



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS

LARISSA VIEIRA DE LIMA

OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM ALIMENTOS DE
ISOLADO E CONCENTRADO PROTEICO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE
CAJU (*Anacardium occidentale* L.)

FORTALEZA

2018

LARISSA VIEIRA DE LIMA

OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM ALIMENTOS DE ISOLADO E
CONCENTRADO PROTEICO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU (*Anacardium
occidentale* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Processamento de alimentos de origem vegetal.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Maria do Carmo Passos Rodrigues.

Coorientadora: Dr^ª Janice Ribeiro Lima.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L698o Lima, Larissa Vieira de.
Obtenção, caracterização e aplicação em alimentos de isolado e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) / Larissa Vieira de Lima. – 2018.
66 f. : il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2018.
Orientação: Profa. Dra. Maria do Carmo Passos Rodrigues.
Coorientação: Profa. Dra. Janice Ribeiro Lima.
1. Hambúrguer vegetal. 2. Proteína. 3. Amêndoa - Isolados proteicos. 4. Castanha de caju - Beneficiamento. 5. Alimentos - Avaliação sensorial. I. Título.

CDD 664

LARISSA VIEIRA DE LIMA

OBTENÇÃO, CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO EM ALIMENTOS DE ISOLADO E
CONCENTRADO PROTEICO DE AMÊNDOA DE CASTANHA DE CAJU (*Anacardium
occidentale* L.)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração: Processamento de alimentos de origem vegetal.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Maria do Carmo Passos Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dr^a. Janice Ribeiro Lima (Coorientadora)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Dr^a. Ingrid Vieira Machado de Moraes
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

Dr. Jéfferson Malveira Cavalcante
Centro Universitário Christus (UNICHRISTUS)

Dr. Paulo Henrique Machado de Sousa
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico este trabalho aos meus pais, Regina e João, e aos meus avós, França e Odilon.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por escutar minhas preces diárias.

À minha mãe, por sempre acreditar no meu potencial e me incentivar a vencer todos os obstáculos da vida.

Ao meu pai, que não se encontra mais presente na vida terrena, mas sei que torce por mim e me abençoa todos os dias.

Aos meus irmãos, Ana e Antonio Neto que sempre torceram por mim e comemoraram comigo cada vitória.

Aos meus avós, França e Odilon, que são meus exemplos de superação, amor e respeito.

À minha família materna, em especial aos meus tios, Fernanda e Ronaldo, que me acolhem como filha e sempre fazem o possível para me ajudar.

À minha família paterna, em especial minha tia Velma, que é meu exemplo de trabalho e dedicação.

À minha madrinha Laura e minha prima Cláudia que sempre estão comigo em momentos especiais e comemoram cada objetivo alcançado.

Ao meu querido namorado Felipe e toda a sua família maravilhosa, pelo amor, apoio e compreensão.

À Universidade Federal do Ceará, em especial o Departamento de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de me fazer Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa de pós-graduação durante todo o período de mestrado.

A todos os professores, da escola, da graduação e do mestrado, o meu eterno agradecimento. Sem o conhecimento transmitido, esse sonho não estaria sendo realizado.

À minha orientadora e professora Maria do Carmo, pelos sábios conselhos, pelas correções necessárias e, principalmente, pela confiança.

À Embrapa, empresa pela qual sou apaixonada e que me acolheu tão bem nesses últimos anos. Meu muito obrigada ao Laboratório de Processos Agroindustriais e toda a sua equipe competente de funcionários.

À pesquisadora e coorientadora Janice Ribeiro, que sempre confiou muito no meu trabalho, disponibilizou um projeto de pesquisa no qual eu amei desenvolver e me acompanhou passo-a-passo na realização desse sonho.

À Claudia Oliveira, analista do laboratório e grande amiga, por todo o companheirismo, dedicação, conselhos e ajuda não só no mestrado, mas no dia-a-dia.

Aos membros da banca examinadora, Dr. Paulo Henrique e Dr. Jéfferson Malveira por todas as considerações válidas.

À pesquisadora e membro da banca Ingrid Moraes, por toda a ajuda com análises dos dados da pesquisa, conversas e conselhos.

Aos ex-estagiários da Embrapa envolvidos no projeto, Laís, Thiago, Lidiane e, em especial, Mayara, o meu muitíssimo obrigada!

A todos os bolsistas e estagiários do Laboratório de Pesquisa Agropecuária, em especial, os companheiros de pesquisa, Johnnathan, Jéssica, Robério, Karine, Glauber e Monique, por todos os conhecimentos e bons momentos compartilhados.

Às minhas amigas de faculdade Diva, Aline, Mariana, Nara e Camila que me acompanharam desde o começo nessa caminhada científica.

Aos meus grandes amigos de infância e colégio, Daniel, Jéssica, Jaianne, Laricy, Filipe, Antonio Neto e Yasmin, que compartilham comigo até hoje todos os momentos da vida.

Aos amigos que a vida me presenteou, Mirna, Maria Eliza, Rômulo, Lívia, John, Nádia, Dido, Adna, Karine e Lia, que sempre mantém contato e estão na torcida.

Agradeço também a todos que, de alguma forma, me ajudaram na vida acadêmica.

RESUMO

A amêndoa da castanha de caju (ACC) é o produto com maior valor econômico do cajueiro, rico em proteínas e ácidos graxos poli-insaturados. Entre os subprodutos do beneficiamento da castanha de caju estão as amêndoas quebradas, que possuem menor valor comercial. Como forma de valorização, este estudo desenvolveu processos de obtenção de concentrado e isolado protéico de ACC. Foram elaborados 2 delineamentos do tipo composto central rotacional (DCCR): um para precipitação ácida das proteínas na obtenção de concentrado e outro para a solubilização alcalina das proteínas, etapa preliminar à precipitação para obtenção de isolado proteico. O DCCR para precipitação ácida das proteínas foi realizado com duas variáveis independentes: pH (3,0 a 4,5) e tempo de agitação (15 a 120 minutos); e uma variável dependente: teor de proteínas. Para a solubilização das proteínas foram utilizadas duas variáveis independentes: pH (8,0 a 12,0) e tempo de agitação (15 a 180 minutos); e uma variável dependente: teor de proteínas. O tempo de 15 minutos na faixa de pH entre 4,0 e 4,5 se mostrou eficiente para a precipitação, obtendo-se concentrado com 54,5% de proteínas, com rendimento em massa de 76,7%. Para a fase de solubilização, o pH 10 com agitação de 15 minutos foi mais eficiente e com posterior precipitação ácida, obteve-se um isolado com 86,2% de proteínas e rendimento em massa de 19,0%. O concentrado e o isolado apresentaram baixa solubilidade em meio aquoso em pH próximo a 4,0, capacidade de absorção de água de 1,85 mL/g e 1,74 mL/g, e capacidade de absorção de óleo de 1,06 mL/g e 0,90 mL/g, respectivamente. Proteínas com esse perfil são mais indicadas para alimentos semi-sólidos. Apenas o isolado proteico de ACC apresentou capacidade de formação de espuma e pode ser aplicado em produtos que exigem aeração. O concentrado proteico foi utilizado em hambúrguer vegetal como substituto à proteína texturizada de soja (PTS). Os hambúrgueres formulados com PTS e com concentrado protéico foram avaliados sensorialmente. Realizou-se um teste de aceitação e intenção de compra com 50 provadores não treinados. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) na aceitação dos hambúrgueres, sendo que o formulado com concentrado proteico obteve média de 6,6 em escala de 9 pontos. Quanto à intenção de compra, 60% dos provadores provavelmente ou certamente comprariam o produto. Portanto, o concentrado proteico de ACC pode ser utilizado na elaboração de hambúrgueres vegetais.

Palavras-chave: Proteína. Sensorial. Hambúrguer vegetal.

ABSTRACT

The cashew nut kernel (CNK) is the cashew tree product with the highest economic value; it is rich in proteins and polyunsaturated fatty acids. Among the by-products of cashew nut processing are the broken kernels, which are less valuable commercially. As a way of adding value to it, this study developed some processes to attain a protein concentrate and isolate from the CNK. Two rotational central composite designs (RCCD) were developed: the first one for the acid precipitation of proteins during concentration and the second one for alkaline protein solubilization, preliminary step to precipitation in obtaining protein isolate. The RCCD for protein acid precipitation was conducted with two independent variables: pH (3.0 a 4.5) and agitation time (15 to 120 minutes) in addition to a dependent variable: protein content. For protein solubilization, two independent variables were used: pH (8.0 a 12.0) and agitation time (15 to 180 minutes); also a dependent variable: protein content. A time of 15 minutes in the pH range from 4.0 to 4.5 has shown efficiency in regards of precipitation, obtaining a concentrate with 54.5% of protein, and a mass output of 76.7%. For the solubilization step, pH 10 with 15-minute agitation was more efficient and with following acid precipitation, an isolate with 86.2% of protein and mass output of 19.0% was obtained. The concentrate and the isolate have low solubility inaqueous medium in a pH close to 4.0; water absorption capability of 1.85 mL/g and 1.74 mL/g, and oil absorption capacity of 1.06 mL/g and 0.90 mL/g respectively. Proteins with this profile are more adequate to semi-solid foods. The CNK protein isolate is the only one that showed potential to form foam and could be applied in products that require aeration. The protein concentrate was used in vegetable hamburgers as a substitute for textured soy protein (TSP). The hamburgers made of TSP and protein concentrate went through sensory evaluation. An acceptability and intention to purchase test was conducted on 50 untrained tasters. No significant difference ($p>0.05$) was found in the hamburgers acceptability rate, and the ones formulated with protein concentrate received an average of 6.6 in a 9 point scale. With respect to intention to purchase, 60% of the tasters probably or certainly would buy the product. Therefore, the protein concentrate of CNK can be used in the preparation of vegetable burgers.

Keywords: Protein. Sensory. Vegetable hamburger.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Caju, fruto do cajueiro (<i>Anacardium occidentale</i> L.)	13
Figura 2 –	a) Castanha de caju, (b) Corte longitudinal na castanha de caju	17
Figura 3 –	Processo de beneficiamento da amêndoa de castanha de caju	23
Figura 4 –	Esquema de obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	26
Figura 5 –	Esquema de obtenção do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	28
Figura 6 –	Gráfico da concentração de BSA x absorbância (595nm) para análise de Bradford	31
Figura 7 –	Esquema de processamento dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja (PTS) e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju (ACC)	34
Figura 8 –	Relação teor de proteína x pH de precipitação proteica para a elaboração de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	40
Figura 9 –	Teor de proteína x pH de solubilização proteína na elaboração de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	43
Figura 10 –	(a) Farinha desengordurada de ACC, (b) concentrado proteico e (c) isolado proteico	46
Figura 11 –	Solubilidade em meio aquoso em diferentes faixas de pH do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	47
Figura 12 –	Capacidade de formação de espuma do isolado e do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	51
Figura 13 –	Hambúrguer com Proteína Texturizada de Soja (à esquerda) e hambúrguer com Concentrado Proteico de ACC (à direita)	54
Figura 14 –	Frequência das respostas para o teste de aceitação dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	55
Figura 15 –	Intenção de Compra dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Composição centesimal de amêndoa de castanha de caju (ACC) processadas	18
Tabela 2 –	Matriz do delineamento experimental utilizado para obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	27
Tabela 3 –	Matriz do delineamento experimental para obtenção do isolado proteico (fase de solubilização) de amêndoa de castanha de caju	29
Tabela 4 –	Ingredientes usados para formulação dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja (PTS) e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju (ACC)	33
Tabela 5 –	Composição centesimal em base seca da amêndoa da castanha de caju (ACC) e da farinha desengordurada de ACC	37
Tabela 6 –	Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais, codificados e resultados do teor de proteínas extraídos em % para a elaboração de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	38
Tabela 7 –	Análise de Regressão para obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	39
Tabela 8 –	Teor de proteínas para a produção de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	40
Tabela 9 –	Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais e resultados do teor de proteínas extraídos em % para a produção de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	41
Tabela 10 –	Análise de regressão para obtenção do isolado proteico de castanha de caju (ACC)	42
Tabela 11 –	Análise de Regressão para a variável Teor de Proteínas	42
Tabela 12 –	Composição centesimal do concentrado e do isolado proteico de amêndoa da castanha de caju	44
Tabela 13 –	Análise de cor da Farinha Desengordurada (FD), Concentrado Proteico (CP) e Isolado Proteico (IP) de amêndoa de castanha de caju	45
Tabela 14 –	Capacidade de Absorção de Água (CAA) do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	49

Tabela 15 – Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	50
Tabela 16 – Composição centesimal dos hambúrgueres vegetais em base seca. Amostra controle com proteína texturizada de soja e amostra teste com concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju	53
Tabela 17 – Aceitação sensorial da amostra controle (hambúrguer com proteína texturizada de soja) e da amostra teste (hambúrguer com concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju)	54
Tabela 18 – Intenção de Compra da amostra controle (hambúrguer com proteína texturizada de soja) e amostra teste (hambúrguer com concentrado proteico de ACC.)	56

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	16
2.1	Objetivo Geral	16
2.2	Objetivos Específicos	16
3	REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1	Características da amêndoa da castanha de caju (ACC)	17
3.2	Concentrado e isolado protéicos	18
3.3	Aplicação de concentrados e isolados proteicos em alimentos	20
4	METODOLOGIA	22
4.1	Obtenção das amêndoas de castanha de caju	22
<i>4.1.1</i>	<i>Preparo das castanhas</i>	<i>22</i>
<i>4.1.2</i>	<i>Beneficiamento</i>	<i>22</i>
4.2	Caracterização da matéria-prima	23
<i>4.2.1</i>	<i>Umidade</i>	<i>23</i>
<i>4.2.2</i>	<i>Cinzas</i>	<i>24</i>
<i>4.2.3</i>	<i>Lipídeos</i>	<i>24</i>
<i>4.2.4</i>	<i>Proteínas</i>	<i>24</i>
<i>4.2.5</i>	<i>Carboidratos (Fração glicídica)</i>	<i>24</i>
4.3	Obtenção de isolado e concentrado proteicos de ACC	24
<i>4.3.1</i>	<i>Obtenção da farinha desengordurada de ACC</i>	<i>24</i>
<i>4.3.2</i>	<i>Obtenção do concentrado proteico</i>	<i>25</i>
<i>4.3.3</i>	<i>Obtenção do isolado proteico</i>	<i>27</i>
4.4	Caracterização físico-química da farinha desengordurada, do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	29
4.5	Caracterização funcional tecnológica do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	30
<i>4.5.1</i>	<i>Rendimento em massa</i>	<i>30</i>
<i>4.5.2</i>	<i>Solubilidade proteica em meio aquoso</i>	<i>30</i>
<i>4.5.3</i>	<i>Capacidade de absorção de água</i>	<i>31</i>
<i>4.5.4</i>	<i>Capacidade de absorção de óleo</i>	<i>32</i>
<i>4.5.5</i>	<i>Capacidade de formação de espuma</i>	<i>32</i>

4.6	Aplicação de Concentrado Proteico de ACC em hambúrguer vegetal em substituição à proteína texturizada de soja	32
4.6.1	<i>Preparação dos hambúrgueres</i>	32
4.6.2	<i>Caracterização dos hambúrgueres</i>	34
4.6.3	<i>Teste sensorial de aceitação e intenção e compra</i>	34
4.7	Análise Estatística	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.1	Caracterização da amêndoa da castanha de caju (ACC) e da farinha desengordurada	37
5.2	Obtenção de Concentrado Proteico de ACC	38
5.3	Obtenção do Isolado Proteico de ACC	41
5.4	Caracterização do Concentrado e do Isolado Proteico de ACC	44
5.5	Caracterização funcional tecnológica do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju	46
5.5.1	<i>Rendimento em massa</i>	46
5.5.2	<i>Solubilidade Proteica</i>	47
5.5.3	<i>Capacidade de absorção de água –CAA</i>	49
5.5.4	<i>Capacidade de absorção de óleo – CAO</i>	50
5.5.5	<i>Capacidade de formação de espuma</i>	51
5.6	Aplicação de Concentrado Proteico de ACC em Hambúrguer vegetal	52
5.6.1	<i>Composição centesimal dos hambúrgueres</i>	52
5.6.2	<i>Aceitação global e intenção de compra</i>	54
6	CONCLUSÃO	57
	REFERÊNCIAS	58
	APÊNDICE A - CONCENTRAÇÕES DE ALBUMINA DO SORO BOVINO (BSA) PARA A ELABORAÇÃO DA CURVA PADRÃO	64
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO	65
	APÊNDICE C – FICHA USADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO GLOBAL E INTENÇÃO DE COMPRA	66

1 INTRODUÇÃO

O caju (*Anacardium occidentale* L.) é o fruto do cajueiro, planta muito comum nas regiões de clima tropical do Brasil, especialmente no Norte e Nordeste, possuindo, neste último, grande importância econômica no crescimento da renda e na geração de emprego (SANCHO *et al.*, 2007). Embora seja um fruto tropical originalmente do Brasil (Figura 1), o caju hoje em dia é encontrado em vários países da Ásia, África e América Central (ABREU *et al.*, 2013).

