



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL**

ROSANA MARTINS CARNEIRO

**BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS E OTIMIZADAS COM PASTA DE
SORO DE LEITE E BAGAÇO DE CAJU**

TERESINA – PI

2019

ROSANA MARTINS CARNEIRO

**BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS E OTIMIZADAS COM PASTA DE
SORO DE LEITE E BAGAÇO DE CAJU**

Tese de Doutorado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, como requisito para obtenção do título de Doutor em Ciência Animal, área de concentração Sanidade e Reprodução Animal.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Maria Christina Sanches Muratori.

TERESINA – PI

2019

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do Centro de Ciências Agrárias
Serviço de Processamento Técnico

C289b Carneiro Rosana Martins

Barras alimentícias desenvolvidas e otimizadas com pasta de soro de leite e bagaço de caju. / Rosana Martins Carneiro – 2019.
120 f. : il.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Teresina, 2019.

Orientação: Prof^a. Dr^a. Maria Christina Sanches Muratori

1. Resíduos agroindustriais 2. *Anacardium occidentale* L. 3. *Sesamum indicum* L. 4. Mesocarpo de babaçu 5. Fibra alimentar 6. Planejamento experimental. I. Título

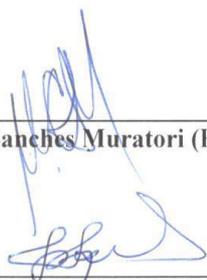
CDD 628.746

**BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS E OTIMIZADAS COM PASTA
DE SORO DE LEITE E BAGAÇO DE CAJU**

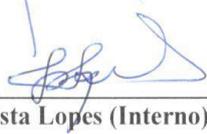
ROSANA MARTINS CARNEIRO

Tese aprovada em: 18/06/2019

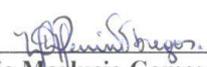
Banca Examinadora:



Prof. Dra. Maria Christina Sanchez Muratori (Presidente) / DMV/CCA/UFPI



Prof. Dr. João Batista Lopes (Interno) / DZO/CCA/UFPI



Prof. Dra. Maria Marluccia Gomes Pereira Nóbrega (Interna) / DMV/CCA/UFPI



Prof. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Interna) / CCN/CSHNB



Prof. Dr. Robson Alves da Silva (Externo) / IFPI



Prof. Dr. Rodrigo Maciel Calvet (Externo) / IFMA

A Deus, o meu oxigênio e o autor do meu destino, pela sua misericórdia e por todas as bênçãos derramadas sobre a minha vida. Amém!

A minha querida mãe, Maria Madeira, por seu amor poderoso e dedicado, preenchendo a minha vida com valores e educação.

Aos meus irmãos e amigos, Ester Martins e Jair Carneiro, por todo carinho, cumplicidade e união.

Ao meu marido, Rômulo Oliveira Barros, meu companheiro de todas as horas, por todo amor e dedicação, pela lealdade, pelo grande apoio emocional e intelectual.

Ao meu filho, Mateus Martins Barros, grande presente de Deus e um sonho realizado, por ser a tradução mais plena de amor na minha vida.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, que nunca nos abandona e sabe o que é melhor para nós.

À Universidade Federal do Piauí, por meio do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo apoio necessário à realização do curso de pós-graduação, em particular à Coordenação do Programa, em nome do seu Coordenador, o Prof. Dr. Arnaud Azevedo Alves e do seu Secretário, Luís Gomes da Silva, pelo competente trabalho que exercem.

A todos os professores que fazem parte do corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, em especial aos Professores Maria Christina Sanches Muratori, João Batista Lopes, Darcet Costa Souza, José Lindemberg Rocha Sarmiento e Maria Divina Ferreira Lima, pelo ensino de qualidade e incentivo sempre.

Às minhas Professoras e amigas Dr.^a Maria Christina Sanches Muratori (orientadora) e a Dr.^a Maria Marlúcia Gomes Pereira Nóbrega, pelas orientações, pela confiança, pela compreensão e por terem compartilhado suas experiências e conhecimentos, além da amizade que vocês gentilmente me permitiram desfrutar. Vocês fazem parte da minha vida, da minha casa e da minha família. Adoro vocês demais!

Ao Prof. Dr. Fábio Coelho Gomes Nóbrega e amigo, por ter idealizado todo o projeto da barra alimentícia com resíduos da agroindústria há nove anos, resultando em dois trabalhos de mestrado e, agora, uma tese de doutorado. Muito obrigada meu amigo pela sua grande contribuição e confiança!

À Prof.^a Dr.^a Stella Regina Arcanjo Medeiros, ao Prof. Dr. Robson Alves da Silva, ao Prof. Dr. Rodrigo Maciel Calvet, à Prof.^a Dr.^a Maria Marlúcia Gomes Pereira Nóbrega e ao Prof. Dr. João Batista Lopes, pela disponibilidade em participarem como membros desta banca examinadora, pela atenção, pelas sugestões e correções realizadas neste trabalho.

À Prof.^a Dr.^a Stella Regina Arcanjo Medeiros, por sua educação e acessibilidade, pela sua grande ajuda desde o início dessa pesquisa, pela boa vontade em “transportar” as barras alimentícias e por abrir as portas do Laboratório de Análises de Alimentos da Embrapa

Agroindústria Tropical de Fortaleza (CE), para a realização de análises tão importantes desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Robson Alves da Silva, pelos ensinamentos e pela grande contribuição nas análises estatísticas realizadas desde o início do trabalho. Muito obrigada!

A Doutoranda Leilane da Fonseca Lima Herculano e a Técnica Idila Maria da Silva Araújo, pelo grande apoio concedido nas análises de textura instrumental, cor instrumental e fibra alimentar, realizadas no Laboratório de Análises de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical de Fortaleza – CE.

À Prof.^a Dr.^a Maria Isabel Rodrigues, pela sua gentileza, pela sua humildade em dividir o seu vasto conhecimento comigo, pela sua dedicação e por suas valiosas e importantíssimas contribuições nas análises estatísticas deste trabalho, pela amabilidade em amparar as crianças carentes da Associação Amigos da Criança (AMIC), em Campinas-SP, necessitadas de carinho, afeto e dignidade.

Aos funcionários do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento dos Alimentos (NUEPPA) que de forma direta ou indireta colaboraram na condução da pesquisa: Sr. Francisco, Sr. Amintas, Tia Socorro e Edna. E, em especial, ao George pela boa vontade sempre em ajudar.

A toda família NUEPPA, principalmente às doutorandas Juliana de Abreu Costa, Juliet Teixeira de Oliveira e Cristiane Evangelista Lima, pela amizade maravilhosa, pelo generoso auxílio na elaboração das formulações das barras alimentícias, tornando as minhas tardes, mesmo muito cansativas, mais felizes e divertidas. Obrigada por compartilharem tantos momentos comigo!

Ao Doutorando e colega Eldo José Rodrigues dos Santos, pela ajuda valiosa nas análises microbiológicas e disponibilidade em colaborar sempre que precisei.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, pelo incentivo à qualificação docente.

Ao Departamento de Zootecnia da Universidade Federal do Piauí, por ter permitido a realização de análises físico-químicas no Laboratório de Análises de Alimentos; em especial aos Técnicos Lindomar de Moraes Uchôa e Manoel José de Carvalho.

As minhas Tias Francisca Inez Martins e Rosa Ester Madeira, por suas contribuições diretas para a minha formação como ser humano. Às minhas primas, Roseanne Madeira e Rosacarla Madeira, pelo imenso afeto e apoio.

A Francisdalva dos Santos Lima, carinhosamente Dalva, por cuidar tão bem do meu filho com muito zelo e carinho. Sem a sua ajuda, eu jamais teria conseguido finalizar esse trabalho.

Aos meus amigos: Marcio Lima, Ruth Brasil, Marília Gomes, Marina Rocha, Nívea Maria, Layane Leal, Wagner Costa, em nome dos quais estendo a todos o meu apreço. Obrigada pelos momentos compartilhados, apoio e incentivo sempre.

Enfim, a todos os amigos que fiz ao longo desta jornada e que de alguma forma contribuíram para a construção deste trabalho.

“Um dia de cada vez...”

(Mateus 6:34)

RESUMO

A pesquisa destinou-se a desenvolver barras alimentícias a partir de nove formulações – as quais são objeto de depósito de patente – elaboradas pela variação controlada das quantidades dos seguintes ingredientes: pasta constituída de soro de leite e do bagaço do caju (X_1), semente de gergelim (X_2), farinha de mesocarpo de babaçu (X_3) e amêndoa da castanha de caju triturada (X_4); investigar o efeito das diferentes proporções dos ingredientes pelo método estatístico de triagem (*screening design*), consistindo de um Delineamento Fatorial Fracionado (DFF) 2^{4-1} , com a adição de três repetições no ponto central, totalizando 11 formulações em três repetições de processamento ($n=33$), tendo como variáveis dependentes as seguintes características tecnológicas: atividade de água (aW), pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST, em °Brix), relação SST/ATT, textura instrumental (dureza e cisalhamento); também utilizou-se o Delineamento Composto Central Rotacional (DCCR) para otimizar os produtos e encontrar as formulações que obtiverem as melhores características tecnológicas desejadas para os parâmetros supracitados, além dos itens de textura instrumental e cor instrumental. A partir do DFF, observou-se que o gergelim e a pasta constituída de soro de leite e do bagaço do caju foram os ingredientes que mais influenciaram na aW, ATT, SST, relação SST/ATT e cisalhamento. A otimização das formulações foi feita por DCCR com duas variáveis independentes (pasta com soro de leite e bagaço do caju – X_1 e o gergelim – X_2), o que totalizou, novamente, 11 formulações, analisadas em três repetições de processamento ($n=33$). Verificou-se que os modelos encontrados foram válidos e os coeficientes de correlação foram bons ($R^2 > 75\%$) nos modelos para as respostas de aW, ATT, °Brix, resiliência, L^* e b^* . Em relação aos objetivos determinados para o DCCR, a formulação 5 apresentou melhores resultados dentro dos objetivos da otimização das características tecnológicas, indicando que a interação entre os menores teores de pasta de soro de leite e do bagaço do caju com os teores no ponto central de gergelim, resulta em um produto com 0,52 de aW, 1,82 de ATT, 32,8 °Brix, 0,02 de resiliência, 52,5 de L^* e 25,3 de b^* , além de ser um produto seguro do ponto de vista microbiológico, fonte de fibras e de proteínas. O aproveitamento dos resíduos agroindustriais e do gergelim creme como matéria-prima na elaboração de produtos alimentares, principalmente barras alimentícias, é uma alternativa viável, além de ser uma prática ecologicamente correta. As barras alimentícias desenvolvidas e otimizadas com subprodutos agroindustriais obtiveram características tecnológicas satisfatórias, tendo sido possível maximizar a eficiência do processo e a qualidade das características tecnológicas desejáveis por meio de planejamento experimental.

Palavras-chave: Resíduos agroindustriais. *Anacardium occidentale* L. *Sesamum indicum* L. Mesocarpo de babaçu. Fibra alimentar. Planejamento experimental.

ABSTRACT

The main objectives of this research was: develop cereal bars from nine formulations – which are object of patent deposit – made from the controlled variation of the quantities of the following ingredients: a paste consisted by whey and cashew bagasse (X_1), sesame seed (X_2), flour of babassu mesocarp (X_3) and triturated cashew nut (X_4); investigate the effect of different proportions of the ingredients through a screening statistical design, consisting of a Fractional Factorial Design (FFD) 2^{4-1} with the addition of three repetitions in the central point, totaling 11 formulations in three processing repetitions ($n=33$), having as dependent variables the following technological characteristics: water activity (aW), pH, titratable acidity (TA), total soluble solids (TSS, in °Brix), °Brix/TA ratio, instrumental texture (hardness and shear force); and use the Central Composite Rotational Design (CCRD) to optimize the products and find the formulations which had the best results regarding the above mentioned technological characteristics, in addition to items of Texture Profile Analysis and instrumental color. Through FFD results we observed that the sesame seed and the paste constituted by whey and cashew bagasse were the ingredients that had the major influence ($p<0.05$) in aW, TA, TSS, TSS/TA ratio, and shear force. The optimization process was made through CCRD with two independent variables (the paste with whey and cashew bagasse – X_1 and sesame seed – X_2), totaling 11 formulations, evaluated in three repetitions ($n = 33$). We verified that the models of optimization obtained were valid and the correlation coefficients were good ($R^2 > 75\%$) in the models to the results of aW, TA, TSS, resilience, L^* , and b^* . For the objectives of the CCRD, the formulation 5 presented better results within the objectives of the optimization of technological characteristics, indicating that the interaction between the lower contents of the paste made with whey and cashew bagasse with the central points of sesame contents resulted in a product with 0.52 of aW, 1.82 of ATT, 32.8 ° Brix, 0.02 of resilience, 52.5 of L^* and 25.3 of b^* , besides being a safe product from the microbiological point of view and a source of fibers and proteins. The reuse of agro-industrial by-products and of the sesame seeds as raw materials in the development of food products, especially snack bars, are a viable alternative, besides of being ecologically correct. The snack bars developed and optimized with agro-industrial by-products obtained satisfactory technological characteristics, and it was possible to maximize the efficiency of the process and the quality of the desirable technological characteristics through experimental planning.

Keywords: Agro-industrial by-products. *Anacardium occidentale* L.. *Sesamum indicum* L.. Mesocarp of babassu. Dietary fiber. Design of Experiments.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

- Figura 1** – Produção e consumo de queijo na União Europeia, Estados Unidos, Brasil, Argentina e Canadá em 2018.....24
- Figura 2** – Preço médio dos produtos leiteiros de exportação para os mercados da Europa ao longo de 2018.27
- Figura 3** – Bagaço do caju obtido após o descastanhamento e despulpamento32
- Figura 4** – Dados da produção de castanha-de-caju na safra de 2016, em toneladas.....36

CAPÍTULO III

- Figura 1** – Fluxograma com as etapas de elaboração das barras alimentícias..... 70
- Figura 2** – Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de aW (Y_1).....74
- Figura 3** – Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de pH (Y_2) 76
- Figura 4** - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de °Brix (Y_3).....77
- Figura 5** - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de ATT (Y_4)..... 79
- Figura 6** - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas da relação °Brix/ATT (Y_5) 80
- Figura 7** - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de dureza (Y_6)..... 80
- Figura 8** - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de cisalhamento (Y_8) 82

CAPÍTULO IV

- Figura 1** - Valores médios de aW, pH, acidez total titulável (ATT) e °Brix da pasta com soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim 99
- Figura 2** – Efeito linear da pasta (X_1) sobre as respostas de aW (Y_1) e de °Brix (Y_4)..... 100
- Figura 3** – Superfície de resposta e curva de contorno para ATT (Y_3) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2)..... 102
- Figura 4** – Gráficos dos valores médios das respostas de cisalhamento (Y_5), dureza (Y_6), fraturabilidade (Y_7), elasticidade (Y_8), coesividade (Y_9) e mastigabilidade (Y_{10}), por formulação 105
- Figura 5** – Superfície de resposta e curva de contorno para Resiliência (Y_{11}) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2) 107
- Figura 6** – Efeito linear da pasta (X_1) sobre as respostas de L^* (Y_{12})..... 109
- Figura 7** - Superfície de resposta e curva de contorno de b^* (Y_{17}) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2) 110

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO I

Tabela 1 – Composição química média dos sólidos totais do soro de leite doce e ácido em pó	25
Tabela 2 – Aproveitamento do soro de leite na elaboração de bebidas fermentadas, não-fermentadas e iogurte.....	29
Tabela 3 – Aproveitamento do soro de leite na elaboração de doces, sobremesas, bolos e cereal matinal.....	30
Tabela 4 – Composição centesimal e de minerais do pedúnculo de caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.).....	33
Tabela 5 – Composição centesimal do bagaço do caju	34
Tabela 6 – Composição centesimal, minerais e vitaminas da amêndoa da castanha-de-caju ..	35
Tabela 7 – Composição química da farinha de mesocarpo de babaçu	38
Tabela 8 – Composição química e valor energético de sementes de gergelim	39

CAPÍTULO III

Tabela 1 - Níveis das variáveis independentes para formulação das barras alimentícias	68
Tabela 2 - Matriz completa do planejamento fatorial 2^{4-1} para o desenvolvimento das barras alimentícias.....	68
Tabela 3 – Matriz do planejamento 2^{4-1} e as respostas aW, pH, °Brix, acidez total titulável (ATT), relação °Brix/ATT, dureza (N), adesividade (N.s) e cisalhamento (N).....	73
Tabela 4 – Análise dos efeitos das variáveis e o valor de p para as respostas estudadas das barras alimentícias	75

CAPÍTULO IV

Tabela 1 - Níveis das variáveis independentes para o desenvolvimento das barras alimentícias	92
Tabela 2 - Matriz completa do planejamento experimental 2^2 para o desenvolvimento e otimização das barras alimentícias	93
Tabela 3 – Valores médios das respostas estudadas, por formulação	97
Tabela 4 – Determinação dos modelos de respostas, coeficientes de determinação dos modelos para as respostas com valores de F calculado e F crítico.....	98
Tabela 5 - Coloração instrumental média em valores de L^* , a^* e b^* por formulação	108
Tabela 6 – Valor energético total, composição centesimal e fibra alimentar da pasta de soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim	111
Tabela 7 – Composição centesimal, valor energético, fibra alimentar e cálculo dos Valores Diários da barra alimentícia.....	112
Tabela 8 – Análise microbiológica da barra alimentícia com pasta de soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim	114

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

aW	Atividade de Água
AOAC	<i>Association of Official Analytical Chemists</i>
ANOVA	Análise de Variância (teste estatístico)
°C	Graus Celsius
CAC	<i>Códex Alimentarius Commission</i>
FAO	Food and Agriculture Organization (órgão da ONU)
g	Grama
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IR	Índice de Refração
Kg	Quilograma
Mg	Miligrama
n	Número
NMP	Número mais Provável
NUEPPA	Núcleo de Estudos, Pesquisa e Processamento de Alimentos
mL	Mililitro
pH	Potencial Hidrogeniônico
Ton	Tonelada
UFC	Unidade Formadora de Colônia
USDA	United States Department of Agriculture
%	Porcentual
°	Graus

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
CAPÍTULO I¹ - APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E DE GERGELIM CREME COMO FONTE ALTERNATIVA PARA ELABORAÇÃO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS	18
2 DESENVOLVIMENTO.....	21
<i>2.1 Barras alimentícias: breve histórico, produção e mercado</i>	<i>21</i>
<i>2.2 Potencialidades dos resíduos alimentares</i>	<i>22</i>
<i>2.3 Soro de leite bovino: produção e aproveitamento</i>	<i>23</i>
<i>2.4 Pedúnculo e amêndoa de castanha de caju (Anacardium Occidentale L): características e produção.....</i>	<i>31</i>
<i>2.5 Cadeia produtiva do babaçu (Attalea speciosa)</i>	<i>37</i>
<i>2.6 Gergelim creme (Sesamum indicum L): produção e aspectos nutricionais.....</i>	<i>38</i>
3 CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS	41
CAPÍTULO II² - FORMULAÇÃO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS.....	52
CAPÍTULO III³ - BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS COM RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	62
INTRODUÇÃO	65
MATERIAL E MÉTODOS	66
<i>Aquisição da matéria-prima.....</i>	<i>66</i>
<i>Processamento do fruto para aquisição do resíduo.....</i>	<i>66</i>
<i>Delineamento experimental.....</i>	<i>67</i>
<i>Elaboração das barras</i>	<i>68</i>
<i>Preparo da pasta com soro de leite e resíduo do pedúnculo de caju.....</i>	<i>68</i>
<i>Liga de aglutinação.....</i>	<i>69</i>
<i>Mistura dos ingredientes secos e úmidos</i>	<i>69</i>
<i>Análises das barras alimentícias.....</i>	<i>71</i>
<i>Atividade de água (aW).....</i>	<i>71</i>
<i>Potencial hidrogeniônico (pH) e Acidez Total Titulável (ATT).....</i>	<i>71</i>

Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e Relação °Brix/acidez total titulável	71
Textura Instrumental.....	72
Análise do perfil de textura (TPA)	72
Análise estatística dos dados	72
RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
CONCLUSÃO.....	83
REFERÊNCIAS	83
CAPÍTULO IV⁴ - OTIMIZAÇÃO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS COM SEMENTE DE GERGELIM E PASTA DE SORO DE LEITE E BAGAÇO DE CAJÚ	86
INTRODUÇÃO	89
MATERIAL E MÉTODOS	90
<i>Aquisição da matéria-prima.....</i>	<i>90</i>
<i>Processamento do fruto para aquisição do resíduo.....</i>	<i>91</i>
<i>Delineamento experimental.....</i>	<i>92</i>
<i>Etapa de elaboração das barras</i>	<i>93</i>
<i>Realização das análises.....</i>	<i>95</i>
RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
CONCLUSÃO.....	115
REFERÊNCIAS	1166
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	120

1 INTRODUÇÃO

O interesse crescente dos consumidores por alimentos mais nutritivos e saudáveis, que além de fonte de nutrientes proporcionem benefícios à saúde e à qualidade de vida, tem aumentado. Além disso, tem crescido a cada ano a procura por alimentos prontos para o consumo, práticos e inovadores e, nesse cenário, as barras alimentícias têm ganhado espaço no mercado consumidor (COLUSSI *et al.*, 2013).

As barras de cereais, também denominadas barras alimentícias, são elaboradas a partir da extrusão da massa de cereais de sabor adocicado e agradável, sendo fonte de vitaminas, de minerais, de fibras, de proteínas e de carboidratos complexos. Podem ser incorporados diferentes ingredientes, tais como frutas, castanhas, nozes, aromatizantes e componentes ligantes (FONSECA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Para a elaboração de novos produtos ou ainda com a finalidade de agregar valor nutricional aos já existentes, estratégias para o aproveitamento de matérias-primas originárias dos resíduos da indústria alimentícia vêm se destacando. Essa prática é importante não só pelo incremento das características nutritivas e sensoriais dos alimentos, mas também pelas questões econômicas e ambientais envolvidas (AMBROSIO-UGRI; RAMOS, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013). Desta forma, subprodutos e resíduos gerados pelas cadeias produtivas, principalmente do leite, do caju e do babaçu, podem ser aproveitados como complementação de renda no Estado do Piauí.

O soro de leite é resíduo da indústria leiteira, subaproveitado no Brasil. Boa parte da produção de soro é descartada, sendo que, além dos prejuízos econômicos associados a esse fato, existem prejuízos ambientais pelo alto teor de matéria orgânica presente no descarte, sendo esta importante fonte de poluição para o ambiente. Entretanto, o soro de leite possui propriedades nutritivas e tecnológicas que possibilitam a sua utilização como matéria-prima na indústria alimentícia para a produção de bebidas, sorvetes, suplementos, biscoitos e doces (ROHLFES *et al.*, 2011).

Outra cadeia produtiva, cujo aproveitamento ainda está abaixo de suas potencialidades, é a do caju (*Anacardium Occidentale L.*). Este produto poderia ser melhor aproveitado, pois tanto a castanha como o pedúnculo possuem importante valor nutricional. Após a remoção da castanha (fruto) e a extração do suco do pedúnculo, o produto obtido denomina-se “bagaço de caju”, sendo constituído pela película e polpa do pedúnculo remanescente. O bagaço do caju, além de ser rico nutricionalmente, pode ser uma alternativa

menos onerosa para a indústria alimentícia na produção de doces e outros produtos; no entanto, o bagaço do cajú ainda é bastante desperdiçado, principalmente por ser perecível (ALCÂNTARA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2013; SANCHO et al., 2010; SIQUEIRA; BRITO, 2013).

Dentre os subprodutos gerados pela indústria alimentícia, encontra-se também a farinha do mesocarpo do babaçu, que é rica em nutrientes e que pode ser utilizada como ingrediente na preparação de cookies, massas, bolos e barras alimentícias (CRUZ et al., 2013).

