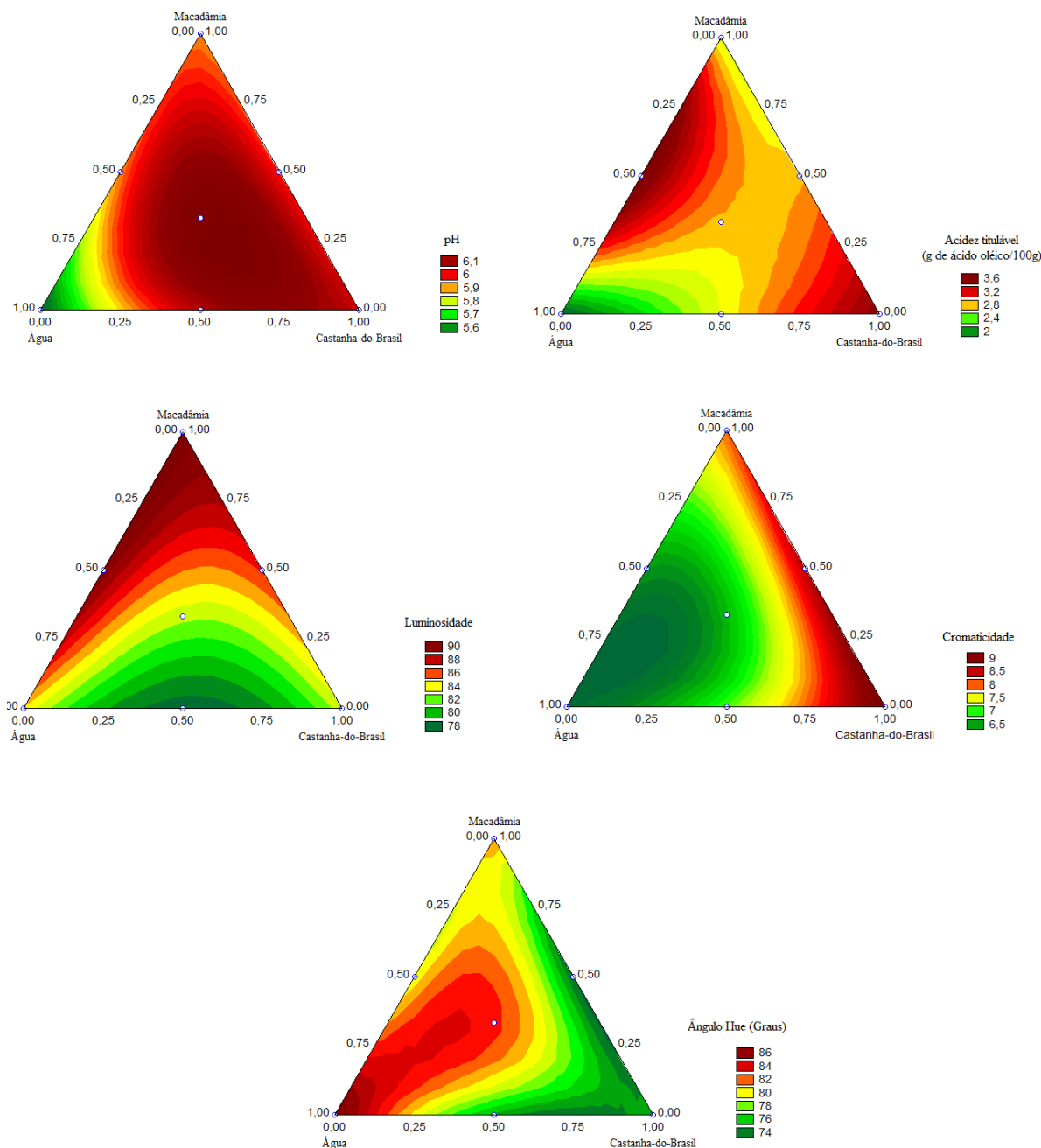


*A linha diagonal vermelha representa a concordância exata.

As curvas de nível são apresentadas na Figura 10. Observa-se que os maiores valores para pH, região vermelha da figura, região central e próxima aos vértices que correspondem a Castanha-do-Brasil e Macadâmia, apresentam maior efeito sobre a resposta do pH. Com relação à acidez, nota-se que a Castanha-do-Brasil também tende a aumentar o valor deste parâmetro. Tal comportamento também é observado na curva de nível resposta

de cromaticidade. Observa-se um aumento de acidez total titulável quando as proporções, em pseudocomponentes de água, variam entre 0,25 e 0,75, sendo é igual a zero para Castanha-do-Brasil.

Figura 11. Curvas de nível resposta para caracterização física (pH, acidez, luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue) dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)



As curvas de nível resposta para a luminosidade mostram que as misturas compostas pela proporção mínima de Castanha-do-Brasil, e com variação da proporção de

água e Macadâmia entre 0 e 0,75, causam aumento nos valores de luminosidade, ou seja, são misturas com coloração mais próximas ao branco.

Com relação à cromaticidade, observa-se que os menores valores para este parâmetro encontram-se na região de cor verde claro que se inicia próxima ao centroide (1/3, 1/3, 1/3) e tem valor número mínimo próximo ao vértice correspondente onde o componente água tem sua maior concentração dentro do planejamento (1, 0, 0). Portanto, maiores proporções de água nas formulações dos extratos contribuem para a diminuição de cromaticidade e, logo, a cor dos produtos obtidos serão cores menos saturadas.

Analisando as curvas de nível resposta para o ângulo Hue, observa-se que a diminuição da proporção de Castanha-do-Brasil e Macadâmia e, conseqüentemente, aumento da proporção de água, impactam de maneira positiva nos valores de ângulo Hue. Portanto, formulações que são mais diluídas tendem a apresentar coloração amarela mais intensa do que as formulações nas quais as nozes estão em maiores proporções.

3.3.4. Validação dos modelos matemáticos de caracterização física dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia

Três formulações foram processadas com o intuito de comparar os valores obtidos experimentalmente com os valores preditos pelos modelos. A Tabela 19 mostra os resultados obtidos observados em laboratório e os valores preditos pelos modelos.

Tabela 19. Valores observados experimentalmente e valores preditos pelos modelos matemáticos para os experimentos de validação dos modelos matemáticos de caracterização física.

Variável Resposta	Experimento	Observado	Predito	Erro (%)
pH	V ₁	5,96±0,08	5,95	0,17
	V ₂	6,13±0,01	6,15	0,33
	V ₃	6,03±0,01	6,06	0,50
Acidez*	V ₁	2,61±0,18	2,62	0,38
	V ₂	2,84±0,11	2,90	2,11
	V ₃	2,99±0,12	2,95	1,34
Luminosidade	V ₁	82,81±0,12	82,44	0,45
	V ₂	80,17±0,08	80,84	0,84
	V ₃	87,77±0,04	87,51	0,30
Cromaticidade	V ₁	6,17±0,02	6,04	2,11
	V ₂	7,87±0,03	7,79	1,02
	V ₃	6,99±0,01	7,17	2,58
Ângulo Hue	V ₁	85,69±0,07	83,04	3,09
	V ₂	71,67±0,20	76,69	7,00
	V ₃	81,69±0,08	80,16	1,87

*% de ácido oleico

Com base nestes resultados, verifica-se que os modelos além de serem altamente significativos, e com altos valores para os coeficientes de determinação experimental e ajustado, também têm alta capacidade preditiva, visto que os valores observados experimentalmente são próximos aos valores preditos pelos modelos.

3.4. PERFIL SENSORIAL DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

Os Testes de Aceitação e Intenção de Compra com os sete experimentos propostos pelo planejamento experimental, acrescido dos três experimentos utilizados para validação dos modelos matemáticos, foram realizados no Laboratório de Análises Físicas e Sensoriais (LAFISE) da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Goiás (UFG), com 30 provadores não treinados.

Apesar da existência de dados suficientes para construção de modelos matemáticos para odor, cor, sabor, impressão global e Intenção de Compra, esta análise estatística não foi apresentada visto que os modelos não apresentaram bom ajuste aos dados experimentais. Este fato este que é comum para avaliação sensorial, pois trata-se de uma pesquisa sobre a opinião do consumidor e os dados coletados geralmente apresentam grandes variações.

Portanto, realizou-se o teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, para verificar a diferença entre as médias. A Tabela 20 apresenta a média das notas atribuída a cada atributo sensorial estudado.

Tabela 20. Teste de Aceitação e Intenção de Compra para diferentes formulações de extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Experimento	Odor	Cor	Sabor	Impressão Global	Intenção de Compra
1	6,00 ^{abc} ±1,53	6,87 ^{ab} ±2,01	5,07 ^{ab} ±2,30	5,33 ^{ab} ±2,07	3,00 ^a ±1,14
2	6,57 ^{ab} ±1,38	6,53 ^{ab} ±1,78	6,03 ^{ab} ±1,63	6,30 ^{ab} ±1,32	3,40 ^a ±0,86
3	6,13 ^{abc} ±1,57	7,13 ^{ab} ±1,57	6,33 ^{ab} ±1,79	6,60 ^a ±1,59	3,30 ^a ±1,06
4	6,67 ^{ab} ±1,52	7,00 ^{ab} ±1,34	5,87 ^{ab} ±2,05	6,27 ^{ab} ±1,70	3,27 ^a ±1,05
5	5,67 ^{bc} ±1,35	6,60 ^{ab} ±1,43	4,87 ^b ±2,00	5,53 ^{ab} ±1,43	2,63 ^a ±0,93
6	5,30 ^c ±1,24	6,27 ^b ±1,39	5,30 ^{ab} ±2,02	5,73 ^{ab} ±1,48	2,97 ^a ±1,03
7	7,00 ^a ±1,20	7,20 ^{ab} ±1,21	6,27 ^{ab} ±1,89	6,33 ^{ab} ±1,73	3,23 ^a ±1,25
8*	6,77 ^{ab} ±1,38	7,60 ^a ±1,04	6,53 ^a ±1,91	6,67 ^a ±1,60	3,40 ^a ±1,16
9*	6,40 ^{abc} ±1,71	6,63 ^{ab} ±1,43	5,77 ^{ab} ±1,68	6,13 ^{ab} ±1,50	3,03 ^a ±0,89
10*	6,10 ^{abc} ±1,60	6,17 ^b ±1,68	4,77 ^b ±2,45	5,20 ^b ±2,20	2,67 ^a ±1,40

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. *Experimentos utilizados na validação dos modelos matemáticos.