Figura 1 – Caju, fruto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.)



Fonte: Banco de imagens da Embrapa Agroindústria Tropical (2014).

O pseudofruto do caju, também chamado de pedúnculo, além de ser consumido como fruta *in natura*, é usado na indústria de alimentos para a fabricação de bebidas como a cajuína, néctares, refrigerantes e aguardentes, e também na produção de doces de diferentes formas: em calda, seco e em massa. O verdadeiro fruto do cajueiro é a castanha, da qual se obtém a amêndoa da castanha de caju (ACC) (PESSOA; LEITE, 2013). Da amêndoa podem ser feitos vários produtos, como biscoitos, bolos, doces e salgados. Também pode ser consumida apenas assada e salgada como forma de petisco (NETO *et al.*, 2001).

Segundo a FAO (2016) a produção de castanha de caju ocorre em 32 países e só o Vietnã produziu 1.221.070 toneladas em 2016, sendo considerado o maior produtor de castanha de caju do mundo, seguido da Índia com 671.000 toneladas, Filipinas com 216.398

toneladas, Indonésia com 130.072 toneladas, Benin com 125.728 toneladas, Moçambique com 104.179 toneladas, Gana com 78.268 toneladas e Brasil com 75.548 toneladas.

A produção de castanha de caju vem diminuindo no Brasil. Em 2013 foram produzidas 109.679 toneladas de castanha, e em 2014 e 2015 os valores são de 107.713 toneladas e 103.363 toneladas, respectivamente (FAO, 2016). O balanço comercial do setor de castanha de caju no país, nos dois últimos anos mostrou que a importação de castanha de caju em 2017 foi de 22.446 toneladas, mais que o dobro em relação a 2016, com apenas 10.243 toneladas (BRASIL, 2017).

Os principais estados produtores de castanha de caju no Brasil são Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Esses três estados juntos possuem 87,4% da produção nacional. Em 2015, a safra no Ceará foi de 374.423 hectares de área colhida (CONAB, 2016).

No processamento da castanha de caju há uma grande preocupação com a integridade da amêndoa, isso porque o valor comercial das amêndoas inteiras é mais elevado do que das amêndoas quebradas. O rendimento do processamento das amêndoas é de aproximadamente 24% do peso total de castanhas processadas. Ao final do processo, a porcentagem de amêndoas quebradas varia de 15% a 45%, dependendo do método do processamento (PAIVA; NETO, 2013).

A composição química da amêndoa de castanha de caju é bastante rica em lipídios e proteínas, com cerca de 46,6% e 24,5%, respectivamente. As amêndoas quebradas durante o processamento, apesar do seu menor valor comercial, possuem o mesmo valor nutricional. Esse produto de menor valor pode ser utilizado, por exemplo, para a extração de óleo de ACC. O processo de prensagem para obtenção de óleo de amêndoa da castanha de caju (ACC) eleva a quantidade de proteínas para 36,4% na torta desengordurada. Essa torta desengordurada de ACC apresenta teores de fibras dietéticas totais de 7,87%, solúveis de 2,58% e insolúveis de 5,29% (LIMA; GARCÍA; LIMA, 2004).

Ao extrair óleo de ACC cruas, de diferentes tamanhos e qualidades por prensagem a frio, o teor de óleo obtido pode variar de 51,56% a 57,59% (Carvalho *et al.* 2017). A operação de prensagem das amêndoas eleva o conteúdo de proteínas da torta desengordurada resultante do processo de extração e, com a redução no teor de lipídios, a amêndoa que apresentava em torno de 24% de proteínas, passa a ser uma torta com aproximadamente 36% de proteínas (LIMA; GARCÍA; LIMA, 2004). Essa torta desengordurada também pode ser utilizada como matéria-prima para a obtenção de concentrados e isolados proteicos, já que o teor de proteínas se eleva à medida que o óleo é extraído.

Comercialmente, a extração e purificação de proteínas vegetais a partir de amêndoas podem ser realizadas em meio neutro ou ácido para obtenção de concentrados (48 a 70% de proteínas) ou em meio alcalino para extração e posterior precipitação em meio ácido tendo como produto final um isolado com até 90% de proteína (MOURE *et al.*, 2006).

A busca por alimentos ricos em proteínas de fontes subexploradas é crescente principalmente em países em desenvolvimento. Como nova fonte de proteínas, o isolado proteico da amêndoa de castanha de caju tem sido uma boa alternativa, pois ajuda a direcionar o uso de amêndoas quebradas na indústria e é considerada uma fonte de proteína de baixo custo para o consumo humano (YULIANA *et al.*, 2014).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Obter concentrado e isolado proteico como uma alternativa para valorização comercial dos subprodutos do beneficiamento da castanha de caju (amêndoas quebradas) ou da obtenção do óleo da amêndoa (torta).

2.2 Objetivos Específicos

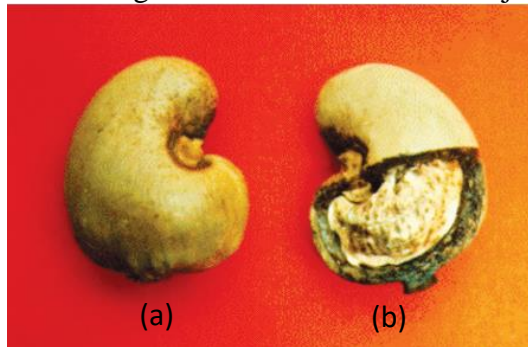
- Estudar e definir o processo de produção de concentrado e isolado proteicos de amêndoa de castanha de caju.
- Determinar as características físico-químicas e funcionais tecnológicas do isolado e do concentrado proteicos de amêndoa de castanha de caju.
- Testar a aplicação de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju em hambúrgueres vegetais.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Características da amêndoa da castanha de caju (ACC)

A castanha corresponde a apenas 10% do peso do caju e é formada pela casca, película e a amêndoa (Figura 2). A amêndoa é o produto com maior valor econômico do cajueiro e apresenta um grande valor nutritivo, rica em proteínas, ácidos graxos poli-insaturados, carboidratos, cálcio, ferro e fósforo. Com cerca de 28% a 30% do peso da castanha, a amêndoa é formada por dois cotilédones comestíveis de cor marfim e o seu rendimento médio no processamento em escala industrial é de aproximadamente 21%, podendo variar para cada tipo de processamento (PAIVA *et al.*, 2000).

Figura 2 – (a) Castanha de caju, (b) Corte longitudinal na castanha de caju.



Fonte: Paiva e Neto (2013).

Segundo Paiva e Neto (2013), a amêndoa da castanha de caju na forma tradicional ou como ingrediente de cozinha está entre as três nozes mais consumidas do mundo. Apenas no Brasil, a indústria do processamento da castanha gera em torno de 18 mil empregos, com cerca de 120 mini fábricas que possuem capacidade de processar 5 mil toneladas de castanha por ano.

A partir da amêndoa da castanha de caju pode-se extrair um óleo rico em ácidos graxos insaturados, contendo em torno de 60% de ácido oleico e 21% linoleico, sendo este último, um ácido graxo essencial a nutrição humana (LIMA; GARCÍA; LIMA, 2004). Segundo Gazzola *et al.* (2006), o óleo de ACC pode substituir o azeite de oliva nas refeições.

Com alto valor nutricional (Ver tabela 1), a amêndoa da castanha de caju é uma importante fonte de proteínas, carboidratos totais e lipídios (LIMA, 2013).

Tabela 1 – Composição centesimal da amêndoa de castanha de caju (ACC) processadas

Componente	%
Umidade	2,1 – 8,4
Cinzas	2,7 – 4,2
Lipídeos totais	39,9 – 47,9
Proteínas (N x 6,25)	17,5 – 33,8
Carboidratos totais	16,0 – 35,4

Fonte: LIMA (2013).

3.2 Concentrado e isolado proteicos

A legislação brasileira define como produtos proteicos de origem vegetal os alimentos obtidos a partir de partes proteicas de espécies vegetais, podendo ser apresentados em grânulo, pó, líquido ou outras formas. No entanto, só estabelece teores mínimos de proteína (N x 6,25) para concentrado de soja (68%) e para isolado de soja (88%). Estipula ainda para outros produtos proteicos o teor mínimo de proteína de 40% (BRASIL, 2005).

Proteínas obtidas de vegetais podem ser incorporadas a alimentos para aumentar seu valor nutricional e suas propriedades funcionais. As propriedades funcionais podem ser entendidas como as propriedades físico-químicas que influenciam o comportamento das proteínas em sistemas alimentares durante processamento, armazenamento, cozimento e consumo. As propriedades funcionais mais comumente relacionadas às proteínas são solubilidade, capacidade de absorção de óleo e água, capacidade de formação de espuma e estabilidade da espuma, capacidade de emulsificação e viscosidade. Essas propriedades são influenciadas pelos processos de obtenção dos produtos proteicos, que por sua vez, influenciam o comportamento das proteínas quando incorporadas aos alimentos (MOURE *et al.*, 2006).

Alguns autores reportaram a extração e caracterização de proteínas de amêndoas de castanha de caju e de outras amêndoas (AYDEMIR *et al.*, 2014; BORA; QUEIROGA NETO, 2004; GLÓRIA; REGITANO-d'ARCE, 2000; OGUNWOLU *et al.*, 2009). No entanto, nesta revisão de literatura não foi encontrada nenhuma informação sobre a otimização das condições de processo para obtenção dos produtos proteicos.

Assim como a amêndoa da castanha de caju, outros produtos de origem vegetal, que também podem ser utilizados para obtenção de concentrados e isolados proteicos,

possuem elevados níveis de proteínas, como o feijão caupi (*Phaseolus vulgaris* L.) com 20%, grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) com 23,9%, amendoim (*Arachis hypogaea* L.) com 30% (COMAI *et al.*, 2007) e a soja com aproximadamente 40% de proteína (MORAES *et al.*, 2006).

Ogunwolu *et al.* (2009) estudaram as propriedades funcionais de isolado e concentrado proteico obtidos de amêndoas de castanha de caju por dois métodos, (1) extração e precipitação isoelétrica e (2) extração alcalina e precipitação com metanol. Os autores relataram que o isolado apresentou maior capacidade de absorção de óleo e água, maior estabilidade de emulsão, maior capacidade e estabilidade na formação de espuma e menor capacidade de geleificação que o concentrado. Tanto o concentrado quanto o isolado apresentaram solubilidade decrescente com a redução do pH, apresentando mínimo em pH 4,0 a 4,5.

Bora e Queiroga Neto (2004) avaliaram a funcionalidade de isolados proteicos obtidos de amêndoas de castanha de caju cruas e de amêndoas submetidas a tratamento térmico em função da concentração de NaCl. Os autores argumentaram que a baixa solubilidade de proteínas no pH do ponto isoelétrico limita sua utilização em alimentos, que em geral apresentam pH próximo a 5,0. A presença de sal aumentou a solubilidade dos isolados proteicos e melhorou as propriedades funcionais, como as capacidades de absorção de água e óleo e capacidades de formação de espuma e emulsificação.

Neto *et al.* (2001) avaliaram as propriedades funcionais de isolados proteicos obtidos de amêndoas de castanha de caju cruas e de amêndoas submetidas a tratamento térmico de 70°C por 7 horas. O isolado preparado das amêndoas cruas apresentou maior solubilidade proteica do que o isolado preparado com amêndoas tratadas termicamente, porém ambos apresentaram baixa solubilidade na faixa de pH entre 4 e 6. As capacidades de absorção de óleo e água foram superiores para o isolado das amêndoas tratadas. Ambos os isolados apresentaram baixa capacidade de formação de espuma quando comparados com albumina de ovo.

Sharma *et al.* (2010) verificaram o rendimento de proteínas e algumas propriedades funcionais das proteínas obtidas por extração em solução salina de tortas desengorduradas de nozes, castanha-do-Pará, castanha de caju, avelã, macadamia, pinhão, pistache, amendoim e soja. Os rendimentos variaram de 10,6% a 27,4%, sendo para castanha de caju de 13,6% com um teor de proteína de 88% no produto final. A solubilidade foi alta para todas as proteínas e a capacidade de formação de espuma baixa. As proteínas obtidas de

nozes foram as que apresentaram maior viscosidade em solução e as de soja maior capacidade de absorção de óleo.

Glória e Regitano-d'Arce (2000) fizeram testes para obtenção e caracterização química e funcional de concentrado e isolado proteico de torta desengordurada de castanha do Pará. Esses autores determinaram pH de precipitação proteica de 3,5 a 4,0 e pH de extração proteica de 9,0, com rendimentos de 70% para o concentrado e de 35% para o isolado. Tanto o isolado como o concentrado apresentaram boas condições de funcionalidade, com exceção da capacidade de formação de espuma que foi maior para o isolado.

3.3 Aplicação de concentrados e isolados proteicos em alimentos

Concentrados e isolados proteicos podem ser usados como emulsificantes e gelatinizantes em produtos cárneos, devido a sua capacidade de ligar água e gordura (RIBEIRO, 2001). Em determinadas faixas de pH, alcalinos e ácidos, proteínas vegetais normalmente possuem alta solubilidade e podem ser aplicadas na formulação de molhos, sopas, produtos de padaria e bebidas carbonatadas. (MIZUBUTI *et al.*, 2000).

Ribeiro *et al.* (2009) formularam um concentrado proteico a partir de feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) endurecidos devido a condições impróprias de armazenamento e conseguiram obter um produto com 76,7% de proteína. Esse concentrado foi usado como agente emulsificante para elaborar uma “maionese sabor azeitonas” e foi avaliado sensorialmente por provadores não treinados. O resultado obtido mostrou que o sabor apresentou uma porcentagem de 53,3% de aprovação (notas entre 6 e 9 da escala hedônica) e o índice de aceitação global foi de 62,59% que, segundo o autor, pode ser considerado um resultado regular.

Hoffmann (2003) incorporou 20% de concentrado proteico do soro do leite obtido por ultrafiltração ao leite desnatado para a fabricação de requeijão cremoso. Para produzir o requeijão tradicional, utilizam-se 5,8 litros de leite para fabricar 1kg de requeijão e com a incorporação do concentrado proteico foram utilizados apenas 3,23 litros de leite. O autor concluiu que as propriedades funcionais do concentrado proteico do soro do leite influenciaram positivamente na fabricação de requeijão, devido a sua capacidade emulsificante e de retenção de água, aumentando consequentemente o rendimento do produto.

Phongthai *et al.* (2016) desenvolveram um estudo fazendo a substituição da proteína albumina do ovo, devido ao seu caráter alergênico, por concentrados proteicos de farelo de arroz para a fabricação de pães sem glúten. O concentrado proteico foi extraído do

farelo de arroz em solução alcalina, obtendo uma farinha com 68,07% de proteína em base seca. A adição de 2% de concentrado proteico de arroz na produção de pães sem glúten mostrou maior eficácia para inibir o endurecimento do pão e um melhoramento na porosidade do miolo e dos atributos sensoriais, como aparência, cor, sabor e cheiro.

Lima *et al.* (2013) utilizaram proteína texturizada de soja (PTS) para desenvolver um hambúrguer vegetal tendo como base o bagaço fibroso de caju oriundo da indústria de beneficiamento do fruto. A adição da PTS elevou a quantidade de proteína do hambúrguer de 11,38% para 18,29% e reduziu o teor de lipídeos de 15,63% para 2,61% quando comparado ao hambúrguer formulado apenas com a base da fibra de caju.

4 METODOLOGIA

4.1 Obtenção das amêndoas de castanha de caju

Foram utilizadas amêndoas quebradas (bandas, batoques, pedaços) de castanha de caju, beneficiadas na Fábrica-Escola do Campo Experimental da Embrapa Agroindústria Tropical em Pacajus-CE.