Assim, para o desenvolvimento de novos produtos, ainda podem ainda ser adicionados ingredientes que agregam qualidade nutricional, sendo capazes de promover saúde. Dentro dessa perspectiva, o gergelim (*Sesamum indicum* L.) tem sido estudado por suas características funcionais. Além de ser um produto de fácil cultivo, possui características que o tornam bem adaptado às condições climáticas do semiárido brasileiro, representando uma importante alternativa econômica, principalmente para os pequenos produtores (QUEIROGA et al., 2011a, 2011b; SILVA et al., 2011).

Além da incorporação de novos ingredientes com alegação funcional, a tendência mundial no setor de alimentos é o desenvolvimento e otimização de produtos com diversidade de atributos, principalmente sabor (AMBROSIO-UGRI; RAMOS, 2012; RODRIGUES; IEMMA, 2014). Na indústria de barras alimentícias, a cada ano os atributos sensoriais vêm sendo modificados com a finalidade de ampliar as opções alimentares para o consumidor.

Considerando as diversas possibilidades de utilização dos subprodutos e resíduos da agroindústria, esta pesquisa foi conduzida na intenção de contribuir para o crescimento econômico dos setores envolvidos, por meio do desenvolvimento de barras alimentícias compostas de pasta de soro de leite e bagaço de caju, semente de gergelim, farinha do mesocarpo de babaçu e amêndoa triturada da castanha de caju, a fim de atender a uma demanda crescente de consumidores que buscam por alimentos nutritivos e de fácil consumo.

Assim, formulou-se a seguinte hipótese: a variação das quantidades relativas de pasta de soro de leite e bagaço de caju, semente de gergelim, farinha do mesocarpo de babaçu e amêndoa triturada da castanha de caju nas barras desenvolvidas e otimizadas durante a pesquisa causam efeitos desejáveis nas características tecnológicas, físico-químicas, nutricionais, sensoriais e sanitárias no produto final.

Para testar a hipótese, os objetivos do presente trabalho foram: desenvolver barras alimentícias com diferentes proporções de pasta de soro de leite e resíduo de caju, semente de gergelim, farinha do mesocarpo de babaçu e amêndoa de caju; submeter o projeto ao Núcleo

de Inovação e Transferência de Tecnologias (NINTEC) da UFPI para depósito de patente; investigar o efeito das diferentes proporções dos ingredientes por meio de delineamento fatorial fracionado (DFF) nas características tecnológicas de: atividade de água, potencial hidrogeniônico (pH), acidez titulável, sólidos solúveis totais (°Brix), textura instrumental e cor instrumental; otimizar as barras que obtiveram as melhores características tecnológicas por meio de delineamento composto central rotacional (DCCR); determinar a composição centesimal, fibras alimentares e o valor energético da pasta de soro de leite e bagaço de caju, gergelim creme e da(s) barra(s) com melhor(es) característica(s) tecnológica(s).

O trabalho foi dividido estruturalmente em quatro capítulos: capítulo I, “Aproveitamento de subprodutos agroindustriais e gergelim creme como fonte alternativa para elaboração de barras alimentícias”. Capítulo II, “Formulação de barra alimentícia”. Capítulo III, “Barras alimentícias desenvolvidas com subprodutos agroindustriais”. Capítulo IV, “Otimização de barras alimentícias desenvolvidas com pasta de soro de leite e bagaço de caju e gergelim creme”. O capítulo I foi submetido à revista Ciência Rural (B1). O capítulo II está em processo de depósito de patente desde 29 de outubro de 2018, NINTEC-UFPI. Os capítulos III e IV serão submetidos à revista Scientia Agrícola (A2).

CAPÍTULO I¹

¹Elaborado conforme normas da revista *Ciência Rural*.

**APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS AGROINDUSTRIAIS E DE GERGELIM
CREME COMO FONTE ALTERNATIVA PARA ELABORAÇÃO DE BARRAS
ALIMENTÍCIAS**

Rosana Martins Carneiro¹; Simone Kelly Rodrigues Lima²; Rômulo Oliveira Barros³; Robson Alves da Silva³; Stella Regina Arcanjo Medeiros⁴; João Batista Lopes⁵; Rodrigo Maciel Calvet⁶; Maria Marlúcia Gomes Pereira Nóbrega⁷; Maria Christina Sanches Murator⁷

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, Teresina- Piauí, Brasil.

²Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Bacabal- Maranhão, Brasil.

³Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina- Piauí, Brasil.

⁴Departamento de Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Picos-Piauí, Brasil.

⁵Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina- Piauí, Brasil.

⁶Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Caxias- Maranhão, Brasil.

⁷Departamento de Morfofisiologia Veterinária, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina-Piauí, Brasil.

RESUMO

Os resíduos agroindustriais são os produtos finais da produção primária que podem ser descartados ou reaproveitados pelas indústrias na forma de subprodutos. Uma das alternativas para elaboração de produtos alimentícios, a exemplo das barras alimentícias, seria a inclusão de subprodutos agroindustriais com qualidade nutricional. Além disso, a adição de ingredientes aos produtos alimentares, como o gergelim creme, com características funcionais capazes de promover saúde humana, também tem sido estudado. De forma que a presente pesquisa destinou-se a buscar na literatura o aproveitamento do soro do leite, do bagaço e da amêndoa da castanha de caju, do mesocarpo do babaçu e do gergelim creme como alternativa para elaboração de produtos alimentícios, especialmente, barras alimentícia. Para a elaboração de produtos ou ainda com a finalidade de agregar valor nutricional aos já existentes, estratégias para o aproveitamento de matérias-primas originárias dos resíduos da indústria alimentícia vêm se destacando. Essa prática é importante não só pelo incremento das características nutritivas e sensoriais dos alimentos, mas também pelas questões econômicas e ambientais envolvidas. Assim, o aproveitamento desses resíduos e do gergelim creme como matéria-prima na elaboração de produtos alimentares, principalmente barras alimentícias, é uma alternativa viável, além de ser uma prática ecologicamente correta.

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale* L. Soro de leite. *Sesamum indicum* L. *Attalea speciosa*.

ABSTRACT

Agro-industrial waste is the final product of primary production that can be discarded or reused by industries in the form of by-products. One of the alternatives for preparing food products, such as snack bars, would be the inclusion of agro-industrial by-products with nutritional quality. Besides that, the addition of ingredients to food products, such as sesame seeds, with functional properties capable of promoting human health, has also been studied. So that the present research aimed to search in the literature for examples of the use of whey, bagasse and almonds from cashew nuts, babassu mesocarp and sesame seeds as alternatives in the development of food products, especially snack bars. For the development of products or for the purpose of adding nutritional value to those that already exist, strategies for the use of raw materials originated from the residues of the food industry have been highlighted. This practice is important not only because of the increase in the nutritional and sensory characteristics of foods, but also because of the economic and environmental issues involved. Thus, the use of these residues and sesame seeds as raw material in the development of food products, especially snack bars, is a viable alternative, in addition to being an ecologically correct practice.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Whey. *Sesamum indicum* L. *Attalea speciosa*.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Barras alimentícias: breve histórico, produção e mercado

A demanda por alimentos saudáveis e práticos, resultante do aumento da consciência de saúde e da mudança dos hábitos alimentares das pessoas, faz crescer ano após ano o mercado de produtos com foco em saúde e conveniência. As barras alimentícias surgiram no Reino Unido no início da década de 1980, como uma alternativa saudável aos chamados *snacks*, lanches rápidos, de fácil consumo e nenhum preparo (BOUSTANI; MITCHELL, 1990).

No Brasil, as barras de cereais foram introduzidas em 1992. Inicialmente, elas não tiveram boa aceitação pelos consumidores. Mas, após alguns anos, com a crescente busca por lanches e alimentos prontos para o consumo, o mercado de barras de cereais cresceu cerca de 20% ao ano, atraindo o interesse de grandes indústrias alimentícias (FRANÇA *et al.*, 2014; GUTKOSKI *et al.*, 2007).

As barras alimentícias foram direcionadas, inicialmente no Brasil, aos adeptos de esportes radicais e, atualmente, é consumida em todos os segmentos (GUTKOSKI *et al.*, 2007). Acredita-se, que o mercado nacional de barras alimentícias movimenta dezenas de milhões de dólares todos os anos (FAO, 2015; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Esses produtos caracterizam-se por serem elaborados a partir da mistura de múltiplos componentes secos e unidos por agentes ligantes. Podem ser fabricados a partir da extrusão da massa de cereais e apresentam uma infinidade de combinações de ingredientes, sendo complexa sua formulação. Os ingredientes devem ser selecionados e utilizados de forma a garantir a qualidade sensorial, nutricional, funcional e de estabilidade do produto (AMBROSIO-UGRI; RAMOS, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Os alimentos em barra, tradicionalmente, têm em suas composições ingredientes como cereais, frutas, nozes e liga. São formulações com multicomponentes, cuja combinação de ingredientes deve garantir que estes se complementem nas características de sabor, textura e propriedades físicas (COLUSSI *et al.*, 2013).

Com o tempo, os atributos sensoriais das barras alimentícias foram sendo modificados, principalmente, em relação ao sabor e à textura (de “duro” e crocante, o produto passou a ser “macio” e com maior mastigabilidade) e a incorporação de diferentes sabores que estão sendo produzidos para ampliar as opções para o consumidor (CRUZ *et al.*, 2013).

Mudanças nos hábitos de vida da população ocasionaram aumento da procura por produtos de fácil acesso, com qualidade nutricional e seguro microbiologicamente. Atrelado a isso, a busca por informações sobre saúde e corpo perfeito, faz com que os consumidores busquem, além de conveniência, produtos que tenham características sensoriais desejáveis e benefícios à saúde (AMBROSIO-UGRI; RAMOS, 2012; CAPRILES; ARÊAS, 2010; PAVLAK *et al.*, 2007).

O crescimento do mercado de barras alimentícias se deve principalmente ao fato do consumidor associar esse alimento a produtos saudáveis, que, geralmente, agregam na sua composição, além dos grãos e cereais, compostos bioativos ou fortificações com vitaminas e minerais, assim como outros ingredientes funcionais com alegações benéficas à saúde (ARAMOUNI; ABU-GHOUSH, 2011; CAPRILES; ARÊAS, 2010; OLIVEIRA *et al.*, 2013).

Nesse contexto, uma das alternativas para elaboração de barras alimentícias seria a inclusão de subprodutos agroindustriais com qualidade nutricional. Estes resíduos agroindustriais são tratados como subprodutos obtidos a partir do processamento industrial de alimentos e, na sua grande maioria, possuem uma boa base nutricional, com compostos essenciais ao organismo humano (DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015; NOVAKI *et al.*, 2010). Assim, o reaproveitamento desses resíduos como matéria-prima no desenvolvimento de novos alimentos pode ser uma alternativa possível, além de ser uma prática ecologicamente correta.

De forma que a presente pesquisa destinou-se a buscar na literatura o aproveitamento do soro do leite, do bagaço e da amêndoa de caju, do mesocarpo do babaçu e do gergelim creme como alternativa para elaboração de produtos alimentícios, especialmente, barras alimentícias.

2.2 Potencialidades dos resíduos alimentares

Nos últimos anos a agroindústria brasileira tem avançado significativamente, o que resulta em maior utilização de insumos alimentares e aumento na produção de resíduos. A indústria de alimentos e bebidas correspondeu, em 2018, a 58% de toda a produção agropecuária do Brasil e gerou um faturamento de R\$ 656 bilhões, 2,8% superior a 2017, se destacando por ser uma das principais locomotivas de desenvolvimento do País (ABIA, 2018). Porém, essa grande produtividade também resulta em maior produção de resíduos gerados nas indústrias.

Mesmo com o aumento da fome no mundo, estima-se que 1/3 de todos os alimentos produzidos mundialmente, destinados ao consumo humano, seja perdido ou desperdiçado como resíduos oriundos do processamento ou como perda na cadeia produtiva (HENZ; PORPINO, 2017; FAO, 2019).

Os resíduos gerados ao longo da cadeia produtiva não possuem valor econômico significativo e, em média, são desperdiçados 30% da safra de frutas, hortaliças e grãos no Brasil. Esses resíduos podem representar perda de biomassa e de nutrientes, além de aumentar o potencial poluidor associado à disposição inadequada que, além da poluição de solos e de corpos hídricos, quando da lixiviação de compostos, acarreta problemas de saúde pública (ROSA *et al.*, 2011).

A maioria desses resíduos são constituídos por vitaminas, minerais, fibras, compostos antioxidantes e nutrientes essenciais para o bom funcionamento do organismo humano. Entretanto, o desperdício ainda é elevado na maioria das indústrias alimentícias, tornando-os subutilizados (DO NASCIMENTO FILHO; FRANCO, 2015).

Dessa forma, o aproveitamento de resíduos agroindustriais se mostra uma alternativa frente ao desperdício de alimentos, uma grande oportunidade de desenvolvimento de produtos, como também agregação de valor. A utilização dos resíduos agroindustriais e subprodutos na elaboração de novos produtos é um segmento de destaque na tecnologia de alimentos, tendo em vista o grande potencial de utilização desses resíduos na alimentação humana e sua qualidade nutricional (NASCIMENTO *et al.*, 2014; NOVAKI *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2011).

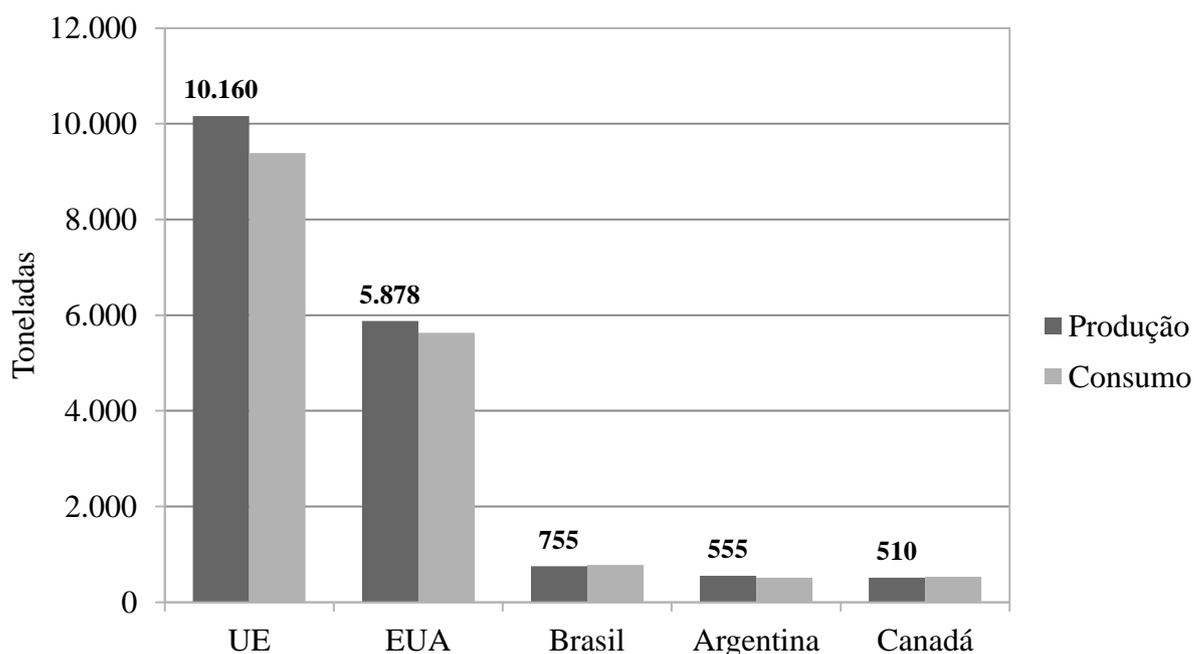
2.3 Soro de leite bovino: produção e aproveitamento

A produção brasileira de leite, em 2017, foi de 33,5 bilhões de litros, havendo retração de 0,5% em relação ao ano anterior. As Regiões Sul e Sudeste se destacam como maiores produtoras do país, com 35,7% e 34,2% do total de litros, respectivamente. No entanto, o principal estado produtor de leite no Brasil é Minas Gerais, que além de liderar o *ranking* estadual da produção de leite, possui ainda o maior efetivo de vacas ordenhadas. Em 2017, foi responsável por 26,6% da produção de leite e por 20,0% do total de vacas ordenhadas (IBGE, 2017b).

Na região Nordeste, que foi responsável por 5,1% da produção nacional de leite sob inspeção federal em 2016, os Estados do Maranhão e Piauí apresentaram aumento de 23,0% e 4,7% em relação ao ano anterior, respectivamente, na produção de leite (CONAB, 2016).

Dados do Departamento de Agricultura dos EUA (USDA, 2018a) mostram que, em 2018, mais de 20 milhões de toneladas de queijos foram produzidos em todo o mundo, dos quais 755 mil foram produzidos no Brasil (Figura 1). A União Europeia se destaca por ser a maior produtora e consumidora de queijos. Já o consumo atual de queijo brasileiro é estimado em 3,23 quilos por pessoa por ano, abaixo do valor recomendado pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), de nove quilos por pessoa/ano. A maior parte do consumo de queijo no Brasil vem da indústria de *fast-food*, que inclui principalmente grande número de pizzarias, lanchonetes e padarias.

Figura 1 – Produção e consumo de queijo na União Europeia, Estados Unidos, Brasil, Argentina e Canadá em 2018



Fonte: USDA (2018a).

A fabricação de um quilo de queijo requer em média dez litros de leite e produz nove litros de soro como subproduto (USDA, 2018a; ALVES *et al.*, 2014). Assim, é possível inferir que as 755 mil toneladas de queijo produzidas em 2018 no Brasil renderam cerca de 6,8 bilhões de litros de soro como subproduto.

Em torno de 85 a 95% do volume do leite utilizado para a produção de queijos ou de caseínas, resulta em soro de queijo, originado após a separação da coagulação das micelas de caseínas, de cor amarelo-esverdeada, com sabor ácido ou doce. O soro é um resíduo da indústria de laticínios que vem despertando o interesse por suas potencialidades nutricional, funcional e econômica (BALD *et al.* 2014; BRASIL, 2005; LEITE; BARROZO; RIBEIRO, 2012; SILVA *et al.*, 2011; SOUZA *et al.*, 2011).

O soro de leite pode ser classificado como ácido ou doce, com base na acidez total ou conteúdo de ácido láctico. O soro ácido é resultado da coagulação ácida do leite com média de pH inferior a 6,0. Já o soro de leite doce, que é obtido do leite coagulado por ação enzimática, normalmente com renina, apresenta pH entre 6,0 e 6,8. Tanto o soro ácido quanto o doce podem ser encontrados nas formas líquida, concentrada e em pó. A grande maioria da produção de soro no Brasil é de soro doce, que é muito utilizado em produtos de panificação, salgadinhos, sorvetes e sobremesas (BRASIL, 2013; PELEGRINE; CARRASQUEIRA, 2008; SILVA; BOLINI, 2006).

Trata-se de um alimento constituído basicamente de água (93-94%), lactose (4,5-5,0%), proteínas (0,8-1,0%), gorduras (0,3-0,5%), sais minerais (0,6-1,0%), vitaminas – a exemplo das vitaminas B12, B6, ácido pantotênico, riboflavina, tiamina, vitamina C e retinol –, além de ácido láctico, ácido cítrico e compostos nitrogenados não-proteicos, como a ureia e o ácido úrico (BALD *et al.*, 2014; OLIVEIRA, 2009).

A composição do soro de leite pode mudar, variando de acordo com o tipo de queijo produzido, variedade do leite (bovino, caprino ou ovino), período do ano, alimentação dos animais, estágio de lactação, qualidade do processamento industrial do leite para a obtenção de queijos e, por fim, do tipo de soro obtido (ALVES *et al.*, 2014; BALD *et al.*, 2014; BALDASSO *et al.*, 2011). A lactose e as proteínas lácteas são os componentes desse subproduto que mais se destacam (Tabela 1).

Tabela 1 – Composição química média dos sólidos totais do soro de leite doce e ácido em pó

Componentes (g/100g)	Soro de leite doce em pó	Soro de leite ácido em pó
Lactose	Mínimo 61,0	Mínimo 61,0
Proteína láctea	Mínimo 8,5	Mínimo 7,0
Umidade	Máximo 5,0	Máximo 5,0
Cinzas	Máximo 9,5	Máximo 15,0

Fonte: BRASIL (2013). [Adaptado]

As proteínas do soro de leite são constituídas por aminoácidos sulfurados (cisteína e metionina), que conferem excelentes propriedades funcionais e nutricionais ao soro. É um alimento rico em aminoácidos essenciais, possui alto conteúdo de lisina, treonina, triptofano, fenilalanina e tirosina (FITZSIMONS; MULVIHILL; MORRIS, 2007; LIU; XIONG; BUTTERFIELD, 2000). São formadas principalmente por albumina e globulina – 50% de β -lactoglobulina, 25% de α -lactoalbumina e 25% de outras frações proteicas. A β -lactoglobulina é uma proteína que apresenta propriedades gelatinizantes e a α -lactoalbumina apresenta a capacidade de formar espuma semelhante à clara do ovo (CARVALHO, 2013; OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA; BRAVO, TONIAL, 2009).

Estudos têm apontado o soro de leite como um alimento com propriedades funcionais fisiológicas importantes na modulação do metabolismo e nos mecanismos de defesa dos organismos humanos. A presença de alguns peptídeos bioativos no soro de leite podem ter a capacidade de controlar a pressão sanguínea por meio da inibição da ACE (Enzima conversora de angiotensina; *Angiotensin Converting Enzyme*, em Inglês), inibir a formação de placas ateroscleróticas, reduzir colesterol, diminuir o risco de acidose metabólica, auxiliar em processos imunomoduladores e atuar como coadjuvante no tratamento de doenças crônicas e inflamatórias (HARAGUCHI; DE ABREU; DE PAULA, 2006; OLIVEIRA, 2009; OLIVEIRA; BRAVO; TONIAL, 2012; SGARBIERI, 2004).

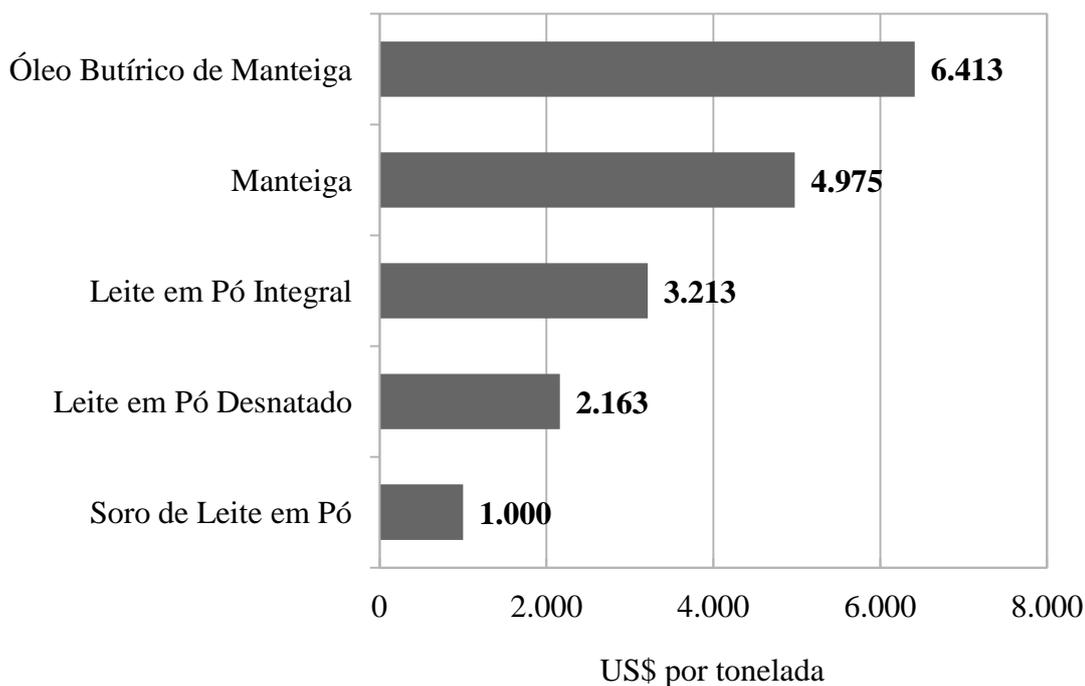
As proteínas do soro de leite, além de suas importantes propriedades nutritivas e fisiológicas, apresentam propriedades físico-químicas com aplicações em tecnologia de alimentos. A concentração do soro leva à formação de produtos proteicos que podem ser utilizados como ingredientes para melhorar características dos alimentos como solubilidade, gelificação, viscosidade, emulsificação e formação de espuma e originar fórmulas alternativas para uma ampla variedade de alimentos, como bebidas, pães, biscoitos, bolos, salgadinhos, molhos e sopas (ALVES *et al.*, 2014; MORR; HOFFMANN; BUCHHEIM, 2003; ROHLFES *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2011; ZAVAREZE; MORAES; SALAS-MELLADO, 2010).