Os atributos odor, cor e sabor tiveram notas entre 5,0, “Nem gostei/Nem desgostei”, e 7,0, “Gostei moderadamente”, e mesmo havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias, são notas aceitáveis para extratos hidrossolúveis (SANTOS, 2015). Os experimentos três e oito tiveram as maiores médias, 6,60 e 6,67, respectivamente, no atributo impressão global e não apresentaram diferença significativa ($p < 0,05$). Visto que a Formulação 3, além de mais onerosa, devido a maior proporção de castanhas em relação a Formulação 8, também se apresentou com maior viscosidade. Portanto, elegeu-se a Formulação 8 (Experimento 8) como a mais aceitável sensorialmente pelos provadores, além de ser a formulação com a maior nota para a Intenção de Compra, 3,40, que se situa entre “Talvez comprasse/Talvez não comprasse” e “Possivelmente compraria”. Entretanto, as médias das notas atribuídas à Intenção de Compra não apresentaram diferença estatística significativa ($p > 0,05$).

4. CONCLUSÃO

Os modelos matemáticos obtidos neste estudo explicam de maneira satisfatória o comportamento da composição proximal e características físicas dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia por apresentarem altos coeficientes de determinação experimental e ajustados, bem como falta de ajuste não significativa ($p > 0,05$).

Observou-se que o aumento na proporção de amêndoas nas misturas ternárias elevou os teores de composição proximal do produto bem como no aumento da acidez do produto. A análise sensorial com dez formulações, sete propostas pelo delineamento e três utilizadas na validação experimental dos modelos, mostrou a boa aceitação do extrato hidrossolúvel preparado com 70% de água, 15% de Castanha-do-Brasil e 15% de Macadâmia, por apresentar a maior média realizada através do Teste de Aceitação com auxílio de escala hedônica de nove pontos, bem como o teste de intenção de compra por parte dos provadores.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official. Analytical Chemistry**. Washington: AOAC, v. 1 e 2, 2010.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (UNITED STATES OF AMERICA). **Official methods of analysis**, Washington, ed. 18, 2016.

AUTRAN, C. S.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização colorimétrica das madeiras de muirapiranga (*Brosimum rubescens*Taub.) e de seringueira (*Hevea brasiliensis*, clone tjir 16 müll arg.) visando à utilização em interiores. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 445-451, 2006.

BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R.E. **Como fazer experimentos: Pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Porto Alegre: Editora Bookman, 4ª Ed., 2010.

BEM, M. S.; POLESI, L. F.; SARMENTO, S. B. S.; ANJOS, C. B. P. Physicochemical and sensory properties of pasta prepared legume flours hidrotermally treated. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 23, n. 1, p. 101-110, 2012.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v. 37, p.911-917, 1959..

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução **RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Decreto - Lei nº 51.209 de 1961**. Determina a alteração da denominação de “Castanha-do-Pará” para “Castanha-do-Brasil”. **Diário Oficial**. Brasília, DF, março de 1961.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-Pará. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 617-622, 2000.

CORNELL, J. A. **Experiments with Mixtures: Designs, Models and the Analysis of Mixture Data**, 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 2002.

DALASTRA, I. M. PIO, R.; ENTELMANN, F.A.; WERLE, T.; ULIANA, M. B.; SCARPARE FILHO, J. A. Germinação de sementes de noqueira-Macadâmia submetidas à incisão e imersão em ácido giberélico. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.3, p.641-645,

2010.

FARIA, J. A. F. **Vida-de-prateleira de alimentos processados assepticamente**. In: II SEMINÁRIO LATINO AMERICANO – AVANÇOS EM TECNOLOGIA PARA O PROCESSAMENTO E ENVASAMENTO ASSÉPTICO DE ALIMENTOS. Campinas, 1993. P. 7-28.

FERREIRA, E.S.; SILVEIRA, C.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). **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 17, n. 2, p. 203-208, 2006.

FREITAS, J. B.; NAVES, M. M. V. Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. **Revista Nutrição**, v.23, n.2, p.269-279, 2010.

GARCIA, P. C. **Caracterização química e avaliação da atividade antioxidante in vitro de Macadâmia (*Macadâmia Integrifolia*, Maiden e Betche) submetida aos processos de secagem e de torra**. 2010. 75f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GENTRY, A. **A nova culinária vegana**. Ed. Alaúde, 2015.

HANDA, C. L.; LIMA, F. S.; GUELFY, M. F. G.; GEORGETTI, S. R.; IDA, E. L. Multiresponse optimisation of the extraction solvent system for phenolics and antioxidant activities from fermented soy flour using a simplex-centroid design. **Food Chemistry**, v. 197, p. 175-184, 2016.

HART, F. L.; FISHER, H. L. **Modern food analysis**. New York: Springer Verlag , 1971. 283 p.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted macadamia flours. **Food Chemistry**, v. 110, p. 23–30, 2008.

LOCATELLI, M; VIEIRA, A. H.; GAMA, M. M. B.; FERREIRA, M. G. R. **Cultivo da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) em Rondônia**. 2005. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Castanha/CultivodaCastanhadoBrasilRO/index.htm>>. Acesso em: 20 de setembro de 2016.

MARROCOS, P. C. L.; MARTINEZ, H. E. P.; VENEGAS, V. H. A.; BRUCKNER, C. H.; CANTARUTTI, R. B. Interação P x Fe em mudas de Macadâmia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 2, p. 323-325, 2003.

McGUIRE, R. G. Reporting of objective colour measurements. **HortScience**, v. 27, n. 12, p. 1254-1255, 1992.

PENONI, E. S. **Caracterização produtiva, física e química de cultivares de noqueira-**

Macadâmia. 2011. 71f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PENONI, E. S.; PIO, R.; RODRIGUES, F. A.; MARO, L. A. C.; COSTA, F. C. Análise de frutos e nozes de cultivares de noqueira-Macadâmia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.41, n.12, p.2080-2083, dez, 2011.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A.F. **Planejamento de experimento e otimização de processos: uma estratégia seqüencial de planejamentos.** Campinas: Casa do Pão, 2005. 326p.

SANTOS, M. G. **Avaliação de estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*).** 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015

SANTOS, O. V. **Estudo das potencialidades da Castanha-do-Brasil: produtos e subprodutos.** 2012. 214 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SILVA, A. F. **Efeito das etapas de processamento sobre a qualidade de castanhas-do-brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.): avaliação da fração lipídica e contaminação por aflatoxinas.** 2014. 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7.** UFCG, Campina Grande, 2013.

SILVA, H. C. **Planejamento para misturas aplicado a formulações cerâmicas multicomponentes.** 2006. 97f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro Tecnológico – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SOUZA, B.A.M. **Indução floral do abacaxi ornamental *Ananas Bracteatus* no norte de Minas Gerais.** 2010. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, Minas Gerais, 2010.

TOLEDO PIZA, P. L. B. **Segunda etapa de secagem da Macadâmia.** 2000. 93 f.. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Botucatu.

USDA. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **National Nutrient Database for Standard Reference**, release 22, Nutrient Data Laboratory: 2009.

YANG, J. Brazilian nuts and associated health benefits: A review. **LWT – Food Science and Technology**, Sheffield, v. 42, n. 10, p.1573-1580, 2009.

CAPÍTULO 3

ESTUDO DA ESTABILIDADE DO EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia*)

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a estabilidade do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadâmia integrifolia*), com base na composição proximal, aspectos microbiológicos e sensoriais, durante 28 dias de estocagem sob refrigeração. Foram realizadas avaliações de pH, acidez titulável, cor, contagem de Bolores e Leveduras, *Salmonella* sp., Coliformes a 35 °C e a 45 °C e Estafilococos Coagulase Positiva, bem como determinações sensoriais através dos Testes de Aceitação, mediante uso da Escala Hedônica de 9 pontos, e Intenção de Compra. Foi observado uma diminuição no teor de umidade e proteínas o que refletiu no aumento do teor de carboidratos, uma vez que o teor de lipídeos e cinzas se mantiveram constantes. O pH variou nas duas primeiras semanas de armazenamento e em seguida se manteve constante, não sendo constatada diferença significativa ($p > 0,05$) na acidez total titulável. O extrato hidrossolúvel apresentou coloração branco-amarelada durante todo o estudo. Uma vez que não houve crescimento dos micro-organismos pesquisados, o extrato hidrossolúvel atendeu a legislação brasileira vigente, quanto às contagens máximas permitidas de micro-organismos para o leite de coco, e a notas da análise sensorial para Odor, Cor, Sabor e Aceitação tiveram média em torno de 6. A Intenção de Compra foi acima de 60% ao longo de todo o estudo sendo estimada a vida útil do produto em 28 dias.

Palavras-Chave: Estabilidade; Extrato Hidrossolúvel; pH; Acidez.

1. INTRODUÇÃO

A Castanha-do-Brasil é muito utilizada entre os nativos da região Amazônica na preparação de pratos típicos. O extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil, por exemplo, é consumido puro, principalmente na alimentação infantil e em pratos regionais. Já a sua farinha é utilizada na preparação de biscoitos, doces, bolos e no enriquecimento de outras farinhas (FERBERG et al., 2002).

A Macadâmia é consumida principalmente crua ou torrada, salgada ou não. Têm sido muito utilizada como matéria-prima para extração de óleos fornecendo coprodutos de baixo teor lipídico para a indústria farmacêutica (JITNGARMKUSOL; HONGSUWANKUL; TANANUWONG, 2008).

Diversos estudos à cerca de extratos hidrossolúveis de castanhas foram desenvolvidos em escala de laboratório (PEREIRA, 1976; SOUZA et al., 1987; REGITANO-d'ÁRCE; SIQUEIRA, 1995; CARDARELLI et al., 1995; CARDARELLI; OLIVEIRA, 2000).

Uma dificuldade encontrada quanto ao processamento dos extratos hidrossolúveis está relacionada a manutenção de sua estabilidade. A estabilidade de um produto ou vida útil é definida como o tempo em que este, conservado em determinadas condições de temperatura, apresenta alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação vigente, não gerando risco biológico, físico ou químico para quem os ingerir (VITALI; QUAST, 2004).

Com o intuito de prolongar a vida útil de um alimento, o resfriamento, que é a operação unitária na qual a temperatura do alimento é reduzida entre -1 e 8 °C, se faz necessário visto que diminui as taxas de variações microbiológicas. Tal operação unitária causa mudanças mínimas nas características sensoriais e nutricionais dos alimentos e resulta positivamente na aceitação do consumidor que podem classificar os alimentos resfriados como convenientes, de alta qualidade, naturais, frescos e de alta qualidade (FELLOWS, 2006).

Visto a importância do estudo da estabilidade de um produto alimentício, a pesquisa se fez necessária para observar e avaliar o comportamento, ao longo do tempo, dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia. Tal avaliação teve por objetivo verificar a qualidade física, físico-química e biológica do produto desenvolvido a fim de se observar se este atendia aos requisitos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA) e também da demanda sensorial dos consumidores, sendo estes os determinantes no estabelecimento do fim da vida útil dos extratos hidrossolúveis.

2. MATERIAL E MÉTODOS

As matérias-primas utilizadas na elaboração dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia, os aditivos para processamento, sendo estes a carboximetilcelulose sódica, ácido cítrico, benzoato de sódio e sorbato de potássio, e as embalagens de vidro de 220 mL, bem como as tampas metálicas do tipo coroa, estão descritos no item 2.1. Materiais, no Capítulo 2.