4.1.1 Preparo das castanhas

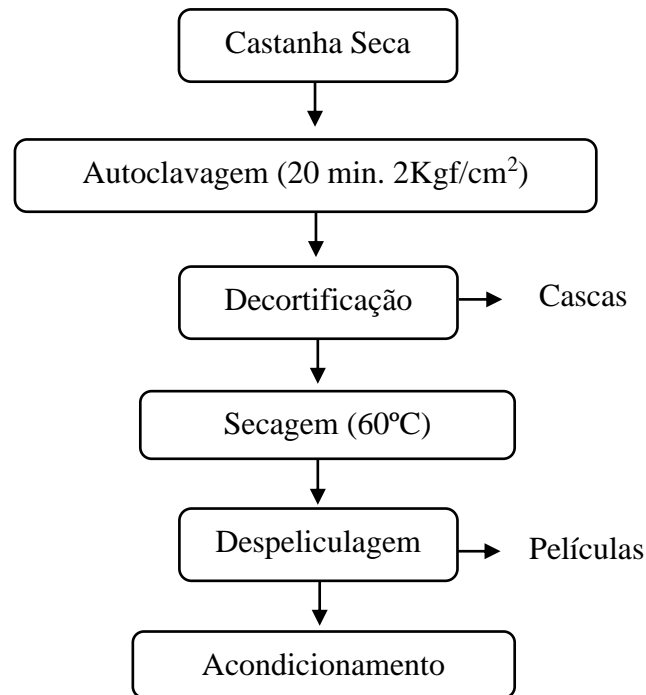
O preparo começou com a colheita manual do caju, em seguida foram retiradas as castanhas dos pedúnculos (descastanhamento) e foi feita uma seleção de modo que fossem eliminadas as matérias estranhas e impurezas. As castanhas selecionadas passaram por uma secagem ao sol por até 36 horas para remoção de umidade.

4.1.2 Beneficiamento

As castanhas foram autoclavadas por 20 minutos, depois de corticadas em máquinas de operação manual para retirada das amêndoas e, em seguida, passaram por uma secagem em estufas com circulação forçada de ar a 60°C para diminuir a umidade até 3%, afim de evitar possível proliferação de microrganismos.

As amêndoas depois de secas foram despelculadas por meio de atrito manual, acondicionadas em sacos laminados com alumínio e armazenadas a temperatura ambiente (Figura 3).

Figura 3 – Processo de beneficiamento da amêndoa de castanha de caju



Fonte: elaborado pelo autor

4.2 Caracterização da matéria-prima

As amêndoas de castanha de caju (ACC) quebradas, foram trituradas juntas em processador da marca Robot Coup®, do modelo R 502 V. V. por 30 segundos na velocidade 10, com a finalidade de diminuir e uniformizar o tamanho das partículas para a realização das análises de composição centesimal. Foram realizadas análises de umidade, cinzas, gorduras, proteínas e carboidratos.

4.2.1 Umidade

O teor de umidade foi determinado por diferença de peso nas amostras, utilizando-se 5 g que foram aquecidas a 105°C em estufa com circulação de ar até peso constante (AOAC, 1995).

4.2.2 Cinzas

Foram determinadas com base no peso do resíduo obtido por aquecimento em mufla das amostras em temperatura próxima a 550-570°C (AOAC, 1995).

4.2.3 Lipídeos

A análise foi feita por extração contínua com solvente hexano, em aparelho tipo Soxhlet, seguida da remoção do solvente por destilação e pesagem do resíduo (AOAC, 1995).

4.2.4 Proteínas

O teor de proteína foi medido por determinação do teor de nitrogênio total, realizada pelo processo de digestão micro-Kjeldahl, seguido de destilação e titulação. O fator utilizado foi 6,25 (16% de nitrogênio) para transformar o número de gramas de nitrogênio encontrado em número de gramas de proteínas (AOAC, 1995).

4.2.5 Carboidratos (Fração glicídica)

Determinou-se a quantidade de carboidratos considerando-se a composição centesimal e foi calculado por diferença dos demais constituintes majoritários, conforme metodologia descrita por AOAC (1995), por meio da equação 1:

$$\%FG = 100 - (U + L + P + C) \quad (1)$$

Onde: FG é a fração glicídica (%), U é a umidade, L é o teor de lipídeos (%), P é o teor de proteína (%), e C são as cinzas (%).

4.3 Obtenção de isolado e concentrado proteicos de ACC

4.3.1 Obtenção da farinha desengordurada de ACC

A farinha foi elaborada submetendo as amêndoas trituradas de castanha de caju a um processo de tratamento térmico de 70°C por duas horas em estufa com circulação de ar

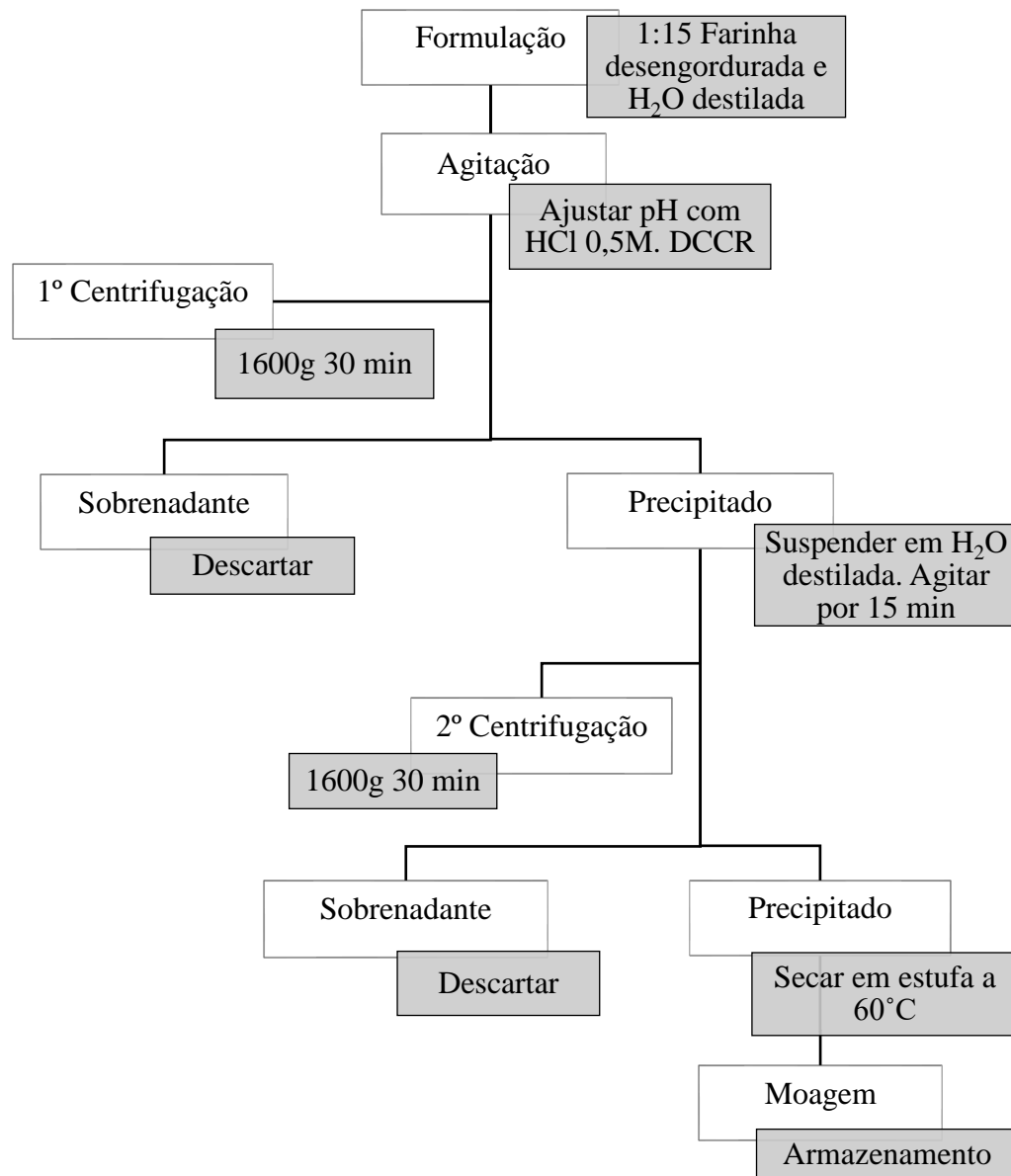
para tentar eliminar qualquer umidade adquirida durante o armazenamento e posteriormente foi feita a extração do óleo em solvente hexano pelo aparelho de Soxhlet por 10 horas. O solvente foi recuperado a 40°C em rota e vaporador a vácuo do modelo Fisatom 801.

Após completa extração do óleo, a farinha desengordurada de ACC ficou em estufa com circulação de ar por 1 hora a 60°C para completa remoção do solvente. Para diminuir a granulometria do produto e padronizar o tamanho das partículas, passou-se a farinha em um moinho do modelo Pulverisette 9, da marca Fritsch, acoplado a uma peneira de 60 mesh e foi armazenada em sacos plásticos laminados fechados em seladora manual.

4.3.2 Obtenção do concentrado proteico

O concentrado proteico de farinha desengordura de ACC foi obtido conforme Glória e Regitano-d'Arce (2000), que produziram concentrados e isolados proteicos de castanha-do-Pará, com modificações. Para preparar a solução foi utilizada uma relação farinha desengordurada de ACC/água de 1/15. A precipitação ocorreu em meio ácido com posterior separação por centrifugação (1600g/30minutos) e ao final o precipitado foi resuspenso em água destilada com intuito de aumentar o pH final do concentrado. A solução foi novamente centrifugada usando os mesmos parâmetros anteriores, o precipitado foi seco em estufa com circulação de ar a 60°C até total secagem da amostra e depois moído em moinho analítico com impacto do modelo A 11Basic S032, da marca IKA®(Figura4).

Figura 4 – Esquema de obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os parâmetros para obtenção do concentrado foram definidos utilizando-se delineamento composto central rotacional 2^2 (DCCR) com duas variáveis independentes: pH de precipitação proteica (3,0 a 4,5) e tempo de agitação magnética a temperatura ambiente (15 a 120 minutos); e uma variável dependente: teor proteico do produto obtido (Tabela 2). Foram realizados 11 tratamentos, sendo 3 repetições do ponto central.

A faixa de pH escolhida para o DCCR foi baseada em artigos científicos publicados que utilizaram faixas de pH entre 3,5 e 4,5, e tempo de precipitação de até 2 horas (BORA E QUEIROGA NETO, 2004, OGUNWOLU *et al.*, 2009, RIBEIRO *et al.*, 2009) para obtenção de concentrados proteicos de diferentes fontes. O tempo mínimo de 15 minutos do DCCR foi escolhido com o objetivo de otimizar o processo já que não foi encontrado pesquisas com esse tempo.

Tabela 2 – Matriz do delineamento experimental utilizado para obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.

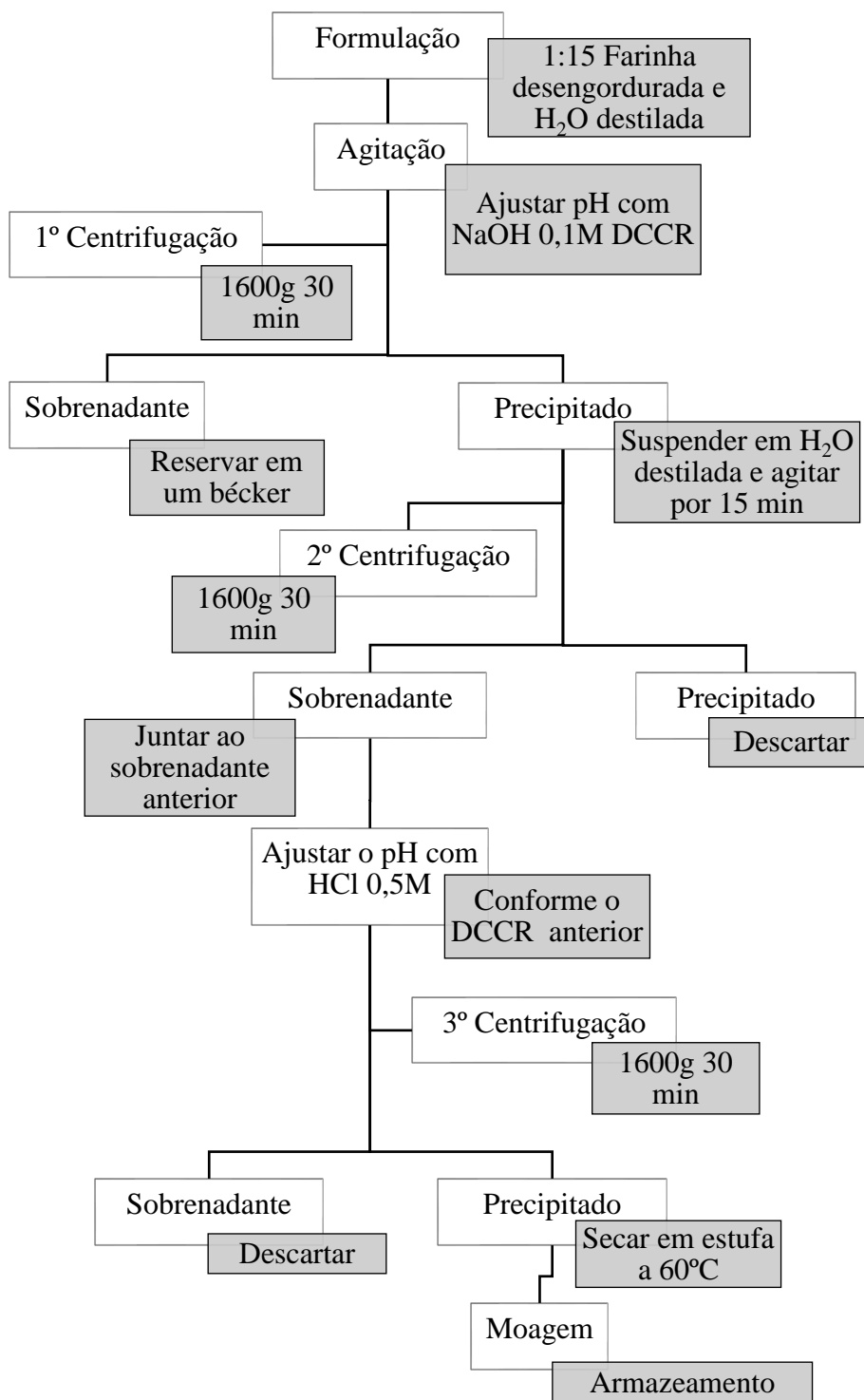
Tratamento	Valores codificados		Valores decodificados (reais)	
	pH	Tempo agitação	pH	Tempo agitação (min)
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	3,2	30
2	+1	-1	4,3	30
3	-1	+1	3,2	105
4	+1	+1	4,3	105
5	-1,41	0	3,0	67
6	+1,41	0	4,5	67
7	0	-1,41	3,8	15
8	0	+1,41	3,8	120
9	0	0	3,8	67
10	0	0	3,8	67
11	0	0	3,8	67

Fonte: elaborado pelo autor.

4.3.3 Obtenção do isolado proteico

O isolado proteico da farinha de ACC desengordurada também foi elaborado conforme Glória e Regitano d'Arce (2000) com modificações. O isolado foi obtido por extração alcalina com posterior precipitação ácida, separação por centrifugação, secagem em estufa com circulação de ar a 60°C até total secagem da amostra e moagem em moinho analítico com impacto do modelo A 11 Basic S032, da marca IKA® (Figura 5). Para extração utilizou-se uma relação farinha de ACC/água de 1/15.

Figura 5 – Esquema de obtenção do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os parâmetros para extração alcalina foram definidos utilizando-se delineamento composto central rotacional 2^2 (DCCR) com duas variáveis independentes: pH de extração proteica (8,0 a 12,0) e tempo de agitação para extração (15 a 180 minutos); como variável dependente foi avaliado o teor proteico do produto obtido (Tabela 3). Foram realizados 11 tratamentos, sendo 3 repetições no ponto central. Para a etapa de precipitação das proteínas foram utilizados os parâmetros de pH e tempo de agitação definidos no delineamento anterior.

As variáveis do DCCR foram escolhidas com base no intervalo de tempo de solubilização para a extração das proteínas encontrado em alguns trabalhos científicos, variando de 45 minutos a 4 horas (AYDEMIR *et al.*, 2014; GBADAMOSI; ABIOSE; ALUKO, 2012) e com faixa de pH para a extração de 9 a 12 (GLÓRIA; REGITANO-d'ARCE, 2000; KUMAR *et al.*, 2014).

Tabela 3 – Matriz do delineamento experimental para obtenção do isolado proteico (fase de solubilização) de amêndoa de castanha de caju.