A Instrução Normativa nº 16 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2005) regulamentou a utilização do soro de leite para elaboração de bebida láctea, depois de um período em que houve inúmeras denúncias de adição ilegal de soro no leite.

No Brasil, o alto custo de investimento em tecnologia necessária para o beneficiamento do soro do leite desestimula o aproveitamento do produto, principalmente porque grande parte do soro de leite gerado no Brasil provém de pequenas e médias queijarias (ALVES *et al.*, 2014; SILVA; BUENO; RODRIGUES SÁ, 2017). Outro motivo para o pouco aproveitamento, diz respeito aos baixos valores internacionais pagos pelo soro de leite, o que

diminui a atratividade econômica da exploração industrial do produto (USDA, 2018b). Dentre os produtos leiteiros produzidos mundialmente, o óleo butírico de manteiga é o que possui maior valor de venda no mercado internacional (Figura 2).

Figura 2 – Preço médio dos produtos leiteiros de exportação para os mercados da Europa ao longo de 2018



Fonte: USDA (2018b).

O soro do leite representa alta carga poluidora, quando não recebe o tratamento adequado, pois afeta a estrutura física e química do solo e reduz os níveis de oxigênio dissolvido na água, prejudicando a vida aquática e ameaçando o abastecimento humano de água (PRAZERES; CARVALHO; RIVAS, 2012; IBGE, 2013).

Existem dois processos principais que podem transformar o soro em um produto com valor agregado. O primeiro consiste em um processo direto (tratamento físico ou térmico) para obtenção de soro de leite em pó, concentrado proteico de soro de leite, proteína de soro de leite isolada, lactose, soro de leite permeado, entre outras frações. O segundo envolve processos biotecnológicos, em que o soro é usado como substrato para vários processos microbiológicos e enzimáticos para produzir produtos como ração animal, proteína unicelular, probióticos, ácidos orgânicos, enzimas, carotenoides, biopreservadores, bioplásticos, entre outros (YADAV *et al.*, 2015).

O interesse pelo uso do soro remonta a 1996, quando foi despertada a preocupação com a sua disposição no meio ambiente, considerando o teor de matéria orgânica e o alto volume produzido, que corresponde a metade da produção mundial. Isso significa que apenas 50% da produção são processados e transformados em novos produtos (SISO, 1996; USDA, 2019).

O soro de leite é utilizado em sua forma *in natura*, em pó, em fluido, como concentrado proteico de soro de leite (CPS), também, conhecido por WPC – *Whey Protein Concentrate*, e permeado de soro de leite (soro de leite desproteínizado). Tanto o soro doce quanto o ácido encontram aplicabilidade industrial, devido à suas características que permitem agregar maior valor nutricional e alterar as propriedades dos produtos aos quais é integrado. É reconhecido como um dos subprodutos mais versáteis da indústria alimentícia e uma fonte útil de proteína de alta qualidade nutricional e funcional, que faz com que as empresas o utilizem como matéria-prima em busca por inovação tecnológica (BALDISSERA *et al.*, 2011; FAGNANI; PUPPIO; ZANON, 2018).

Na indústria alimentícia, o soro de leite é mais comumente utilizado para elaboração de bebidas lácteas elevando maior valor nutricional, principalmente, de proteínas. Embora não se tenha relatos do aproveitamento do soro de leite para o desenvolvimento especificamente de barras alimentícias, pesquisas, de 2010 a 2019, têm apontado para a viabilidade do aproveitamento do soro de leite na elaboração de outros produtos alimentícios. Nesse contexto, percebe-se que as bebidas, fermentadas e não fermentadas, são os produtos mais utilizados para a adição desse produto resultado da cadeia produtiva leiteira (Tabela 2).

Dentre as pesquisas, Andrade *et al.* (2019), que desenvolveram bebidas lácteas fermentadas com soro de leite adicionadas de frutas e de cultura probiótica, verificaram que as bebidas com adição do soro de leite foram adequadas para inoculação de probióticos e atenderam a exigência da legislação, além da boa aceitabilidade pelos consumidores.

Jaworska *et al.* (2011), ao elaborarem e compararem duas bebidas de cassis, uma adicionada de soro de leite em substituição de 50% da água utilizada na produção, obteve alto teor proteico e cinzas na bebida contendo soro de leite. No mesmo estudo, também, foi identificada a presença de lactose na bebida com soro de leite e maior quantidade de vitamina B2 em comparação com a bebida sem adição do soro de leite.

Ainda, Moreira *et al.* (2010) que elaboraram cinco formulações de bebida achocolatada, contendo extrato hidrossolúvel de soja (EHS) e/ou soro de queijo com a finalidade de se verificar a aceitação sensorial das formulações, perceberam que a formulação

elaborada somente com soro apresentou maior aceitação sensorial em relação aos atributos sabor e consistência.

Tabela 2 – Aproveitamento do soro de leite na elaboração de bebidas fermentadas, não-fermentadas e iogurte

Tipo de produto	Produto elaborado	Autor(es)/Ano
	Bebida láctea fermentada com suco de frutas	Andrade <i>et al.</i> , 2019
	Bebida láctea fermentada com substituição parcial do leite pelo soro de leite	Montesdeoca <i>et al.</i> , 2017.
	Creme fermentado com soro de leite em pó desmineralizado	Akal; Yetişemiyen, 2016.
Bebida fermentada e iogurte	Bebida láctea fermentada com soro de leite em pó e fluido, acrescido de polpa de morango e cultura próbiótica de <i>Lactobacillus casei</i> .	Silva <i>et al.</i> , 2017.
	Bebida probiótica fermentada a base de soro de leite ácido e fortificada com soro de leite em pó e leite em pó	Skryplonek; Jasińska, 2015.
	Iogurte natural com soro de leite e leite bovino em pó	Soares <i>et al.</i> , 2011
	Bebida com soro de leite e suco de laranja	Fagnani <i>et al.</i> , 2018
	Bebida com CPS e permeado do soro do leite com polpa de maracujá e luteína	Rocha <i>et al.</i> , 2017
Bebida não fermentada	Bebidas achocolatadas para crianças com CPS	Batista <i>et al.</i> , 2015
	.Bebida não fermentada com soro de leite, adicionada de inulina e polpa de acerola	Bosi <i>et al.</i> , 2013
	Bebidas de cassis com soro de leite	Jaworska <i>et al.</i> , 2011
	Bebida achocolatada com extrato solúvel de soja e soro de leite	Moreira <i>et al.</i> , 2010

Outra forma de aplicação do soro de leite é na elaboração de doces, sobremesas, bolos e cereal matinal (Tabela 3).

Tabela 3 – Aproveitamento do soro de leite na elaboração de doces, sobremesas, bolos e cereal matinal

Tipo de produto	Produto elaborado	Autor(es)/Ano
Doces e sobremesas	Mousse integral e diet de morango com soro de leite	Gregório <i>et al.</i> , 2016
	Doce de leite com adição de café e com substituição parcial de leite por soro de leite	Ferreira <i>et al.</i> , 2012
	Sobremesas lácteas com aroma de baunilha, adicionadas de CPS de soro de leite	Vidigal <i>et al.</i> , 2012.
Bolos e cereal matinal	Bolos sem adição de açúcar com a proteína do soro de leite como substituto da farinha de trigo	Soares <i>et al.</i> , 2018
	Bolo com adição de soro de leite em substituição do leite	Ferrari; Balboni; Azeredo, 2013
	Cereal matinal extrusado de mandioca adicionado com concentrado proteico de soro de leite (CPS)	Silva <i>et al.</i> 2011
	Bolo com soro de leite in natura, desidratado e concentrado	Zavareze; Moraes; Salas-Mellado, 2010

A aplicação do soro de leite em doces e sobremesas, a exemplo de mousses, é uma alternativa de aproveitamento para o desenvolvimento de produtos com melhor qualidade nutricional, além de que acarretar na diminuição dos custos de produção e no tratamento de descarte do soro.

Um cenário semelhante pode ser visto no trabalho realizado por Zavareze *et al.* (2010), que utilizaram soro *in natura*, desidratado e concentrado, substituindo o trigo, na elaboração de bolos. Os teores de cinzas e de proteínas dos bolos adicionados de soro de leite foram superiores aos produzidos apenas com farinha de trigo. Além disso, pode ser um ingrediente na fabricação de biscoitos, *muffins*, pães, biscoitos e glacê como substituto de gordura ou açúcar de maneira parcial ou completa (Soares *et al.*, 2018).

Os estudos supracitados demonstram que o soro de leite não deve ser considerado apenas como um resíduo da indústria de queijos, mas como uma importante fonte de proteínas de alto valor biológico, de vitaminas e de minerais, que podem ser inseridos na dieta humana quando adicionados no desenvolvimento de produtos alimentícios.

Assim, seu uso não apenas acarreta na obtenção de produtos com alto valor agregado e baixo custo de produção para as indústrias, como também traz benefícios ao meio ambiente, pela redução do volume descartado como efluente.

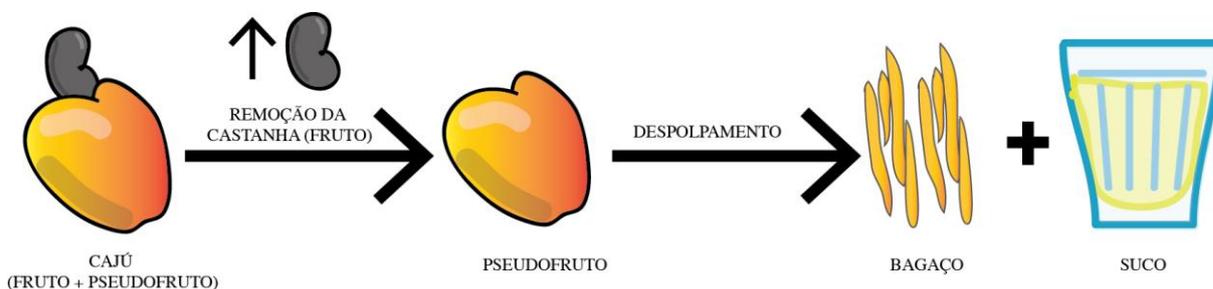
2.4 Pedúnculo e amêndoa de castanha de caju (*Anacardium Occidentale* L): características e produção

Outro alimento que merece destaque, tanto ao volume produzido quanto à qualidade nutricional dos seus resíduos, é o caju. Embora seja um pseudofruto, o caju é considerado um fruto do cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). O cajueiro, *Anacardium occidentale* L., pertence à família anacardiacea, nativo da América do Sul, considerada planta nativa do Brasil, pois se encontra amplamente disseminado no litoral nordestino, compondo a vegetação de praias, dunas e restingas, e cresce também nas zonas tropicais das Américas, África e Ásia. Divide-se em dois grupos, relacionados ao porte da planta: o comum e o anão. O comum apresenta porte maior, chamado também de cajueiro gigante, de altura entre 8 e 15 m e envergadura podendo atingir até 20 m. Já o cajueiro anão é de porte baixo, com altura inferior a 4 m e envergadura inferior ao do tipo comum (OLIVEIRA, 2008; CRISÓSTOMO et al, 2003; SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

O cajueiro comum foi o mais difundido, entretanto, com o objetivo de incrementar a produtividade para o alcance da sustentabilidade da cultura do cajueiro, a Embrapa investiu em programas de melhoramento genético de genótipos do cajueiro anão, que, por possuírem um porte menor em relação aos cajueiros comuns, favoreceu aplicação de tratamentos culturais e a colheita manual do pedúnculo e, atualmente, é o tipo de cajueiro mais difundido no nordeste brasileiro (MOURA; ALVES; SILVA, 2013; SERRANO; OLIVEIRA, 2013).

O caju, popularmente conhecido como fruto, é constituído por 10% de castanha e por 90% de pedúnculo. O bagaço de caju é o produto obtido após remoção da castanha (fruto) e extração do suco do pedúnculo (pseudofruto), sendo constituído pela película e pela polpa do pedúnculo remanescente (SIQUEIRA; BRITO, 2013) (Figura 3).

Figura 3 – Bagaço do caju obtido após o descastanhamento e despulpamento



Fonte: Elaborado pela autora.

Os caju com maior valor de mercado devem ter algumas características, que garantam a sua qualidade, como a firmeza, a baixa adstringência, o sabor doce e pouca acidez, com peso de pedúnculo variando entre 100 a 150 gramas. Esse pseudofruto é caracterizado por ser uma estrutura carnosa, suculenta e de alta taxa de atividade respiratória. Sendo assim, é um alimento considerado bastante perecível, principalmente quando mantido em temperatura ambiente. A dificuldade no armazenamento durante os meses de produção mais elevada, também, faz com que ocorra grande desperdício de pedúnculos no campo e na indústria (MOREIRA *et al.*, 2009; OLIVEIRA; IPIRANGA, 2009; SIQUEIRA; BRITO, 2013).

No Brasil, o pedúnculo do caju é considerado uma das matérias-primas de maior potencialidade por sua variedade de aplicação, apesar do desperdício. Em média, no Nordeste brasileiro, são desperdiçados mais de 1,5 milhão de toneladas do pedúnculo, representando 75% das 2,5 milhões toneladas produzidas. Estima-se que 35 milhões de quilogramas de pedúnculos de caju resultam em, aproximadamente, 4 milhões de quilos em bagaço de caju (MOURA; ALVES; SILVA, 2013; OLIVEIRA; IPIRANGA, 2009; SERRANO, OLIVEIRA, 2013; SIQUEIRA; BRITO, 2013).

Esse pseudofruto possui elevado valor nutricional, com destaque para a vitamina C, cujas concentrações variam de 156 a 387 mg/100 g; e os carotenoides com quantidades que vão de 12 a 28 mg/g de fruto fresco, além da presença de minerais como ferro, cálcio, fósforo (Tabela 4) e um teor considerável de fibras alimentares (IBGE, 2011; MEDEIROS *et al.*, 2012; NEPA, 2011; SOUZA *et al.*, 2009).

Tabela 4 – Composição centesimal e de minerais do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.)

Componentes	Quantidade
Umidade (%)	88,1
Cinzas (g)	0,3
Proteína (g)	1,0
Lipídio (g)	0,3
Carboidrato (g)	10,3
Cálcio (mg)	1,0
Magnésio (mg)	10,0
Fósforo (mg)	16,0
Ferro (mg)	0,2

Legenda: g – grama. mg – miligrama. % - percentual.

Fonte: NEPA (2011); IBGE (2011).

O consumo do pseudofruto inteiro fresco ainda é considerado baixo, ao contrário do suco extraído do pedúnculo do caju, que apresenta boa aceitação pela população, principalmente nordestina. O pedúnculo é descartado principalmente pela falta de incentivo para sua utilização na alimentação e de conhecimento da sua qualidade nutricional (PINHO *et al.*, 2011; SANCHO *et al.*, 2010).

O aproveitamento industrial do caju é realizado principalmente na região nordeste do país, visando, basicamente, o beneficiamento da castanha e, em menor escala, o aproveitamento do pedúnculo. Mesmo considerando o aproveitamento do pedúnculo sob a forma de sucos, doces, geleias, néctares, farinhas e fermentados, somente 15% da produção do pedúnculo são aproveitados pelas indústrias de alimentos (SILVA *et al.*, 2008; ASSIS *et al.*, 2007; MOREIRA *et al.*, 2009; SANTOS *et al.*, 2013).

Em virtude da diversidade e do elevado potencial nutricional presentes no caju, ele é uma boa alternativa na elaboração de diferentes produtos alimentícios. Contudo, o bagaço do caju ainda tem sido pouco utilizado pela indústria alimentícia na fabricação de produtos voltados para alimentação humana, mesmo sendo rico em fibras, vitaminas e antioxidantes (BROINIZI *et al.*, 2009; LEITE *et al.*, 2013; SOUZA *et al.*, 2009). Sua composição centesimal está apresentada na Tabela 5.

Tabela 5 – Composição centesimal do bagaço do caju

Componentes	Quantidade
Umidade (%)	89,0
Cinzas (g)	3,97
Proteína (g)	16,1
Lipídio (g)	4,18
Carboidrato (g)	66,46
Lignina	21,19

Legenda: g – grama. mg – miligrama. % - percentual. Kcal – quilocaloria.
 Fonte: NEPA (2011); IBGE (2011).

Pesquisas na área de alimentos têm relatado o aproveitamento do bagaço do caju no desenvolvimento de alguns produtos como *cupcake* (MORAIS *et al.*, 2018), biscoitos (SANTANA; SILVA, 2008), hambúrgueres (BARROS *et al.*, 2012; LIMA, 2008; LIMA; BRUNO; SOUZA NETO, 2011; PINHO *et al.*, 2011) e barra alimentícia (OLIVEIRA *et al.*, 2013). Desta forma, o desenvolvimento e o consumo de produtos obtidos a partir do pedúnculo de caju podem constituir-se uma alternativa de aproveitamento e a possibilidade de diversificação da dieta populacional.

Embora diversas propriedades nutricionais e tecnológicas sejam atribuídas ao pedúnculo, é na amêndoa, obtida após o processamento da castanha, onde se concentra a maior parcela do aproveitamento do fruto. A amêndoa da castanha-de-caju (ACC) é a terceira noz mais consumida no mundo, na forma de fruta seca ou ingrediente de cozinha. Ela pode ser consumida na forma torrada (inteira ou triturada), ou ainda como farinha, sendo muito utilizada no preparo de doces e pratos quentes (PAIVA; SILVA NETO, 2013).

A amêndoa de castanha-de-caju é a parte comestível do fruto, considerada um alimento de sabor agradável e de alto valor nutricional. É fonte de proteína de alta qualidade, rica em ácidos graxos poli-insaturados e fibras, além de apresentar elevado teor de ferro, potássio, vitamina B e compostos bioativos, podendo retardar o processo de envelhecimento, estimular o sistema imunológico, proteger contra doenças cardíacas e certos tipos de câncer. Ainda, possui baixo teor de carboidratos, portanto, recomendada para pessoas acometidas por diabetes e obesidade pelo seu pelo seu reduzido teor de açúcares e equilibrado valor energético (COSTA; JORGE, 2011; FREITAS; NAVES, 2010). Na Tabela 6, encontra-se a composição centesimal da ACC.

Tabela 6 – Composição centesimal, minerais e vitaminas da amêndoa da castanha-de-caju

Componentes	Quantidade
Energia (Kcal)	574,0
Umidade (%)	43,00
Cinzas (g)	1,00
Proteína (g)	15,31
Lipídio (g)	46,35
Ácido graxo monoinsaturado	27,32
Ácido graxo poliinsaturado	7,84
Carboidrato (g)	32,69
Fibra alimentar total (g)	3,00
Cálcio (mg)	45,00
Magnésio (mg)	26,00
Ferro (mg)	6,00
Sódio (mg)	16,00
Potássio (mg)	565,00
Niacina (mg)	5,35
Folato (mcg)	69,00

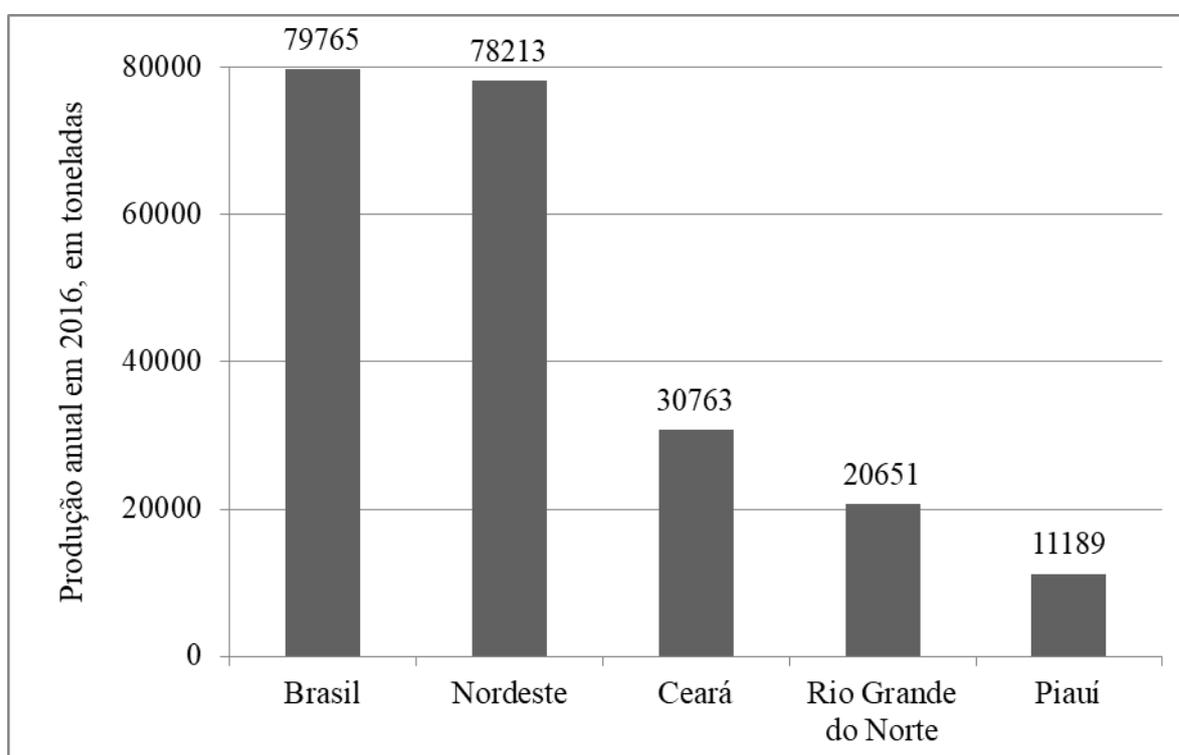
Legenda: g – grama. mg – miligrama. mcg: micrograma. % - percentual. Kcal – quilocaloria.
 Fonte: NEPA (2011); IBGE (2011).

A castanha possui uma única semente, que não se abre na época da maturação e é constituída de três partes distintas: casca, película e amêndoa. A casca ou pericarpo possui um tecido esponjoso, cujas cavidades são preenchidas por um líquido viscoso, cáustico, facilmente inflamável e de cor escura, chamado de líquido da casca de castanha-de-caju (LCC), é um produto de baixo valor industrial que tem mostrado potencial inseticida, tem sido utilizado como matéria-prima para a síntese de uma substância conhecida por atuar contra a leucemia (câncer de sangue), a lasiodiplodina, e também para produção de antissépticos e vermífugos. Estudos tem ressaltado o potencial inseticida do ácido anacárdico, presente no LCC, contra o mosquito *Aedes Aegypti* (RIBEIRO, 2011; PAIVA; SILVA NETO, 2013; PORTO *et al.*, 2013).