A partir dos resultados obtidos no planejamento para misturas, conforme apresentado no Capítulo 2, e a análise dos resultados do perfil sensorial dos extratos hidrossolúveis (item 2.2.7. Análise sensorial do Capítulo 2), utilizou-se, para a formulação dos extratos hidrossolúveis que seriam avaliados quanto à estabilidade ao longo do tempo, o experimento que obteve a melhor média de notas nos testes sensoriais, sendo então a composição da mistura definida em 70% de água, 15% de Castanha-do-Brasil e 15% de Macadâmia.

Testes preliminares indicaram notas reduzidas para os Testes de Aceitação e de Intenção de Compra por parte dos provadores. A fim de se melhorar as características sensoriais do produto, em especial o sabor, e pensando em um aumento de sua vida útil, optou-se por formular o novo produto acrescentando 10% de açúcar, expressos em sacarose, conforme já realizado em outros estudos para que se obtivesse o mesmo resultado (CARNEIRO; AREVALO-PINEDO, 2013; D'OLIVEIRA, 2015).

Realizou-se a aditivação utilizando carboximetilcelulose, na proporção de 0,20% (p/v) e ácido cítrico, sorbato de potássio e benzoato de sódio, todos estes na proporção de 0,05% (p/v).

A produção dos extratos hidrossolúveis seguiu os procedimentos tecnológicos realizados conforme descrito no item 2.2.4. Produção dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia, descrito no Capítulo 2 deste trabalho.

2.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

As análises de composição proximal foram realizadas no dia 0 e dia 28. Os percentuais de umidade, cinzas e proteína, no qual o fator de conversão foi de 5,38, foram determinados conforme metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2010). O teor de lipídeos foi avaliado conforme metodologia proposto por Bligh e Dyer

(1959) e carboidratos segundo BRASIL (2003). Utilizou-se o teste t para verificar se houve diferença significativa entre as médias ao nível de 5% ($p \leq 0,05$) com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013).

2.2. ESTABILIDADE FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

A cada sete dias, uma embalagem/amostra foi retirada para avaliação dos parâmetros cor, pH e acidez titulável durante 28 dias. A determinação instrumental da cor foi realizada através do método de colorimetria, utilizando-se colorímetro eletrônico (Colorquest II, Hunter Associates Laboratory Inc, Reston, Virgínia, Estados Unidos) no qual foram determinados os valores de luminosidade e coordenadas a^* e b^* para cálculo de cromaticidade e ângulo Hue. O potencial hidrogeniônico (pH) foi determinado por leitura direta em potenciômetro modelo B474 (Micronal, São Paulo, São Paulo, Brasil), segundo técnica nº 981.12 da AOAC (2010). A acidez total titulável foi determinada por titulometria e o resultado expresso em porcentagem de ácido oleico (IAL, 2008). Utilizou-se o teste de Tukey para verificar se houve diferença significativa entre as médias ao nível de 5% ($p \leq 0,05$) com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013).

2.3. ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

Após o processamento dos extratos hidrossolúveis, as amostras eram acondicionadas em refrigerador Electrolux modelo RE 28 (Electrolux do Brasil S.A., Curitiba, Paraná) com temperatura média de 4 °C. No tempo 0, ou seja, no dia do processamento, e a cada 7 dias de estocagem, até o 28º dia de vida útil, uma embalagem/amostra era retirada do armazenamento e encaminhada, com auxílio de uma caixa térmica, para o Laboratório de Controle Higiênico Sanitário da Faculdade de Nutrição da UFG. As amostras selecionadas, aleatoriamente, foram submetidas as determinações de Coliformes a 35 °C, Coliformes a 45 °C, Coagulase Positiva e presença de *Salmonella* sp. em 25 ml de amostra, estabelecidas no item 23.a da Resolução RDC nº 12 para leite de coco (BRASIL, 2001). Realizou-se também a contagem de Bolores e Leveduras a fim de se assegurar maior segurança biológica do produto. As análises microbiológicas seguiram os procedimentos descritos pela *American Public Health Association* (APHA, 2001).

As demais amostras, ou seja, as que não foram escolhidas aleatoriamente para as avaliações microbiológicas, foram submetidas à avaliação visual, observando-se se havia ou não, defeito ou alteração aparente no produto.

2.4. AVALIAÇÃO SENSORIAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

Da mesma forma como descrito no item 2.2.2.7 do Capítulo 2, amostras dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia foram avaliadas sensorialmente ao longo do tempo, sendo as avaliações realizadas no tempo 0, 7, 14, 21 e 28. Tais tempos referem-se aos dias de armazenamento refrigerado nos quais o produto foi submetido.

As análises sensoriais foram realizadas no Laboratório de Análise Físicas e Sensoriais (LAFISE) da Faculdade de Nutrição da UFG. Porções de 20 mL dos extratos foram servidas aos provadores em cabines individuais, de forma aleatória, em copos descartáveis codificados com número de três dígitos conforme protocolo descrito por IAL (2008). Para cada avaliação realizada, 30 provadores não treinados foram submetidos aos testes. É importante ressaltar que as amostras de extratos hidrossolúveis somente eram encaminhadas para a avaliação sensorial após aprovação e segurança das análises microbiológicas.

A Aceitação do produto foi estimada utilizando-se uma escala hedônica de 9 pontos, na qual o provador atribuiu notas de 1, definida como “Detestei”, à 9, definida como “Adorei”, para os atributos de cor, odor, sabor e impressão global.. Utilizou-se o teste de Tukey para verificar se houve diferença significativa entre as médias, ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013).

Para a Intenção de Compra, foi utilizada uma escala variando de 1, definida como “Certamente não compraria”, à 5, definida como “Certamente compraria”, e calculou-se o percentual de julgadores que atribuíram notas maiores ou igual a 3.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO PROXIMAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

Na Tabela 21 são apresentados os valores médios de umidade, cinzas, proteína, lipídeo e carboidrato para os extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia.

Tabela 21. Composição proximal dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Tempo (Dia)	Umidade*	Proteínas*	Cinzas*	Lipídeos*	Carboidratos*
0	66,84 ^a ± 0,06	3,71 ^a ± 0,02	0,56 ^a ± 0,01	17,61 ^a ± 0,18	11,28 ^b ± 0,25
28	66,25 ^b ± 0,11	2,82 ^b ± 0,08	0,55 ^a ± 0,01	17,64 ^a ± 0,17	12,74 ^a ± 0,31

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste t. *Expressos em g/100g.

Observou-se que, ao longo do período estudado, houve uma diminuição significativa ($p < 0,05$) nos teores de umidade e proteínas. Não houve alteração significativa no teor de lipídeos o que se permite afirmar que as reações de auto-oxidação e foto-oxidação não são favorecidas pela composição do produto e nem pelas condições de armazenamento adotadas.

A diminuição significativa ($p < 0,05$) nos teores de proteínas pode ser justificada por proteases que não foram desnaturadas durante o processamento térmico, ou ainda, pela atividade de proteases ativadas termicamente. Entretanto, necessita-se de estudos sobre o perfil enzimático da Castanha-do-Brasil e Macadâmia para sustentar esta justificativa.

Carneiro e Arévalo-Pinedo (2013) relataram para bebida mista de extrato de Babaçu e extrato de Castanha-do-Brasil adicionada de 11% de açúcar valores inferiores para umidade (59 g/100g), lipídeos (12 g/100g) e valores superiores para proteínas (4,5 g/100g), cinzas (0,66 g/100g). Essas diferenças podem ser justificadas pelas diferentes matérias primas dos componentes básicos da formulação, bem como as proporções utilizadas.

Uma vez que os carboidratos neste trabalho foram determinados numericamente por diferença, a diminuição dos teores de umidade e proteínas refletiram no aumento do valor de carboidratos, conforme apresentado na Tabela 21.

3.2. ESTABILIDADE FÍSICA E FÍSICO-QUÍMICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

A Tabela 22 apresenta as variações de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue durante o período de vida útil dos extratos hidrossolúveis.

Tabela 22. Parâmetro de cor do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Tempo (Dia)	Luminosidade	Cromaticidade	Ângulo Hue*
0	81,74 ^c ± 0,20	7,56 ^c ± 0,19	84,00 ^{ab} ± 0,23
7	78,53 ^d ± 0,32	8,38 ^d ± 0,06	83,15 ^b ± 0,43
14	83,67 ^a ± 0,07	10,01 ^a ± 0,07	83,27 ^b ± 0,18
21	83,94 ^a ± 0,02	9,59 ^b ± 0,06	83,77 ^{ab} ± 0,10
28	82,67 ^b ± 0,18	9,22 ^c ± 0,12	84,57 ^a ± 0,62
Média	82,11 ± 2,03	8,95 ± 0,92	83,75 ± 0,62

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. *Dados em graus.

Observou-se que a luminosidade do produto variou de 78,53 a 83,94, indicando que o produto apresentou tonalidade mais clara, ou seja, mais próxima à cor branca. A cromaticidade, parâmetro que indica a saturação da cor, variou de 7,56 a 10,01. Os valores mostram que a coloração não foi intensa, visto que no espaço de cor esta região se mostra acinzentada. O ângulo Hue fornece a informação de tonalidade, sendo que valores próximos a 90° indicam a cor amarela. Com base na média aritmética desses parâmetros, ao longo do acompanhamento da vida útil, observou-se que o produto obteve coloração branco-amarelada durante o período estudado.

Na Tabela 23 são apresentados os resultados de pH e acidez (% de ácido oleico) dos extratos hidrossolúveis. Houve um aumento do pH nos primeiros sete dias de estocagem e, após 14 dias, o mesmo se manteve estável até o fim do estudo. Valores de pH próximos aos encontrados nesta pesquisa foram encontrados por Santos (2015) analisando a estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil durante 21 dias. Apesar de uma ligeira diminuição na acidez depois de 7 dias, a partir então, a mesma se manteve constante e não foi verificada diferença estatística ($p > 0,05$) durante os 28 dias de análise.