Tratamento	Valores codificados		Valores decodificados (reais)	
	pH	Tempo agitação	pH	Tempo agitação (min)
	X ₁	X ₂	X ₁	X ₂
1	-1	-1	8,6	39
2	+1	-1	11,4	39
3	-1	+1	8,6	156
4	+1	+1	11,4	156
5	-1,41	0	8,0	97
6	+1,41	0	12,0	97
7	0	-1,41	10,0	15
8	0	+1,41	10,0	180
9	0	0	10,0	97
10	0	0	10,0	97
11	0	0	10,0	97

Fonte: elaborado pelo autor.

4.4 Caracterização físico-química da farinha desengordurada, do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju

Foram realizadas as mesmas análises de caracterização descritas para as amêndoas: umidade, cinzas, proteínas, gordura e carboidratos. Foi realizada também a análise

da cor, utilizando-se o colorímetro da marca Konica Minolta, do modelo CR 410 no sistema L* a* b*.

4.5 Caracterização funcional tecnológica do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju

4.5.1 Rendimento em massa

Os rendimentos em massa do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju foram calculados pela equação 2:

$$\text{Rendimento em base seca (\%)} = \frac{\text{Peso final (g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100 \quad (2)$$

Onde o peso inicial é o peso da farinha desengordurada de ACC em gramas e o peso final é a quantidade de amostra seca de isolado ou concentrado proteico obtido no final do processo.

4.5.2 Solubilidade proteica em meio aquoso

A solubilidade foi determinada segundo Glória e Regitano-d'Arce (2000), através do índice de solubilidade de nitrogênio, dispersando-se 1g de material em 50 mL de água com pH ajustado para 2, 4, 6, 8, 10 e 12. A dispersão foi mantida sob agitação magnética por 1 hora e centrifugada a 3500 rpm por 15 minutos. Do sobrenadante fez-se a determinação de nitrogênio total pelo método de Bradford (Bradford, 1976), usando uma solução de Albumina do Soro Bovino (BSA) como curva padrão. O cálculo da solubilidade foi feito de acordo com a Equação 3.

$$\text{Solubilidade (\%)} = \frac{\text{Teor de proteínas do sobrenadante}}{\text{Teor de proteína da amostra}} \times 100(3)$$

Para determinar a solubilidade das proteínas em água, foi feita uma curva padrão de absorbância x concentração com proteína BSA. A solução de BSA de 1µg/mL, foi elaborada pesando-se 0,01g de BSA e diluído em 50mL de água destilada, após completa

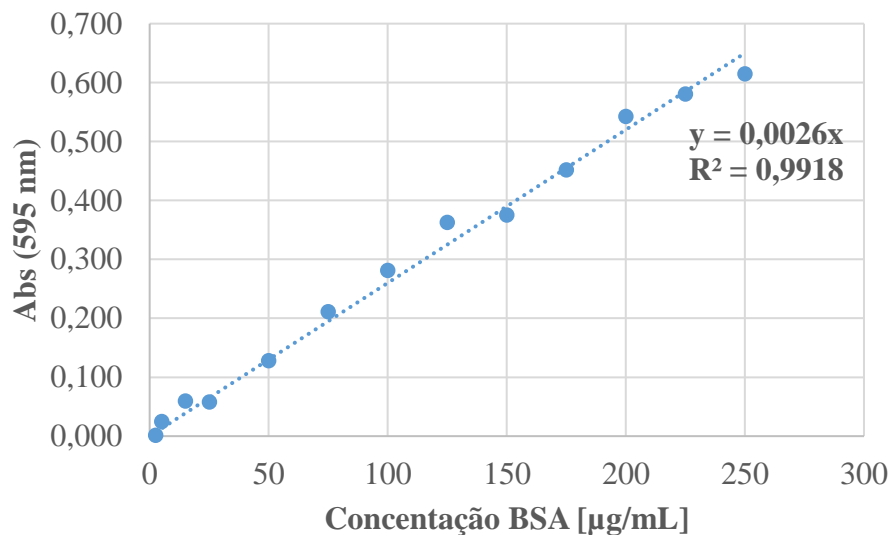
diluição, a solução foi transferida para um balão volumétrico de 100mL e aferido com água destilada.

As concentrações de BSA usadas para a elaboração da curva padrão de BSA e a média dos resultados das absorvâncias dessas concentrações encontram-se no Apêndice A. Todas as leituras foram feitas em triplicatas.

Após obter o resultado das absorvâncias, foi elaborado o gráfico (Figura 6) de dispersão e a equação da reta foi gerada (Equação 4) para esses pontos:

$$y = 0,0026 x \quad (4)$$

Figura 6 – Gráfico da concentração da solução padrão de Albumina do Soro Bovino (BSA) x absorvância (595nm) para determinação de proteínas pelo método de Bradford.



Fonte: elaborado pelo autor.

Com base na equação da reta obtida, os valores das absorvâncias dos sobrenadantes do concentrado e do isolado proteico, em diferentes pHs (2 a 12), foram substituídos na equação da reta para verificar o teor de proteínas e em seguida calcular a porcentagem de solubilidade proteica.

4.5.3 Capacidade de absorção de água

Foram pesados 1,5 g de proteína (isolada ou concentrada) em tubo de centrífuga de 50mL e adicionados 30mL de água destilada. Agitou-se o tubo por um minuto à

temperatura ambiente (28°C) e após repouso de 20 minutos, o material foi centrifugado a 3500 rpm por 10 min, e o sobrenadante descartado (LIN, HUMBERT e SOSULSKI, 1974).

A diferença em massa entre a quantidade de amostra inicial e amostra final foi tomada como medida da absorção de água e expressa como a quantidade de água absorvida por 100 g de amostra (LIN, HUMBERT e SOSULSKI, 1974).

4.5.4 Capacidade de absorção de óleo

Para a capacidade de absorção do óleo foram feitos os mesmos procedimentos realizados para determinação da capacidade de absorção de água, substituindo-se a água por óleo vegetal. A capacidade de absorção de óleo foi expressa como a quantidade de óleo absorvido por 100 g de amostra (LIN, HUMBERT e SOSULSKI, 1974).

4.5.5 Capacidade de formação de espuma

A capacidade de formação de espuma foi determinada como descrito por Glória e Regitano-d'Arce (2000), batendo-se 5g de amostra com 100 mL de água por 5 minutos na velocidade 7 em Turrax da marca BOSCH (modelo GGS 27L 500W 27.000 rpm).

O volume aumentado pelo batimento foi medido em proveta e o resultado expresso porcentagem de aumento de volume. A estabilidade da espuma também foi medida por meio do repouso da amostra a temperatura ambiente, com leitura após 1, 5, 10, 30 e 60 minutos.

4.6 Aplicação de Concentrado Proteico de ACC em hambúrguer vegetal em substituição à proteína texturizada de soja

4.6.1 Preparação dos hambúrgueres

Para testar a utilização do concentrado proteico de ACC em um produto alimentício, foram preparadas duas formulações de hambúrgueres vegetais, como descrito em Lima *et al.* (2013).

Elaborou-se uma amostra de hambúrguer controle com proteína texturizada de soja (PTS) e uma amostra teste com concentrado proteico de ACC, ambas com a mesma quantidade de proteína, 27% de PTS na amostra controle e 27% de concentrado proteico de

ACC na amostra teste. Os demais ingredientes foram adicionados nas porcentagens apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Ingredientes usados para formulação dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja (PTS) e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju (ACC).

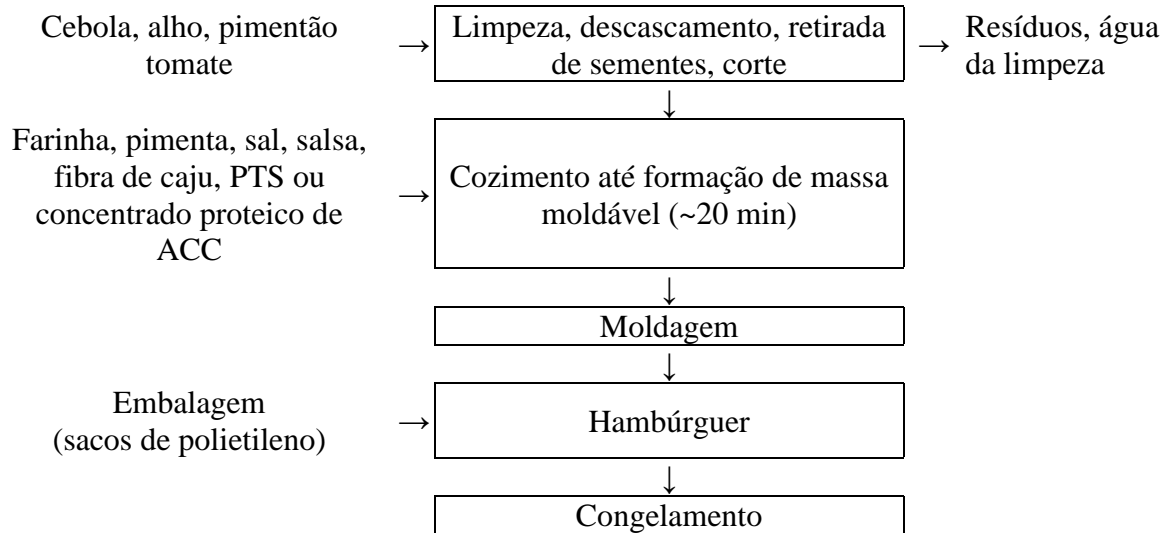
Ingredientes	%
PTS ou concentrado proteico de ACC	27,0
Fibra de caju	27,0
Tomate	16,3
Cebola	5,5
Pimentão	3,1
Alho	0,9
Pimenta do reino	0,1
Salsa desidratada	0,2
Sal	1,2
Óleo	1,0
Farinha de trigo	8,0
Água	9,7
Total	100,0

Fonte: Lima *et al.*, (2013).

Todos os ingredientes foram misturados e aquecidos por aproximadamente 20 minutos em fogo médio até a formação de uma massa moldável. Após o resfriamento das massas, elas foram moldadas em formas de hambúrguer da marca *Tupperware*[®] com o peso médio de 80g, embaladas individualmente em sacos plásticos e armazenadas a -18°C. O fluxograma do processamento dos hambúrgueres encontra-se na Figura 7.

Os hambúrgueres foram fritos no momento em que foi realizado o teste sensorial, em frigideira antiaderente, com aproximadamente 10mL de óleo vegetal de soja. Eles foram repartidos em pedaços semelhantes e servidos aos provadores em bandejas de plástico para a realização dos testes sensoriais.

Figura 7 – Esquema de processamento dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja (PTS) e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju (ACC).



Fonte: elaborado pelo autor.

4.6.2 Caracterização dos hambúrgueres

Foram feitas análises físico-químicas de umidade, cinzas, proteínas (AOAC, 1995). O teor de lipídios foi determinado de acordo com o método Am 5-04 da American Oil Chemists' Society (AOCS, 2005), usando o sistema de extração sob alta pressão e alta temperatura em equipamento XT-15 Ankom (ANKOM, 2009). O teor de carboidratos foi feito por diferença (AOAC, 1995) e as frações de fibras insolúveis (FDI) e fibras solúveis (SDF) foram determinadas de acordo com o método 991.43 da AOAC (2010), utilizando um analisador automático da ANKON Technology Corporation. A fibra alimentar total (TDF) foi obtida pela soma do teor de fibra solúvel e insolúvel.

4.6.3 Teste sensorial de aceitação e intenção e compra

Os testes foram realizados no Laboratório de Análise Sensorial da Embrapa Agroindústria Tropical, localizada na cidade de Fortaleza-CE. Os provadores foram recrutados entre funcionários e colaboradores da Embrapa, conforme especificado por Meilgaard, Civille e Carr (2006) e Stone e Sidel (1993).

O público, constituído de 50 indivíduos, foi solicitado a assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice B). Os protocolos dos testes sensoriais foram previamente aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual do Ceará, sob parecer nº 147.279.

Os testes foram realizados em cabines individuais climatizadas (24 °C), sob iluminação controlada (luz branca). Duas amostras de hambúrgueres de aproximadamente 15 gramas foram servidas em copos descartáveis de 50 mL, codificados com números aleatórios de três dígitos e apresentados de forma monádica sequencial e balanceada para minimizar os efeitos de posição das amostras. Foi oferecido entre as amostras um copo de água à temperatura ambiente para eliminar o sabor residual na boca.

A aceitação das amostras foi avaliada por meio de uma escala hedônica estruturada mista de 9 pontos, variando de “gostei muitíssimo” a “desgostei muitíssimo” (PERYAM; PILGRIM, 1957; MEILGAARD, CIVILLE; CARR, 2006). Para medir a intenção de compra dos provadores utilizou-se a escala de 5 pontos (Apêndice C), variando de “certamente compraria” a “certamente não compraria”(ABNT, 1998).

4.7 Análise Estatística

As respostas do planejamento experimental para a elaboração do concentrado e do isolado proteico de ACC foram analisadas pela metodologia de superfície de resposta utilizando-se o software Protimiza Experimental Design (2014). A significância dos modelos foi testada pela Análise de Variância (ANOVA), considerando como parâmetros significativos aqueles que apresentaram $p < 0,10$.

Todas as análises físico-químicas e funcionais tecnológicas foram realizadas em triplicata e os resultados foram avaliados por meio de Análise de Variância (ANOVA), Teste Fou Teste de Tukey com 5% de significância.

Para as avaliações hedônicas de aceitação, as categorias das escalas foram associadas a valores numéricos, sendo 9 = gostei muitíssimo, 8 = gostei muito, 7 = gostei, 6 = gostei pouco, 5 = nem gostei/nem desgostei, 4 = desgostei pouco, 3 = desgostei, 2 = desgostei muito e 1 = desgostei muitíssimo (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 2006). Para avaliar o teste de intenção de compra, as categorias da escala também foram associadas a valores numéricos, sendo 5 = certamente compraria, 4 = provavelmente compraria, 3, talvez comprasse, talvez não comprasse, 2 = provavelmente não compraria e 1 = certamente não compraria (ABNT, 1998).

Os dados dos testes de aceitação foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de F ao nível de 5% de significância para comparação das médias, utilizando-se o programa estatístico *Statistical Analytical Systems – SAS Use's Guide: Version 6.11* (SAS, 2009) e representados por meio de histogramas de frequência. Foi calculado o somatório das frequências acumuladas na região de aceitação da escala hedônica (valores entre 6 e 9) para cada amostra de hambúrguer. Os dados da intenção de compra foram também representados por meio de histogramas de frequência.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização da amêndoa da castanha de caju (ACC) e da farinha desengordurada.

Os resultados da composição centesimal em base seca da amêndoa de castanha de caju (ACC) e da farinha desengordurada de ACC encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição centesimal em base seca da amêndoa da castanha de caju (ACC) e da farinha desengordurada de ACC.

Componente	ACC (%)	Farinha desengordurada (%)
Umidade	3,9 ± 0,02	5,5 ± 0,27
Cinzas	2,9 ± 0,06	4,9 ± 0,03
Lipídeos totais	47,7 ± 0,58	2,9 ± 0,11
Proteínas (N x 6,25)	23,0 ± 0,34	45,1 ± 0,11
Carboidratos totais	26,4 ± 0,80	47,1 ± 0,10

Fonte: elaborado pelo autor.

A ACC é um produto com elevado valor nutricional e a fração lipídica é a que mais se destaca, com quase 48%, seguida dos carboidratos com 26% e as proteínas com 23%. Freitas (2009) obteve um valor muito semelhante de proteínas em ACC, 23,04% e um menor valor de lipídios, com 44,1%. Já Silva *et al.* (2015) encontraram um teor de proteína de aproximadamente 21%. Esses valores podem variar de acordo com o local de cultivo, sazonalidade e tipo de processamento das amêndoas.

Quanto maior o tempo de extração em Soxhlet, maior será a quantidade de lipídio removido e conseqüentemente haverá um aumento dos demais constituintes na fração não lipídica. Após a extração de mais de 93% dos lipídios na farinha desengordurada de ACC, o teor de proteínas, que antes estava em torno de 23,0%, ficou em 45,1%, aumentando cerca de 96% quando comparado com a matéria-prima. Neto *et al.* (2001) utilizaram o mesmo método de extração lipídica e obtiveram um valor proteico mais baixo para a farinha desengordurada de ACC, aproximadamente 33,4%.

Glória e Regitano-d'Arce (2000) desenvolveram uma farinha desengordurada de castanha-do-pará com um teor de proteínas mais elevado, cerca de 47,6%, porém, foram utilizados dois processos para a extração lipídica: prensagem e imersão em hexano a

temperatura ambiente. Lima, García e Lima (2004) utilizaram operações de aquecimento e prensagem de amêndoa de castanha de caju, obtendo uma torta desengordurada de aproximadamente 36,4% de proteínas e uma redução de apenas 20% no teor de lipídios.