Após a extração do LCC, a casca da castanha-de-caju pode servir como material de combustão para caldeiras das próprias fábricas de castanha-de-caju. Esse subproduto é muito utilizado pelas indústrias de cimento, olarias e outras indústrias para a geração de vapor. A película, representando cerca de 3,0% do peso da castanha-de-caju, é muito utilizada na composição de rações animais e como fonte de tanino para curtume (PAIVA *et al.*, 2006; RIBEIRO, 2011).

O nordeste brasileiro foi responsável por aproximadamente 98% da produção nacional de caju, com destaque para os estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte. Na safra de 2016, a produção brasileira de castanha-de-caju foi de 79.765 toneladas e a produção piauiense foi de 11.189, cerca de 14% do total (Figura 4). Assim, a agroindústria de beneficiamento da castanha para comercialização da amêndoa de castanha-de-caju (ACC) vem contribuindo com uma expressiva participação na pauta de exportação do Estado do Piauí, agregando valor à matéria-prima e gerando empregos no campo (IBGE, 2017a).

Figura 4 – Dados da produção de castanha-de-caju na safra de 2016, em toneladas



Fonte: IBGE (2017a).

A cajucultura é uma atividade que vem desempenhando um papel importante, tanto social quanto econômico no Piauí, mas a cadeia produtiva do caju deve estar constantemente atenta para o uso de tecnologias que busquem diminuir o desperdício. Os resíduos podem ser utilizados no desenvolvimento de novos produtos, aumentando o seu valor nutritivo, além de contribuir para a melhoria do meio ambiente.

2.5 Cadeia produtiva do babaçu (*Attalea speciosa*)

O babaçu, também, conhecido coco-de-macaco e, na língua tupi, como uauaçu, é uma nobre palmeira nativa da região norte do Brasil e das áreas do cerrado. O extrativismo da palmeira do Babaçu (*Attalea speciosa*) é uma das mais antigas atividades no território brasileiro, sendo representativo, tanto pela grande área de abrangência – entre 13 e 18 milhões de hectares distribuídos em 279 municípios de 11 estados –, bem como pelas inúmeras potencialidades e atividades econômicas, principalmente a de subsistência para um expressivo número de famílias nas regiões Norte e Nordeste do país (BRITO *et al.*, 2017; CARRAZA; SILVA; ÁVILA, 2012; MAPA, 2012).

O Brasil é um dos maiores produtores de coco babaçu e sua extração é feita, tradicionalmente, por mulheres, as quebradeiras de coco. Os subprodutos obtidos do seu processamento têm ganhado espaço no mercado como ingredientes viáveis e por apresentarem aspectos nutricionais importantes (CARRAZA; SILVA; ÁVILA, 2012).

O babaçu tem sido encontrado em extensas formações naturais em estados como Maranhão, Piauí e Tocantins, região conhecida como Mata dos Cocais (transição entre caatinga, cerrado e Amazônia). No Piauí, a extração da amêndoa do babaçu é uma das mais tradicionais e significativas atividades econômicas de muitas famílias. Mas, é o estado do Maranhão que ganha destaque com uma produção de mesocarpo em torno de 372,6 toneladas ao ano (BRITO *et al.*, 2017; FRANÇA *et al.*, 2014).

O fruto do babaçu (coco ou coquilho) é constituído por quatro camadas: o epicarpo (13% do fruto) é representado pela camada externa fibrosa; o mesocarpo (20% do fruto) é a parte intermediária formada por uma camada maciça rica em amido; o endocarpo (60% do fruto) é a camada interna lenhosa, na qual são encontradas as amêndoas; e as amêndoas (7% do fruto) representa o principal componente do babaçu. Em cada fruto são encontradas de três a quatro amêndoas (CRUZ *et al.*, 2013; EMBRAPA, 2010; GOMES *et al.*, 2012; MAPA, 2012; PAVLAK *et al.*, 2007).

Da palmeira do babaçu praticamente tudo pode ser aproveitado, até mesmo as folhas. As fibras do epicarpo podem ser utilizadas para a produção de xaxim, estofados, embalagens, vasos, placas, murais, e outros produtos. O endocarpo é utilizado na produção de carvão, na produção de brincos, colares, chaveiros e palha. A amêndoa é constituída por mais de 60% de lipídeos, rica principalmente em ácido láurico, que é um ácido graxo saturado de cadeia média, muito utilizado na indústria alimentícia e de cosméticos. O mesocarpo é utilizado em

diversas áreas, como na nutrição animal e humana, apresenta cor creme clara e pode ser facilmente reduzido a pó, formando farinhas que têm sido utilizadas na medicina popular para o tratamento de feridas crônicas, úlceras, inflamações diversas, tumores, obesidade, entre outras doenças (HOLANDA, 2018; SUDRE; SANTOS; MOREIRA, 2014; FONSECA *et al.*, 2014).

Devido à sua composição nutricional rica em amido (68,51%), minerais e fibras, o mesocarpo tem sido aplicado em diversos processos tecnológicos voltados para a alimentação humana. Dentre os subprodutos gerados, a farinha do mesocarpo do babaçu confere importante potencialidade de utilização em preparações como bolos, tortas, biscoitos, massas, mingau e barras alimentícias (CARRAZA; SILVA; ÁVILA, 2012; FRANÇA *et al.*, 2014; RANGEL *et al.*, 2012). Na tabela 7, encontra-se composição química da farinha do mesocarpo do babaçu.

Tabela 7 – Composição química da farinha de mesocarpo de babaçu

Componentes	g 100g⁻¹	Minerais	mg 100g⁻¹
Carboidratos	79,2	Cálcio	27,4
Cinzas	0,61	Ferro	1,23
Proteínas	1,19	Fósforo	32,86
Extrato etéreo	0,29	Sódio	0,47
Fibra alimentar	6,80	Magnésio	41,16
Amido	66,51	Manganês	0,16
VET (kcal.100g)	315,57	Potássio	289,52

Legenda: g – grama. VET – valor energético total. kcal – quilocaloria.

Fonte: CARRAZA; SILVA; ÁVILA, 2012.

Tendo em vista essas diversas potencialidades, busca-se, atualmente, o desenvolvimento tecnológico de novos produtos a partir da utilização de recursos naturais, a exemplo da farinha do mesocarpo do babaçu, com a finalidade de inovação tecnológica, agregação de valor nutricional, geração de renda e preservação do meio ambiente.

2.6 Gergelim creme (*Sesamum indicum* L): produção e aspectos nutricionais

O gergelim (*Sesamum indicum* L.) é uma das mais antigas oleaginosas cultivadas pelo homem e ocupa a nona posição entre as oleaginosas mais cultivadas no mundo. Os principais produtores de gergelim no Brasil são os Estados de Goiás, Mato Grosso, Ceará, Rio Grande do Norte, Bahia, Piauí, e Minas Gerais. A cultura do gergelim vem assumindo grande

importância em território brasileiro, principalmente em sistemas agrícolas familiares. Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do país, o gergelim é mais uma alternativa de renda e fonte de proteína para os pequenos e médios produtores, além de fazer parte do consumo popular apresentando-se como opção alimentar importante (FAO, 2015; QUEIROGA *et al.*, 2011a).

Trata-se de uma cultura conhecida por apresentar baixo custo, ser de fácil utilização em vários gêneros alimentícios, além de conter sabor e aroma agradáveis. O consumo dessa semente cresceu muito de 2011 a 2014 (FAO, 2015), principalmente em consequência do aumento da sua utilização em produtos industrializáveis para o consumo. É um alimento nutritivo, em que suas sementes são ricas em lipídios, proteínas e carboidratos (Tabela 8), bem como minerais como cálcio (60,0 mg), ferro (6,36 mg), fósforo (667,0 mg), potássio (370,0 mg/100g), zinco (6,73 mg/100g) e selênio (97,50 mg/100g) (BELTRÃO; VIEIRA, 2001; IBGE, 2011; EMBRAPA, 2009, 2010; QUEIROGA *et al.*, 2011b).

Tabela 8 – Composição química e valor energético de sementes de gergelim

Componentes	NEPA (g.100⁻¹)	IBGE (g.100⁻¹)
Umidade	3,9	-
Cinzas	2,9	-
Carboidrato	21,6	11,73
Proteínas	21,1	20,45
Lipídio	50,4	61,21
Fibra alimentar	11,90	11,60
VET (kcal g ⁻¹)	584,0	631,0

Legenda: g – grama. VET – valor energético total. kcal – quilocaloria.

Fonte: NEPA, 2011; IBGE, 2011.

O gergelim também é um alimento que apresenta elevada qualidade nutricional, devido à presença de ácidos graxos insaturados (em média de 24% de monoinsaturados e 25% de poli-insaturados), com destaque para o ácido graxo linoleico. Apresenta características bastante interessantes do ponto de vista industrial, pois a presença de composto secundário como o sesamol, confere ao óleo maior estabilidade química, evitando a rancificação (IBGE, 2011; NEPA, 2011; NOBRE *et al.*, 2013; QUEIROGA *et al.*, 2011a).

Assim, tem despertado grande interesse tanto pelos efeitos benéficos que sua ingestão pode proporcionar à saúde humana, como também por sua importância econômica, principalmente para os pequenos produtores, por apresentar ampla adaptabilidade a regiões de clima quente, resistência à seca e de fácil cultivo, por não demandar de práticas agrícolas

sofisticadas, sendo, portanto, capaz de se inserir tanto nos sistemas de cultivo tradicionais como na agricultura sustentável e orgânica (EMBRAPA, 2009, 2010).

Ainda, estudos têm reportado diversos benefícios associados à ingestão do gergelim, como o efeito anti-carcinogênico, caracterizando-se pelo aumento da atividade antioxidante em condições de estresse oxidativo, combate a peroxidação lipídica e no controle da hipercolesterolemia. Por ser um alimento rico em fibras, auxilia também no controle glicêmico e do peso corporal, além de evitar a constipação (ASHAMU *et al.*, 2010; SILVA *et al.*, 2011).

Considerando que o gergelim é um produto rico nutricionalmente, de baixo custo de aquisição e economicamente viável, a sua inclusão na alimentação e nos processos de desenvolvimento de produtos com a finalidade de melhorar a qualidade nutricional dos produtos ofertados à população mostra-se viável (EMBRAPA, 2010; NOBRE *et al.*, 2013; QUEIROGA *et al.*, 2011a, 2011b).

3 CONCLUSÃO

As barras alimentícias são produtos versáteis, pela sua facilidade de consumo e acesso, e uma das alternativas para elaboração delas seria a inclusão de resíduos e subprodutos agroindustriais tendo em vista as características nutricionais de qualidade, além da redução dos impactos gerados ao meio ambiente.

O soro do leite, o bagaço e amêndoa da castanha de caju e o mesocarpo do babaçu são alimentos que possuem muitas possibilidades de utilização no enriquecimento de produtos diversos da indústria alimentícia, mas exige alto investimento e tecnologias de processamento e comercialização, de forma a viabilizar o aproveitamento deles.

O gergelim, por outro lado, tem encontrado seu espaço na indústria, gerando uma boa ligação entre a agricultura eminentemente familiar e a utilização em larga escala valorizada comercialmente, além, de ser considerado um ingrediente com alegações de benefícios à saúde humana, podendo ser largamente utilizado na elaboração de barras alimentícias.

REFERÊNCIAS

- ABIA. Associação Brasileira da Industria de Alimentos . **Relatório anual 2018**. São Paulo, 16p. Disponível em: <https://www.abia.org.br/vsn/temp/z2019422RelatorioAnual2018.pdf>. Acesso em: 06 maio 2019.
- AKAL, C.; YETİŞEMİYEN, A. Use of whey powder and skim milk powder for the production of fermented cream. **Food Science and Technology**, v. 36, n. 4, p. 616-621, 2016. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.06816>
- ALCÂNTARA, S. R. ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p. 81–87, 2009.
- ALVES, M. P.; MOREIRA, R. O.; ROGUES JUNIOR, P. H.; MARTINS, M. C. F.; PERRONE, Í. T.; CARVALHO, A. F. de. Soro de leite: tecnologias para o processamento de coprodutos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 69, n. 3, p. 212-226, 2014.
- AMBROSIO-UGRI, M. C. B.; RAMOS, A. C. H. Elaboração De Barra De Cereais Com Substituição Parcial De Aveia Por Farinha Da Casca De Maracujá. **Revista Tecnológica**, v. 21, n. 1, p. 69–76, 2012.
- ANDRADE, M. R.; MARTINS, T. R.; ROSENTHAL, M. A.; HAUCK, J. T.; DELIZA, R. Fermented milk beverage: formulation and process, **Ciência Rural**, v.49, n. 03, p.1-12, 2019 <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20180382>
- ARAMOUNI, F. M.; ABU-GHOUSH, M. H. Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat-soy snack bars. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 91, n. 1, p. 44–51, 2011.
- ASHAMU, E.; SALAWU, E. O.; OYEWU, O. O.; ALHASSAN, A. W.; ALAMU, O. A.; ADEGOKE, A. A. Efficacy of vitamin C and ethanolic extract of *Sesamum indicum* in promoting fertility in male Wistar rats. **Journal of human reproductive sciences**, v. 3, n. 1, p. 11–4, 2010.
- ASSIS, M. M. M.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, E. A. T.; FIGUEIREDO, R. W.; MONTEIRO, J. C. S. Processamento e estabilidade de geléia de caju. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 38, n. 1, p. 46–51, 2007.
- BALD, J. A.; VICENZI, A.; GENNARI, A.; LEHN, D. N.; SOUZA, C. F. V. de. Características físico-químicas de soros de queijo e ricota produzidos no Vale do Taquari, RS. **Revista Jovens Pesquisadores**, v. 4, n. 1, p. 90-99, 2014.
- BALDISSERA, A. C.; BETTA, F. D.; PENNA, A. L. B.; LINDNER, J. D. Alimentos funcionais: uma nova fronteira para o desenvolvimento de bebidas protéicas a base de soro de leite. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 32, n. 4, p. 1497-1512, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2011v32n4p1497>

BALDASSO, C.; BARROS, T. C.; TESSARO, I. C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. **Desalination**, v. 278, n. 1-3, p. 381-386, 2011.

BARROS, N. V. A.; COSTA, N. Q.; PORTO, R. G. C. L.; MORGANO, M. A.; ARAÚJO, M. A. M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. R. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale* L.), **B.CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 315-32, 2012.

BATISTA, M. A.; GAMA, L. L. A.; ALMEIDA, L. P.; ORNELLAS, C. B. D.; SANTOS, L. C.; CRUZ, L. L.; SILVESTRE, M. P. C. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de formulações alimentares com proteínas do soro de leite ou albumina para crianças. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 1, p. 31-41, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.3214>

BELTRÃO, N. E.; VIEIRA, D. J. **O agronegócio do gergelim no Brasil**. [S.l.]: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. Disponível em: <https://www.bdpa.cnptia.embrapa.br/consulta/busca?b=pc&id=272297&biblioteca=vazio&busca=assunto:Brasil&qFacets=assunto:Brasil&sort=&paginacao=t&paginaAtual=1511>. Acesso em: 06 mar. 2016.

BOSI, M. G.; BERNABÉ, B. M.; LUCIA, S. M. D.; ROBERTO, C. D. Bebida com adição de soro de leite e fibra alimentar prebiótica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 3, p. 339-341, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2013000300013>

BOUSTANI, P.; MITCHELL, V. Cereal Bars: A Perceptual, Chemical and Sensory Analysis. **British Food Journal**, v. 92, n. 5, p. 17–22, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 16, de 23 de agosto de 2005, de 23 de agosto de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade de bebida láctea. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 163, p.7-10, 24 ago. 2005.

_____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria nº 53, de 10 de abril de 2013. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Soro de Leite. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, n. 69, p. 6, Brasília, DF, 11 de abril de 2013.

BRITO, V. C.; MOREIRA, M. A.; LOPES, D. Y. S.; DANTAS, F. R. D. Sistema de informação geográfica para o agronegócio do babaçu no estado do Piauí – SIG, **Caderno de Geografia**, v.27, Número Especial 1, 2017.

BROINIZI, P. R. B.; ANDRADE-WARTHA, E. R. S.; SILVA, A. M. O.; TORRES, R. P.; AZEREDO, H. M. C.; ALVES, R. E.; MANCINI-FILHO, J. Propriedades antioxidantes em subproduto do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.): efeito sobre a lipoperoxidação e o perfil de ácidos graxos poliinsaturados em ratos, **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 44, n. 4, out./dez., 2008.

- CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Barra de amaranto enriquecidas com frutanos: aceitabilidades e valor nutricional. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 60, n. 3, p. 291–297, 2010.
- CARRAZA, L. R.; SILVA, M. L. DA; ÁVILA, J. C. C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do babaçu**. Brasília, DF: Instituto Sociedade, População e Natureza, 2012. 68p.
- CARVALHO, K. D. **Utilização de soro de leite doce na fabricação de sorvete de massa**. 2012. 195 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável e Qualidade de Vida) - Centro Universitário das Faculdades Associadas de Ensino – FAE, São João da Boa Vista, 2013.
- COLUSSI, R.; BALDIN, F.; BIDUSKI, B.; NOELLO, C.; HARTMANN, V. Aceitabilidade e estabilidade físico-química de barras de cereais elaboradas à base de aveia e linhaça dourada. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 16, n. 4, p. 292–300, 2013.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Leite e Derivados**. 2016. Disponível em: [file:///C:/Users/Rosana/Downloads/Leite_e_derivados_-_Analise_Mensal_-_dezembro-2017%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Rosana/Downloads/Leite_e_derivados_-_Analise_Mensal_-_dezembro-2017%20(1).pdf). Acesso em: 12 maio 2019.
- COSTA, T.; JORGE, N. Compostos Bioativos Benéficos Presentes em Castanhas e Nozes, **UNOPAR Científica Ciências Biológicas e de Saúde**, v. 13, n. 3, p. 195-203, 2011.
- CRISÓSTOMO, L. A.; SANTOS, F. J. S.; OLIVEIRA, V. H.; VAN RAIJ, B.; BERNARDI, A. C. C.; SILVA, C. A.; SOARES, I. **Cultivo do cajueiro anão precoce**: aspectos fitotécnicos com ênfase na adubação e na irrigação. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2003. 8 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Circular Técnica, 08).
- CRUZ, L. A. et al. Farinha do mesocarpo do babaçu em rações de frangos de corte na fase inicial. **Archivos de Zootecnia**, v. 62, n. 240, p. 525–532, dez. 2013.
- DO NASCIMENTO FILHO, W. B.; FRANCO, C. R. Avaliação do Potencial dos Resíduos Produzidos Através do Processamento Agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual Química**, v. 7, n. 6, p. 1968-1987, 2015.
- EMBRAPA. **Gergelim**: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).
- _____. **Tecnologias para o agronegócio do gergelim**. 1. ed. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2010.
- FAGNANI, R.; PUPPIO, A. A. N.; ZANON, E. O. Sustainable alternative for the food industry: converting whey and orange juice into a micro-filtered beverage. **Scientia Agricola**, v. 75, n. 2, p. 136-143, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0360>
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Faostat: production/crops – seed sesame. 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 14 out. 2016.

_____. **Food loss and Food waste**. 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>. Acesso em: 06 maio 2019.

FERRARI, A. S.; BALDONI, N. R.; AZEREDO, E. M. C. Análise sensorial e físico-química de produtos elaborados à base de soro de leite. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 11, n. 1, p. 216-223, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrv.2013.111.216223>

FERREIRA, L. de O.; PIMENTA, C. J.; SANTOS, G.; RAMOS, T. de M.; PEREIRA, P. A. P.; PINHEIRO, A. C. M. Adição de soro de leite e café na qualidade do doce de leite pastoso. **Ciência Rural**, v. 42, n. 7, p. 1314-1319, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012000700028>

FITZSIMONS, S. M.; MULVIHILL, D. M.; MORRIS, E. R. Denaturation and aggregation processes in thermal gelation of whey proteins resolved by differential scanning calorimetry, **Food Hydrocolloids**, v. 21, n. 4, p. 638–644, 2007.

FONSECA, F. L. R.; SIQUEIRA, J. C.; VAZ, R. G. M. V.; RODRIGUES, K. F.; PARENTE, I. P.; SOUSA, J. P. L. de; SILVA, M. C.U/;;; MAZZINGHY, Cristiane Lopes os benefícios do babaçu na alimentação das aves – revisão de literatura, **Revista Científica de Medicina Veterinária**, n. 23, 2014.

FONSECA, R. S.; DEL SANTO, V. R.; SOUZA, G. B.; PEREIRA, C. A. M. Elaboração de barra de cereais com casca de abacaxi. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 61, n. 2, p. 216–223, 2011.

FRANÇA, R. C.; CHAGAS-JUNIOR, A. F.; CARVALHO, E. E. N.; GUIMARÃES, L. G. L.; ERASMO, E. A. L.; OLIVEIRA, L. A. Mesocarpo de coco babaçu (*Orbignya sp.*) como fonte de carbono para produção de meios de cultura para *Trichoderma*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 5, n. 1, p. 88–94, 2014.

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

GOMES, P. C.; YAMAKI, H.; SOUZA, M.; CASTRO, P. P.; LIVRAMENTO, A.; GUERRERO, N. Cartilha do boas práticas do babaçu, v. 1, 2012. 42p. Disponível em: https://www.imaflora.org/downloads/biblioteca/50896e77c3526_cartilha_cocobabacu_ebook.pdf. Acesso em: 03 jun. 2019.

GREGÓRIO, E. L.; AMARAL, D. A.; MATOS, B. S. M.; CHAVES, F. L. da S.; SILVA, J. G. Avaliação sensorial de mousses sustentáveis elaborados a partir de soro do leite em versões tradicional e diet. **HU Revista**, v. 42, n. 2, p. 143-148, 2016. Disponível em: <<https://hurevista.ufjf.emnuvens.com.br/hurevista/article/view/2521/873>>

GUTKOSKI, L. C.; BONAMIGO, J. M. A.; TEIXEIRA, D. M. F.; PEDÓ, I. Desenvolvimento de barras e cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 355–363, 2007.

HARAGUCHI, F. K.; DE ABREU, W. C.; DE PAULA, H. Proteínas do soro do leite: Composição, propriedades nutricionais, aplicações no esporte e benefícios para a saúde humana. **Revista de Nutrição**, v. 19, n. 4, p. 479–488, 2006.

HENZ, G. P; PORPINO, G. Food losses and waste: how Brazil is facing this global challenge? **Horticultura Brasileira**, v. 35, p. 472-482, 2017. DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-053620170402>

HOLANDA, A. C. **Atividade antioxidante, bioacessibilidade e identificação dos polifenóis presentes no mesocarpo e na amêndoa do babaçu (*orbignya phalerata* mart.)**. 2018. 74f. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Federal do Piauí, Teresina, PI, 2018.

IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. **Tabela de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil**. Rio de Janeiro, 351p. 2011.

_____. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção e vendas dos produtos e/ou serviços industriais, segundo as classes de atividades e a descrição dos produtos – Brasil – 2013**. Brasil, 2013. Disponível em: <https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/industria/pia/produtos/produto2013/defaulttabzip_xls.shtm>. Acesso em: 02 fev. 2018

_____. **Levantamento Sistemático da produção Agrícola: pesquisa mensal de previsão e acompanhamento das safras agrícolas no ano civil**. Rio de Janeiro, v. 30, p. 1–81, 2017a. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=72415>. Acesso em: 02 fev. 2018.

_____. **Produção da pecuária municipal 2017**. Rio de Janeiro, v. 45, p.1-8, 2017b. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/84/ppm_2017_v45_br_informativo.pdf. Acesso em: 06 maio. 2017.

JAWORSKA, G.; SADY, M.; GREGA, T.; BERNAS, E.; POGON, K. Qualitative comparison of blackcurrant and blackcurrant-whey beverages. **Food Science and Technology International**, v. 17, n. 4, p. 331-341, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1177/1082013210382480>

LEITE, D. F. L.; AGUIAR, E. M.; HOLANDA, J. S.; RANGEL, A. H. N.; AURELIANO, I. P. L.; MEDEIROS, V. B.; LIMA JÚNIOR, D. M. Valor nutritivo do resíduo de caju desidratado associado a diferentes concentrados, **Acta Veterinaria Brasilica**, v.7, n.1 p.66-72, 2013.