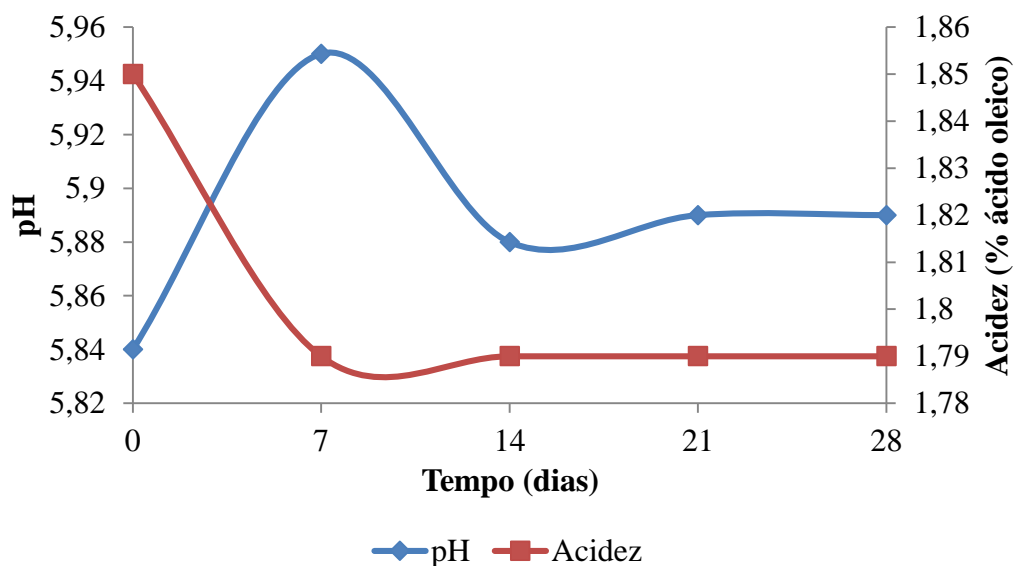
Tabela 23. pH e acidez dos extratos hidrossolúveis à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Tempo (Dia)	pH	Acidez*
0	5,84 ^c ± 0,01	1,85 ^a ± 0,10
7	5,95 ^a ± 0,01	1,79 ^a ± 0,01
14	5,88 ^b ± 0,01	1,79 ^a ± 0,01
21	5,89 ^b ± 0,01	1,79 ^a ± 0,01
28	5,89 ^b ± 0,01	1,79 ^a ± 0,01
Média	5,89 ± 0,04	1,80 ± 0,04

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. *% ácido oleico.

A acidez total titulável mostrou uma correlação no comportamento com relação ao pH, havendo decréscimo acentuado do dia zero para o dia 7, e depois permaneceu constante até o final do estudo, sendo inversamente proporcional ao pH, que se elevou no entre o tempo 0. Na Figura 12 está apresentado o gráfico que descreve este comportamento.

Figura 12. Comportamento do pH e da acidez titulável do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e de Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) durante 28 dias.



Carneiro e Arévalo-Pinedo (2013) observaram o mesmo comportamento de variação no pH e acidez em estudo da vida útil de bebidas mistas de extrato de Babaçu (*Orbignya phalerata*) e Castanha-do-Brasil.

3.3. ESTABILIDADE MICROBIOLÓGICA DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

A Tabela 24 mostra os resultados das avaliações microbiológicas dos extratos hidrossolúveis, não sendo observado crescimento dos micro-organismos pesquisados durante a vida útil do produto.

Segundo Kornacki e Johnson (2001), a presença de Coliformes em alimentos processados é um indicador útil de contaminação pós-sanitização e pós-processamento. Uma vez que o crescimento de Coliformes totais e termotolerantes não foram detectados, pode-se afirmar que, tanto os processos de higienização da Castanha-do-Brasil, da Macadâmia, e das garrafas de vidro e tampas, quanto à pasteurização do produto envasado, foram satisfatórios. Da mesma forma é possível afirmar, observando-se os resultados dos testes microbiológicos, que não houve processo de recontaminação das embalagens e do produto nas etapas de manipulação durante o envase, bem como no período de avaliação da estabilidade sob condições controladas. Carneiro e Arévalo-Pinedo (2013), em estudo sobre bebidas mistas de extrato de Babaçu (*Orbignya phalerata*) e Castanha-do-Brasil, relatou que não houve crescimento de Coliformes e Bolores e Leveduras. Cardarelli e Oliveira (2000) não detectaram o crescimento desses micro-organismos em leite de Castanha-do-Pará com adição de conservantes. Santos (2015) também não detectou o crescimento de Coliformes Termotolerantes, *Salmonella* sp. e Esfilococos Coagulase Positiva em seu estudo sobre estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil, durante 21 dias de armazenamento refrigerado.

Tabela 24. Contagem de micro-organismos em extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Tempo (Dia)	Coliformes Totais (UFC/mL)	Coliformes Termotolerantes (UFC/mL)	<i>Salmonella</i> sp. (UFC/mL)	Estafilococos Coagulase Positiva (UFC/mL)	Bolores e Leveduras (UFC/mL)
0	< 10	< 10	Ausente	< 10	< 10
7	< 10	< 10	Ausente	< 10	< 10
14	< 10	< 10	Ausente	< 10	< 10
21	< 10	< 10	Ausente	< 10	< 10
28	< 10	< 10	Ausente	< 10	< 10

Parâmetros da legislação vigente (RDC nº12/2001) para o leite de coco: Coliformes Termotolerantes: <10² UFC/g e *Salmonella* sp.: Ausência em 25g.

3.4. ANÁLISE SENSORIAL DOS EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

As notas dos atributos de cor, odor, sabor, impressão global e Intenção de Compra do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia são apresentados na Tabela 25. Não foi verificada diferença significativa, ao nível de 5%, com relação ao atributo cor.

Segundo Kelles (2007) as empresas definem um ponto de corte “c” na escala hedônica adotada, que indica a “falha” do produto. Em outras palavras, uma unidade experimental do produto que receba uma avaliação em pontos (escore) menor ou igual a “c” no atributo “sabor”, por exemplo, é considerada inadequada para consumo em relação àquele atributo especificamente. Ressalte-se que como os escores são atribuídos separadamente à cada atributo, é possível que para uma mesma unidade avaliada em um determinado tempo, alguns atributos ainda estejam adequados ($\text{escore} > c$) enquanto que outros não estejam ($\text{escore} \leq c$). Definiu-se nesta pesquisa, que o fim da vida útil dar-se-ia quando a nota de impressão global fosse menor ou igual a 6 e a Intenção de Compra quando o somatório dos percentuais de notas 3, 4 e 5 fosse menor ou igual à 60%.

Apesar das diferenças significativas ($p < 0,05$) das médias de impressão global, as notas para este atributo se mantiveram acima de 6. No 28º dia a nota atribuída foi igual a 5,83, o que indicaria o fim da vida útil depois de decorridos 21 dias. Visto que o extrato hidrossolúvel a base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia manteve sua segurança biológica e a Intenção de Compra foi de 76,67%, definiu-se, portanto, a vida útil com estabilidade de 28 dias para o produto.

Tabela 25. Avaliação sensorial do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) durante 28 dias

Tempo (Dia)	Odor	Cor	Sabor	Impressão global	Intenção de Compra
0	5,53 ^b ± 2,18	6,60 ^a ± 2,09	5,80 ^b ± 2,41	6,07 ^b ± 1,95	56,67%
7	7,07 ^a ± 1,53	7,47 ^a ± 1,07	7,37 ^a ± 2,04	7,43 ^a ± 1,98	93,33%
14	6,67 ^{ab} ± 1,58	6,80 ^a ± 1,63	6,23 ^{ab} ± 1,94	6,40 ^{ab} ± 1,57	73,33%
21	5,97 ^{ab} ± 1,59	7,00 ^a ± 1,60	5,90 ^{ab} ± 2,62	6,50 ^{ab} ± 2,11	66,67%
28	6,37 ^{ab} ± 1,52	6,80 ^a ± 1,81	5,93 ^{ab} ± 1,86	5,83 ^b ± 1,66	76,67%
Média	6,32 ± 1,76	6,93 ± 1,68	6,24 ± 2,24	6,45 ± 1,92	73,33%

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Santos (2015) apresentou em seu estudo notas situando-se entre “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente” na Impressão Global e índices de 60% na Intenção de Compra de extrato hidrossolúvel a base de Castanha-do-Brasil. Ferberg et al. (2002) observaram que o extrato hidrossolúvel a base de Castanha-do-Brasil, com 3% de açúcar expressos em sacarose, alcançou maior frequência de notas 6, 7 e 8 dentre os tratamentos estudados no teste de Intensão de Compra.

Felberg et al. (2009) em estudos de bebida mista de extrato hidrossolúvel de Soja integral e extrato de Castanha-do-Brasil, constatou a preferência para formulações com 40% de extrato de Castanha-do-Brasil, com maior porcentagem de notas na escala hedônica entre “Gostei ligeiramente” e “Gostei muito”, valores estes correspondentes a maior do que 5.

4. CONCLUSÃO

O extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia obteve boa estabilidade microbiológica, visto que não houve crescimento de micro-organismos patogênicos ou deteriorantes, atendendo, assim, à legislação vigente para o leite de coco e corroborando a eficácia do tratamento térmico utilizado na conservação do produto.

A ausência do crescimento de micro-organismos durante o período estudado também permite afirmar que a embalagem de vidro com tampa metálica do tipo coroa garantiu a estabilidade microbiológica do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia.

Apesar da diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias obtidas nos parâmetros colorimétricos luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, tais valores estão no espaço de cor correspondente à cor branco-amarelado.

Necessita-se de estudos acerca do perfil enzimático de Castanha-do-Brasil e da Macadâmia para um possível esclarecimento sobre as alterações na composição proximal do extrato hidrossolúvel durante a estocagem, visto que as mesmas não se deram via micro-organismos.

Com os dados obtidos pelas análises microbiológicas e sensoriais, é possível afirmar que o produto tem uma vida útil de 28 dias.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington: American Public Health Association, 2001. 676 p.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. Washington: AOAC, v. 1 e 2, 2010.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**. v. 37, p.911-917, 1959.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 12, de 02 de janeiro de 2001**. Aprova o regulamento Técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Brasília, DF: ANVISA, 2001.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n. 360 de 23 de dezembro de 2003**. Aprova o regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados, tornando obrigatória a rotulagem nutricional. Brasília, DF: ANVISA, 2003.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J. Conservação do leite de castanha-do-pará. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, n. 4, p. 617-622, 2000.

CARDARELLI, H. R.; OLIVEIRA, A. J.; REGINATO -D´ARCE, M. A. B. **Controle microbiológico de extrato fluido de castanha-do-Pará (*Bertholletia excelsa*)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA, 17. 1995. Santos, Resumos... Santos: Sociedade Brasileira de Microbiologia, 1995. p. 211.

CARNEIRO, B. L. A.; ARÉVALO-PINEDO, A. . **Processamento e aceitabilidade de bebida mista de extrato “leite” de babaçu e de Castanha-do-Brasil**. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 9., 2013, Palmas. Anais... Palmas: Universidade Federal de Tocantins, 2013. p. 1 CD-ROM .

D´OLIVEIRA, A. C. **Desenvolvimento de bebida aromatizada da Baru (*Dipteryx alata Vogel*)**. 2015. 99f. Dissertação (Mestrado em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-oeste)-Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2015.

FELBERG, I; ANTONIASSI, R.; DELIZA, R.; FREITAS, S. C.; MODESTA, R. C. D. Soy and Brazilian nut beverage: processing, composition, sensory, and color evaluation. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 609-617, 2009.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**/P.J. Fellows; tradução Florencia Cladera Oliveira ... [et al.] - 2 ed. – Porto Alegre: Artemed, 2006.