5.2 Obtenção de Concentrado Proteico de ACC

O resultado expresso em porcentagem do delineamento composto central rotacional com os valores reais e codificados para o teor de proteínas, encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 – Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais, codificados e resultados do teor de proteínas extraídos em % para a elaboração de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.

Tratamentos	pH (x_1)	Cód.	Tempo (min) (x_2)	Cód.	% Proteínas (y_1)
1	3,2	(-1)	30	(-1)	67,29
2	4,3	(+1)	30	(-1)	70,48
3	3,2	(-1)	105	(+1)	69,32
4	4,3	(+1)	105	(+1)	72,12
5	3,0	(-1,41)	67	(0)	67,52
6	4,5	(+1,41)	67	(0)	68,47
7	3,8	(0)	15	(-1,41)	71,16
8	3,8	(0)	120	(+1,41)	70,52
9	3,8	(0)	67	(0)	69,14
10	3,8	(0)	67	(0)	68,98
11	3,8	(0)	67	(0)	71,80

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao avaliar os resultados da análise de Regressão para a variável teor de proteína (Tabela 7), foi observado que nenhum efeito (linear, quadrático ou de interação entre as variáveis independentes) apresentou significância ($p > 0,10$), não sendo possível estabelecer um modelo para essa resposta (teor de proteínas) em função dessas variáveis (pH e tempo), nas faixas estudadas. Assim, o menor tempo de agitação (15 minutos) pode ser utilizado na elaboração do concentrado proteico de ACC, o que implica em um menor custo na produção.

Vários autores reportaram tempos maiores para a fase de precipitação na produção de isolados proteicos vegetais. Ogunwolu *et al.* (2009) utilizaram um tempo de agitação para a precipitação proteica de 2 horas a 4°C para a obtenção de concentrado proteico de ACC. Já Yuliana *et al.* (2014) ajustaram o pH da amostra para 4,4 na fase de precipitação e deixaram a solução em repouso por 1 hora antes de centrifugar e secar.

Quanto ao pH de precipitação, mesmo o modelo não sendo significativo, percebe-se que o valor linear (0,1355) ficou muito próximo do nível de significância (0,10), então realizou-se um novo experimento variando apenas esse fator, com tempo de agitação fixo de 15 minutos.

Tabela 7 – Análise de Regressão para obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju

Nome	Coefficiente	Erro Padrão	t calculado	p-valor
Média	69,97	0,84	83,12	0,0000
x ₁	0,92	0,52	1,78	0,1355
x ₁ ²	-0,89	0,61	-1,46	0,2054
x ₂	0,35	0,52	0,67	0,5323
x ₂ ²	0,53	0,61	0,68	0,4275
x ₁ - x ₂	-0,10	0,73	-0,13	0,8988

Fonte: elaborado pelo autor.

Foram escolhidos quatro valores de pH dentro das faixas usadas no DCCR, de 3,0 a 4,5. Os valores de pH usados para o novo teste de obtenção do concentrado proteico foram: 3,0; 3,5; 4,0 e 4,5. Os processos de obtenção e as análises para verificar o teor de proteínas foram feitos em triplicata. Os resultados obtidos em base seca foram submetidos à Anova e as médias comparadas pelo teste de Tukey (5%) (Tabela 8).

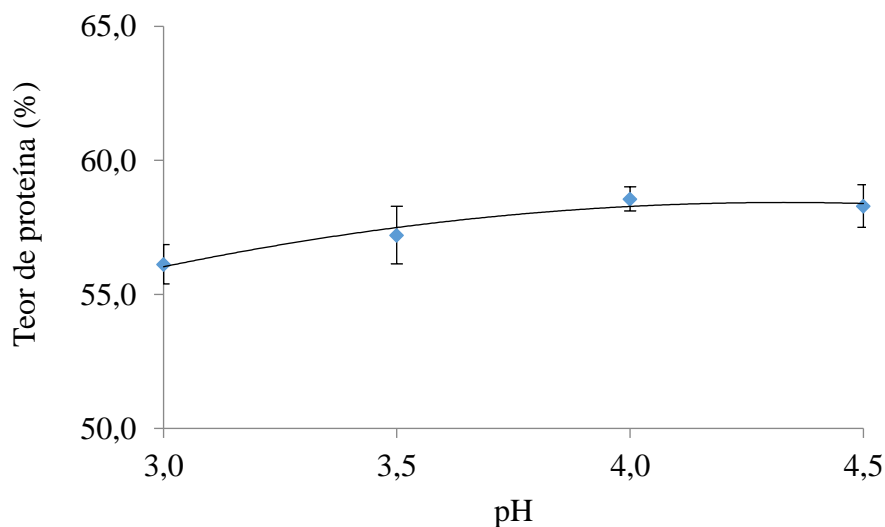
Tabela 8 – Teor de proteínas para a produção de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.

pH	Tempo (min)	% Proteínas
3,0	15	56,12 ± 0,73 c
3,5	15	57,21 ± 1,07bc
4,0	15	58,56 ± 0,45 a
4,5	15	58,30 ± 0,79ab

Fonte: Elaborado pelo autor. Na coluna, médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%)

O teor de proteína do concentrado proteico obtido no pH 4,0 foi significativamente superior ao teor dos concentrados obtidos em pH 3,0 e pH 3,5 e não diferiu do pH 4,5. Esse resultado mostra que a zona ideal para obtenção do concentrado proteico de ACC está na faixa de pH entre 4,0 e 4,5 (Figura 8).

Figura 8 – Relação teor de proteína x pH de precipitação proteica para a elaboração de concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju



Fonte: elaborado pelo autor.

Mune, Minka e Mbome (2014) demonstraram que os parâmetros mais influentes que afetam o teor de proteínas e o rendimento proteico na produção de concentrado proteico de feijão-caupi são: pH e força iônica entre as moléculas de proteína. Ogunwolu *et al.* (2009) desenvolveram concentrado proteico de ACC utilizando dois pHs de precipitação, 3,5 e 4,5,

deixando a solução sob agitação por 2 horas, porém os autores não quantificaram o teor de proteínas ao final do processo.

Em vários estudos foram usadas faixas de pH acima de 4,0 e diferentes tempos de agitação para a fase de precipitação de isolados proteicos feitos a partir de feijão preto (RIBEIRO *et al.*, 2009), grãos de soja (OLIVEIRA, 2010) e castanha de baru (GUIMARÃES *et al.*, 2012).

5.3 Obtenção do Isolado Proteico de ACC

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com os valores reais para as duas variáveis independentes, pH e tempo de agitação para a fase de solubilização e o resultado em porcentagem da variável dependente, teor de proteína da amostra, obtido ao final do processo.

A fase de precipitação ácida foi realizada como determinado no item 5.2, a pH 4,0 e 15 minutos de agitação.

Tabela 9 – Matriz do Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) com valores reais, codificados e os resultados do teor de proteínas extraídos em % para a elaboração de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju.

Tratamentos	pH (x ₁)	Cód.	Tempo (min) (x ₂)	Cód.	% Proteínas (y ₁)
1	8,6	(-1)	39	(-1)	83,10
2	11,4	(+1)	39	(-1)	72,67
3	8,6	(-1)	156	(+1)	83,37
4	11,4	(+1)	156	(+1)	73,00
5	8,0	(-1,41)	97	(0)	79,24
6	12,0	(+1,41)	97	(0)	81,23
7	10,0	(0)	15	(-1,41)	89,36
8	10,0	(0)	180	(+1,41)	81,52
9	10,0	(0)	97	(0)	87,20
10	10,0	(0)	97	(0)	87,04
11	10,0	(0)	97	(0)	84,60

Fonte: elaborado pelo autor

Na Tabela 10 encontra-se a análise de regressão para a obtenção do isolado proteico de ACC. A variável resposta x_1^2 foi a que se apresentou mais próxima do nível de significância (10%), com p-valor de 0,1135. As variáveis que não foram significativas para o processo, foram retiradas da análise de regressão para a reparametrização dos dados.

Tabela 10 – Análise de regressão para obtenção do isolado proteico de castanha de caju (ACC).

Nome	Coefficiente	Erro Padrão	t calculado	p-valor
Média	86,28	3,02	28,53	0,0000
x_1	-2,25	1,85	-1,21	0,2789
x_1^2	-4,22	2,20	-1,92	0,1135
x_2	-1,31	1,85	-0,71	0,5106
x_2^2	-1,62	2,20	-0,74	0,4952
$x_1 - x_2$	0,01	2,62	0,01	0,9957

Fonte: elaborado pelo autor.

Na Tabela 11 encontra-se o resultado do p-valor após reparametrização dos valores. Apenas a variável quadrática pH de solubilização (x_1^2), influenciou estatisticamente na formação do isolado proteico, com p-valor de 0,0835. Apesar do modelo não ter ficado com um valor de R^2 elevado (29,62%), esse resultado indica que o pH de 10 pode ser considerado o mais recomendado para a solubilização das proteínas. Além disso, o menor tempo de agitação (15 minutos) pode ser escolhido para o processo de obtenção do isolado proteico, já que esse parâmetro não foi significativo no processo.

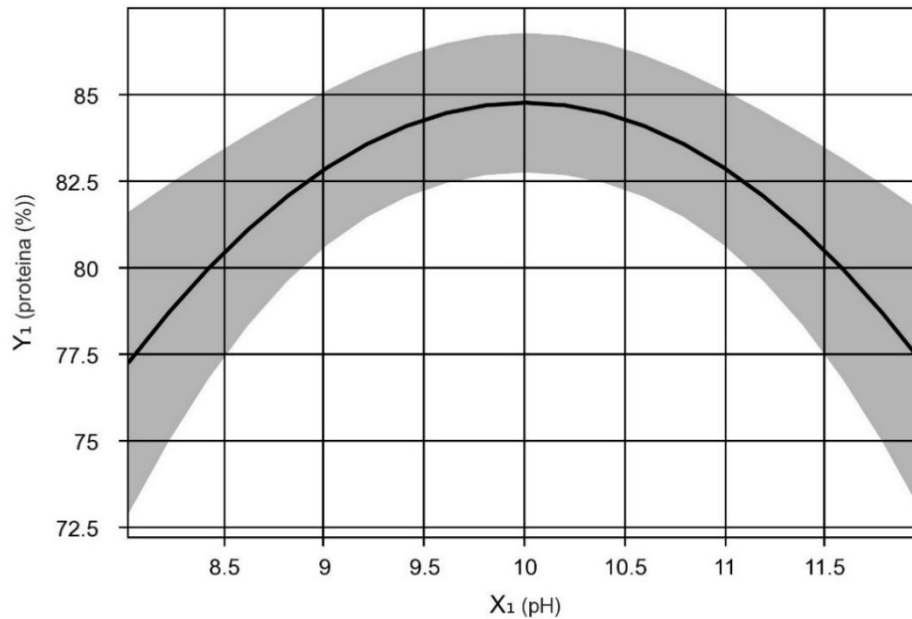
Tabela 11 – Análise de Regressão para a variável Teor de Proteínas

Nome	Coefficiente	Erro Padrão	t calculado	p-valor
Média	84,75	2,01	42,15	0,0000
x_1^2	-3,75	1,93	-1,95	0,0835

Fonte: elaborado pelo autor

Na figura 9 se encontra o gráfico com a zona de pH mais indicada para a solubilização das proteínas em relação ao teor proteico do processo.

Figura 9 – Teor de proteína x pH de solubilização proteína na elaboração de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju



Fonte: Elaborado pelo autor.

A região próxima ao pH 10 foi onde obteve o maior rendimento em proteínas, com mais de 82%. Portanto, para a produção de isolado proteico de castanha de caju, recomenda-se utilizar a faixa de pH entre 4,0 e 4,5, sob agitação de 15 minutos para a fase precipitação e, para a fase de solubilização, é recomendado o pH 10 com 15 minutos de agitação magnética.

Alguns autores relataram a obtenção de isolados proteicos utilizando tempos maiores que 15 minutos (entre 30 minutos e 4 horas) para solubilizar as proteínas em pH alcalino (LAWAL; ADEBOWALE; ADEBOWALE, 2007; AMZA *et al.*, 2011; GUIMARÃES *et al.*, 2012). Amza *et al.* (2011) elaboraram isolado proteico de gengibre (*Neocaryamacrophylla*) utilizando o pH de solubilização em 10,0 com tempo de agitação magnética de uma hora.

Adebowale e Lawal (2003) ajustaram o pH em 8,0 com solução de NaOH para solubilizar as proteínas de feijão mucuna (*Mucuna pruriens*) e Cano-Medina *et al.* (2011) usaram um pH em 9,0 para isolado proteico de gergelim (*Sesamun indicum*) e Ogunwolu *et al.* (2009) utilizaram duas faixas diferentes de pH, 7,0 e 10,0 com um tempo de agitação de uma hora para elaboração de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju (*Anacardim occidentale* L).

5.4 Caracterização do Concentrado e do Isolado Proteico de ACC

A composição centesimal em base seca do isolado e do concentrado proteico de ACC obtidos nas condições definidas nos itens 5.2 e 5.3, encontram-se na Tabela 12. As amostras foram comparadas pelo teste de F ao nível de 5% de significância.

Tabela 12 – Composição centesimal do concentrado e do isolado proteico de amêndoa da castanha de caju.

Componente	Concentrado proteico (%)	Isolado proteico (%)
Umidade	6,9 ± 0,19 b	10,1 ± 0,04 a
Cinzas*	1,9 ± 0,21 b	2,8 ± 0,02 a
Lipídeos totais*	7,8 ± 0,03 a	1,7 ± 0,02 b
Proteínas (N x 6,25)*	54,5 ± 1,10 b	86,2 ± 0,4 a
Carboidratos totais*	35,8 ± 0,39 a	9,3 ± 1,41 b

Fonte: Elaborado pelo autor. *Base seca. Nas linhas, médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste F.

O teor de proteínas aumentou de 45,1% na farinha desengordurada para 54,5% no concentrado proteico e para 86,2% no isolado proteico, em base seca. O elevado teor de proteínas no isolado pode ser explicado pelo processo de solubilização em pH alcalino feito antes da etapa de precipitação. A mudança de pH altera as cargas presentes na molécula de proteína, interferindo na relação proteína-proteína e água-proteína. Na produção do concentrado proteico, a precipitação proteica ocorreu no pH 4,0 porque provavelmente a carga líquida da solução é igual a zero e a relação entre as proteínas presentes na solução é maior do que a interação entre a proteína e água (OLIVEIRA, 2010).

Usando o mesmo processo de solubilização e precipitação proteica, Carvalho *et al.* (2009) desenvolveram um concentrado proteico a partir de sementes de cupuaçu com 31% de proteína e um isolado com 64,33%, teores mais baixos em relação ao concentrado e isolado proteico de ACC. Amza *et al.* (2011) elaboraram um isolado proteico a partir de sementes de gengibre com um teor de proteínas mais elevado, com aproximadamente 91,3%.

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) determina apenas os teores de proteína em concentrado e isolados proteicos produzidos a partir de soja, com 68% e 88%, respectivamente (BRASIL, 2005).

Os valores encontrados nesta pesquisa foram de 54,5% para o concentrado e 86,2% para o isolado proteico de ACC, ou seja, valores menores do que a legislação exige para soja. Contudo, era esperado que os valores proteicos do concentrado e do isolado de ACC fossem menores em relação a soja, tendo em vista que a composição centesimal dos grãos de soja *in natura* possui em torno de 40% de proteínas (MORAES *et al.*, 2006), em comparação com a ACC com apenas 23%.

A diferença entre o teor de lipídios das duas amostras pode estar relacionada a quantidade de óleo extraído da farinha desengordura da matéria-prima, a amêndoa de castanha de caju. O processo de obtenção do isolado proteico apresenta uma maior quantidade de centrifugações para a concentração de proteínas e, com isso, outros constituintes como os minerais podem ser concentrados também, justificando o aumento no teor de cinzas desse produto.

Os resultados da análise de cor realizada na Farinha Desengordurada (FD), no Isolado Proteico (IP) e no Concentrado Proteico (CP) de ACC estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13 – Análise de cor da Farinha Desengordurada (FD), Concentrado Proteico (CP) e Isolado Proteico (IP) de amêndoa de castanha de caju.