LEITE, M. T.; BARROZO, M. A. D. S.; RIBEIRO, E. J. Canonical Analysis Technique as an Approach to Determine Optimal Conditions for Lactic Acid Production by *Lactobacillus helveticus* ATCC 15009. **International Journal of Chemical Engineering**, v. 2012, p. 1–9, 2012.

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

LIMA, J. R.; BRUNO, L. M.; SOUZA NETO, M. A. **Estabilidade durante armazenamento de hambúrguer vegetal elaborado à base de caju**. Fortaleza : Embrapa Agroindústria

Tropical, 2011. 20 p. Disponível em:

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/905012?locale=es>. Acesso em: 12 dez. 2018.

LIU, G.; XIONG, Y. L.; BUTTERFIELD, D. A. Chemical, physical, and gel-forming properties of oxidized myofibrils and whey- and soy-protein isolates. **Journal of Food Science**, v. 65, n. 5, p. 811–818, 2000.

MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Babaçu: Attalea spp. MART.** / Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. – Brasília : MAPA/ACS, 2012. 24p. (Série: Boas práticas de manejo para o extrativismo sustentável orgânico). Disponível em:

http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/organicos/arquivos-publicacoes-organicos/boas_praticas_de_manejo_para_o_extrativismo_sustentavel_organico_do_babacu.pdf. Acesso em: 03 jan. 2019.

MEDEIROS, M. J. M.; SILVA, J. F.; FAUSTINO, M. F. S.; SANTOS, M. F. G.; ROCHA, L. C. S.; CARNEIRO, L. C. Aceitação sensorial e qualidade microbiológica de trufas de caju obtidas artesanalmente, **Holos**, v. 28, n. 2, p. 77–86, 2012.

MORAIS, E. C.; PATIAS, S. G. O.; COSTA, E. S.; SANDRI, D. O.; PICANÇO, N. F. M.; FARIA, R. A. P. G. Elaboração de *cupcake* adicionado de farinha de fibra de caju: caracterização físico-química e sensorial, **Brazilian Journal of Food Research**, v. 9, n. 2, p. 1-14, 2018.

MOREIRA, R. W. M.; MADRONA, G. S.; BRANCO, I. G.; BERGAMASCO, R.; PEREIRA, N. C. Avaliação sensorial e reológica de uma bebida achocolatada elaborada a partir de extrato hidrossolúvel de soja e soro de queijo. **Acta Scientiarum Technology**, v. 32, n. 4, p. 435-438, 2010. DOI: 10.4025/actascitechnol.v32i4.5739

MOREIRA, S. A.; SOUSA, F. W.; OLIVEIRA, A. G.; NASCIMENTO, R. F.; BRITO, E. S. Remoção de metais pesados de solução aquosa usando bagaço de caju, **Quimica Nova**, v. 32, n.7, 1717-1722, 2009.

MORR, C. V.; HOFFMANN, W.; BUCHHEIM, W. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 36, n. 1, p. 83–90, 2003.

MOURA, C. F. H.; ALVES, R. E.; SILVA, E. O. Colheita e conservação pós-colheita do pedúnculo de caju. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 523p.,

Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_4151.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

NASCIMENTO, K. B. M.; RODRIGUES, A.G.R.M.; TAKAKI, G. M. C.; SILVA, C. A. A.; OKADA, K. Utilização de resíduos agroindustriais para produção de tanase por *aspergillus sp* isolado do solo da caatinga de Pernambuco, Brasil. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 7 n. 1, p. 95-103, 2014.

NEPA. Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TACO**. 4. ed. Campinas: NEPA-Unicamp, 2011. Disponível em: https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada. Acesso em: 07 ago. 2016.

NOBRE, D. A. C.; TROGELLO, E.; MORAIS, D. L. B.; BRANDÃO JUNIOR, D. S. Qualidade da semente do gergelim preto (*Sesamum indicum* L.) em diferentes épocas de colheita, **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.15, n.4, p.609-616, 2013.

NOVAKI, A.; HASAN, S. D. M.; KADOWAKI, M. K.; ANDRADE, D. Produção de invertase por fermentação em estado sólido a partir de farelo de soja. **ENGEVISTA**, v. 12, n. 2. p. 131-140, 2010. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/47631751_Producao_de_invertase_por_fermentacao_em_estado_solido_a_partir_de_farelo_de_soja. Acesso em: 12 maio 2019.

OLIVEIRA, C. F. P.; MALTA, H. L.; JESUS, M. A. C. L.; CRUZ, R. S.; CARDOSO, F. S. N.Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 934-942, 2013.

OLIVEIRA, D. F.; BRAVO, C. E. C.; TONIAL, I. B. Soro de leite: um subproduto valioso. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v. 67, n. 385, p. 64-71, 2012.

OLIVEIRA, L. G. L.; IPIRANGA, A. S. R. Sustentabilidade e inovação na cadeia produtiva do caju no Ceará. **Revista Eletrônica de Gestão Organizacional**, v. 7, n. 2, p. 252-272, 2009.

OLIVEIRA, M. N. **Tecnologia de produtos lácteos funcionais**. São Paulo: Atheneu, 2009. 404p.

OLIVEIRA, V. H. Cajucultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 30, n. 1, mar. 2008. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-29452008000100001&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 18 jul. 2017.

PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M.; PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S. **Processamento de castanha de caju**. Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2006. 53 p. Disponível em: www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_3581.pdf. Acesso em: 21 maio 2018.

PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M. Processamento industrial da castanha-de-caju. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 523p. Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_4157.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

PAVLAK, M. C. M.; ZUNIGA, A. D.; LIMA, T. A.; ARÉVALO PINEDO, A.; CARREIRO, S. C.; FLEURY, C. S.; SILVA, D. L. Aproveitamento da farinha do mesocarpo do babaçu (*Orbignya martiana*) para obtenção de etanol. **Evidência-Interdisciplinar**, v. 7, n. 1, p. 7-24, 2007.

PELEGRINE, D. H. G.; CARRASQUEIRA, R. L. Aproveitamento do soro do leite no enriquecimento nutricional de bebidas. **VII Brazilian Meeting on Chemistry of Food and Beverages (BMCFB)**, p. 145-151, 2008.

- PINHO, L. X.; AFONSO, M. R. A.; CARIOCA, J. O. B.; COSTA, J. M. C.; RYBKA, A. C. P. Desidratação e aproveitamento de resíduo de pedúnculo de caju como adição de fibra na elaboração de hambúrguer, **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 571-576, 2011.
- PORTO, K. R. A.; ROEL, A. R.; MACHADO, A. A.; CARDOSO, C. A. L.; SEVERINO, E.; OLIVEIRA, J. M. Atividade inseticida do líquido da castanha de caju sobre larvas de *Aedes aegypti* (Linnaeus, 1762) (Diptera: Culicidae). **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 419-422, 2013.
- PRAZERES, A. R.; CARVALHO, F.; RIVAS, J. Cheese whey management: A review. **Journal of Environmental Management**, v. 110, n.1, p. 48-68, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.05.018>
- QUEIROGA, V. D. P.; BORBA, F. G.; ALMEIDA, K. V.; SOUSA, W. J. B.; JERÔNIMO, J. F.; QUEIROGA, D. A. N. Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 4, n. 1, p. 27–33, 2011a.
- QUEIROGA, V. D. P.; GONDIM, T. M. S.; VALE, D. G. G.; GEREON, H. G. M. Pe.; QUEIROGA, D. A. N. Produção de gergelim orgânico em agricultura familiar. **Revista Agro@ mbiente On-line**, v. 5, n. 2, p. 166–172, 2011b.
- RANGEL, J. H. Estudo termogravimétrico e das propriedades nutricionais do Mesocarpo de Babaçu [*Orbignya Speciosa*] em adição ao pão. **Acta Tecnológica**, v. 6, n. 2, p. 12–17, 2012.
- RIBEIRO, J. L. **Cajuína** : informações técnicas para a indicação geográfica de procedência do Estado do Piauí / José Lopes Ribeiro. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2011. 106 p.
- ROCHA, J. de C. G.; MENDONÇA, A. C.; VIANA, K. W. C.; MAIA, M. de P.; CARVALHO, A. F.; MINIM, V. P. R.; STRINGHETA, P. C. Beverages formulated with whey protein and added lutein. **Ciência Rural**, v. 07, n. 03, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20151606>
- RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**. 3. ed. Campinas, SP: Casa do Espírito Fraternidade Fé e Amor, 2014.
- ROHLFES, A. L. B.; BACCAR, N. M.; OLIVEIRA, M. S. R.; MARQUARDT, L.; RICHARDS, N. S. P. S. Indústrias lácteas: alternativas de aproveitamento do soro se sete como forma de gestão ambiental. **Tecno-Lógica**, v. 15, n. 2, p. 79–83, 2011.
- ROSA, M. F.; SOUZA FILHO, M. S.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S. T.; LEITÃO, R. C. Valorização de resíduos da agroindústria. **II Simpósio internacional sobre gerenciamento de resíduos agropecuários e agroindustriais–II SIGERA**, v. 15, 2011.
- SANCHO, S. D. O.; MAIA, G. A.; FIGUEIREDO, R. W.; RODRIGUES, S.; RABELO, M. C. Avaliação da metodologia microbiológica para determinação de 5-metiltetrahidrofolato em suco de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 635–640, 2010.

SANTANA, M. F. S.; SILVA, I. C. **Elaboração de Biscoitos com Resíduo da Extração de Suco de Caju**. Comunicado técnico, Belém-PA: Embrapa Amazônia Oriental, 4p. 2008.

SANTOS, C. T.; BONOMO, R. F.; FONTAN, R. C. I.; BONOMO, P.; VELOSO, C. M.; FONTAN, G. C. R. Characterization and sensorial evaluation of cereal bars with jackfruit. **Acta Scientiarum - Technology**, v. 33, n. 1, p. 81–85, 2011.

SANTOS, J. A. B.; LIMA, W. A.; CONSTANT, P. B. L.; CARNLELOSSI, M. A. G. Caracterização e armazenamento de farinhas obtidas a partir do resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Revista GEINTEC - Gestão, Inovação e Tecnologias**, v. 3, n. 4, p. 109–120, 3 dez. 2013.

SERRANO, L. A.; OLIVEIRA, V. H. Aspectos botânicos, fenologia e manejo da cultura do cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 523p., Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_4144.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

SILVA, P. A. ASSIS, G. T.; CARVALHO, A. V.; SIMÕES, M. G. Desenvolvimento e caracterização de cereal matinal extrusado de mandioca enriquecido com concentrado proteico de soro de leite. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 260-264, 2011. DOI: 10.4260/BJFT2011140400031

SILVA, T. J.; MARTINS, A. D. D. O.; PEREIRA, D. C. D. S.; BENEVEDUTO, W. C. D. A. N. Bebida láctea funcional a base de soro fluido e em pó: qualidade físico-química e microbiológica. **Higiene Alimentar**, v. 31, n. 268/269, p. 122-127, 2017. Disponível em: <<http://docs.bvsalud.org/biblioref/2017/07/846500/268-269-site-122-127.pdf>>

SILVA, V. L.; ROGÉRIO, M.C.P.; ALVES, A.A.; BOMFIM, M.A.D.; LANDIM, A.V.; LEITE, E.R.; COSTA, H.H.A.; FREIRE, A.P.A. Ingestive behavior of sheep fed diets containing cashew nut meal. **Journal of the Faculty of Animal Science, Veterinary and Agronomy (PUCRS. Uruguiana)**, v.18, n.1, p. 1-17, 2011.

SILVA, R. A.; MAIA, G. A.; COSTA, J. M. C.; RODRIGUES, M. C. P.; FONSECA, A. V. V.; SOUCA, P. H. M.; CARVALHO, J. M. Néctar de caju adoçado com mel de abelha: desenvolvimento e estabilidade, **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p.348-354, 2008.

SISO, M. G. The biotechnological utilization of cheese whey: a review. **Bioresource Technology**, v. 57, n. 1, p. 1-11, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0960-8524\(96\)00036-3](https://doi.org/10.1016/0960-8524(96)00036-3)

SIQUEIRA, A. M. A.; BRITO, E. S. Aproveitamento do bagaço do caju para alimentação humana e utilização em outras indústrias de alimentos. In: ARAÚJO, J. P. P. **Agronegócio do caju**. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 523p., Disponível em: http://www.ceinfo.cnpat.embrapa.br/arquivos/artigo_4153.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

SGARBIERI, V. C. Propriedades fisiológicas-funcionais das proteínas do soro de leite. **Revista de Nutrição**, v. 17, n. 4, p. 397–409, 2004.

- SILVA, E. R.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, S. M. R. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 736–742, jul. 2011.
- SILVA, K.; BOLINI, H. M. A. Avaliação sensorial de sorvete formulado com produto de soro ácido de leite bovino. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 1, p. 116–122, 2006.
- SILVA, P. A.; ASSIS, G. T.; CARVALHO, A. V.; SIMÕES, M. G. Development and characterization of an extruded breakfast cereal from cassava enriched with milk whey protein concentrate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 14, n. 4, p. 260–266, 2011.
- SILVA, R. O. P.; BUENO, C. R. F.; RODRIGUES SÁ, P. B. Z. Aspectos relativos à produção de soro de leite no Brasil, 2007-2016. **Informações Econômicas**, SP, v. 47, n. 2, p. 5-17, 2017.
- SKRYPLONEK, K.; JASIŃSKA, M. Fermented probiotic beverages based on acid whey. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, v. 14, n. 4, p. 397-405, 2015. DOI: 10.17306/J.AFS.2015.4.39
- SOARES, D. S.; FAI, A. E. C.; OLIVEIRA, A. M.; PIRES, E. M. F.; STAMFORD, T. L. M. Aproveitamento de soro de queijo para produção de iogurte probiótico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 4, p. 996-1002, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352011000400027>
- SOARES, J. P.; MARQUES, G. DE A.; MAGALHÃES, C. S.; SANTOS, A. B.; SÃO JOSÉ, J. F. B.; SILVA, D. A.; SILVA, E. M. M. Efeito da adição de proteína do soro do leite como substituto do trigo na formulação de bolos sem adição de açúcar. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, n. 1, p. 1-9, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1981-6723.19016>
- SOUZA, A. R. M.; SILVA, Y. P. A.; COSTA, N. V.; ALMEIDA, T. L.; ARTHUR, V.; LAGE, M. E.; ASQUIERI, E. R.; DAMIANI, C. Irradiação em barras de cereais incorporadas com casca de abacaxi. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 4, p. 610–614, 2011.
- SOUZA, A. R. M.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V.; OLIVEIRA, A. G. C.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Efeito da radiação gama e do armazenamento na qualidade de pedúnculos de caju (*Anacardium occidentale* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 848-854, 2009.
- SUDRE, K. J. F.; SANTOS, A. M. C. M.; MOREIRA, R. M. O. Avaliar a composição química do mesocarpo de babaçu (*orbignya oleifera*) in natura no município raposa-ma, **Eclética Química**, v. 39, p. 216-226, 2014.
- USDA. United States Department of Agriculture. **Dairy: World Markets and Trade**. 2018a. 24p. 2018a. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

_____. United States Department of Agriculture. **Dairy Market Statistics: 2018 Summary Statistics**. 2018b. 59p. Disponível em: <https://www.ams.usda.gov/mnreports/dyaannualsummary.pdf>. Acesso em: 02 jan. 2019.

VIDIGAL, M. C. T. R.; MINIM, V. P. R.; BERGER, E. C.; RAMOS, A. M.; MINIM, L. A. Concentrado proteico do soro melhora a qualidade sensorial de sobremesa láctea *diet*. **Ciência Rural**, v. 42, n. 12, p. 2272-2279, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782012005000091>

WONG, W.; CAMIRAND, W.; PAVLATH, E. Structures and functionalities of milk proteins. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 36, n. 8, p. 807–44, 1996.

YADAV, J. S. S.; YAN, S.; PILLI, S.; KUMAR, L.; TYAGI, R. D.; SURAMPALLI, R. Y. Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. **Biotechnology Advances**, v. 33, n. 6, p. 756-774, 2015. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2015.07.002

ZAVAREZE, E. D. R.; MORAES, K.; SALAS-MELLADO, M. D. L. Qualidade tecnológica e sensorial de bolos elaborados com soro de leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 100–105, 2010.

CAPÍTULO II²

²Depósito de Pedido de Patente de Invenção intitulada: “Formulação de Barra Alimentícia”, no dia 29 de outubro de 2018 (Anexo A), por meio do Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia – NINTEC/UFPI.

“FORMULAÇÃO DE BARRA ALIMENTÍCIA”

[001] A presente invenção trata-se do desenvolvimento de uma formulação de barra alimentícia, utilizando como matéria-prima o soro do leite e o pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), considerados resíduos derivados do processamento industrial de produtos da região Norte e Nordeste do Brasil.

[002] No Brasil, as barras de cereais foram introduzidas em 1992. A princípio, não tiveram boa aceitação pelos consumidores; foram direcionadas, inicialmente, aos adeptos de esportes radicais; mas, após alguns anos, com a crescente busca por lanches e alimentos prontos para o consumo, o mercado de barras alimentícias cresce cerca de 20% ao ano, causando interesse de grandes indústrias alimentícias (FREITAS, D. G.C.; MORETTI, R. H. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais de elevado teor protéico e vitamínico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 318-324, 2006.; GUTKOSKI, L. C. et al. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 355-363, 2007). Acredita-se, que o mercado nacional de barras alimentícias movimenta dezenas de milhões de dólares todos os anos entre um público seletivo, mas significativo, de consumidores (OLIVEIRA, C. F. P. et al. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 934-942, 2013; FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Faostat: production/crops – seed sesame**. FAO, 2015. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 14 out. 2016).

[003] Assim, para a elaboração de novos produtos ou para agregar valor nutricional aos já existentes, estratégias para o aproveitamento de matérias-primas originárias dos resíduos da indústria alimentícia vêm se destacando. Essa prática é importante não só pelo incremento das características nutritivas e sensoriais dos alimentos, mas também pelas questões econômicas e ambientais envolvidas (AMBROSIO-UGRI, M. C. B.; RAMOS, A. C. H. Elaboração de barra de cereais com substituição parcial de aveia por farinha da casca de maracujá. **Revista Tecnológica**, v. 1, n. 21, p. 69-76, 2012; OLIVEIRA, C. F. P. et al. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 7, n. 1, p. 934-942, 2013).

[004] Considerando as diversas possibilidades de utilização dos subprodutos e resíduos da agroindústria, além da redução do desperdício, o objetivo da presente invenção é

formular um alimento cuja composição se dá a partir do uso de ingredientes ainda pouco explorados, com boa qualidade nutricional, sensorial, microbiológica e de baixo custo, por meio da otimização dos ingredientes considerados produtos regionais, a fim de atender a uma demanda crescente de consumidores que buscam por alimentos saudáveis e de fácil consumo.

[005] As formulações das barras alimentícias atuais são desenvolvidas a partir de ingredientes artificiais, unidos por um sistema aglutinante também artificial, como visto no método de produção de barras “fitness” da patente RU 2595455; na patente US 20060045937, que sugeriu um snack ou outra barra com duas camadas de enchimento utilizando pasta de amendoim, e na produção de snacks com um revestimento expandido, crocante e com dextrina de trigo da patente US 20060088628. Mas, algumas patentes sugeriram técnicas de formulações de barras alimentícias correlacionadas à presente invenção, como: barra de cereais enriquecida com feijão-caupi, fibra de caju, mel e castanha de caju (BR 10 2014 016987 3); barra com utilização de proteínas da soja, do leite, do arroz e da ervilha (US 20040166203); método de produção de barra nutritiva com baixo teor calórico a partir da formação de um núcleo a base de proteínas do leite, de leguminosas e de caseína ácida (RU 2586529), e barras alimentícia utilizando isolado de proteína de soro de leite e proteína de soro de leite hidrolisada (MX 2007006398); e composição aglutinante de alimentos constituída de água, de gordura e de uma mistura de sacarose e açúcar não cristalizável parcialmente caramelizado (US 4784867).

[006] Geralmente, os sistemas aglutinantes (ligas) utilizados nas barras alimentícias atuais são à base de xaropes de milho e outros ingredientes adquiridos de forma artificial. A importância da utilização de “ligas para alimentos”, adquiridas através de ingredientes naturais, com isenção de fórmulas artificiais, atendem tanto à tendência alimentar quanto à economia mundial, já que para a sua elaboração não há a necessidade de produtos onerosos. A utilização de ingredientes não artificiais, além de serem naturais e de baixo custo, também refletem na redução do desperdício alimentar, já que se passa a combinar ingredientes anteriormente descartados em razão da procura reduzida destes.

[007] Desta forma, a presente invenção diferencia-se das demais no mercado por ser elaborada com produtos naturais, como: pasta a base de soro de leite e pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.), amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.), pó do mesocarpo de babaçu (*Attalea speciosa*), gergelim creme (*Sesamum indicum* L.) e flocos de arroz (*Oryza sativa*); e uma liga aglutinante natural à base de mel de abelha (*Apis mellífera*) escuro, fécula de mandioca (*Manihot esculenta*), óleo de girassol (*Helianthus annuus*) e água.

São ingredientes geralmente descartados pelas indústrias e/ou comercializados por um preço muito baixo. Além dos ingredientes supracitados, é também utilizado 1% de glicerina bidestilada, sendo o único ingrediente artificial adicionado à barra alimentícia, por ser essencial para reduzir a umidade e aumentar a vida de prateleira do produto, tornando-o viável economicamente.

[008] O soro de leite é um resíduo da indústria de laticínios que vem despertando o interesse por suas potencialidades nutricional, funcional e econômica. O soro é o líquido residual proveniente da coagulação do leite utilizado na fabricação de queijos ou de caseína, e corresponde a aproximadamente 90% do volume do leite, dependendo do tipo de queijo processado, sendo subutilizado pelas indústrias de laticínios e descartado direto no meio ambiente. Além disso, estudos têm atribuído ao soro de leite propriedades funcionais fisiológicas capazes de produzir um importante controle na modulação do metabolismo e nos mecanismos de defesa dos organismos humanos. Esses efeitos podem estar relacionados ao fato de que no soro estão presentes proteínas precursoras de compostos bioativos responsáveis por modular essa função.

[009] A produção brasileira de amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.) destina-se, tradicionalmente, ao mercado externo, sendo os Estados Unidos e o Canadá os principais mercados consumidores da amêndoa brasileira. Estes países são responsáveis por aproximadamente 85% das exportações brasileiras do produto. As indústrias de beneficiamento do caju (*Anacardium occidentale* L.) normalmente desperdiçam o pedúnculo do fruto (bagaço) – o qual é fonte de fibras e de ferro – e as amêndoas que durante o beneficiamento não permanecem inteiras e se quebram, pois comercialmente não são viáveis.

[010] O principal produto extraído do coco babaçu (*Attalea speciosa*) são as amêndoas do fruto, que são utilizadas pelas indústrias locais de esmagamento do Piauí, que produzem óleo cru para a fabricação de sabão, glicerina e óleo comestível, transformando-as em margarina em seguida. Já o mesocarpo – parte intermediária ou polpa do babaçu (*Attalea speciosa*) –, processado na forma de farinha, quando passa a ser conhecida como pó de babaçu (*Attalea speciosa*), ainda é um ingrediente pouco utilizado, sendo voltado apenas para fins terapêuticos. O valor nutricional do pó (ou da farinha) do babaçu (*Attalea speciosa*) confere alto potencial para uso em processos tecnológicos e na agregação de alto valor nutricional e funcional em alimentos. Por isso, este produto pode ser usado como ingrediente na preparação de *cookies*, massas, bolos e, como neste caso, barras alimentícias.