FERBERG, I; CABRAL, L. C.; GONÇALVES, E. B.; DELIZA, R. Efeito das condições de extração no rendimento e qualidade do leite de Castanha-do-Brasil despeliculada. **Boletim CEPPA**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 75-88, 2002.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do instituto Adolfo Lutz: métodos**

químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

JITNGARMKUSOL, S.; HONGSUWANKUL, J.; TANANUWONG, K. Chemical compositions, functional properties, and microstructure of defatted Macadâmia flours. **Food Chemistry**, v. 110, p. 23–30, 2008.

KELLES, F. F. **Tempo de vida de prateleira de produtos alimentícios levando em conta erros de avaliação.** 2007. 293f. Dissertação (Mestrado em Estatística)- Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

KORNACKI, J. L.; JOHNSON, J. L. **Enterobacteriaceae, Coliforms and Escherichia coli as Quality and Safety Indicators.** In AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (Ed). Compendium of methods for the microbiological examination of foods. 4. ed. Washington: : American Public Health Association, 2001. 676 p.

PEREIRA, P.L. **Extratos solúveis da Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*, H.B.K.)** 1976. 43 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1976.

REGITANO-d´ARCE, M.A.B.; SIQUEIRA F. M. **Obtenção do leite e farinhas de castanha do Pará (*Bertholletia excelsa*).** In: CONGRESSO E EXPOSIÇÃO LATINO-AMERICANO SOBRE PROCESSAMENTO DE ÓLEOS E GORDURAS, 6., Campinas, 1995. Anais... Campinas: Sociedade Brasileira de Óleos e Gorduras, 1995. p. 265-267.

SANTOS, M. G. **Avaliação da estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*).** 2015. 78f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7.** UFCG, Campina Grande, 2013.

SOUZA, M.L. de; HOLANDA, L.F.F. de; MAIA, G.A.; JUNIOR, J.C.G.; FIGUEIREDO, R.W. de. Processamento e estabilidade do leite de amêndoa de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa* H.B.K.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 18, n.1, p.137-146, jun.1987.

VITALI, A. A.; QUAST, D. G. **Vida-de-prateleira de alimentos.** In: MOURA, S. C. S. R, GERMER, S. P. M. Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados 3ª edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 49-57.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia*)

RESUMO

O estudo do comportamento reológico de fluidos alimentícios não é somente útil como uma medida de qualidade, mas também fornece dados para uma possível aplicação no dimensionamento de equipamentos e tubulações. Visualizando o desenvolvimento de uma bebida mista a base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadâmia integrifolia*) para processamento em escala industrial, propôs-se o estudo de seu perfil reológico para a modelagem matemática que descrevesse o seu comportamento do escoamento, bem como a influência da temperatura na viscosidade aparente. Adotou-se a geometria placa-placa, com 50 mm de diâmetro e a taxa de deformação variando de 0 a 500 s⁻¹ com ciclo ascendente, descende e ascendente em três temperaturas, 25 °C sendo esta a temperatura ambiente, e a 45 °C que é temperatura da etapa de desintegração da Castanha-do-Brasil e Macadâmia com a água em liquidificador e 80 °C, temperatura de pasteurização da bebida. Utilizou-se a regressão não linear para estimativa de parâmetros e testes de adequação utilizando-se quadro modelos reológicos que pudessem descrever as curvas de escoamento de um alimento, sendo eles o modelo de Newton, Ostwald-de-Waele, Bingham e Herschel-Buckley. Observou-se que os dados experimentais se ajustaram ao modelo de Ostwald-de-Waele para as três temperaturas estudadas, uma vez que este modelo apresentou altos valores de coeficientes de determinação (R²) e baixo valores percentuais nas análises residuais. O índice de comportamento de escoamento foi menor do que a unidade à 25, 45, 80 °C e a viscosidade aparente diminuiu com o aumento da temperatura, o que caracterizou a bebida mista como um fluido não-newtoniano pseudoplástico.

Palavras-Chave: Extrato hidrossolúvel; Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), Macadâmia (*Macadamia integrifolia*), Reologia; Lei de Potência.

1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos continua se esforçando para oferecer novos produtos, e inovadores, com o objetivo de satisfazer as necessidades do consumidor. A crescente demanda por àqueles saudáveis tem desafiado o setor de alimentos e bebidas (MOREIRA et al., 2010).

O termo reologia foi criado como derivação do termo grego “*rheos*”, que significa fluir. A reologia é o estudo do escoamento e deformação dos materiais e esta definição foi aceita desde a criação da Sociedade Americana de Reologia, em 1929 (EGAWA, 2007).

Uma das principais funções da reologia é o desenvolvimento de métodos instrumentais que facilitem o conhecimento *à priori* da resposta do consumidor e a avaliação das propriedades texturais dos alimentos (LIMA, 2009)

O estudo da reologia dos alimentos fluidos é fundamental para as indústrias, pois através destes dados é possível controlar a qualidade do produto, determinar a vida útil e a funcionalidade dos ingredientes e, principalmente, poder determinar o tamanho e quantidade de agitadores, bombas, trocadores de calor, entre outros equipamentos da indústria de alimentos, em um projeto (STEFFE, 1996).

Fluidos têm comportamentos diferentes de escoamento, sendo o fluido newtoniano o mais simples deles uma vez que suas características não se alteram com o binômio taxa de deformação e tempo. Por outro lado, os fluidos chamados não newtonianos não possuem uma proporção entre a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação (MALKIN; ISAYEV, 2006).

Para a caracterização reológica, são utilizados modelos empíricos que, geralmente, são utilizados para relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação, facilitando os cálculos de engenharia (PEREIRA, 2013). A maioria dos fluidos alimentícios, por exemplo, apresentam comportamento pseudoplástico, em que a viscosidade, que independe do tempo, diminui com o aumento da taxa de deformação (RAO; RIZVI, 1994).

Desta forma, a fim de se estudar o comportamento reológico da bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia, foram realizadas determinações experimentais para se encontrar o modelo reológico que melhor se adequa às curvas de escoamento do produto, em três temperaturas distintas de processamento da bebida, supondo que estas possivelmente seriam utilizadas em uma escala piloto, ou mesmo industrial, de processamento. Tais determinações são de extrema importância para o melhor dimensionamento de equipamentos

e das condições de transferência de calor para o produto pensando, primeiramente, em sua segurança biológica nos processos de estabilidade térmica.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia foi processada e envasada de acordo com o descrito no Item 2. Material e Métodos, do Capítulo 3. A formulação da bebida foi realizada em uma proporção de 70% de água, 15% de Castanha-do-Brasil e 15% de Macadâmia, sendo tal proporção definida em função da melhor média de notas nos testes sensoriais estipulada pelos provadores.

A bebida foi ainda aditivada com 0,2% (p/v) de carboximetilcelulose sódica, 0,05% (p/v) de ácido cítrico, 0,05% (p/v) de benzoato de sódio, 0,05% (p/v) de sorbato de potássio e 10% (p/v) de açúcar, expressos em sacarose. A aditivação se fez necessária para dar maior estabilidade física e físico-química ao produto, aumentar de sua estabilidade biológica e melhorar as características sensoriais, em especial o sabor. Ressalta-se que os aditivos utilizados na formulação do produto atenderam as concentrações previstas na legislação para leite de coco (BRASIL, 2013).

2.1. ANÁLISE REOLÓGICA DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia*)

Um reômetro Physica modelo MCR 101 (Anton Parr, Ostfildern, Baden-Württemberg, Germany) foi utilizado, para determinar as curvas de escoamento em três temperaturas distintas, sendo a 25 °C, como a temperatura ambiente, a 45 °C, como a temperatura da etapa de desintegração da Castanha-do-Brasil e Macadâmia com a água em liquidificador, e a 80 °C, como sendo a temperatura de pasteurização da bebida mista. As temperaturas definidas foram mantidas constantes na placa inferior pelo sistema Peltier. As temperaturas foram definidas de modo a fornecer dados reológicos do produto para uma possível aplicação em escala industrial, sendo esses dados fundamentais para o dimensionamento de equipamentos e tubulações.

A geometria utilizada foi a de placa-placa, com 50 mm de diâmetro e a taxa de deformação variando de 0 a 500 s⁻¹, com ciclo ascendente, descendente e ascendente para eliminação da tixotropia conforme Silva et al. (2012). Pequenas porções da bebida mista foram distribuídas uniformemente sobre a placa inferior do equipamento e então submetidas a análise. Os dados submetidos à análise foram àqueles obtidos da média aritmética das três repetições da terceira rampa ascendente. Foram avaliados quatro modelos que são apresentados na Tabela 26.

Tabela 26. Modelos matemáticos para escoamento de fluidos

Modelo	Equação
Newton	$\tau = \mu \gamma$
Ostwald-De-Waele	$\tau = K \gamma^n$
Bingham	$\tau = \tau_0 + \eta_\infty \gamma$
Herschel-Bulkley	$\tau = \tau_0 + K \gamma^n$

Onde: τ = Tensão de cisalhamento (Pa), γ = taxa de deformação (s^{-1}), μ = viscosidade (Pa.s), K = índice de consistência ($Pa.s^n$), n = índice de comportamento do escoamento (adimensional), τ_0 = tensão limite de escoamento (Pa) e η_∞ = viscosidade plástica ($Pa.s^n$).

2.2. ANÁLISE DOS DADOS DO COMPORTAMENTO REOLÓGICO DA BEBIDA MISTA À BASE DE CASTANHA-DO-BRASIL E MACADÂMIA

Os dados da terceira rampa ascendente foram utilizados na análise de regressão não linear, com auxílio do software Statistica versão 7.0 (Statsoft, Oklahoma, Tulsa, EUA), para determinação do modelo que melhor se ajustava aos dados experimentais e também para se estimar os coeficientes de cada modelo.

Para a determinação do modelo matemático que melhor se ajusta aos dados, foram calculados o coeficiente de determinação (R^2), e, utilizando-se os dados da análise de resíduos, foi elaborada uma planilha com auxílio do software Microsoft Excel (Microsoft, Washington, Redmond, EUA) para cálculo de erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE), qui-quadrado (χ^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) utilizando as Equações 13, 14, 15 e 16, respectivamente, conforme descrito por Chisté et al.. (2012) e Talla (2014).

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|VO-VP|}{VO} \quad (\text{Equação 13})$$

$$SE(\%) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (VO-VP)^2}{N-p}} \quad (\text{Equação 14})$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (VO-VP)^2}{N-p} \quad (\text{Equação 15})$$

$$RQME = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (VO-VP)^2} \quad (\text{Equação 16})$$

Onde:

N= Número de dados obtidos.

VO= Valores observados experimentalmente.

VP= Valores preditos pelo modelo.

p= Número de parâmetros do modelo.