Análise de Cor			
	L*	a*	b*
FD	91,26 a	0,00c	11,10 c
CP	72,28b	2,63b	16,86 b
IP	67,66c	3,21a	25,34 a

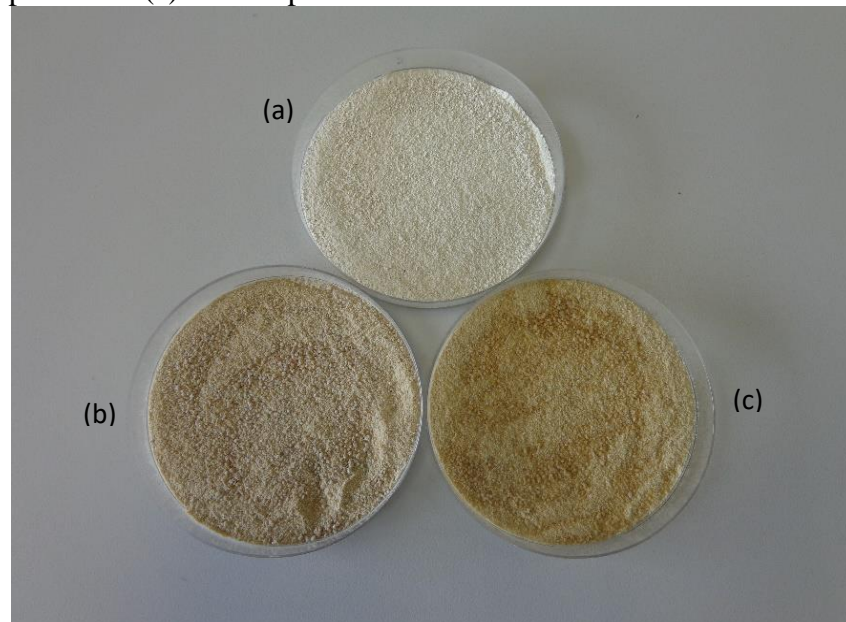
Na coluna, médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%)

A cor é considerada um fator importante na produção e qualidade de farinhas, pois é um produto que pode ser utilizado na formulação de diversos alimentos. Tratamentos térmicos e diferentes tipos de processamentos podem influenciar na cor dos produtos (GIESE, 2000).

Todas as amostras apresentaram diferenças significativas nos três parâmetros. Para o parâmetro L*, que indica a luminosidade da amostra, a diferença pode ser atribuída ao processo de obtenção do concentrado e do isolado proteico, que pode ter causado a oxidação dos compostos fenólicos ou escurecimento não enzimático.

Observa-se que o valor de a^* foi baixo para as três amostras, e o valor de b^* foi maior no isolado proteico, indicando um tom mais amarelado em relação as demais amostras, o que pode ser justificado pela Reação Maillard, devido ao aumento do pH na fase de solubilização das proteínas. Na Figura 10 estão apresentados os três produtos obtidos no final do processo: (a) farinha desengordurada, (b) concentrado proteico e (c) isolado proteico de ACC.

Figura 10 – (a) Farinha desengordurada de ACC, (b) concentrado proteico e (c) isolado proteico.



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.5 Caracterização funcional tecnológica do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju

5.5.1 *Rendimento em massa*

O rendimento em massa (m/m) do concentrado proteico de ACC obtido conforme o item 5.2 foi de 76,7% com teor de proteína de 54,5%. Já o isolado proteico de ACC elaborado conforme o item 5.3 obteve um rendimento em massa de 19,0% com teor de 86,0% de proteínas.

Outros autores relataram resultados semelhantes ao estudarem concentrados e isolados proteicos de origem vegetal. Glória e Regitano-d'Arce (2000) produziram concentrado e isolado proteicos de castanha-do-Pará e os rendimentos em massa foram de

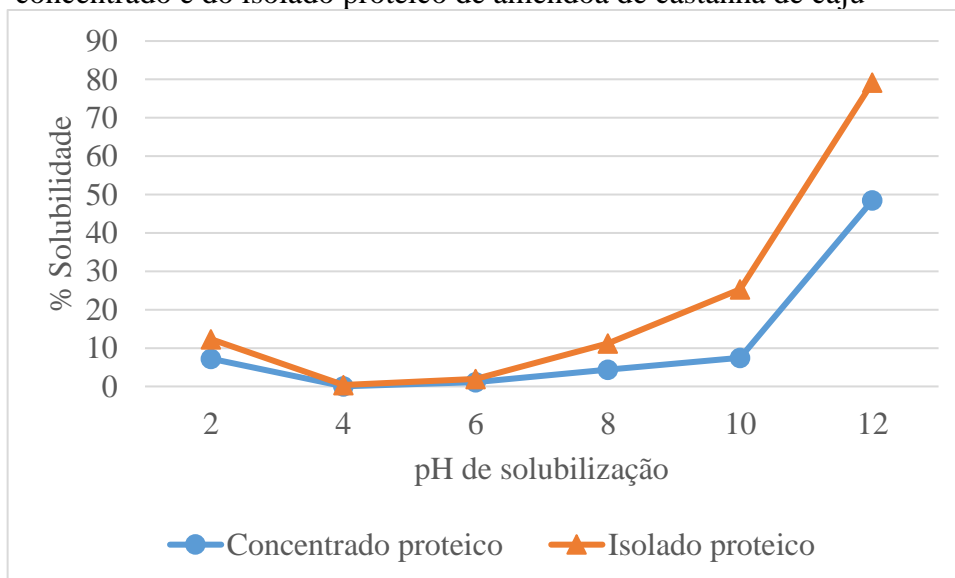
70,0% e 35,0%, respectivamente. O teor de proteínas no concentrado de castanha-do-Pará foi de 59,3% e do isolado foi de 81,6%. Carvalho *et al.* (2009) obtiveram um rendimento em massa de 73,3% para o concentrado proteico, com cerca de 31,1% de proteínas e um rendimento de 14,8% para o isolado com 64,3% de proteínas, produzidos a partir de sementes de cupuaçu.

5.5.2 Solubilidade Proteica

Na Figura 11 estão apresentadas as solubilidades protéicas em diferentes valores de pH, sendo eles 2, 4, 6, 8 e 10 do concentrado e também do isolado proteico. Em ambos os casos, a maior solubilidade proteica em água está na faixa de pH alcalino, entre o pH 10 e 12, chegando a quase 50% no concentrado proteico e 80% no isolado.

Ogunwolu *et al.* (2009) afirmam que proteínas da amêndoa de castanha de caju são de natureza ácida e que o ponto isoelétrico (PI) dessas proteínas está na faixa de pH entre 4,0 e 4,5.

Figura 11 – Solubilidade em meio aquoso em diferentes faixas de pH do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju



Fonte: Elaborado pelo autor.

A região de menor solubilidade para as duas amostras ficou próximo ao pH 4, nesta região pode ter ocorrido a agregação da maior parte das proteínas presentes nas amostras, pois de acordo com Sorgentini e Wagner (2002), a solubilidade mínima perto do ponto isoelétrico deve-se principalmente à carga líquida entre os peptídeos, que aumentam à

medida que o pH se afasta do ponto isoelétrico, e as proteínas tendem a se agregar e precipitar através de interações hidrofóbicas.

O ponto isoelétrico das proteínas pode variar entre diferentes produtos, pois está relacionado com as propriedades ácido-básicas dos aminoácidos presente na estrutura proteica. Em pH neutro alguns aminoácidos podem ser carregados negativamente e outros positivamente, portanto as proteínas assumem uma carga líquida positiva ou negativa. No PI, o pH da carga líquida dessas proteínas é zero (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

O isolado proteico apresentou maior solubilidade que o concentrado proteico. Essa diferença é explicada por Hutton e Campbell (1977), que afirmam que o concentrado proteico possui uma maior quantidade de polissacarídeos que podem acabar competindo com as proteínas pela água da solução.

Os valores de solubilidade proteica encontrados são semelhantes aos de Neto *et al.* (2001), que determinaram que isolados proteicos feitos a partir de amêndoas de castanha de caju tratadas termicamente têm solubilidade próxima a 80% na faixa de pH alcalino e praticamente nula entre os pHs 4 e 5.

Guimarães *et al.* (2012) analisaram que concentrados proteicos produzidos a partir de castanhas de baru (*Dipteryx alata Vog*) possuem a região de maior solubilidade em torno do pH 10 e menor solubilidade no intervalo de pH 4 a 5, zona de PI dessas proteínas. Glória e Regitano-d'Arce (2000) avaliaram concentrados e isolados proteicos de castanha-do-Pará e concluíram que esses produtos têm alto índice de solubilidade em pH 12, chegando a 86,8% e com menor solubilidade próximo ao pH 3.

A baixa solubilidade em faixa de pH ácido, tanto do concentrado como do isolado proteico de ACC, indica que não é recomendado o uso dessas proteínas em alguns alimentos nesta zona de pH. Sucos integrais com pH ácido, como abacaxi com pH de 3,4, caju com 3,6 e maracujá com 2,7, não se tornam boas opções para a aplicação dessas proteínas (PINHEIRO *et al.*, 2006).

Proteínas com esse perfil são mais indicadas para produção de alimentos semi-sólidos, de massas e de outros produtos de panificação (GLÓRIA; REGITANO-d'ARCE, 2000).

5.5.3 Capacidade de absorção de água - CAA

Os resultados sobre a Capacidade de Absorção de Água (CAA) do concentrado e isolado proteico de ACC estão apresentados na Tabela 14. A CAA foi significativamente maior ($p < 0,05$) no concentrado em relação ao isolado proteico.

Tabela 14 – Capacidade de Absorção de Água (CAA) do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju.

Capacidade de Absorção de Água		
Amostras	Concentrado proteico ACC	Isolado proteico ACC
CAA mL/g	1,85 a	1,74 b

Fonte: elaborado pelo autor. Médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de F (5%)

A capacidade de absorção de água depende da disponibilidade de grupos hidrofílicos na estrutura proteica e também da presença de macromoléculas que podem formar géis, como o amido, por exemplo (WANG *et al.*, 2006). Portanto, o maior valor da CAA encontrado no concentrado proteico, pode estar relacionado a maior presença de carboidratos presentes nesta amostra, como alguns polissacarídeos e fibras solúveis que possuem grande afinidade pela água (ELLEUCH *et al.*, 2011).

Os valores encontrados da CAA do isolado proteico de ACC (1,74 mL/g) é semelhante ao observado por Neto *et al.* (2001) na mesma amêndoa, que foi de 1,69 mL/g. Bora e Queiroga Neto (2004) verificaram a CAA em isolados proteicos produzidos a partir de ACC cruas e torradas, e obtiveram valores mais baixos, aproximadamente 0,98 mL/g para amêndoas cruas e 0,93 mL/g para torradas.

Nasri e Tinay (2007) analisaram o concentrado proteico obtido de feno-grego (*Trigonella foenum-graecum*) e encontraram resultados na capacidade de absorção de água semelhante aos da ACC, de 1,86mL/g. Eles concluem que a CAA é uma propriedade muito importante nas proteínas, pois a retenção de água é um fator considerável na produção de alimentos viscosos como sopas e algumas massas no processo de panificação.

Para Köhn, Kempka e Prestes (2015), a CAA é um dos fatores mais importantes economicamente, pois valores baixos afetam diretamente o rendimento de alguns produtos, causando a perda de umidade e diminuindo a qualidade do alimento.

5.5.4 Capacidade de absorção de óleo - CAO

Na Tabela 15 encontram-se os valores referentes a capacidade de absorção de óleo (CAO) do concentrado e do isolado proteico de ACC. Ambos diferem estatisticamente ao nível de significância de 5%.

Tabela 15 – Capacidade de Absorção de Óleo (CAO) do concentrado e do isolado proteico de amêndoa de castanha de caju

Capacidade de Absorção de Óleo		
Amostras	Concentrado proteico ACC	Isolado proteico ACC
CAO mL/g	1,06 a	0,90 b

Fonte: Elaborado pelo autor. Médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de F (5%).

Assim como na capacidade de absorção da água, a capacidade de absorção de óleo também foi significativamente maior no concentrado proteico em relação ao isolado.

Para a CAO de concentrados e isolados proteicos obtidos de castanha do Pará, Glória e Regitano-d'Arce (2000) também encontraram um valor maior para o concentrado (1,45mL/g) em relação ao isolado proteico (0,79 mL/g).

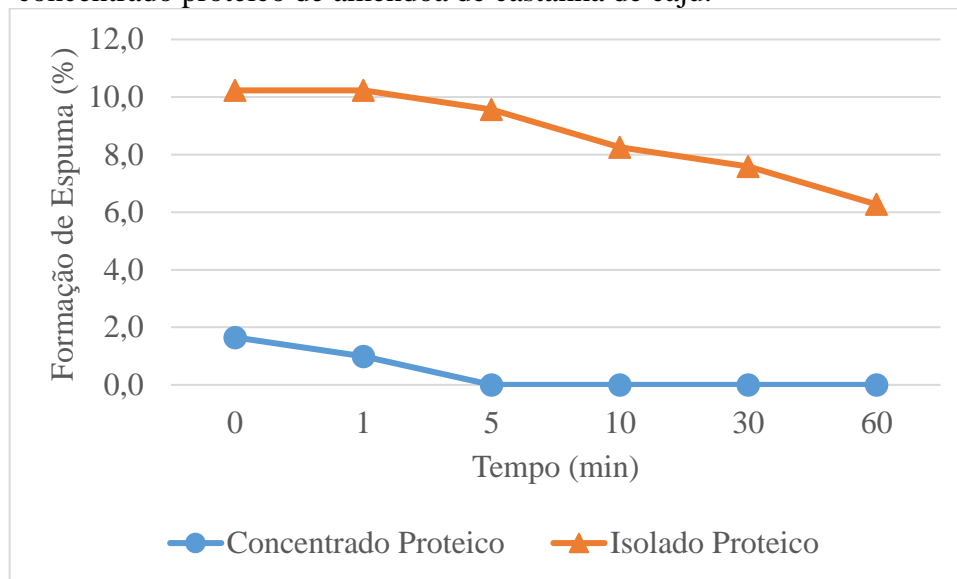
Aydemir *et al.* (2014) analisaram a CAO de isolado proteico de avelã (*Corylus avellana* L.) e encontraram 9,1 g de óleo por grama de proteína, valor bem mais alto que o encontrado para o isolado proteico de ACC.

A retenção de óleo por parte das proteínas é importante para a aplicação na indústria de alimentos, principalmente no processo de carnes frias, pois esses concentrados ou isolados podem formar emulsões, unindo a água e a gordura na fabricação, por exemplo, de salsichas (OGUNWOLU *et al.*, 2009).

5.5.5 Capacidade de formação de espuma

Na Figura 12 estão apresentadas as capacidades de formação de espuma (CFE) do concentrado e do isolado proteico logo após a agitação e depois de 0, 1, 5, 10, 30 e 60 minutos em repouso.

Figura 12 – Capacidade de formação de espuma do isolado e do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O isolado proteico tem capacidade cinco vezes maior de formação de espuma comparado ao concentrado proteico no tempo zero. Após cinco minutos de repouso, não havia mais formação de espuma no concentrado, e o isolado proteico se manteve por 60 minutos com mais de 6% de espuma formada.

A propriedade de formar espumas pelas proteínas refere-se à formação de uma película entre gás e líquido, que consiste em uma fase contínua, também chamada de fase aquosa e uma fase dispersa, o ar. A concentração proteica influencia diretamente na formação de espuma, pois quanto maior a concentração de proteínas presente em uma amostra, mais firme e estável será a espuma. A presença de açúcares, sais e lipídios pode prejudicar a formação de espuma, pois aumenta a estabilidade da estrutura proteica, diminuindo a capacidade de se desdobrar para haver a adsorção da interface ar-água (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010).

A presença de lipídios no concentrado proteico foi em torno de 7,8%, um valor 4,5 vezes maior do que o teor encontrado no isolado proteico. Os lipídios quando presentes

em concentrações maiores que 0,5% em soluções, diminuem a formação de espuma das proteínas, pois possuem poucas propriedades coesivas e visco-elásticas que são necessárias para a formação de bolhas (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Com isso, o valor lipídico do concentrado proteico pode ter interferido na capacidade de formação de espumado produto.

Isolados e concentrados proteicos de origem vegetal podem se comportar de forma diferente, dependendo de cada tipo de matéria-prima. Por exemplo, o isolado proteico de Castanha do Pará possui 170% de CFE e o concentrado possui apenas 9% de formação de espuma (GLORIA E REGITANO D'ARCE, 2000), já no isolado proteico de arroz não há formação de espuma (LATORRES, 2014).

No estudo feito por Ogunwolu *et al.* (2009) com concentrado proteico de ACC foi relatado que no pH próximo a 4, as proteínas presentes no concentrado e o isolado têm menor capacidade de formação de espuma devido a sua baixa solubilidade em água neste pH. Nesse estudo a capacidade de formação de espuma próxima ao pH 4 do concentrado foi menor que 10% enquanto que no isolado proteico apresentou próximo a 20% no tempo zero.