[011] O gergelim creme (*Sesamum indicum* L.) ocupa a nona posição entre as oleaginosas mais cultivadas no mundo. Nas regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste do Brasil, o gergelim (*Sesamum indicum* L.) faz parte do consumo popular. O consumo da semente de gergelim (*Sesamum indicum* L.) cresceu muito de 2011 a 2014 em consequência do aumento do seu uso em produtos industrializados para o consumo. O gergelim creme (*Sesamum indicum* L.) é um alimento nutritivo; suas sementes são ricas em proteínas e sais minerais como cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, zinco e selênio. Além dessas qualidades, o gergelim creme (*Sesamum indicum* L.) é um produto com baixo custo de aquisição e sua inclusão nos processos de enriquecimento de alimentos melhora a qualidade dos produtos ofertados à população.

[012] A América Latina ocupa o nono lugar no *ranking* mundial de produção de arroz (*Oryza sativa* L.). O arroz (*Oryza sativa* L.) é um dos cereais mais produzidos e consumidos no mundo, representando importante fonte de energia na alimentação humana, devido à alta concentração de amido. Também possui na sua composição proteínas, vitaminas e minerais. Durante suas etapas de beneficiamento, os subprodutos (como os flocos de arroz) e os resíduos gerados podem se tornar matérias-primas interessantes para a produção de outros alimentos, como massas e biscoitos. Atualmente, os produtos acrescidos de flocos de arroz têm sido comumente utilizados pela indústria alimentícia com o objetivo de melhorar textura e proporcionar maior crocância, melhorando as características físico-funcionais e sensoriais dos produtos.

[013] A mandioca (*Manihot esculenta*) é bastante valorizada como ingrediente para alimentos. A razão desta valorização vem de suas propriedades de aplicação. A mandioca (*Manihot esculenta*) é de fácil cultivo e é versátil nas aplicações industriais, em razão das suas características físico-químicas, além da sua alta produtividade comparada a outras culturas. Entretanto, dentre as suas fragilidades, encontram-se as baixas margens de lucro, os baixos investimento em melhoria de produtividade e qualidade e a falta de padronização da qualidade dos produtos. Um dos subprodutos do processamento da mandioca (*Manihot esculenta*) é a fécula. Por ter muitas aplicações, a fécula consegue ir além dos mercados locais e chega a ser exportada. É um carboidrato extraído da raiz da mandioca (*Manihot esculenta*), e possui a aparência de um pó branco, sem cheiro e sem sabor, utilizado como ingrediente *in natura* de uma série de produtos industrializados.

[014] No mercado mundial, o mel de abelha (*Apis mellifera*) é avaliado por sua cor. Méis mais claros são mais aceitos no mercado, alcançando preços mais elevados em

detrimento dos escuros, uma vez que são mais aceitos nos mercados europeu e americano. O mel escuro apresenta elevado valor nutricional, devido ao alto valor energético resultante da quantidade de carboidratos complexos, proteínas, sais minerais e vitaminas. Além disso, possui excelentes características sensoriais e baixo custo. Contudo, são descartados do comércio e normalmente desperdiçados pelas indústrias de processamento.

[015] A adição à presente inovação dos ingredientes mencionados é uma maneira de disponibilizar ao mercado um alimento constituído de componentes naturais, rico em nutrientes, com alta qualidade sensorial e microbiológica, associados ao seu baixo custo e contribuindo para a redução do desperdício de alimentos.

[016] A invenção pode ser melhor compreendida por meio da seguinte descrição detalhada do processamento:

[017] Inicialmente é preparada a pasta, que é feita à base do soro de leite de vaca – obtido após o processamento do queijo de coalho –, do resíduo do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.) e de açúcar. A proporção de soro de leite e de resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.) é de 10:1, e a concentração de açúcar de 10% em relação à quantidade de soro de leite. Os ingredientes são submetidos a aquecimento até alcançar o ponto desejado de pasta.

[018] Em seguida, a liga de aglutinação é elaborada à base 80,0% de mel de abelha (*Apis mellífera*) escuro, 8,0% de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*), 12,0% de óleo de girassol (*Helianthus annuus*) e água até o nível suficiente para diluir a fécula. Essa mistura é submetida a aquecimento até alcançar o ponto de liga.

[019] Todos os ingredientes são pesados previamente em balança analítica. Para a presente formulação são utilizados os ingredientes secos nos seguintes intervalos: de 2,0 a 5,0% (preferencialmente 2,5%) de farinha do mesocarpo do babaçu (*Attalea speciosa*); de 6,0 a 15,0% (preferencialmente 10,0%) de semente de gergelim creme (*Sesamum indicum* L.); de 5,0 a 11,0% (preferencialmente 6,0%) de amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.); e de 17,0 a 35,0% (preferencialmente 25,5%) de flocos de arroz (*Oryza sativa*). Os ingredientes secos são misturados manualmente à quantidade de 36,0 a 54,0% (preferencialmente 45,5%) de pasta de soro de leite e pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.), até a completa homogeneização da mesma. Logo em seguida, são acrescentadas a quantidade de 10,0%, preferencialmente, da liga de aglutinação e 1% de glicerina bidestilada em relação ao conteúdo total da formulação, obtendo uma massa uniforme.

[020] A massa pronta é prensada e moldada nas medidas finais para consumo/comercialização. Em seguida, as barras são transferidas para bandejas e submetidas a tratamento térmico de 105°C por 6 minutos (dependendo da potência do forno). Após o tratamento térmico e o resfriamento das barras, elas são embaladas a vácuo, individualmente, e envolvidas em embalagens laminadas, mantidas em temperatura ambiente, protegidas da luz e da umidade, até a realização das análises.

REIVINDICAÇÕES

1. “**Formulação de barra alimentícia**” compreende pasta a base de soro de leite e de pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.), pó do mesocarpo de babaçu (*Attalea speciosa*), de gergelim creme (*Sesamum indicum* L), flocos de arroz (*Oryza sativa*), liga aglutinante e de glicerina bidestilada; **caracterizado por** a dita barra alimentícia ser constituída de ingredientes secos e úmidos unidos por substância ligante aglutinante.

2. “**Formulação de barra alimentícia**” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ser a pasta composta de 8,0 a 11,0% (preferencialmente 10,0%) de pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.) e de 8,0 a 15,0% (preferencialmente 10,0%) de açúcar cristalizado em relação à quantidade de soro de leite, aquecidos até alcançar o ponto de pasta.

3. “**Formulação de barra alimentícia**” de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** ser a substância ligante aglutinante composta de 80,0% de mel de abelha (*Apis mellífera*) escuro, 8,0% de fécula de mandioca (*Manihot esculenta*), 12,0% de óleo de girassol (*Helianthus annuus*) e água até o nível suficiente para diluir a fécula, aquecidos até alcançar o ponto de liga.

4. . “**Formulação de barra alimentícia**” de acordo com as reivindicações 1, 2 e 3, **caracterizado por** ser a dita barra alimentícia composta de 2,0 a 5,0% (preferencialmente 2,5%) de farinha do mesocarpo do babaçu (*Attalea speciosa*), de 6,0 a 15,0% (preferencialmente 10,0%) de semente de gergelim creme (*Sesamum indicum* L), de 5,0 a 11,0% (preferencialmente 6,0%) de amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.) e de 17,0 a 35,0% (preferencialmente 25,5%) de flocos de arroz (*Oryza sativa*); misturados manualmente à quantidade de 36,0 a 54,0% (preferencialmente 45,5%) de pasta de soro de leite e pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale* L.), preferencialmente de 10,0% da liga de aglutinação e de 1% de glicerina bidestilada em relação ao conteúdo total da formulação, até a completa homogeneização.

RESUMO

“FORMULAÇÃO DE BARRA ALIMENTÍCIA”

A presente invenção compreende uma formulação de barra alimentícia, para consumo humano, com alto valor nutricional, com qualidade sensorial e microbiológica, de baixo custo e que contribui para a redução do desperdício de alimentos.

A dita formulação é composta de pasta a base de soro de leite e pedúnculo do caju (*Anacardium occidentale* L.), amêndoa de caju (*Anacardium occidentale* L.), pó do mesocarpo de babaçu (*Attalea speciosa*), gergelim creme (*Sesamum indicum* L), flocos de arroz (*Oryza sativa*) e uma liga aglutinante composta de mel de abelha (*Apis melífera*), fécula de mandioca (*Manihot esculenta*), óleo de girassol (*Helianthus annuus*) e água. Além desses ingredientes supracitados, é também utilizado 1% de glicerina bidestilada, sendo o único ingrediente artificial adicionado.

ANEXO A – Declaração do depósito de pedido de Patente de Invenção



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
NÚCLEO DE INOVAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA
 Campus Universitário Ministro Petrônio Portela, Setor de Convivência L09 e L10
 Bairro Ininga CEP: 64049-550-Teresina-PJ Fone/Fax (86)3237-1638

DECLARAÇÃO

Declaro para os devidos fins que a Universidade Federal do Piauí, através do Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia da UFPI – NINTEC –, efetuou às 14:53 horas do dia 29/10/2018, sob o número de Protocolo do INPI: 870180145665 o depósito de pedido de Patente de Invenção intitulada "FORMULAÇÃO DE BARRA ALIMENTÍCIA", desenvolvida pelos inventores:

MARIA MARLÚCIA GOMES PEIREIRA NÓBREGA

ROSANA MARTINS CARNEIRO

FABIO COELHO GOMES NÓBREGA

MARIA CHRISTINA SANCHES MURATORI

SIMONE KELLY RODRIGUES LIMA

ROBSON ALVES DA SILVA

STELLA REGINA ARCANJO MEDEIROS

Teresina, 14 DE NOVEMBRO DE 2018.

 Profa. Dra. Maria Rita de Moraes Chaves Santos
 Coordenadora do Núcleo de Inovação e Transferência de Tecnologia

CAPÍTULO III³

³Elaborado conforme normas da revista *Scientia Agrícola*.

**BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS COM RESÍDUOS
AGROINDUSTRIAIS**

FOOD BARS DEVELOPED WITH AGRO-INDUSTRIAL BY-PRODUCTS

Rosana Martins Carneiro¹; Juliana de Abreu Costa¹; Julliet Teixeira de Oliveira¹;
Rômulo Oliveira Barros²; Robson Alves da Silva²; Stella Regina Arcanjo Medeiros³;
Maria Marlúcia Gomes Pereira Nóbrega⁴; Maria Christina Sanches Muratori⁴

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, Teresina-Piauí, Brasil.

²Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina- Piauí, Brasil.

³Departamento de Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Picos-Piauí, Brasil.

⁴Departamento de Morfofisiologia Veterinária, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina-Piauí, Brasil.

RESUMO

A pesquisa foi realizada com o objetivo de desenvolver barras alimentícias pela variação controlada das quantidades dos ingredientes: pasta constituída de soro de leite e do bagaço de caju, semente de gergelim, farinha de mesocarpo de babaçu e amêndoa da castanha de caju triturada; e investigar o efeito das diferentes proporções dos ingredientes (variáveis independentes), pelo método estatístico de triagem (*screening design*), consistindo de um Delineamento Fatorial Fracionado (DFF) 2^{4-1} , com a adição de três repetições no ponto central, totalizando onze formulações em três repetições de processamento (n=33), tendo como variáveis dependentes as seguintes características tecnológicas: atividade de água, pH, sólidos solúveis totais (em °Brix), acidez total titulável (ATT), relação °Brix/acidez e análise do perfil de textura (dureza, adesividade e cisalhamento). Os ingredientes que mais influenciaram nos valores pesquisados foram a pasta constituída de soro de leite e do bagaço de caju e o gergelim. Os resíduos agroindustriais constituem-se em matéria-prima potenciais para o desenvolvimento de barras alimentícias com características tecnológicas satisfatórias.

Palavras-Chave: *Anacardium occidentale* L. Soro de leite. *Sesamum indicum* L. Delineamento fatorial fracionado. Análise do perfil de textura.

ABSTRACT

This research was done with the aim of developing snack bars by the controlled variation of the quantities of the ingredients: paste consisting of whey and of cashew bagasse, sesame seed, babassu mesocarp flour, and almond of crushed cashew nuts; and to investigate the effect of the different proportions of the ingredients (independent variables) by a screening statistical design, consisting of a 2^{4-1} Fractional Factorial Design (FFD), with the addition of three repetitions at the central point, totaling eleven formulations in three repetitions of the processing (n=33), being dependent variables the following technological characteristics: water activity, pH, total soluble solids (in °Brix), total titratable acidity, ratio Brix / acidity, and texture profile analysis (hardness, adhesiveness, and shear force). The ingredients that had the most influence over the values studied were the paste of whey and cashew bagasse, and the sesame seed. The agro-industrial wastes consist of potential raw materials for the development of food bars with satisfactory technological characteristics.

Keywords: *Anacardium occidentale* L. Whey. *Sesamum indicum* L. Fractional Factorial Design. Texture Profile Analysis.

INTRODUÇÃO

As barras alimentícias têm sido uma opção de alimentação rápida, com importantes características sensoriais e nutricionais, devido ao conteúdo elevado de carboidratos, lipídios, proteínas e minerais. O aumento da demanda dos consumidores por alimentos nutritivos e de fácil acesso tem estimulado as indústrias de alimentos a desenvolver produtos que atendam às questões nutricionais e de conveniência (Nadeem et al., 2012).

A utilização de subprodutos e de resíduos agroindustriais alimentícios na fabricação de novos produtos (barras alimentícias, por exemplo), traz além de vantagens econômicas e ambientais, envolvidas em todo o processo de produção, promove o aproveitamento de remanescentes com importante valor nutricional e funcional, minimiza os custos e o desperdício alimentar (Lucena et al., 2016).

Subprodutos e resíduos gerados pelas cadeias produtivas do leite, do caju (*Anacardium occidentale* L.) e do coco babaçu (*Attalea speciosa*) estão sendo explorados e aproveitados como ingredientes alimentares para o desenvolvimento e oferta de novos produtos (França et al., 2014; Andrade et al., 2015; Królczyk et al., 2016). Aliado à essas matérias-primas, o gergelim (*Sesamum indicum* L.) tem atraído o interesse dos pesquisadores e das indústrias por seus efeitos benéficos à saúde humana, relacionados à presença de antioxidantes naturais (Zebib et al., 2015).

Assim, considerando as diversas possibilidades de utilização dos subprodutos e resíduos da agroindústria, esta pesquisa destinou-se a desenvolver barras alimentícias com diferentes proporções de pasta de soro de leite e bagaço de caju, semente de gergelim, farinha do mesocarpo de babaçu e amêndoa da castanha de caju, avaliando-se

o efeito das diferentes proporções desses ingredientes nas características tecnológicas do produto, por meio de delineamento fatorial fracionado.

MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição da matéria-prima

Os cajus, do tipo cajueiro anão precoce, foram adquiridos em uma empresa local de processamento do fruto para produção de cajuína, durante o período de setembro a outubro de 2017. O soro de leite foi obtido em uma indústria de laticínios localizada na cidade de Teresina (PI), como subproduto da fabricação do queijo de coalho. Os ingredientes secos (semente de gergelim creme, farinha de mesocarpo do babaçu, amêndoa da castanha de caju triturada e flocos de arroz), a glicerina e os ingredientes da liga de aglutinação (mel de abelha, fécula de mandioca e o óleo vegetal) foram comprados no comércio local da cidade de Teresina (PI), observando-se ausência de danos à embalagem e os prazos de validade dos produtos.

Processamento do fruto para aquisição do resíduo

Antes de serem processados, os cajus foram submetidos ao descastanhamento manual, à seleção, lavagem por aspersão em água corrente e à sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 200 partes por milhão (ppm) durante 15 minutos, seguido de enxágue em água clorada a 10 ppm durante um minuto. O bagaço do caju (material fibroso) foi obtido mediante despulpamento dos pedúnculos e extração do suco em despulpadeira Bonina 1.0. Para confirmar o grau de maturação dos frutos, o conteúdo de sólidos solúveis do suco dos frutos foi mensurado em escala de graus Brix,

usando refratômetro portátil Vortex VX090 ATC °Brix 0-90% com compensação automática de temperatura. O bagaço do caju foi pesado, embalado a vácuo e mantido sob congelamento a -18°C até o momento do uso.

Todas essas etapas do processamento foram executadas nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal e de Laticínio do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPPA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Delineamento experimental

Os experimentos foram conduzidos por meio de estudo estatístico de triagem (*screening design*), consistindo de um Delineamento Fatorial Fracionado 2^{4-1} , com a adição de 03 repetições no ponto central, totalizando 11 ensaios. O objetivo do método foi investigar os efeitos dos fatores e selecionar os mais importantes a serem considerados nos estudos posteriores de otimização da barra alimentícia (Rodrigues e Iemma, 2014). As formulações foram elaboradas testando-se diferentes combinações de pasta de soro de leite e bagaço do caju (X_1), semente de gergelim creme (X_2), farinha de mesocarpo de babaçu (X_3) e amêndoa da castanha de caju triturada (X_4). Foram realizados diversos testes de formulação da barra para estabelecer os níveis mínimos de cada variável independente estudada. As Tabelas 1 e 2 mostram o planejamento experimental adotado.

Tabela 1 - Níveis das variáveis independentes para formulação das barras alimentícias

Variáveis	Unidade	-1	0	+1
Pasta de soro de leite e bagaço de caju (X ₁)	%	40	45	50
Semente de gergelim creme (X ₂)	%	8,0	10,0	12,0
Farinha de mesocarpo de babaçu (X ₃)	%	2,5	3,75	5,0
Amêndoa da castanha de caju triturada (X ₄)	%	5,0	6,0	8,0

Legenda: % - porcentual. X₁ = pasta de soro de leite e bagaço do caju; X₂ = semente de gergelim; X₃ = farinha de mesocarpo de babaçu; X₄ = amêndoa da castanha de caju triturada.

Tabela 2 - Matriz completa do planejamento fatorial 2⁴⁻¹ para o desenvolvimento das barras alimentícias

Ensaio	X1	X2	X3	X4
1	-1	-1	-1	-1
2	+1	-1	-1	+1
3	-1	+1	-1	+1
4	+1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	+1
6	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1	+1
9*	0	0	0	0
10*	0	0	0	0
11*	0	0	0	0

Legenda: *ponto central. X₁ = pasta de soro de leite e bagaço do caju; X₂ = semente de gergelim; X₃ = farinha de mesocarpo de babaçu; X₄ = amêndoa da castanha de caju triturada.

Elaboração das barras

Preparo da pasta com soro de leite e resíduo do pedúnculo de caju

No processo de produção das barras, a pasta foi o primeiro constituinte a ser preparado. A proporção de soro de leite (com acidez de 11°Dornic) e de bagaço de caju (*Anacardium occidentale* L.) foi de 10:1, enquanto que a concentração de açúcar foi de 10% em relação à quantidade de soro de leite. Os ingredientes foram levados a cocção e concentrados até o ponto de pasta com 65°Brix. A metodologia do processamento e a formulação da pasta estão sob depósito de patente (UFPI, 2018).

O rendimento da pasta (doce) foi calculado em relação à quantidade de soro de leite, resíduo do pedúnculo de caju e açúcar pela equação:

$$\%R = \frac{Pf * 100}{Pi}$$

Onde:

%R = porcentagem de rendimento do doce;

Pi = massa do soro de leite, resíduo do pedúnculo de caju e açúcar (kg)

Pf = massa do doce após o processamento (kg).

Liga de aglutinação

A liga de aglutinação foi elaborada com mel de abelha (*Apis mellifera*) da flor de eucalipto (*Eucalyptus*), fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) e óleo vegetal. A metodologia do processamento e a formulação da liga estão sob depósito de patente (UFPI, 2018).

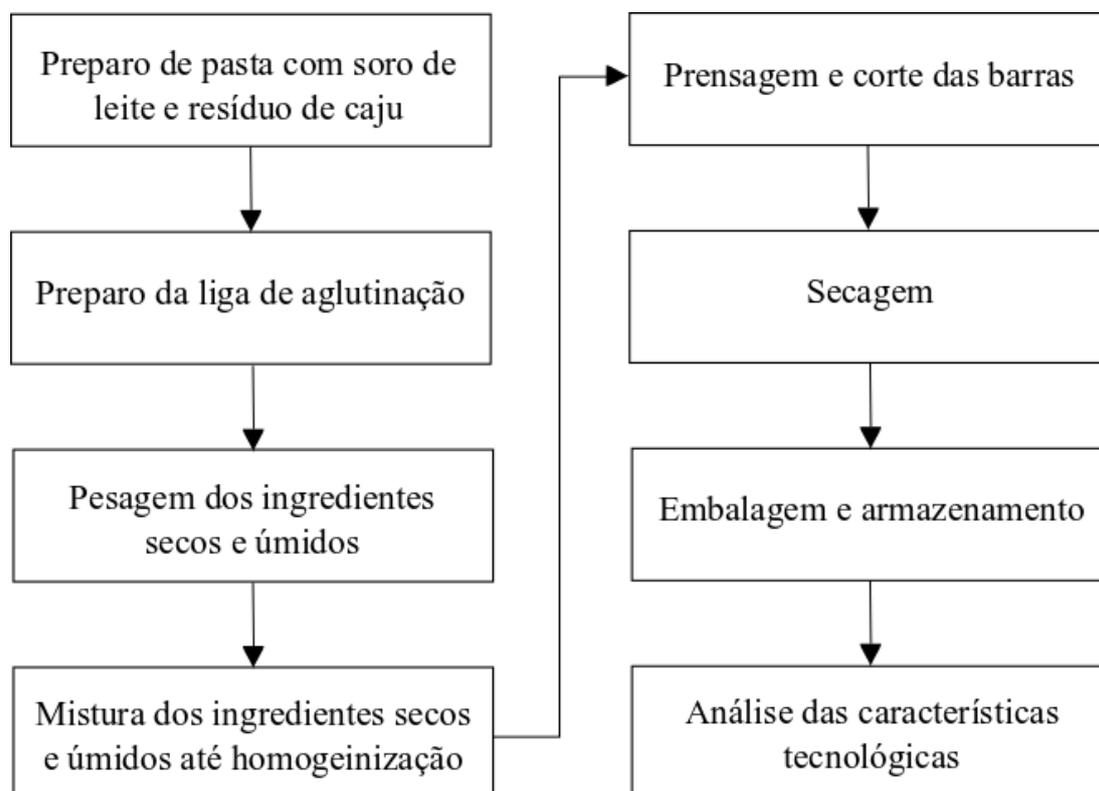
Mistura dos ingredientes secos e úmidos

Todos os ingredientes secos, constituídos farinha do mesocarpo do babaçu (*Attalea speciosa*), semente de gergelim creme (*Sesamum indicum* L), amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) e flocos de arroz (*Oryza sativa*), foram previamente pesados. Estes ingredientes foram misturados manualmente à pasta de soro de leite e bagaço de caju, até a completa homogeneização. Logo em seguida, a quantidade de 10,0 % da liga de aglutinação e 1,0 % de glicerina bidestilada (umectante) em relação ao conteúdo total da formulação, obtendo-se uma massa uniforme.

Prensagem e corte

A massa pronta foi prensada e moldada nas medidas finais para análises (6,0 cm de comprimento x 3,0 cm de largura e 2,0 cm de altura, com peso médio de 25 gramas). Em seguida, as barras foram transferidas para bandejas de aço inoxidável e submetidas à secagem à 105°C por seis minutos, em forno elétrico da marca PROGÁS, modelo 4000E. Após a secagem e o resfriamento das barras, elas foram embaladas a vácuo, individualmente, e envolvidas em embalagens laminadas, mantidas em temperatura ambiente, protegidas da luz e da umidade, até a realização das análises (Figura 1).

Figura 1 – Fluxograma com as etapas de elaboração das barras alimentícias



Fonte: própria autora.

Análises das barras alimentícias

As barras alimentícias foram encaminhadas para os Laboratórios de Controle Físico-Químico do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPPA) da UFPI e de Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical de Fortaleza (CE), para a realização de análises de atividade de água (aW), potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis totais (SST, em °Brix), acidez total titulável (ATT), relação SST/ATT, textura instrumental (força de cisalhamento) e perfil de textura (dureza).