O teste de Tukey, para comparação de médias de viscosidade aparente a 25, 45, 80 °C foi realizado ao nível de 5% com auxílio do software ASSISTAT versão 7.7 (SILVA, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 27 são apresentados os parâmetros reológicos estimados, os coeficientes de determinação (R^2) e os erros calculados para os quatro modelos testados. Todos os modelos avaliados apresentaram altos valores para o R^2 , com valores maiores do que 0,96.

Tabela 27. Parâmetros reológicos estimados e fatores estatísticos calculados para os modelos reológicos da bebida mista à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*)

Modelo	Parâmetro Estimado	Temperatura			Fatores Estatísticos	Temperatura		
		25 °C	45 °C	80 °C		25 °C	45 °C	80 °C
Newton	μ^*	0,077	0,047	0,032	R^2	0,9670	0,9826	0,9908
					P (%)	17,4096	14,3480	12,4420
					SE	2,4785	1,1407	0,5836
					χ^2	6,1430	1,3013	0,3406
					RQME	2,4536	1,1293	0,5777
Ostwald-De-Waele	K^*	0,422	0,178	0,090	R^2	0,9995	0,9999	1,0000
					P (%)	3,8713	2,2151	1,5860
					SE	0,3000	0,0905	0,0362
					χ^2	0,0900	0,0082	0,0013
					RQME	0,2939	0,0887	0,0355
Bingham	τ_0^*	4,109	1,909	1,012	R^2	0,9908	0,9954	0,9980
					P (%)	40,2148	32,2137	14,6640
					SE	1,3248	0,5970	0,2727
					χ^2	1,7684	0,3564	0,0744
					RQME	1,3029	0,5849	0,2672
Herschel-Buckley	τ_0^*	-1,090	-0,300	0,059	R^2	0,9998	0,9999	1,0000
					P (%)	7,2901	4,1423	0,9732
					SE	0,2147	0,0650	0,0340
					χ^2	0,0461	0,0042	0,0012
					RQME	0,2082	0,0630	0,0330
Herschel-Buckley	K^*	0,560	0,206	0,086	SE	0,2147	0,0650	0,0340
					χ^2	0,0461	0,0042	0,0012
					RQME	0,2082	0,0630	0,0330
Herschel-Buckley	n^*	0,669	0,752	0,832	SE	0,2147	0,0650	0,0340
					χ^2	0,0461	0,0042	0,0012
					RQME	0,2082	0,0630	0,0330

*Parâmetros significativos ao nível de 1% de significância ($p < 0,01$)

Madamba, Driscoll e Buckle (1996) salientam que o R^2 não é capaz de, sozinho, determinar satisfatoriamente o melhor modelo, tornando-se viável, portanto a avaliação dos demais coeficientes calculados, para sua definição.

O fator erro médio relativo (P) é utilizado para avaliar o melhor ajuste de diferentes expressões matemáticas aplicadas aos dados experimentais. Geralmente, considera-se que valores de P abaixo de 10% indicam um ajuste razoável dos dados à equação (WANG; BRENNAN, 1991). Já para o desvio-padrão da estimativa (SE), foram considerados como satisfatórios neste trabalho um valor máximo de 1%.

Segundo Costa et al.. (2015), o teste de Qui-quadrado (χ^2) identifica a frequência com que um determinado acontecimento observado em uma amostra se desvia, significativamente ou não, da frequência com que ele é esperado. Molina-Filho et al.. (2006) afirmaram que quanto maior for o valor do χ^2 , maior será a discrepância entre os valores experimentais e o esperado.

A análise da Raiz do Quadrado Médio do Erro (RQME) é aplicada para determinação da acurácia do modelo onde, quanto menor o valor atribuído a este parâmetro, melhor o comportamento do modelo predito (HALLAK; PEREIRA FILHO, 2011).

O modelo que melhor se ajusta aos dados experimentais é aquele cujo R^2 é o mais próximo à unidade, e os fatores estatísticos P, SE, χ^2 e RQME, o mais próximo a nulidade.

O modelo de Ostwald-de-Waele, também conhecido como Lei de Potência, e o modelo de Herschel-Buckley foram os que melhor se adequaram aos parâmetros estabelecidos.

O desvio de “n” da unidade indica o grau de desvio do comportamento newtoniano, sendo que, se $n < 1$, o comportamento é de um pseudoplástico e se $n > 1$, de um dilatante (TONELI; MURR; PARK, 2005). Para ambos os modelos, o índice do comportamento do escoamento (n) estimado é menor que a unidade, o que caracteriza a bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia como um fluido pseudoplástico.

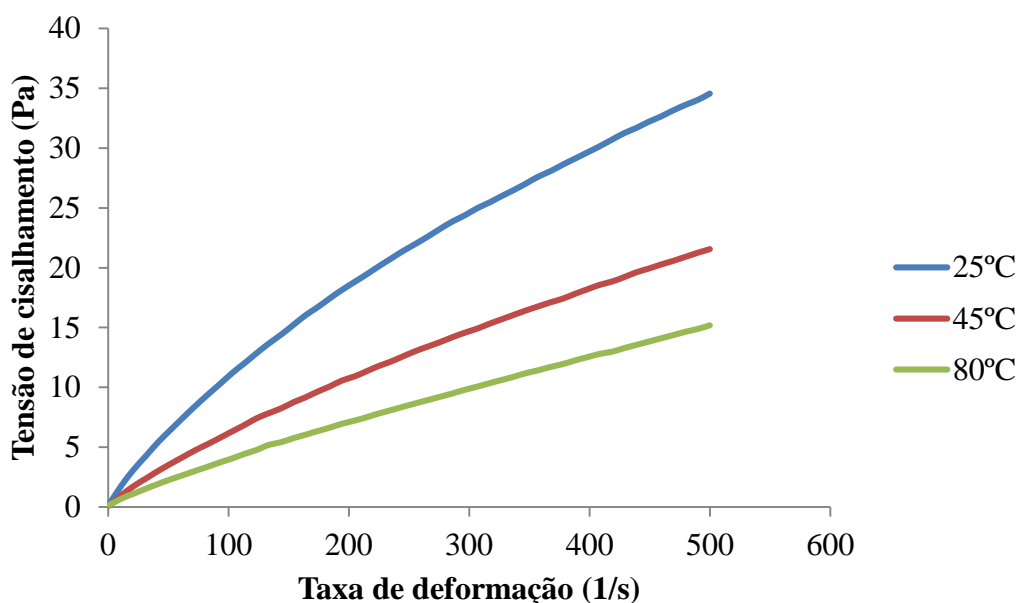
O modelo de Herschel-Buckley forneceu valores negativos para τ_0 nas temperaturas de 25 e 45 °C, o que, aparentemente, é incoerente visto que esse parâmetro é a tensão mínima de cisalhamento que deve ser aplicada para que o fluido comece a escoar. Na temperatura de 80 °C, a bebida mista comportou-se como pseudoplástico e também como um fluido de Herschel-Buckley devido a tensão limite de escoamento ter sido estimada em 0,059 Pa. Silva et al.. (2014) observou comportamento semelhante relacionado ao efeito do aumento de temperatura no comportamento reológico do extrato das amêndoas de cupuaçu que, à 4 °C, comportou-se como um fluido pseudoplástico ($n < 1$) e a 25 °C como um fluido dilatante ($n > 1$).

Segundo Capelli (2012) quando a tensão limite de escoamento é muito pequena, a mesma pode ser desprezada. Sendo assim, o modelo de Ostwald-de-Waele foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais obtidos nas temperaturas de 25, 45 e 80 °C e, portanto, é o modelo que melhor descreve o escoamento da bebida mista produzida neste estudo.

Santos (2015) observou que o extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil à 25 °C também apresentou comportamento pseudoplástico com índice de consistência ($K = 0,033$)

menor e índice do comportamento do escoamento maior ($n = 0,922$) que os encontrados neste trabalho. Esta diferença pode ser justificada pelas diferenças entre a proporção de água e amêndoas utilizadas na formulação das bebidas e também pelo fato de ser ter utilizado a Macadâmia como parte da composição do produto. Na Figura 13 está apresentado o reograma da bebida mista nas três temperaturas analisadas.

Figura 13. Curvas de escoamento da bebida mista à base de (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) a 25, 45, 80 °C.



As curvas de escoamento apresentadas na Figura 11 são típicas de um fluido pseudoplástico. Outros autores observaram o mesmo comportamento para o leite de coco (TIPVARAKARNKON; EINHORN-STOLL; SENGE, 2010; JIRAPEANGTONG; SIRIWATANAYOTHIN; CHIEWCHAN, 2005; TANGSUPHOOM; COUPLAND, 2008; SIMUANG; CHIEWCHAN; TANSAKUL, 2004).

Os dados da Tabela 28 mostram que a viscosidade diminui significativamente, ao nível de 5%, com o aumento da temperatura. Tal aumento promove a diminuição da viscosidade na fase líquida devido à elevação da mobilidade das partículas em suspensão (VIDAL, 2006).

Tabela 28. Viscosidade aparente da bebida mista à base de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) a 25, 45, 80 °C.

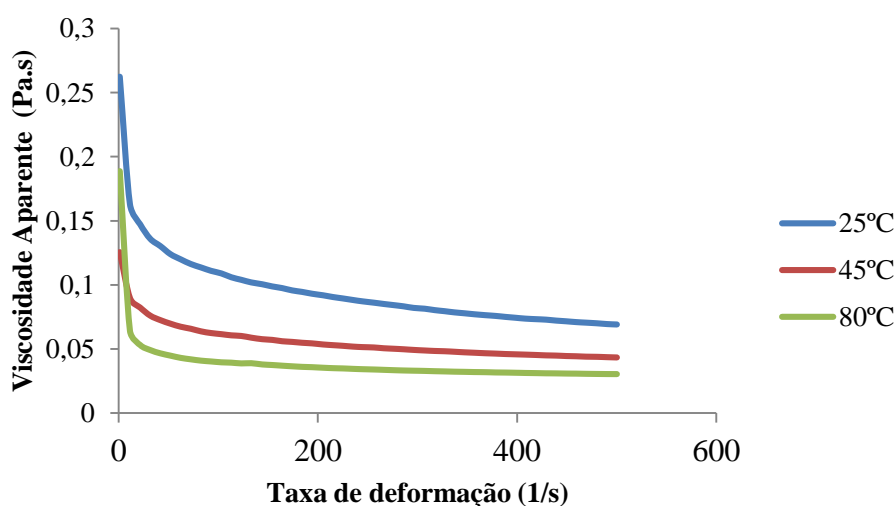
Temperatura (°C)	Viscosidade Aparente (Pa.s)
25	0,096 ^a ± 0,032
45	0,056 ^b ± 0,015
80	0,039 ^c ± 0,023

As médias seguidas pela mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey

A Figura 14 mostra que a viscosidade aparente diminui ao passo que a taxa de deformação aumentou. A viscosidade aparente decresceu com o aumento da taxa de deformação em todas as temperaturas estudadas, o que é característico do comportamento pseudoplástico. Sabe-se que, quanto menor a viscosidade de um fluido, menor será a perda de carga durante o escoamento, diminuindo os custos de potência com o bombeamento e, consequentemente, os gastos da produção (BEZERRA et al., 2009).