Com base nesses resultados, o concentrado proteico de ACC possui baixa capacidade de formação de espuma e não é indicado para formulações de alimentos com esta finalidade. O isolado proteico apresentou uma formação e estabilidade de espuma um pouco maior e pode ser aplicado na produção de alguns tipos de sobremesas, como mousses, coberturas, e produtos de panificação e confeitaria.

5.6 Aplicação de Concentrado Proteico de ACC em Hambúrguer vegetal

5.6.1 Composição centesimal dos hambúrgueres

Na Tabela 16 encontra-se a composição centesimal dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja (amostra controle) e com concentrado proteico de ACC (amostra teste) em base seca. Os hambúrgueres apresentaram teor de proteínas significativamente ($p \leq 0,05$) diferentes. Isso pode ser explicado pelo teor inicial da proteína texturizada de soja usada na formulação da amostra controle. Na embalagem comercial da PTS constava o teor proteico de 52,0%, valor menor comparado ao concentrado proteico de ACC, com aproximadamente 54,5%.

Tabela 16 – Composição centesimal dos hambúrgueres vegetais em base seca. Amostra controle com proteína texturizada de soja e amostra teste com concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju.

Componente	Amostra controle (%)	Amostra teste (%)
Umidade	70,3± 0,55 b	71,4 ± 0,70 a
Cinzas	6,9 ± 0,2 a	4,7 ± 0,3 b
Lipídeos totais	1,3 ± 0,2 a	1,4 ± 0,18 a
Proteínas (N x 6,25)	21,7 ± 1,5 b	24,8 ± 1,3 a
Fibras solúveis	9,6 ± 0,3a	10,1 ± 1,4 a
Fibras insolúveis	20,3 ± 0,3 a	17,5 ± 0,2 b
Carboidratos totais	69,1 ± 1,6 a	68,0 ± 1,8 a

Elaborado pelo autor. Nas linhas, médias seguidas de mesmas letras não diferem significativamente pelo teste de F (5%).

O hambúrguer vegetal elaborado com o concentrado proteico de ACC ficou com um teor de proteína em base seca mais elevado do que o hambúrguer vegetal elaborado por Lima *et al.* (2013) adicionado de feijão-caupi, com apenas 16,8% de proteína. Fischmann (2013) elaborou um hambúrguer com carne bubalina adicionado de ingredientes funcionais e também obteve um teor de proteína menor que o teor encontrado na amostra teste, de aproximadamente 23,7%.

O teor de cinzas mais alto na composição centesimal da amostra controle em relação a amostra teste, também pode estar relacionado a composição química da PTS. Gonçalves *et al.* (2014) quantificaram o teor de cinzas de dois cultivares diferentes de grãos soja (BRS 284 e BMX RR) e encontraram aproximadamente 4,6% e 4,8%, respectivamente. Esses valores são considerados altos em relação ao concentrado proteico de ACC usado na formulação da amostra teste, com 1,9% de cinzas.

O alto teor de fibras solúveis e insolúveis em ambos hambúrgueres está relacionado a adição da fibra e caju (27%) na formulação. Lima, García e Lima (2004) analisaram o teor de fibras dietéticas do bagaço fibroso do pedúnculo do caju e mostraram que esse bagaço possui 61,2% de fibras totais, sendo 13,2% solúveis e 47,9% insolúveis.

A legislação brasileira exige no mínimo de 6% de fibra alimentar para um produto ser considerado com alto teor de fibra (BRASIL, 2012). O hambúrguer controle ficou com 29,9% de fibras totais e o hambúrguer com concentrado proteico de ACC com 27,6%. Portanto, ambos produtos são considerados com alto conteúdo de fibra alimentar. Na Figura

13 encontram-se os hambúrgueres depois de fritos, à esquerda, encontra-se o hambúrguer com proteína texturizada de soja e, à direita, o hambúrguer com concentrado proteico de ACC.

Figura 13 – Hambúrguer com Proteína Texturizada de Soja (à esquerda) e hambúrguer com Concentrado Proteico de ACC (à direita).



Fonte: Elaborada pelo autor.

5.6.2 Aceitação global e intenção de compra

A média das respostas da aceitação sensorial e a porcentagem de aceitabilidade da amostra controle (hambúrguer com proteína de soja) e da amostra teste (hambúrguer com concentrado proteico de ACC) encontram-se na Tabela 17.

Tabela 17 – Aceitação sensorial da amostra controle (hambúrguer com proteína texturizada de soja) e da amostra teste (hambúrguer com concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju).

Resposta sensorial	Controle	Teste
Avaliação média	6,56 ± 2,09 a	6,60 ± 1,94 a
Média Aceitabilidade (%)	72	80

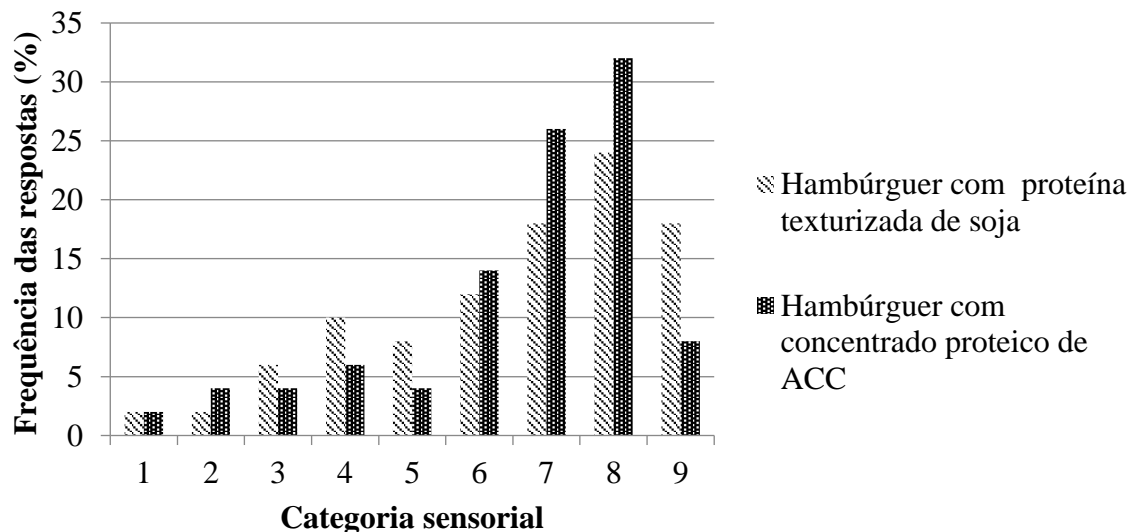
Fonte: Elaborado pelo autor. Linha seguida de mesma letra não difere pelo teste de F a 5% de significância.

A avaliação média para ambos hambúrgueres ficou entre 6 (gostei pouco) e 7 (gostei), da escala hedônica de 9 pontos. Pela análise de variância, com nível de significância de 5%, não houve diferença significativa na aceitação sensorial entre os dois tipos hambúrgueres.

Lima (2008) desenvolveu um hambúrguer vegetal apenas com fibra de caju, sem base proteica, e o produto ficou com impressão global em 5,9 na mesma escala hedônica, valor menor que o encontrado na análise sensorial dos dois hambúrgueres com base proteica.

Na Figura 14 é apresentado o histograma de frequência para aceitação dos dois hambúrgueres testados. A região entre os pontos 6 (gostei pouco) e 9 (gostei muitíssimo), obteve uma média de 72% para a amostra controle, elaborada com proteína texturizada de soja, e 80% para a amostra teste, elaborada com concentrado proteico de castanha de caju.

Figura 14 – Frequência das respostas para o teste de aceitação dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju



Fonte: elaborado pelo autor. Categoria sensorial: 1 - Desgostei muitíssimo; 2 - Desgostei muito; 3 - Desgostei; 4 - Desgostei pouco; 5 - Não gostei, nem desgostei; 6 - Gostei pouco; 7 - Gostei; 8 - Gostei muito; 9 - Gostei muitíssimo.

Lima *et al.* (2013) elaboraram um hambúrguer vegetal de fibra de caju semelhante ao da presente pesquisa, porém, foi adicionado feijão-caupi como fonte proteica. Foi feito o teste de aceitação sensorial e hambúrguer com feijão obteve média de aceitação de 7,8, valor maior que o encontrado no hambúrguer vegetal com concentrado proteico de ACC, que foi de 6,6.

Em relação a intenção de compra dos dois hambúrgueres, na Tabela 18 são apresentadas as médias dos valores dadas pelos 50 provadores. As médias não apresentaram diferença mínima a 5% de significância pelo teste de F.

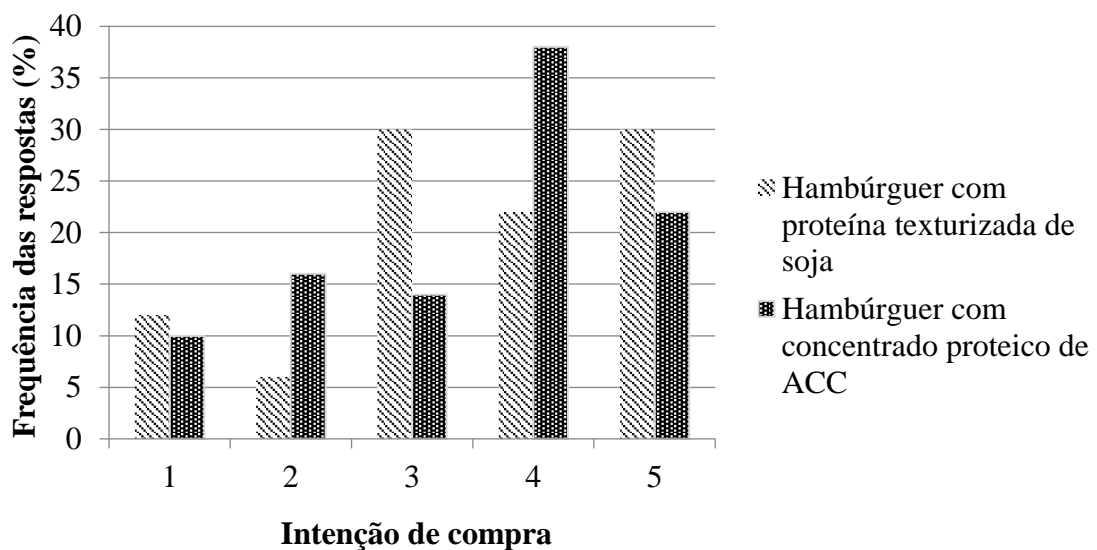
Tabela 18 – Intenção de Compra amostra controle (hambúrguer com proteína texturizada de soja) e amostra teste (hambúrguer com concentrado proteico de ACC.)

Intenção de compra	Controle	Teste
Média	3,52 a	3,46 a

Fonte: Elaborado pelo autor. Linha seguida de mesma letra não difere pelo teste de F a 5% de significância

Na Figura 15 encontra-se o histograma de frequência para a intenção de compra dos hambúrgueres testados. A porcentagem de provadores que provavelmente comprariam ou certamente comprariam o hambúrguer com proteína texturizada de soja foi de 55% e de 60% para o hambúrguer adicionado de concentrado proteico de ACC.

Figura 15 – Intenção de Compra dos hambúrgueres com proteína texturizada de soja e concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju



Fonte: Elaborado pelo autor. Categoria sensorial: 1 – Certamente não compraria; 2 – Provavelmente não compraria; 3 – Talvez comprasse / Talvez não-comprasse; 4 – Provavelmente compraria; 5 – Certamente compraria.

Portanto, o concentrado proteico de ACC pode ser usado na formulação de hambúrguer vegetal como substituição da PTS. O hambúrguer com proteína de ACC apresentou aceitação sensorial semelhante aos elaborados com PTS, com 80% de aceitabilidade e 60% de intenção de compra.

6 CONCLUSÃO

Amêndoas quebradas no processamento, assim como a torta desengordurada resultante da extração do óleo de ACC, podem ser utilizadas na produção de isolado e concentrado proteico.

A melhor condição encontrada para a obtenção do concentrado proteico de amêndoa de castanha de caju foi com valores de pH entre 4,0 e 4,5 e tempo de agitação de 15 minutos, obtendo-se rendimento em massa de 76,7% e um teor de 54,5% de proteínas.

Para obtenção de isolado proteico de amêndoa de castanha de caju, a melhor condição foi em pH 10,0 com 15 minutos de agitação, com posterior precipitação ácida em pH 4,0 e tempo de agitação de 15 minutos, obtendo-se rendimento em massa de 19,0% e com 86,2% em teor de proteínas.

O concentrado proteico e o isolado proteico de amêndoa da castanha de caju são opções para a indústria de carnes processadas, linguiças, massas e alimentos semi-sólidos por suas propriedades de absorção de água e de óleo. O isolado proteico por apresentar capacidade de formação de espuma torna-se também um ingrediente para a indústria de confeitaria, na produção de doces, suspiros e mousses.

O concentrado e isolado proteico de ACC em forma de pó, também se tornam um produto para o consumo direto, podendo ser incorporado em bebidas como sucos, leite ou água. Outro modo de consumo dessas proteínas é em forma de cápsulas, como suplemento alimentar.

A aplicação de concentrado proteico de ACC em substituição à proteína texturizada de soja na formulação de hambúrgueres vegetais foi satisfatória, alcançando 80% de aceitabilidade e 60% de intenção de compra na avaliação dos provadores.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 14141**: escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ABREU, F. A. P.; DORNIER, M.; DIONISIO, A. P.; CARAIL, M.; CARIS-VEYRAT, C.; DHUIQUE-MAYER, C. Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: a focus on carotenoids. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 138, n. 1, p. 25-31, 2013.
- ADEBOWALE, K. O.; LAWAL, O. S. Foaming, gelation and electrophoretic characteristics of mucuna bean (*Mucunapruriens*) protein concentrates. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 83, n. 2, p. 237-246, 2003.
- AMZA, T.; AMADOU, I.; ZHU K.; ZHOU, H. Effect of extraction and isolation on physicochemical and functional properties of an underutilized seed protein: Gingerbread plum (*Neocarya macrophylla*). **Food Research International**, [s. l.], v. 44, n. 9, p. 2843-2850, 2011.
- ANKOM TECHNOLOGY; AOCS. **Rapid determination of oil/fat utilizing high temperature solvent extraction**. [S. l.: s. n], 2009.
- AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 16th ed. Arlington:AOAC, 1995.
- AOAC. Method 991.43. In: AOAC. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 18th ed., rev. Gaithersburg: AOAC, p 7-9, 2010.
- AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, IL: AOCS,p. 1-3, 2005.
- AYDEMIR, L. Y.; GÖKBULUT, A. A.; BARAN, Y.; YEMENICIOGLU, A. Bioactive, functional and edible film-forming properties of isolated hazelnut (*Corylusavellana* L.) meal proteins. **Food Hydrocolloids**, [s. l.], v. 36, p. 130-142, 2014.
- BORA, P. S.; QUEIROGA NETO, V. Q. Functionality of native and denatured cashew nut kernel protein isolates at isoelectric pH as a function of salt concentration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, [s. l.], v. 84, n. 15, p. 2022-2027, 2004.
- BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein using the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, [s. l.], v. 72, n. 1-2, p. 248–254, 1976.
- BRASIL. Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços. **Balança comercial brasileira**: acumulado do ano. Brasília, DF: Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, 2017. Disponível em: <http://www.mdic.gov.br/comercio-exterior/estatisticas-de-comercio-exterior/balanca-comercial-brasileira-acumulado-do-ano>. Acesso em: 26 jan. 2018.

BRASIL. Resolução-RDC nº 268, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, n. 184, p. 371-372, 23 set. 2005. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_268_2005.pdf/60145a2f-eb4c-4911-b1e0-46d776357a25. Acesso em: 25 jan. 2018.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 54, de 12 de dezembro de 2012.** Dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2012. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/rdc0054_12_11_2012.pdf/c5ac23fd-974e-4f2c-9fbc-48f7e0a31864. Acesso em: 20 jan. 2018.

CANO-MEDINA, A.; JIMÉNEZ-ISLAS, H.; DENDOOVEN, L.; HERRERA, R. P.; GONZÁLEZ-ALATORRE, G.; ESCAMILLA-SILVA, E. M. Emulsifying and foaming capacity and emulsion and foam stability of sesame protein concentrates. **Food Research International**, [s. l.], v. 44, n. 3, p. 684-692, 2011.