Atividade de água (aW)

Foi utilizado o determinador de Aw modelo LabSwift-Aw Novasina®, previamente calibrado.

Potencial hidrogeniônico (pH) e Acidez Total Titulável (ATT)

Realizados por meio de pHmetro portátil da marca Quimis, modelo Q400HM®, para medida do pH e uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) a 0,1N para titulação potenciométrica até pH 8,10 (IAL, 2008).

Sólidos Solúveis Totais (°Brix) e Relação °Brix/acidez total titulável

O °Brix foi determinado utilizando refratômetro portátil Vodex VX090® ATC °Brix 0-90% com compensação automática de temperatura. A relação °Brix/acidez foi calculada em seguida.

Textura Instrumental

A determinação da textura foi realizada em texturômetro TA-XT2® (Stable Micro Systems, Inglaterra). A medição foi realizada por meio da força de resistência ao corte (teste de cisalhamento), expressa em Newton, utilizando probe *blade set with knife HDP/BSK*. O equipamento operou nas seguintes condições: velocidade do pré-teste 1mm/s; velocidade do teste 0,5mm/s; e velocidade do pós-teste 1mm/s, com distância de penetração de 20 mm. Cada amostra foi analisada separadamente com seis repetições (Szczesniak, 1963a, 1963b).

Análise do perfil de textura (TPA)

As análises do perfil de textura (*texture profile analysis* - TPA) das barras foram realizadas em texturômetro TA-XT2i® (Stable Micro Systems, Inglaterra) sob as seguintes condições de operação: velocidade pré-teste de 1,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s, velocidade pós-teste de 1,0 mm/s, distância de 20,0 mm e compressão com probe *P6 cylinder stainless* (Szczesniak, 1963a, 1963b). Os parâmetros analisados foram dureza e adesividade.

Análise estatística dos dados

As respostas dos parâmetros tecnológicos foram submetidas à análise dos efeitos sobre as respostas (Diagrama de Pareto) nível de 5% de significância, segundo o procedimento do programa estatístico *PROTIMIZA experimental design-2014*.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, consta a matriz do planejamento 2^{4-1} com as médias das respostas para aW, pH, acidez total titulável (ATT), °Brix, °Brix/ATT, dureza (N), adesividade (N.s) e cisalhamento (N).

Tabela 3 – Matriz do planejamento 2^{4-1} e as respostas aW, pH, °Brix, acidez total titulável (ATT), relação °Brix/ATT, dureza (N), adesividade (N.s) e cisalhamento (N)

Ensaio	Fatores**				Respostas							
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	aW (Y ₁)	pH (Y ₂)	°Brix (Y ₃)	ATT (Y ₄)	SST/ATT (Y ₅)	Dureza (Y ₆)	Ades (Y ₇)	Cis (Y ₈)
1	-1	-1	-1	-1	0,55	5,8	23,3	1,9	12,3	388,2	-1,4	175,7
2	1	-1	-1	1	0,66	5,9	37,8	2,1	18,4	236,2	-0,5	114,2
3	-1	1	-1	1	0,48	6,0	34,4	2,0	17,7	267,9	-1,1	128,0
4	1	1	-1	-1	0,65	5,9	38,3	2,4	15,9	212,9	-0,6	119,2
5	-1	-1	1	1	0,52	5,9	26,1	2,0	13,2	311,7	-1,2	154,4
6	1	-1	1	-1	0,60	5,9	36,7	2,3	16,4	308,8	-0,4	119,4
7	-1	1	1	-1	0,52	5,9	27,2	2,1	13,1	265,1	-1,6	96,1
8	1	1	1	1	0,67	5,9	42,2	2,5	17,4	160,8	-0,9	78,8
9*	0	0	0	0	0,62	5,9	32,8	2,2	14,9	255,2	-1,0	116,4
10*	0	0	0	0	0,58	5,9	32,8	2,3	15,2	307,0	-1,9	132,1
11*	0	0	0	0	0,58	5,9	32,8	2,5	13,4	199,0	-0,7	119,9

Legenda: X₁ = pasta de soro de leite e resíduo do pedúnculo de caju; X₂ = semente de gergelim; X₃ = farinha de mesocarpo de babaçu; X₄ = amêndoa da castanha de caju triturada; N = Newton; ATT = acidez total titulável; SST = sólidos solúveis totais (em °Brix); * = repetições no ponto central; ** = valores codificados; Ades. = adesividade; Cis = cisalhamento.

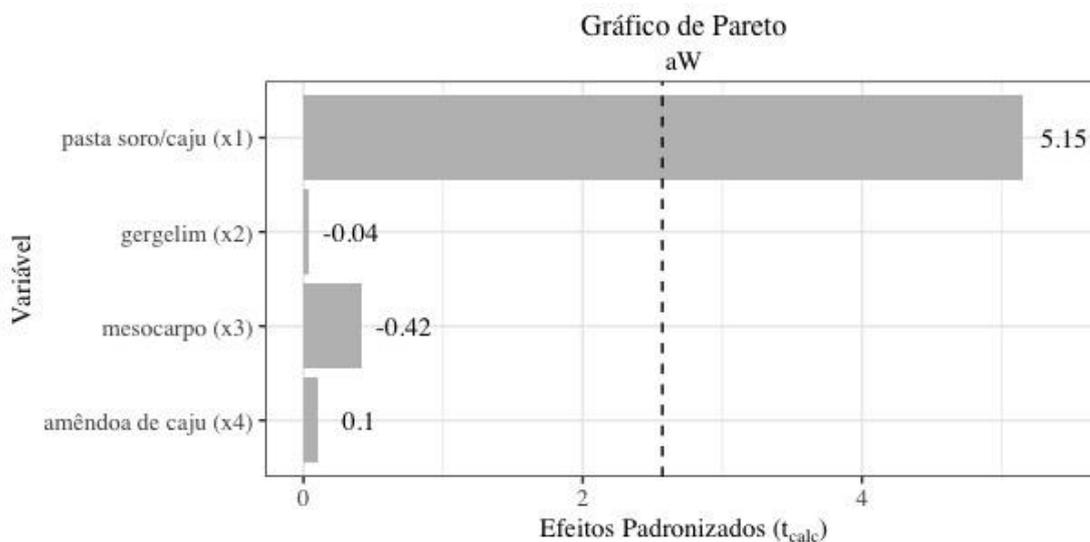
Das quatro variáveis avaliadas, aquelas cujos efeitos foram estatisticamente significativos a 95% de confiança ($p \leq 0,05$) foram a pasta de soro de leite e do bagaço do caju (X₁), o gergelim (X₂) e a amêndoa da castanha de caju (X₄). A pasta (X₁) teve um efeito positivo para as respostas de aW, SST, ATT e SST/ATT, e efeito negativo para dureza e força de cisalhamento. O gergelim produziu efeito positivo nas respostas

de °Brix e negativo nas de dureza e de cisalhamento. A amêndoa da castanha de caju teve efeito positivo nos valores de SST e na relação SST/ATT (Tabela 4).

As barras alimentícias apresentaram a_w entre 0,48 a 0,67 (Tabela 3). A atividade de água é um fator intrínseco do alimento que aponta a disponibilidade de água livre para reações bioquímicas e atividades microbianas, e os valores de a_w variam de 0,0 a 1,0 sendo que a maioria dos micro-organismos se desenvolve entre 0,60 e 0,90 (Forsythe, 2013). Das 11 formulações, seis apresentaram valores de a_w satisfatórios para o objetivo da pesquisa (abaixo de 0,60), por serem seguras do ponto de vista microbiológico.

A pasta (X_1) foi a única variável que influenciou nas respostas de a_w (Figura 2) e as formulações com maior quantidade de pasta (+1) apresentaram as maiores médias.

Figura 2 – Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de a_w (Y_1)



Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{calculado} \approx 2,57$).

Tabela 4 – Análise dos efeitos das variáveis e o valor de *p* para as respostas estudadas das barras alimentícias

F	aW (Y1)		pH (Y2)		°Brix (Y3)		ATT (Y4)		°Brix/Att (Y5)		Dureza (Y6)		Ades (Y7)		Cis (Y8)	
	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>	Ef.	<i>p</i>
X ₁	0,1235	0,0036	0,0140	0,7496	11,0000	0,0003	0,3373	0,0044	2,9373	0,0293	-78,5750	0,0342	0,6975	0,0754	-30,6475	0,0377
X ₂	-0,0010	0,9684	0,0470	0,3088	4,5500	0,0128	0,1597	0,0670	0,9897	0,3548	-84,5350	0,0266	-0,1875	0,5737	-35,4075	0,0229
X ₃	-0,0100	0,6941	0,0410	0,3686	-0,4000	0,7525	0,0887	0,2516	-1,0278	0,3383	-14,6800	0,6126	-0,1325	0,6884	-22,1025	0,0989
X ₄	0,0025	0,9211	0,0440	0,3376	3,7500	0,0261	-0,0298	0,6821	2,2588	0,0675	-49,6000	0,1278	0,0625	0,8490	-8,7425	0,4597

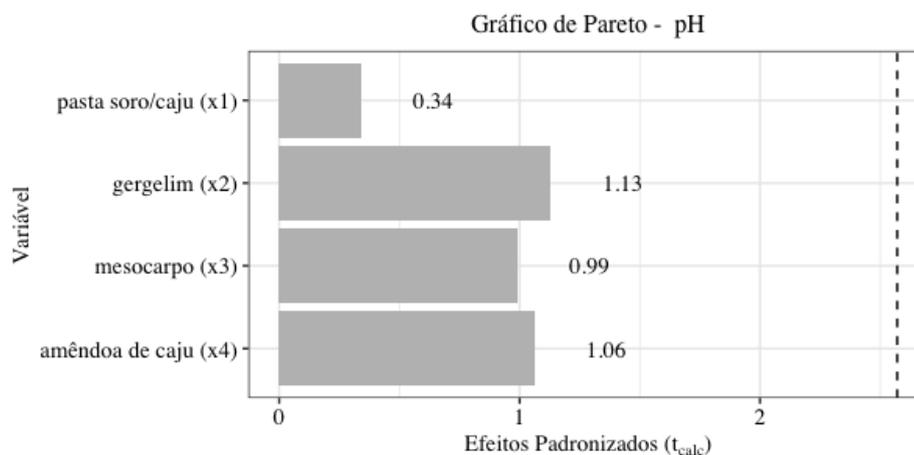
Legenda: F = fatores; Ef. = efeito; *p* = valor de *p*; X₁ = pasta de soro de leite e bagaço do caju; X₂ = semente de gergelim; X₃ = farinha de mesocarpo de babaçu; X₄ = amêndoa da castanha de caju triturada; N = Newton; ATT = acidez total titulável; * = repetições no ponto central; ** = valores codificados; ATT = acidez total titulável; Ades. = adesividade; Cis = cisalhamento.

	Valor de <i>p</i> a 95% de confiança
	Não estatisticamente significativo

Normalmente, alimentos com a presença de açúcares apresentam a_w que pode variar entre 0,75 a 1,00 (Forsythe, 2013). No entanto, o uso do açúcar na produção de alimentos funciona como um bom agente para sua conservação. Isto porque aumenta a pressão osmótica, diminuindo a atividade de água, criando assim um ambiente desfavorável para a multiplicação das bactérias e da maioria dos bolores e levedura.

As variáveis independentes não apresentaram efeito sobre o pH (Figura 3). Entretanto, valores de pH entre 5,8 e 6,0 caracterizam as barras alimentícias desenvolvidas como um produto de baixa acidez (Forsythe, 2013), o que pode ser atribuído à presença de ingredientes doces nas formulações. Ainda assim, mesmo não sendo objetivo formular barras alimentícias muito “ácidas” ao paladar, o fato das barras desenvolvidas serem consideradas um produto de baixa acidez, o que influencia na estabilidade, pode ser contornado com a adição de acidulantes, a exemplo do ácido cítrico, a fim de garantir maior estabilidade ao produto. Em estudo similar, com barras alimentícias elaboradas com farinha de marolo, Silva et al. (2014) encontraram valores superiores de pH (6,84 a 6,92).

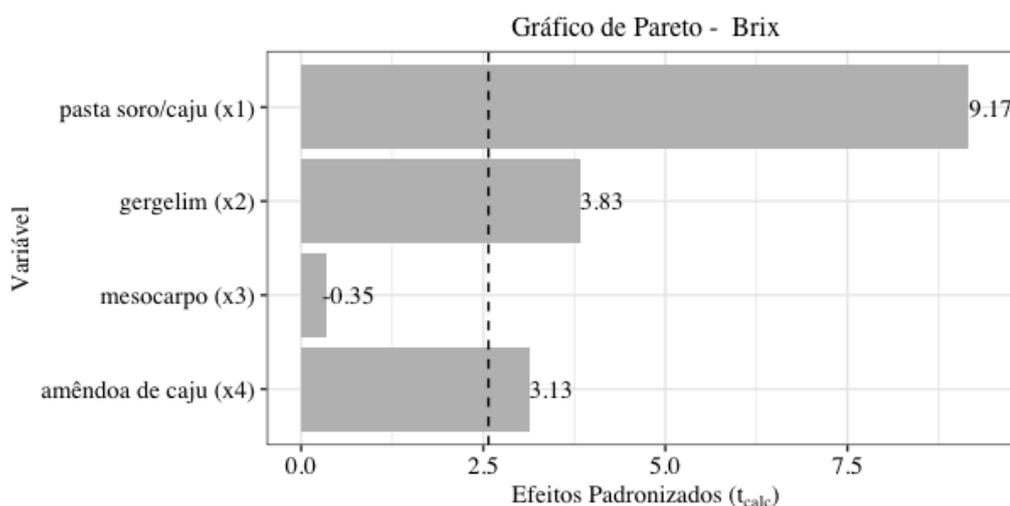
Figura 3 – Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de pH (Y_2)



Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{calculado} \approx 2,57$).

O valor de °Brix das formulações variou de 23,3 a 42,2 (Tabela 3) e, das quatro variáveis avaliadas, aquelas cujos efeitos foram estatisticamente significativos ($p \leq 0,05$) sobre o °Brix, foram a pasta de soro de leite e de bagaço de caju, o gergelim e a amêndoa da castanha de caju. Considerando que a influência da pasta (X_1) sobre a doçura da barra foi duas vezes maior que a do gergelim e quase três vezes maior ao da amêndoa da castanha de caju (Tabela 4 e Figura 4), foi possível observar que as formulações com maiores quantidades de pasta (X_1) obtiveram valores maiores de °Brix.

Figura 4 - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de °Brix (Y_3)



Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{calculado} \approx 2,57$).

O °Brix é uma medida refrativa e relativa, em que um grau Brix (1°Bx) equivale a 1 g de sacarose por 100 g de solução ou 1% de sacarose (IAL, 2008). Mas, a quantidade de sólidos solúveis em água corresponde à soma dos compostos solúveis (monossacarídeos, dissacarídeos e oligossacarídeos, sais minerais, ácidos orgânicos, lipídios, aminoácidos, dentre outros compostos com baixo peso molecular) presentes em uma solução, e estes influenciam no índice de refração observada por meio da refratometria na escala Brix, que se

constitui em um método aceito pela comunidade acadêmica. É possível que os componentes do gergelim e da amêndoa da castanha de caju, apesar de não possuírem quantidades expressivas de açúcares (IBGE, 2011), possam ter influenciado nas respostas do °Brix em função da presença de outros componentes de baixo peso molecular.

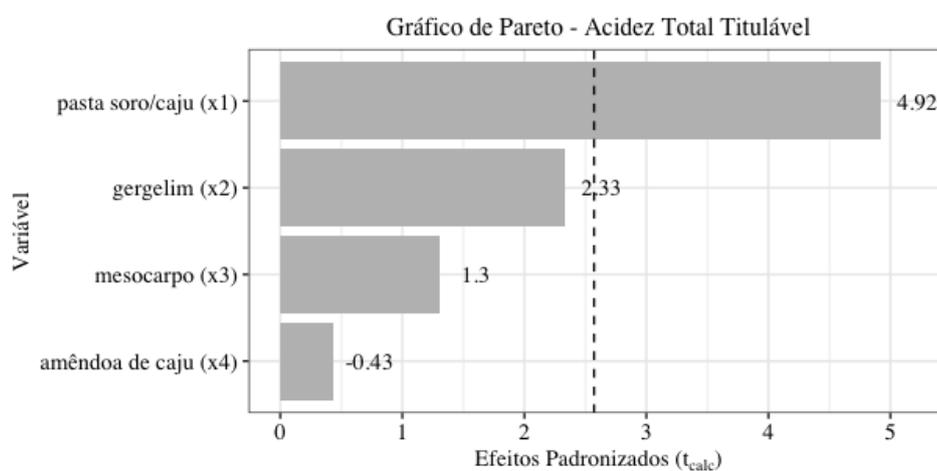
Valores maiores foram encontrados por Marques et al. (2015), entre 42,1 e 44,9 °Brix, em barras com aveia e resíduos de semente e bagaço de acerola. Silva et al. (2014) também encontraram médias variando de 43,0 a 45,5 °Brix em barras de cereais desenvolvidas à base de farinha de semente de abóbora.

Quanto aos valores de acidez total titulável (1,9 a 2,5) das barras alimentícias desenvolvidas, esses corroboram com os achados de pH e caracterizam o produto como sendo de baixa acidez (Tabela 3). A acidez total titulável é influenciada por qualidade da matéria-prima, processamento, condições de conservação e estabilidade do produto. Normalmente, é acompanhada de um aumento de pH e do °Brix (Ferreira et al., 2015). As médias da relação °Brix/acidez variaram de 12,3 a 18,4 (Tabela 3). A relação °Brix/acidez é um parâmetro importante porque prediz que o produto final possui características sensoriais agradáveis associadas ao equilíbrio entre doçura e acidez. Portanto, resultados com valores muito elevados ou muito reduzidos podem indicar, respectivamente, que o produto tem sabor muito doce ou muito ácido. No caso específico das barras alimentícias desenvolvidas, os valores dessa relação foram mais elevados em detrimento da diferença entre valores altos de °Brix quando comparados aos de acidez.

Ainda, dos fatores avaliados, somente a pasta (X_1) influenciou nas respostas de ATT e da relação °Brix/acidez (Tabela 4, Figuras 5 e 6). Desta forma, verificou-se que nas formulações com maior quantidade de pasta (X_1), houve também um aumento nos valores de ATT e °Brix/acidez. Tendo em vista que a pasta foi elaborada à base de bagaço de caju

(polpa) e que os valores mínimos exigidos pela legislação brasileira para a polpa e sucos deste fruto são de 10 °Brix e 0,30 de acidez (Brasil, 2000), pode-se considerar que os valores encontrados de °Brix, ATT e °Brix/ATT das barras alimentícias derivaram da utilização dessa matéria-prima.

Figura 5 - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de ATT (Y_4)

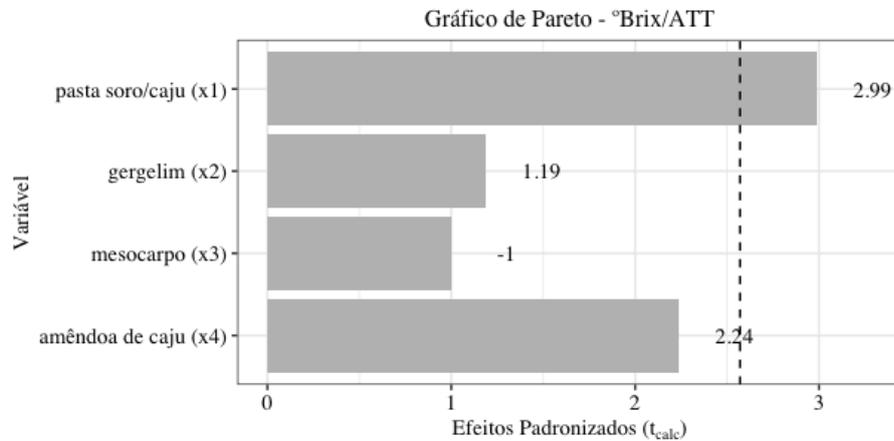


Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{calculado} \approx 2,57$).

Valores semelhantes aos achados da pesquisa foram encontrados por Silva et al. (2014), em barras de cereais desenvolvidas à base de farinha de semente de abóbora com acidez variando de 2,00 a 3,58. Já, Silva et al. (2018) relataram valores menores de acidez (1,06 a 1,61), ao utilizarem polpa de umbu (*Spondias tuberosa* arr. Cam.) na produção de barras de cereais sem adição de açúcar.

Produtos como as barras alimentícias e/ou de cereais não possuem uma legislação específica com padrões de identidade e qualidade. Desta forma este trabalho pode servir para gerar parâmetros de medidas de aW, pH, °Brix e ATT para produtos como esses.

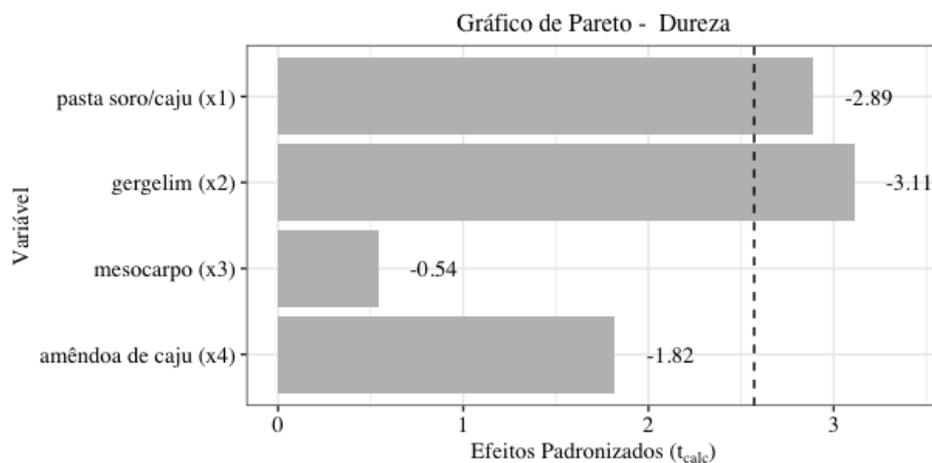
Figura 6 - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas da relação °Brix/ATT (Y₅)



Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{\text{calculado}} \approx 2,57$).

Os resultados obtidos mostraram que a dureza e a força de cisalhamento foram afetados pela pasta de soro de leite e de resíduo do pedúnculo de caju (X₁) e pelo gergelim (X₂), representados pelos Diagramas de Pareto (Figuras 7 e 8).

Figura 7 - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de dureza (Y₆)



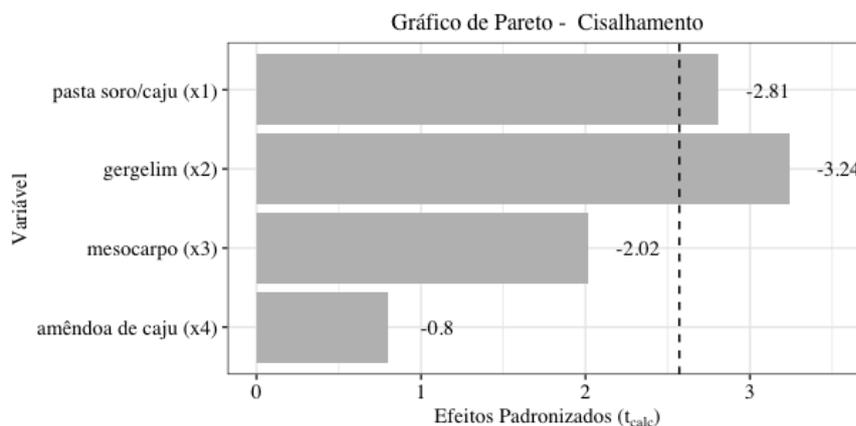
Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{\text{calculado}} \approx 2,57$).