A redução da viscosidade aparente com o aumento da taxa de deformação pode ser justificada pela alteração estrutural da amostra devido às forças hidrodinâmicas geradas e o maior alinhamento das moléculas na direção da tensão aplicada (ALPARSLAN; HAYTA, 2002).

Figura 14. Curvas de viscosidade da bebida mista à base de (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*) em função da taxa de deformação a 25, 45, 80 °C.



4. CONCLUSÃO

O modelo reológico de Ostwald-de-Waele foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais nas três temperaturas avaliadas, visto que os valores de coeficiente de determinação (R^2) foram próximos a um, e os parâmetros estatísticos erro médio relativo (P), desvio-padrão da estimativa (SE), qui-quadrado (χ^2) e raiz do quadrado médio do erro (RQME) apresentaram valores inferiores à 4%.

Os índices de comportamento de escoamento determinados através dos modelos reológicos de Ostwald-De-Waele, apresentaram valores menores que a unidade, caracterizando a bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia como um fluido não newtoniano, com características pseudoplásticas.

Os valores dos índices de consistência reduziram com o aumento de temperatura, e os índices de comportamento de escoamento elevaram com o aquecimento.

A viscosidade aparente diminuiu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura. Este comportamento permite concluir que, caso submetido a um processo em escala piloto ou industrial, será necessário o aquecimento do produto para o seu deslocamento por tubulações e equipamentos, em especial quando submetido aos sistemas de embalagens.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALPARSLAN, M.; HAYTA, M. Rheological and sensory properties of pekmez (grape molasses)/tahin (sesame paste) blends. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.54, n.1, p.89-93, 2002.

BEZERRA, J. R. M. V.; RIGO, M.; DEMEZUK JÚNIOR, B.; CÓRDOVA, K. R. V. Estudo do efeito da temperatura nas propriedades reológicas da polpa de morango (*Fragaria ananassa*). **Ambiência - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**, Guarapuava, v.5, n.1, p.37 – 47, Jan./Abr, 2009.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC n.8, de 06 de março de 2013**. Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. Brasília, DF: ANVISA, 2013.

CAPELLI, A. **Influência da faixa de taxas de deformação na precisão de caracterizações reológicas de fluidos**, 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2012.

CHISTÉ, R.C.; SILVA, P.A.; LOPES, A.S.; PENA, R.S. Sorption isotherms of tapioca flour. **International Journal of Food Science and Technology**, Lincoln, v. 47, n. 1, p. 870-874, 2012.

COSTA, L. M.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D. E. C.; SOUSA, K. A. Isotermas e calor isostérico de sementes de *Buchenavia capitata* (Vahl) Eichler. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 46, n. 3, p. 516-523, jul-set, 2015.

EGAWA, E. Y. **Caracterização térmica e reológica de blendas de glicerol: colágeno tipo I de diferentes tecidos**, São Carlos, 2007, p, Dissertação (Mestrado em Ciência – Química Analítica), Instituto de Química de São Paulo, Universidade de São Paulo (USP), 2007.

HALLAK, R.; PEREIRA FILHO, J. P. Metodologia para análise de desempenho de simulações de sistemas convectivos na região metropolitana de São Paulo com o modelo ARPS: sensibilidade a variações com os esquemas de advecção e assimilação de dados. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.26, n.4, p.591 - 608, 2011.

JIRAPEANGTONG, K.; SIRIWATANAYOTHIN, S.; CHIEWCHAN, N. Effects of coconut sugar and stabilizing agents on stability and apparent viscosity of high-fat coconut milk, **Journal of Food Engineering**, London, v. 87 p. 422–427, 2008.

LIMA, M. G. B. **Textos de apoio de Reologia**. Escola Superior Agrária de Santarém, 2009.

MADAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thin layer drying characteristic of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, p.75-97, 1996.

MALKIN, A. Y.; ISAYEV, A. I. **Rheology: Concepts, Methods and Applications**. Toronto: ChemTec Publishing, 2006.

MOLINA-FILHO, L.; PEDRO, M. A. M.; TELIS-ROMERO, J.; BARBOZA, S. H. R. Influência da temperatura e da concentração do cloreto de sódio (NaCl) nas isotermas de sorção da carne de tambaqui (*Colossoma macroparum*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 26(2): 453-458, abr.-jun. 2006.

MOREIRA, R. W. M; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N.H. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010.

PEREIRA, C. G. **Propriedades termofísicas e comportamento reológico de polpa de acerola em diferentes concentrações e temperaturas**, 2013. 135f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

RAO, M.A.; RIZVI, S.S.H. **Engineering properties of foods**. 2 ed. New York: Marcel Dekker, 1994, 531p.

SANTOS, M. G. **Avaliação de estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*)**. 2015. 79f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola de Agronomia – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

SILVA, F. A. S. **ASSISTAT 7.7**. UFCG, Campina Grande, 2013.

SILVA, L. H. M.; RODRIGUES, A. M. C.; AMANTE, E. R.; PINHEIRO, R. C. **Caracterização química da amêndoa de frutos amazônicos e seu aproveitamento na elaboração de extratos**. In: XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, 2014, Florianópolis.

SILVA, L. M. R.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W. F.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; FIGUEIREDO, E. A. T. Estudo do comportamento reológico de polpas de caju (*Anacardium occidentale, L.*), acerola (*Malpighia emarginata, D. C.*) e manga (*Manífera indica, L.*). **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 1, p. 237-248, 2012.

SIMUANG, J.; CHIEWCHAN, N.; TANSAKUL, A. Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. **Journal of Food Engineering**, London, v. 64, p. 193–197, 2004.

STEFFE, J.F.. **Rheological Methods in Food Process Engineering**. Michigan: Freeman Press, 2 ed., 1996. 418p.

TALLA, A. Predicting sorption isotherms and net isosteric heats of sorption of maize grains at different temperatures. **International Journal of Food Engineering**, Suzhou, v. 10, n. 3, p. 393-401, 2014.

TANGSUPHOOM, N.; COUPLAND, J. Effect of heating and homogenization on the stability of coconut milk emulsions, **Journal of Food Science**, Raleigh, v. 70, n. 8, p. 499-470, 2005.

TIPVARAKARNKOON, T.; EINHORN-STOLL, U.; SENGE, B. Effect of modified Acacia gum (SUPER GUM™) on the stabilization of coconut o/w emulsions, **Food Hydrocolloids**, New York, v. 24 p. 595-601, 2010.

TONELI, J. T. C. L.; MURR, F. E. X.; PARK, K. J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande**, v.7, n.2, p.181-204, 2005.

VIDAL, J. R. M. B.; SIERAKOWSKI, M. R.; HAMINIUK, C. W. I.; MASSON, M.L. Propriedades reológicas da polpa de manga centrifugada. **Revista de Ciências Agrotecnológicas**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 955 – 960, 2006.

WANG, N.; BRENNAN, J. G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. **Journal of Food Engineering**, v. 14, n. 1, 1991.

CONCLUSÃO GERAL

Os modelos matemáticos obtidos apresentaram bom ajuste aos dados experimentais e tem alta capacidade preditiva. Estes podem ser usados na predição da composição proximal, determinando a matéria seca, lipídeos, cinzas, proteínas e carboidratos, e a caracterização física, determinando o pH, acidez e parâmetros de luminosidade, cromaticidade e ângulo Hue, a partir da proporção de cada componente na mistura ternária de água, Castanha-do-Brasil e Macadâmia, dentro da faixa estudada, para os extratos hidrossolúveis à base destas matérias-primas.

O extrato hidrossolúvel misto de Castanha-do-Brasil e Macadâmia apresentou estabilidade microbiológica adequada, pois não apresentou crescimento de microorganismos patogênicos e deteriorantes e está conforme a legislação vigente para o leite de coco, concluindo assim que a pasteurização a 80 °C/25 min associada a embalagem de vidro é efetiva na conservação do extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia. As notas satisfatórias no Teste de Aceitação e Intenção de Compra, juntamente com a boa estabilidade microbiológica além de não se observar alteração na cor permite afirmar que o produto tem vida útil de pelo menos 28 dias.

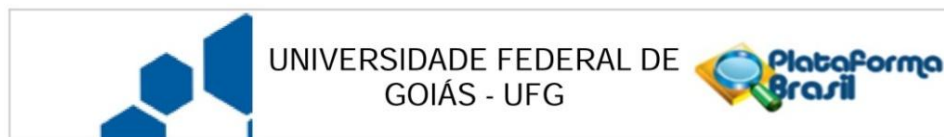
A modelagem matemática realizada com dados reológicos fornece dados que permitem concluir que a bebida mista à base de Castanha-do-Brasil e Macadâmia tem o comportamento de fluido não newtoniano obedecendo à equação de Ostwald-de-Waele uma vez que os coeficientes de determinação (R^2) foram próximos a um e apresentou parâmetros estatísticos de erro abaixo de 4% para as três temperaturas estudadas. Os índices de comportamento de escoamento menores que a unidade para as três temperaturas analisadas caracteriza a bebida mista como um fluido pseudoplástico.

A viscosidade aparente diminuiu significativamente ($p < 0,05$) com o aumento da temperatura. Com isso, conclui-se a necessidade do aquecimento do produto para o transporte por tubulações e equipamentos, em especial quando submetido aos sistemas de envase, em um possível processamento em escala piloto ou industrial.

O estudo da caracterização, comportamento e estabilidade do extrato hidrossolúvel de Castanha-do-Brasil e Macadâmia contribuem com informações para o uso deste produto na alimentação humana, enriquecendo a dieta com uma boa fonte nutricional além de contribui com dados bibliográficos para pesquisas posteriores.

APÊNDICES E ANEXOS

Anexo I. Parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: OBTENÇÃO DE MISTURAS ESTABILIZADAS DE EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadamia integrifolia*)

Pesquisador: André Luiz Borges Machado

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 53996915.1.0000.5083

Instituição Proponente: Universidade Federal de Goiás - UFG

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.582.868

Apresentação do Projeto:

Esse projeto visa processar tecnologicamente misturas de extratos hidrossolúveis de Castanha-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*) e Macadâmia (*Macadamia integrifolia*), com estabilidade físico-química, física e biológica de modo a obter diferentes concentrações de misturas de extratos hidrossolúveis e avaliá-las sensorialmente, através de testes de aceitação e intenção de compra. Gerar modelos matemáticos, através de respostas do Delineamento de misturas, a fim de prever e otimizar as melhores misturas de extratos hidrossolúveis.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Avaliar o perfil físico-químico, reológico, microbiológico e a aceitação sensorial de extrato hidrossolúvel misto de castanha do brasil e macadâmia.