CARVALHO, A. V.; GARGÍA, N. H. P.; FARFÁN, J. A.; WADA, J. K. A. Caracterização de concentrado e isolado proteico extraído de sementes de cupuaçu (*Theobromagrandiflorum*, Schum). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 12, n. 1, p. 1-8, 2009.

CARVALHO, J. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M.; LUNA, F. M. T.; MAIA, G. A. Cashew nut oil: effect of kernel grade and a microwave preheating extraction step on chemical composition, oxidative stability and bioactivity. **International Journal of Food Science & Technology**, [s. l.], v. 53, n. 4, p. 930-937, 2017.

COMAI, S.; BERTAZZO A.; BAILONI, L.; ZANCATO, M.; COSTA, C. V. L.; ALLEGRI, G. Protein and non-protein (free and protein-bound) tryptophan in legume seeds. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 103, p. 657-661, 2007.

CONAB. **Castanha de caju:** Rio Grande do Norte: conjuntura mensal, agosto 2016. Superintendência Regional do Rio Grande do Norte. Elaboração técnica: Luís Gonzaga Araújo e Costa. [S. l.]: CONAB, 2016. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_08_10_09_58_41_conjuntura_rn_castanha-de-caju_agosto_2016.pdf. Acesso em: 2 jan. 2017.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos de Fennema**. 3. ed. Zaragoza, España: Acribia, 2010.

ELLEUCH, M.; BEDIGIAN, D.; ROISEUX, O.; BESBES, S.; BLECKER, C.; ATTIA, H. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: characterization, technological functionality and commercial applications: a review. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 124, n. 2, p. 411-421, 2011.

FAO. **Crops and livestock products**. [S. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>. Acesso em: 7 mar. 2018.

FISCHMANN, M. S. **Perfil centesimal e análise sensorial de hambúrgueres de carne bubalina adicionados de ingredientes funcionais**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Medicina Veterinária) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FREITAS, J. B. **Qualidade nutricional e valor proteico da amêndoa de baru em relação ao amendoim, castanha-de-caju e castanha-do-pará.** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2009.

GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A amêndoa da castanha de caju: composição e importância dos ácidos graxos: produção e comércio mundiais. *In: CONGRESSO DA SOBER*, 44., 2006, Fortaleza. [Anais]. Fortaleza: SOBER, 2006. p. 1-14. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18939/1/A-amendoa-da-castanha-de-caju.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2017.

GBADAMOSI, S. O.; ABIOSE, S. H.; ALUKO, R. E. Amino acid profile, protein digestibility, thermal and functional properties of Conophor nut (*Tetracarpidium conophorum*) defatted flour, protein concentrate and isolates. **International Journal of Food Science and Technology**, [s. l.], v. 47, p. 731–739, 2012.

GIESE, J. Color measurement in foods as a quality parameter. **Food Technology**, Chicago, v. 54, n. 2, p. 62-63, 2000.

GLÓRIA, M. M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B. Concentrado e isolado proteico de tora de castanha do pará: obtenção e caracterização química e funcional. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 240-245, 2000.

GONÇALVES, L. C.; ANDRADE, A. P. C.; RIBEIRO, G. P.; SEIBEL, N. F. Chemical composition and technological properties of two soybean cultivars. **Biochemistry and Biotechnology Reports**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2014.

GUIMARÃES, R. C. A.; FAVARO, S. P.; VIANA, A. C. A.; BRAGA NETO, J. A.; NEVES, V. A.; HONER, M. R. Study of the proteins in the defatted flour and protein concentrate of baru nuts (*Dipteryx alata Vog*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 32, n. 3, p. 464-670, 2012.

HOFFMANN, C. M. **Estudo da utilização de concentrado proteico de soro de queijo ultrafiltrado (CPSU), em requeijão cremoso.** 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

KÖHN, C. R.; KEMPKA, A. P.; PRESTES, R.C. Avaliação da capacidade de absorção de água de ingredientes e aditivos utilizados na indústria de carnes submetidos a diferentes concentrações Salinas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA*, 20., 2014, Florianópolis. **BlucherChemicalEngineeringProceedings**. São Paulo: Blucher, 2015. p. 4811-4817. Disponível em: <http://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/avaliacao-da-capacidade-de-absorcao-de-gua-de-ingredientes-e-aditivos-utilizados-na-industria-de-carnes-submetidos-a-diferentes-concentraes-salinas-17230>. Acesso em: 5 nov. 2017.

HUTTON, C. W.; CAMPBELL, A. M. Functional properties of a soy concentrate and a soy isolate in simple systems. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 454-56, 1977.

KUMAR, K. S.; GANESAN, K.; SELVARAJ, K.; SUBBA RAO, P. V. Studies on the functional properties of protein concentrate of *Kappaphycusalvarezii* (Doty) Doty: an edible seaweed. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 153, p. 353–360, 2014.

LATORRES, J. M.; PAIVA, A. R.; GONZALES, B. A.; MELLADO, M. S. Isolado proteico de farinha de arroz: caracterização e propriedades funcionais. **Vetor**, Rio Grande, v. 24, n. 1, p. 53-65, 2014.

LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O.; ADEBOWALE, Y. A. Functional properties of native and chemically modified protein concentrates from bambarra groundnut. **Food Research International**, [s. l.], v. 40, n. 8, p. 1003-1011, 2007.

LIMA, A. C.; GARCIA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, n. 1, p.133-144, 2004.

LIMA, J. R. Caracterização físico-química e sensorial de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 1, p. 191-195, 2008.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; FIRMINO, D. S.; PINTO, G. A. S.; LIMA, L. V. de; OLIVEIRA, L. M. V. de; WURLITZER, N. J.; PAULA PESSOA, P. F. A. Hambúrguer vegetal de fibra de caju e proteína texturizada de soja: obtenção e avaliação de viabilidade econômica da produção. **Comunicado Técnico da Embrapa**, Fortaleza, n. 208, 2013. p. 1-11. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/981708/1/COT13008.pdf>. Acesso em: 5 nov. 2017.

LIMA, J. R.; MODESTO, A. L. G.; GARRUTI, D. S.; FIRMINO, D. S.; ARAUJO, I. M. S.; MORAES, I. V. M. Elaboração de hambúrguer vegetal de fibra de caju e feijão-caupi. **Comunicado Técnico da Embrapa**, Fortaleza, n. 203, p. 1-6, 2013. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/95632/1/COT13002.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2017.

LIMA, J. R. Valor nutricional da amêndoa de castanha de caju e seu processamento e embalagem. In: ARAÚJO, J. P. P. (ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília:Embrapa, 2013. p. 389-393.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal product. **Journal of Food Science**, [s. l.], v. 39, n. 2, p. 368-370, 1974.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques**. Boca Raton: CRC Press, 2006.

MIZUBUTI, I. Y.; BIONDO JÚNIOR, O.; SOUZA, L. W. O.; SILVA, R. S. S. F.; IDA, E. I. Propriedades funcionais da farinha e concentrado proteico de feijão guandu (*Cajanuscajan* (L.) Millsp). **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 3, p. 274-280, 2000.

- MORAES, R. M. A.; JOSÉ, I. C.; RAMOS, F. G.; BARROS, E. G.; MOREIRA, M. A. Caracterização bioquímica de linhagens de soja com alto teor de proteína. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 725-729, 2006.
- MOURE, A.; SINEIRO, J.; DOMÍNGUEZ, H.; PARAJÓ, J. C. Functionality of oilseed protein products: a review. **Food Research International**, [s. l.], v. 39, n. 9, p. 945-963, 2006.
- MUNE, M. A. M.; MINKA, S. R.; MBOME, I. L. Optimising functional properties during preparation of cowpea protein concentrate. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 154, p. 32–37, 2014.
- NASRI, N. A. E.; TINAY, A. H. E. Functional properties of fenugreek (*Trigonella foenumgraecum*) protein concentrate. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 103, n. 2, p. 582-589, 2007.
- NETO, V. Q.; NARAIN, N.; SILVA, J. B.; BORA, P. S. Functional properties of raw and heat processed cashew nut (*Anacardium occidentale*, L.) kernel protein isolates. **Nahrung Food**, [s. l.], v. 45, n. 4, p. 258-262, 2001.
- OGUNWOLU, S. O.; HENSHAW, F. O.; MOCK, H.; SANTROS, A.; AWONORN, S. O. Functional properties of protein concentrates and isolates produced from cashew (*Anacardium occidentale* L.) nut. **Food Chemistry**, [s. l.], v. 115, n. 3, p. 852-858, 2009.
- OLIVEIRA, G. F. **Desenvolvimento e caracterização de Isolado proteico de soja modificado com hexametáfosfato de sódio**. 2010. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
- PAIVA, F. F. A.; GARRUTTI, D. S.; NETO, R. M. S. **Aproveitamento industrial do caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, p 9, 2000.
- PAIVA, F. F. A.; NETO, R. M. S. Processamento industrial da castanha-de-caju. In: ARAÚJO, J. P. P. (ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, p 395-398, 2013.
- PERYAM, D. R.; PILGRIM, F. J. Hedonic scale method of measuring food preferences. **Food Technology**, Washington, v. 11, p. 9-14, 1957. Supplement.
- PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. Desempenho do agronegócio caju brasileiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações**. Brasília: Embrapa, p 22, 2013.
- PHONGTHAI, S.; D'AMICO, S.; SCHOENLECHNER, R.; RAWDKUEN, S. Comparative study of rice bran protein concentrate and egg albumin on gluten-free bread properties. **Journal of Cereal Science**, [s. l.], v. 72, p. 38-45, 2016.
- PINHEIRO, A. M.; FERNANDES, A. G.; FAI, A. E. C.; PRADO, G. M.; SOUSA, P. H. M.; MAIA, G. A. Avaliação química, físico-química e microbiológica de sucos de frutas integrais: abacaxi, caju e maracujá. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, 2006.

PROTIMIZA. **Protimiza experimental Design**. 1º versão. [S. l.: s. n.], 2014. Software. Disponível em: experimental-design.protimiza.com.br. Acesso em: 1 mar. 2018.

RIBEIRO, H. S. **Obtenção e aplicação de concentrados proteicos de soro de leite bovino em produtos cárneos**. 2001. Tese (Doutorado em Ciência da Nutrição Aplicada a Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

RIBEIRO, H. J. S. S.; PRUDENCIO, S. H.; MIYAGUI, D. T.; RIBEIRO, E. L. A. Caracterização de concentrado proteico de feijão comum preto, cultivar Iapar 44, novo e envelhecido. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 3, p. 571-580, 2009.

SANCHO, S. O.; MAIA, G. A.; FIGUEREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; SOUSA, P. H. M. Alterações químicas e físico-químicas no processamento de suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 4, p. 878-882, 2007.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT software, changes and enhancements through**. Version 9.2. Cary, NC: SAS Institute, 2009.

SHARMA, G. M.; SU, M.; JOSH, A. U.; ROUX, K. H.; SATHE, S. K. Functional properties of selected edible oilseeds proteins. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, [s. l.], v. 58, p. 5457-5464, 2010.

SILVA, C. M. S.; MARTINS, G. A. S.; ALVES, D. G.; CONTE, C. G.; ADORNO, W. T.; SOUSA, J. P. Otimização do processamento da amêndoa da castanha de caju torrada. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 17, n. 1, p. 65-74, 2015.

SORGENTINI, D. A.; WAGNER, J. R. Comparative study of foaming properties of whey and isolate soybean proteins. **Food Research International**, [s. l.], v. 35, n. 8, p. 721-729, 2002.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1993.

YULIANA, M.; TRUONG, C. T.; HUYNH, L. H.; HO, Q. P.; JU, Y. Isolation and characterization of protein isolated from defatted cashew nut shell: influence of pH and NaCl on solubility and functional properties. **Food Science and Technology**, [s. l.], v. 55, n. 2, p. 621-626, 2014.

WANG, S. H.; ROCHA, G. O.; NASCIMENTO, T. P.; ASCHERI, J. L. R. Absorção de água e propriedades espumantes de farinhas extrusadas de trigo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 2, p. 457-481, 2006.

**APÊNDICE A - CONCENTRAÇÕES DE ALBUMINA DO SORO BOVINO (BSA)
PARA A ELABORAÇÃO DA CURVA PADRÃO.**

Concentrações de Albumina do Soro Bovino (BSA) e valores das absorvâncias para a elaboração da curva padrão de BSA.

Concentração BSA [1µg/mL]	Absorbância (595nm)
2,5	0,001
5	0,025
15	0,059
25	0,058
75	0,128
100	0,281
125	0,363
150	0,375
175	0,452
200	0,542
225	0,581
250	0,618

Fonte: elaborado pelo autor

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

O Sr.(a) está sendo convidado(a) a participar como voluntário(a) em uma atividade do projeto de pesquisa “Melhoria das características nutricionais e sensoriais de hambúrgueres vegetais formulados a base de fibra de caju, pela incorporação de fontes protéicas”, de responsabilidade da pesquisadora Janice Ribeiro Lima, da Embrapa Agroindústria Tropical.

O propósito desta pesquisa é avaliar o grau de aceitação dos consumidores por hambúrgueres de caju. Para obtenção dos dados, lhe será solicitado comparecer ao Laboratório de Análise Sensorial, onde em cerca de 10 minutos realizará o teste sensorial.

Você não será remunerado por esta atividade, porém contribuirá para o desenvolvimento de formulações de hambúrgueres de caju. Sua participação não é obrigatória, e, a qualquer momento, você poderá desistir de participar e retirar seu consentimento. Sua recusa não trará nenhum prejuízo em sua relação com o pesquisador ou com a instituição. Ainda lhe será garantido o sigilo que assegure a privacidade da sua identidade, como também a confidencialidade de todos os resultados obtidos, os quais somente serão divulgados em relatórios e/ou artigos diretamente relacionados aos objetivos da pesquisa e pelos pesquisadores desse projeto.

O consumo deste produto não oferece riscos à saúde, contudo se ocorrer algum desconforto durante ou até 12 h após a análise você será encaminhado ao serviço público de saúde.

Após ter sido esclarecido(a) sobre as informações acima, no caso de concordar em fazer parte do estudo, por favor assinar ao final do documento. Você receberá uma cópia deste termo onde consta o telefone e endereço do pesquisador principal, podendo tirar dúvidas do projeto e de sua participação.

Janice Ribeiro Lima (Pesquisadora)
Embrapa Agroindústria Tropical - (85) 3391-7235

Eu, _____, declaro que li as informações contidas nesse documento, fui devidamente informado(a) pela pesquisadora Janice Ribeiro Lima sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o consentimento a qualquer momento, sem que isso leve a qualquer penalidade. Declaro ainda que recebi uma cópia desse Termo de Consentimento. Desse modo, concordo em participar, como voluntário, do projeto de pesquisa acima descrito.

Fortaleza/CE, ____ de _____ de _____, _____

Participante

Responsável pelo teste

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

APÊNDICE C – FICHA USADA NO TESTE DE ACEITAÇÃO GLOBAL E INTENÇÃO DE COMPRA

TESTE DE ACEITAÇÃO E INTEÇÃO DE COMPRA

Utilizando a Escala Hedônica analise as 02 amostras codificadas de Hambúrguer Vegetal. Prove as amostras na ordem em que está sendo solicitada e avalie o quanto você gostou ou desgostou delas de uma maneira global. Em seguida indique sua atitude de compra caso encontrasse esse produto no mercado.

<p>Escala Hedônica</p> <p>9 – Gostei muitíssimo</p> <p>8 – Gostei muito</p> <p>7 – Gostei</p> <p>6 – Gostei pouco</p> <p>5 – Nem gostei / nem desgostei</p> <p>4 – Desgostei pouco</p> <p>3 – Desgostei</p> <p>2 – Desgostei muito</p> <p>1 – Desgostei muitíssimo</p> <p>Escala de Intenção de Compra</p> <p>5 – Certamente compraria</p> <p>4 – Provavelmente compraria</p> <p>3 – Talvez comprasse / Talvez não-comprasse</p> <p>2 – Provavelmente não compraria</p> <p>1 – Certamente não compraria</p>	<p style="text-align: right;">Provedor: _____</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Amostra _____</td> <td style="width: 50%; text-align: center; padding: 5px;">Amostra _____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Aceitação Global _____</td> <td style="padding: 5px;">Aceitação Global _____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Intenção de Compra _____</td> <td style="padding: 5px;">Intenção de Compra _____</td> </tr> </table> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Comentários:</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>_____</p> </div>	Amostra _____	Amostra _____	Aceitação Global _____	Aceitação Global _____	Intenção de Compra _____	Intenção de Compra _____
Amostra _____	Amostra _____						
Aceitação Global _____	Aceitação Global _____						
Intenção de Compra _____	Intenção de Compra _____						

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).