Objetivos Secundários:

- Produzir o extrato hidrossolúvel misto de castanha do brasil e macadâmia.
- Determinar a melhor proporção entre castanha do brasil, macadâmia e água.
- Avaliar o perfil físico-químico, reológico e microbiológico de extrato hidrossolúvel misto de

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.001-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com



castanha do brasil e macadâmia.

- Determinar a combinação de melhor aceitação sensorial.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

De acordo com o autor do projeto:

"Riscos:

Os riscos que podem estar associados a estas análises são o de alergia a qualquer dos seus ingredientes: Castanha-do-Brasil, Macadâmia, Ácido Cítrico, Benzoato de Sódio, Sorbato de Potássio e Carboximetilcelulose. Não contém Glúten e Lactose.

Benefícios:

O produto estudado é fonte de vários nutrientes essenciais ao corpo humano".

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

A experimentação será realizada nos laboratórios do Setor de Engenharia de Alimentos da Escola de Agronomia, Centro de Pesquisa em Alimentos da Escola de Veterinária e Zootecnia, Faculdade de Farmácia, bem como no Instituto de Química, todos da Universidade Federal de Goiás. O planejamento experimental será realizado através do Delineamento de Misturas. As amêndoas serão obtidas já beneficiadas e sem películas da Caia Castanhas do Brasil Ltda (Firminópolis, Goiás). O extrato hidrossolúvel de cada castanha será obtido através da metodologia desenvolvida por SANTOS (2015). As misturas de extratos hidrossolúveis de Castanha-do-Brasil e de Macadâmia serão pasteurizadas em tacho encamisado de aço inoxidável alimentado por vapor culinário. O binômio tempo x temperatura aplicado para a pasteurização será de 80°C por 20 minutos, sendo os extratos posteriormente envasados em garrafas de vidro de 250mL com tampa de metal e estocados sob refrigeração (4°C) até o momento da realização das determinações físico-químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais. As determinações seguem os procedimentos descritos pela American Public Health Association (APHA) e Association of Official Analytical Chemists (AOAC International). Todas as determinações serão realizadas em triplicata e os resultados gerados serão analisados pelo software Statistica e modelos matemáticos serão gerados, testados e validados.

Aceitação sensorial e intenção de compra serão avaliadas por meio da aplicação do teste de aceitação com uso de escala hedônica de sete pontos, para avaliação dos atributos aparência, odor, sabor e consistência do extrato. A intenção do consumidor em relação à compra do produto

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.001-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com

será avaliada através da seguinte pergunta: "Você compraria este produto caso fosse comercializado?", devendo o provador responder sim ou não. Os provadores que comporão a equipe descritiva serão recrutados entre alunos da UFG com base em disponibilidade de tempo, interesse em participar dos testes sensoriais, ser consumidor potencial do produto e possuir poder discriminativo para distinguir diferenças sensoriais entre as amostras.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Documentos apresentados: folha de rosto, termo de anuência da Fanut para desenvolvimento da pesquisa, termo de compromisso do mestrando responsável, TCLE, cronograma adequado, orçamento apresentado. Garantia de sigilo e confidencialidade dos participantes no TCLE. Critérios de inclusão e exclusão dos participantes estabelecidos.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Parecer aprovado, smj deste comitê

Considerações Finais a critério do CEP:

Informamos que o Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG considera o presente protocolo APROVADO, o mesmo foi considerado em acordo com os princípios éticos vigentes. Reiteramos a importância deste Parecer Consubstanciado, e lembramos que o(a) pesquisador(a) responsável deverá encaminhar ao CEP-UFG o Relatório Final baseado na conclusão do estudo e na incidência de publicações decorrentes deste, de acordo com o disposto na Resolução CNS n. 466/12. O prazo para entrega do Relatório é de até 30 dias após o encerramento da pesquisa, prevista para dezembro de 2016.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_636309.pdf	25/05/2016 22:17:55		Aceito
Outros	Correcao_TCLE.pdf	25/05/2016 22:17:29	André Luiz Borges Machado	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_ASSENTIMENTO.pdf	25/05/2016 22:15:03	André Luiz Borges Machado	Aceito
Projeto Detalhado	ProjetoMestrado.pdf	09/03/2016	André Luiz Borges	Aceito

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.001-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com



UNIVERSIDADE FEDERAL DE
GOIÁS - UFG



Continuação do Parecer: 1.582.868

/ Brochura Investigador	ProjetoMestrado.pdf	23:47:52	Machado	Aceito
Folha de Rosto	folhaderosto.pdf	09/03/2016 23:46:27	André Luiz Borges Machado	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termodeassentimento.pdf	07/03/2016 19:25:27	André Luiz Borges Machado	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMADEATIVIDADES.pdf	07/03/2016 19:24:09	André Luiz Borges Machado	Aceito
Outros	TermodeAnuencia.pdf	05/03/2016 20:36:52	André Luiz Borges Machado	Aceito
Outros	TermodeCompromisso.pdf	05/03/2016 20:35:16	André Luiz Borges Machado	Aceito
Orçamento	orcamento.pdf	05/03/2016 20:33:48	André Luiz Borges Machado	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

GOIANIA, 09 de Junho de 2016

Assinado por:
João Batista de Souza
(Coordenador)

Endereço: Prédio da Reitoria Térreo Cx. Postal 131
Bairro: Campus Samambaia **CEP:** 74.001-970
UF: GO **Município:** GOIANIA
Telefone: (62)3521-1215 **Fax:** (62)3521-1163 **E-mail:** cep.prpi.ufg@gmail.com

Apêndice I. Ficha de avaliação da análise sensorial com o Teste de Aceitação e de Intenção de Compra

**FICHA TESTE DE ACEITAÇÃO E INTENÇÃO DE COMPRA –
EXTRATO HIDROSSOLÚVEL À BASE DE CASTANHA-DO-
BRASIL E MACADÂMIA**

Você está recebendo uma amostra codificada de extrato hidrossolúvel à base de Castanha-do-brasil e Macadâmia. Por favor, prove a amostra indicando o quanto você gostou ou desgostou. Utilize a escala do quadro para atribuir uma nota a cada atributo avaliado.

AMOSTRA: _____

ODOR: _____

COR: _____

SABOR: _____

IMPRESSÃO GLOBAL:

9 = Adorei

8 = Gostei muito

7 = Gostei moderadamente

6 = Gostei ligeiramente

5 = Nem gostei/nem desgostei

4 = Desgostei ligeiramente

3 = Desgostei moderadamente

2 = Desgostei muito

1 = Detestei

Você compraria este produto? Utilize a escala abaixo para atribuir uma nota em relação a sua atitude se encontrasse este produto à venda. Se eu encontrasse esse produto à venda eu:

NOTA: _____

5 = Certamente compraria

4 = Possivelmente compraria

3 = Talvez comprasse/Talvez não comprasse

2 = Possivelmente não compraria

1 = Certamente não compraria

Comentários:

Apêndice II. Termo de Assentimento

TERMO DE ASSENTIMENTO

(Elaborado de acordo com a Resolução 466/2012-CNS/CONEP)

Você está sendo convidado a participar da pesquisa intitulada “OBTENÇÃO DE MISTURAS ESTABILIZADAS DE EXTRATOS HIDROSSOLÚVEIS DE CASTANHA-DO-BRASIL (*Bertholletia excelsa*) E MACADÂMIA (*Macadâmia Integrifolia*)” sob minha responsabilidade e do orientador Prof. Dr. Cláudio Fernandes Cardoso, cujo(s) objetivo(s) é (são) elaborar extratos hidrossolúveis de Castanha-do-Brasil e Macadâmia, visando determinar a melhor proporção entre Castanha-do-Brasil, Macadâmia e água e também a combinação de melhor aceitação sensorial. Para avaliação das características sensoriais dos extratos serão realizados os Testes de Aceitação e Intenção de Compra. O indivíduo menor de idade não está autorizado a participar desta pesquisa.

Os riscos que podem estar associados a estas análises são o de alergia a qualquer dos seus ingredientes: Castanha-do-Brasil, Macadâmia, Ácido Cítrico, Benzoato de Sódio, Sorbato de Potássio e Carboximetilcelulose sódica. Não contém Glúten e Lactose. Caso ocorra alguma reação adversa após o consumo do produto, o pesquisador responsável assumirá todos os danos provocados à saúde do indivíduo e tomará as providências necessárias, inclusive encaminhamento para atendimento médico e este será feito através do acionamento da equipe de primeiros socorros especializada, o SAMU pelo telefone 192. Orienta-se que após a participação o indivíduo permaneça no local de aplicação da análise pelo período de 30 min decorridos a partir da ingestão do produto e não realize atividades como dirigir, para que em caso de reações adversas possa ser seguido o procedimento de socorro descrito acima. O (a) senhor (a) tem o direito de pleitear indenização em caso de danos decorrentes de sua participação na pesquisa.

Ao participar desta pesquisa o (a) senhor (a) colaborará para melhor conhecimento dos atributos sensoriais deste produto. O (a) senhor (a) não terá nenhuma despesa ao participar desta pesquisa bem como nada será pago por sua participação.

É garantido o sigilo das informações prestadas, assegurando sua privacidade quanto aos dados confidenciais na pesquisa. O resultado da avaliação dos provadores será de uso exclusivo nesta pesquisa e de acesso restrito aos pesquisadores.

No curso da pesquisa o senhor (a) tem os seguintes direitos:

- a) Garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta;
- b) Liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento;
- c) Garantia de que caso haja algum dano a sua pessoa, os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável, inclusive acompanhamento médico e hospitalar (se for o caso).

O Comitê de Ética em Pesquisa/CEP-UFG poderá ser contatado pelo telefone: (62) 3521-1215 ou via e-mail: cep.prpi.ufg@gmail.com

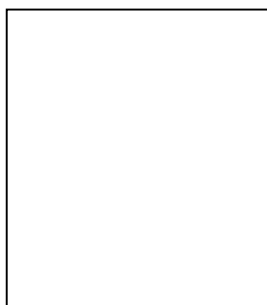
Caso haja gastos adicionais, os mesmos serão absorvidos pelos pesquisadores. Nos casos de dúvidas contate o pesquisador a fim de resolver o problema, podendo as ligações serem feitas à cobrar (Pesquisador: André Luiz Borges Machado, Rua 220, Qd. D, Lt. 03, Setor Leste Universitário, Goiânia, GO. Telefone 064-96010002).

Apêndice III. Termo de assentimento livre e esclarecido

ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu _____, CPF/Matrícula n° _____, após ter recebido todos os esclarecimentos e assinado o TCLE, confirmo recebimento de todos os esclarecimentos necessários, e concordo em participar desta pesquisa. Desta forma, assino este termo, juntamente com o pesquisador, em duas vias de igual teor, ficando uma via sob meu poder e outra em poder do pesquisador.

Goiânia, _____ de _____ de 2016.



Impressão Digital do Participante

Assinatura do Participante