Dentro da análise do perfil de textura, a dureza é o pico de força aplicada durante o primeiro ciclo de compressão, que resulta numa deformação do alimento analisado. A partir

desse valor, pode se caracterizar um produto como sendo, por exemplo, mole, firme ou duro em uma escala crescente de dureza (Bourne, 2012). Os valores de dureza variaram de 160,8 a 388,2 N (Tabela 3). A pasta (X_1) e o gergelim (X_2) apresentaram efeitos com valores negativos (Tabela 4, Figura 7) sobre as respostas de dureza, significando que quanto maior a quantidade de pasta e/ou de gergelim menor a dureza das barras alimentícias. Estes resultados podem ser atribuídos à consistência úmida da pasta, e, provavelmente, à constituição oleaginosa do gergelim (IBGE, 2011; Nepa, 2011), que principalmente, quando em combinação com a pasta, potencializa a característica úmida do produto e o deixa mais amolecido, causando graus variáveis de adesividade logo após o primeiro ciclo compressivo.

Outros estudos com barras alimentícias encontraram valores diferentes para dureza. Kim et al. (2009), ao avaliarem barras comerciais, obtiveram valores com grande variação no perfil de textura de dureza — entre 17 e 284 N. Srebernich et al. (2016) encontraram valores elevados de dureza (307,5 a 1.476,9 N, convertidos de kgf para N) em barras de cereais desenvolvidas com adição de goma-arábica, inulina e sorbitol, e atribuíram o aumento da resistência à ruptura (força) à adição de fibras e açúcar.

A adesividade das barras alimentícias não foi influenciada pelos fatores independentes ($p > 0,05$), e as médias ficaram em torno de -0,4 a -1,9 (Tabela 3), sugerindo baixa característica adesiva. A adesividade é expressa como o trabalho negativo entre os dois ciclos de compressão, durante o retorno da placa de compressão (*probe*). De um modo geral, as barras alimentícias não devem possuir alta adesividade, ou seja, valores muito negativos, pois isso sugere um aspecto excessivamente “grudento” do produto.

Figura 8 - Diagrama de Pareto do efeito dos fatores sobre as respostas de cisalhamento (Y_8)

Legenda: Linha tracejada indica o limite de $p \leq 0,05$ (em que $T_{calculado} \approx 2,57$).

Os valores da força de cisalhamento encontrados nas diferentes formulações das barras alimentícias desenvolvidas variaram entre 78,8 a 175,7 N (Tabela 3), e a pasta (X_1) e o gergelim (X_2) foram estatisticamente significativos para força de cisalhamento. Estes efeitos tiveram valores negativos (Tabela 4, Figura 8) sobre as respostas, significando que quanto maior a quantidade de pasta e/ou de gergelim menor a força de cisalhamento, ou seja, menor é a força necessária para que o alimento se parta completamente.

A grande variabilidade dos valores encontrados no presente estudo (Tabela 4) pode estar relacionada com o caráter heterogêneo do produto desenvolvido, no sentido de que, dependendo da área do alimento na qual foi realizado o teste, a força necessária para o cisalhamento variou.

O perfil de textura é uma das mais importantes características sensoriais em alimentos, e geralmente, é avaliado por testes sensoriais específicos. No entanto, a avaliação sensorial é demorada e onerosa (Kim et al., 2009). Desta forma, métodos de análises de perfil de textura são considerados confiáveis e práticos por serem mais rápidos, menos onerosos e reprodutíveis. Eles foram desenvolvidos para medir as propriedades texturais de muitos produtos alimentares, bem como as barras alimentícias.

CONCLUSÃO

As variáveis independentes pasta com soro de leite e resíduo do pedúnculo de caju e gergelim, apresentaram maior efeito sobre os parâmetros avaliados, exceto ao pH e a adesividade. Assim, se torna importante estudo de otimização dos níveis de pasta à base de soro de leite e resíduo do pedúnculo de caju e do gergelim, no sentido de maximizar as características tecnológicas de aW, pH, °Brix, ATT e textura instrumental do produto final.

O desenvolvimento de barras alimentícias utilizando resíduos agroindustriais soro de leite, bagaço do caju, mesocarpo de babaçu, acrescidos da amêndoa da castanha de caju triturada e de semente de gergelim foi possível dentro dos níveis estudados, com características tecnológicas satisfatórias para aW, pH, °Brix, ATT, °Brix/ATT, dureza, adesividade e força de cisalhamento.

REFERÊNCIAS

- Andrade, R.A.M. de S. et al. 2015. Optimization of the extraction process of polyphenols from cashew apple agro-industrial residues. **Food Science and Technology** (Campinas) 35: 354–360. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6585>
- Aparecida Damasceno, K. et al. 2016. Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill). **Journal of Food Quality** 39: 417–424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>
- Bourne, M. C. 2012. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. Academic Press.
- Brasil. 2006. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos.
- Brasil. 2000. Instrução normativa nº 01, de 7 de janeiro de 2000. Regulamento Técnico para fixação geral dos padrões de identidade e qualidade para polpa de fruta.
- Da Silva, E.P. et al. 2014. Developing fruit-based nutritious snack bars. **Journal of the Science of Food and Agriculture** 94: 52–56. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6282>

Ferreira, M.S.L. et al. 2015. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of Food Science and Technology** 52: 822–830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>

Forsythe, S.J. 2013. **Microbiologia da Segurança do Alimentos**, 2^a. ed. Artmed, Porto Alegre.

França, R.C. et al. 2014. Mesocarpo de coco babaçu (*Orbignya sp .*) como fonte de carbono para produção de meios de cultura para *Trichoderma*. **Journal of Biotechnology and Biodiversity** 5: 88–94.

Garcia, M.C. et al. 2012. Application of roasted rice bran in cereal bars. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos** 32: 718–724. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000096>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2011. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009. **Tabela de Composição Nutricional dos Alimentos Consumidos no Brasil**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50002.pdf>>. Acesso [acesso Fev 03, 2019].

IAL. 2008. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo.

Kim, E.H.J. et al. 2009. Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. **Journal of Texture Studies** 40: 457–481. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2009.00192.x>

Królczyk, J.B. et al. 2016. Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – A Review. **Polish Journal of Food and Nutrition Sciences** 66. <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0052>

Lima E.S. et al. 2007. Redução de vitamina c em suco de caju (*Anacardium occidentale* L.) industrializado e cajuína. **Quimica Nova** 30: 1143-1146. <https://doi.org/10.1590/2FS0100-40422007000500017>

Lucena, L. et al. 2016. Optimization of Acid Treatment of Cashew Peduncle for Ethanol and Xylitol Production. 49: 577–582. <https://doi.org/10.3303/CET1649097>

Marques, T.R. et al. 2015. Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. **Journal of Food Science and Technology** 52: 5084–5092. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1585-2>

Nadeem, M. et al. 2012. Development, Characterization, and Optimization of Protein Level in Date Bars Using Response Surface Methodology. **The Scientific World Journal** 2012: 1–10. <https://doi.org/10.1100/2012/518702>

Nepa. 2011. **Tabela Brasileira de Composicao de Alimentos - TACO**, 4th ed. NEPA-Unicamp, Campinas.

Oliveira, C.F.P. de et al. 2013. Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial** 7: 934–942. <https://doi.org/10.3895/S1981-36862013000100006>

R Core Team. 2013. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Rodrigues, M. I., Iemma, A.F. 2014. **Planejamento de experimentos e otimização de processos**, 3rd ed. Casa do Espírito Amigo Fraternidade Fé e Amor, Campinas, SP.

Silva, A.S.D. et al. 2018. Use of umbu (*Spondias tuberosa* arr. camara) pulp for preparation of diet cereal bar. *Revista Brasileira de Fruticultura* 40. <https://doi.org/10.1590/0100-29452018540>

Silva, J.S. et al. 2014. Development and chemical and sensory characterization of pumpkin seed flour-based cereal bars. **Food Science and Technology** (Campinas) 34: 346–352. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0054>

Srebernich, S.M. et al. 2016. Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. **Food Science and Technology** 36: 555–562. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.05416>

Szczesniak, A.S. 1963a. Objective Measurements of Food Texturea. **Journal of Food Science** 28: 410–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00219.x>

Szczesniak, A.S. 1963b. Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science* 28: 385–389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>

UFPI. Universidade Federal do Piauí (Teresina, PI). 2018. Nobrega, M.M.G.P. et al. **Formulação de Barra Alimentícia**. BR1020180722530, Instituição de registro: INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial. 28 out 2018.

Zebib, H. et al. 2015. Physico-chemical Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties Grown in Northern Area, Ethiopia. **Agricultural Sciences** 06: 238–246. <https://doi.org/10.4236/as.2015.62024>

CAPÍTULO IV⁴

⁴Elaborado conforme normas da revista *Scientia Agrícola*.

**OTIMIZAÇÃO DE BARRAS ALIMENTÍCIAS DESENVOLVIDAS COM SEMENTE
DE GERGELIM E PASTA DE SORO DE LEITE E BAGAÇO DE CAJU**

**OPTIMIZATION OF SNACK BARS DEVELOPED WITH SESAME SEED AND A
PASTE CONSTITUTED BY WHEY AND CASHEW BAGASSE**

Rosana Martins Carneiro¹; Juliana de Abreu Costa¹; Julliet Teixeira de Oliveira¹; Rômulo Oliveira Barros²; Robson Alves da Silva²; Stella Regina Arcanjo Medeiros³; João Batista Lopes⁴; Rodrigo Maciel Calvet⁵; Maria Marlúcia Gomes Pereira Nóbrega⁶; Maria Christina Sanches Muratori⁶

¹Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal da Universidade Federal do Piauí, Teresina- Piauí, Brasil.

²Departamento de Informação, Ambiente, Saúde e Produção Alimentícia, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, Teresina- Piauí, Brasil.

³Departamento de Nutrição, Universidade Federal do Piauí, Picos-Piauí, Brasil.

⁴Departamento de Zootecnia, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina-Piauí, Brasil.

⁵Departamento de Ensino, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, Caxias-Maranhão, Brasil.

⁶Departamento de Morfofisiologia Veterinária, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Piauí. Teresina-Piauí, Brasil.

RESUMO

A pesquisa foi realizada buscando-se desenvolver e otimizar barras alimentícias pela variação controlada de sua pasta constituída de soro de leite e de bagaço de caju e da semente de gergelim, analisar individualmente as variáveis independentes pasta de base de soro de leite e bagaço de caju e gergelim e a formulação com os melhores resultados para as características tecnológicas estudadas. Para isso foi realizado um Delineamento Central Composto Rotacional (DCCR) com duas variáveis independentes, totalizando 11 formulações, analisadas em três repetições de processamento (n=33). As variáveis dependentes foram as características tecnológicas de aW, pH, sólidos solúveis totais (em °Brix), acidez total titulável (ATT), análise do perfil de textura (TPA) e cor instrumental. Verificaram-se bons coeficientes de correlação ($R^2 > 75\%$) nos modelos para as respostas de aW, ATT, °Brix, resiliência, luminosidade e cromaticidade b^* . A pasta e a semente de gergelim foram analisados quanto à composição centesimal, fibra alimentar e valor energético. A pasta e a semente de gergelim apresentaram, respectivamente, 5,7 % e 23,8 % de proteínas, e 4,5 % e 14,3 % de fibra alimentar. A formulação cinco apresentou melhores resultados dentro dos objetivos da otimização para as características tecnológicas, indicando que a interação entre os menores teores de pasta de soro de leite e do bagaço do caju com os teores no ponto central de gergelim, resulta em um produto com 0,52 de aW, 1,82 de ATT, 32,8 °Brix, 0,02 de resiliência, 52,5 de L^* e 25,3 de b^* , além de ser um produto fonte de fibras (5,9 %) e de proteínas (8,9 %). A barra alimentícia desenvolvida com menores teores de pasta de soro de leite e do bagaço do caju com os teores no ponto central de gergelim apresentou as melhores características tecnológicas, tendo sido possível maximizar a eficiência do processo e a qualidade dessas características tecnológicas por meio de planejamento experimental.

Palavras-Chave: Resíduos agroindustriais. Soro de leite. Análise do perfil de textura. *Anacardium occidentale*. *Sesamum indicum* L.

ABSTRACT

This research was done with the aim of develop and optimize food bars by the controlled variation of a paste constituted by whey and cashew bagasse, and sesame seed, and to analyze the chosen formulation regarding the microbiological parameters, centesimal composition, energy value and alimentary fiber. For this, a Composite Central Rotational Design (CCRD) with two independent variables was performed, totaling 11 formulations, analyzed in three processing replicates (n = 33). The dependent variables were the technological characteristics of aW, pH, total soluble solids (in °Brix), total titratable acidity (ATT), texture profile analysis (TPA) and instrumental color. By the analysis of the ANOVA of the regression, good correlation coefficients ($R^2 > 75\%$) were found in the models for aW, ATT, ° Brix, resilience, brightness and chromaticity b^* responses. The paste and the sesame seed had, respectively, 5.7% and 23.8% of proteins, and 4.5% and 14.3% of dietary fiber. Formulation 5 presented better results within the objectives of the optimization of technological characteristics, indicating that the interaction between the lower contents of the paste made with whey and cashew bagasse with the central points of sesame contents results in a product with 0.52 of aW, 1.82 of ATT, 32.8 ° Brix, 0.02 of resilience, 52.5 of L^* and 25.3 of b^* , besides being a

source of fiber (5.9%) and of protein (8.9%). The food bar developed with the lesser quantities of the paste of whey and of cashew bagasse, and in the central point of sesame seeds showed the best technological characteristics, and it was possible to maximize the efficiency of the process and the quality of the desirable technological characteristics through experimental planning.

Keywords: Agro-industrial by-products. Whey. Texture Profile Analysis. *Anacardium occidentale*. *Sesamum indicum*.

INTRODUÇÃO

As mudanças nos hábitos alimentares têm resultado na busca e introdução de novos alimentos no mercado, com conseqüente aumento da demanda por alimentos mais saudáveis e seguros (Srebernich et al., 2016). As barras de cereais atendem a esta tendência, por serem consideradas nutritivas e de fácil consumo (Nadeem et al., 2012).

As barras alimentícias são produtos elaborados de ingredientes secos e unidos por um meio aglutinante, com diversificação de ingredientes, que podem abranger frutas, doces, grãos, cereais, farinhas, oleaginosas, entre outros (Gutkoski et al., 2007). A utilização de diferentes matérias-primas, ou mesmo os resíduos do processamento destes produtos, tem sido timidamente empregado no desenvolvimento de novos produtos.

Assim, com o intuito de promover a saúde, o Conselho Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (CONSEA) recomenda a inclusão de produtos regionais, a exemplo do caju, na alimentação diária da população (Brasil, 2010). O aproveitamento de espécies nativas com elevado potencial nutritivo e com alegações funcionais pode ser uma alternativa de desenvolvimento social, econômico e ambiental das comunidades locais. Desta forma, o aproveitamento dos resíduos agroindustriais no desenvolvimento de produtos alimentícios tem grande relevância nutricional, econômica e ambiental (Lucena et al., 2016).

O pedúnculo do caju (pseudofruto) é uma matéria-prima abundante e de baixo custo para a indústria de alimentos sendo utilizado, principalmente, para produção de suco e polpas.

Entretanto é bastante desperdiçado nas propriedades rurais, por ser um fruto perecível, que exige cuidados no manuseio, transporte e armazenamento (Oliveira et al., 2013).

Nesse contexto, o soro do leite, resíduo da cadeia produtiva leiteira, tem sido redescoberto pelo seu potencial nutritivo, e utilizado com mais frequência pela indústria alimentícia para desenvolvimento de produtos de panificação, confeitaria, fórmulas infantis e bebidas (Królczyk et al., 2016).

Nessa perspectiva, a utilização do gergelim tem crescido muito nas últimas décadas, principalmente pelas alegações nutricionais e funcionais. Trata-se de um alimento constituído de proteínas, fibras, minerais, gorduras (com destaque para os polinsaturados) e compostos antioxidantes, a exemplo dos ômega — nutrientes importantes para a nutrição humana —, e aplicados no desenvolvimento de produtos alimentícios (Ibge, 2011; Zebib, Bultosa & Abera, 2015).

Esta pesquisa foi realizada visando desenvolver e otimizar as barras alimentícias com diferentes proporções de pasta de soro de leite e bagaço de caju e semente de gergelim, por meio de delineamento experimental; analisar a pasta à base de soro de leite e bagaço de caju e o gergelim creme e a formulação com os melhores resultados para as características tecnológicas estudadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Aquisição da matéria-prima

Os cajus (*Anacardium occidentale* L.), tipo cajueiro anão precoce, foram adquiridos em uma empresa local de processamento do fruto para produção de cajuína, durante o período de setembro a outubro de 2017. O soro de leite, produto da fabricação do queijo de coalho, foi

obtido em uma indústria de laticínios localizada na cidade de Teresina (PI). Os ingredientes secos (semente de gergelim creme, farinha de mesocarpo do babaçu, amêndoa da castanha de caju triturada e flocos de arroz), a glicerina e os ingredientes da liga de aglutinação (mel de abelha, fécula de mandioca e o óleo vegetal) foram comprados no comércio local da cidade de Teresina (PI), observando-se ausência de danos à embalagem e os prazos de validade dos produtos.

Processamento do fruto para aquisição do resíduo

A pesquisa foi desenvolvida nos Laboratórios de Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal e de Laticínio do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPPA) e da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

Os cajus, antes de serem processados, foram submetidos ao descastanhamento manual, seleção, lavagem por aspersão em água corrente e sanitização por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 200 partes por milhão (ppm), durante 15 minutos, e, em sequência, enxague em água clorada a 10 ppm, durante um minuto. O bagaço do caju (material fibroso) foi obtido mediante despulpamento dos pedúnculos e extração do suco em despulpadeira Bonina 1.0. Para confirmar o grau de maturação dos frutos, o conteúdo de sólidos solúveis do suco dos frutos foi mensurado em escala de graus Brix, usando-se refratômetro portátil Vodex VX090 ATC °Brix 0-90% com compensação automática de temperatura. O bagaço do caju foi pesado, embalado a vácuo e mantido sob congelamento a -18°C até o momento do uso.

Delineamento experimental

Após um estudo estatístico de triagem (*screening design*), consistindo de um delineamento fatorial fracionado 2^{4-1} , foram fixados os valores de duas variáveis independentes do estudo anterior (farinha de mesocarpo de babaçu, em 2,5%, e amêndoa triturada da castanha de caju, em 6,0%) com a finalidade de otimização do produto por meio das duas variáveis que apresentaram maior influência nas respostas avaliadas do estudo supracitado.

Os experimentos foram conduzidos por meio de um delineamento central composto rotacional (DCCR) com duas variáveis independentes (N), porcentagens de pasta com soro de leite e bagaço de caju (X_1) e gergelim creme (X_2). Foram realizados 11 experimentos: quatro fatoriais, quatro pontos axiais e três repetições no ponto central. Os pontos axiais ($-\alpha$ e $+\alpha$) foram calculados pela equação: $\alpha = (2N)^{1/4}$, e obteve $\alpha = 1,41$, com duas variáveis independentes (X_1 e X_2), analisadas em três repetições de processamento ($n=33$). As Tabelas 1 e 2 mostram o planejamento experimental utilizado.

Tabela 1 - Níveis das variáveis independentes para o desenvolvimento das barras alimentícias

Variáveis (%)	-1,41	-1	0	+1	+ 1,41
Pasta de soro de leite e bagaço de caju (X_1)	37,93	40	45	50	52,07
Semente de gergelim creme (X_2)	7,17	8,0	10,0	12,0	12,83

Legenda: % - porcentual. X_1 = pasta de soro de leite e bagaço de caju; X_2 = semente de gergelim.

Tabela 2 - Matriz completa do planejamento experimental 2^2 para o desenvolvimento e otimização das barras alimentícias

Ensaio	Variáveis codificadas		Variáveis reais	
	X ₁	X ₂	Pasta (X ₁)	Gergelim (X ₂)
1	-1	-1	40,0	8,0
2	+1	-1	50,0	8,0
3	-1	+1	40,0	12,0
4	+1	+1	50,0	12,0
5	-1,41	0	37,93	10,0
6	+1,41	0	52,07	10,0
7	0	-1,41	45	7,17
8	0	+1,41	45	12,83
9*	0	0	45	10,0
10*	0	0	45	10,0
11*	0	0	45	10,0

Legenda: *ponto central. X₁ = pasta de soro de leite e bagaço de caju; X₂ = semente de gergelim.

Etapa de elaboração das barras

Preparo da pasta com soro de leite e bagaço de caju

No processo de produção das barras, a pasta foi o primeiro constituinte a ser preparado. A proporção de soro de leite (com acidez média de 11°D e pH 6,5) e de bagaço de caju (*Anacardium occidentale* L.) foi de 10:1, enquanto que a concentração de açúcar foi de 10% em relação à quantidade de soro de leite. Os ingredientes foram levados à cocção e concentrados até o ponto de pasta com 65°Brix. A metodologia do processamento e a formulação da pasta estão sob depósito de patente (UFPI, 2018).

O rendimento da pasta (doce) foi calculado em relação à quantidade de soro de leite, resíduo do pedúnculo de caju e açúcar pela equação:

$$\%R = \frac{Pf * 100}{Pi}$$

Onde:

%R = porcentagem de rendimento do doce;

Pi = massa do soro de leite, resíduo do pedúnculo de caju e açúcar (kg)

Pf = massa do doce após o processamento (kg).

Liga de aglutinação

A liga de aglutinação foi elaborada com mel de abelha (*Apis mellifera*) da flor de eucalipto (*Eucalyptus*), fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) e óleo vegetal. A metodologia do processamento e a formulação da liga estão sob depósito de patente (UFPI, 2018).

Mistura dos ingredientes secos e úmidos

Todos os ingredientes secos, constituídos de farinha do mesocarpo do babaçu (*Attalea speciosa*), semente de gergelim creme (*Sesamum indicum* L), amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) e flocos de arroz (*Oryza sativa*) foram misturados manualmente à pasta de soro de leite e bagaço de caju, até a completa homogeneização. Logo em seguida, acrescentou-se à mistura a quantidade de 10,0 % da liga de aglutinação e 1,0 % de glicerina bidestilada (umectante) em relação ao conteúdo total da formulação, obtendo uma massa uniforme.

Prensagem e corte

A massa pronta foi prensada e moldada nas medidas finais para análises (6,0 cm de comprimento x 3,0 cm de largura e 2,0 cm de altura, com peso médio de 25 gramas). Em seguida, as barras foram transferidas para bandejas de aço inoxidável e submetidas a secagem à 105 °C por seis minutos, em forno elétrico da marca PROGÁS, modelo 4000E. Após a secagem e o resfriamento das barras, elas foram embaladas a vácuo, individualmente, e envolvidas em embalagens laminadas, mantidas em temperatura ambiente, protegidas da luz e da umidade, até a realização das análises.

Realização das análises

As análises da pasta com soro de leite e bagaço de caju, do gergelim, das barras alimentícias desenvolvidas e da barra alimentícia com a melhor característica tecnológica, foram realizadas nos Laboratórios de: Controle Físico-Químico do Núcleo de Estudos, Pesquisas e Processamento de Alimentos (NUEPPA) e Pesquisa em Nutrição Animal da UFPI (-5.0424994, -42.7845359), e de Análise de Alimentos da Embrapa Agroindústria Tropical de Fortaleza, CE (-3.7525298, -38.5767914).

Análise das características tecnológicas das barras alimentícias

Foram realizadas as análises de: aW por meio de determinador de Aw modelo LabSwift-Aw Novasina®; pH, ATT, °Brix e relação °Brix/ATT (IAL, 2008); força de cisalhamento realizada em texturômetro (Stable Micro Systems TA-XT2, Inglaterra) com velocidade do pré-teste 1mm/s, do teste 0,5mm/s e do pós-teste 1mm/s (Szczesniak, 1963b, 1963a); perfil de textura (*Texture Profile Analysis* -TPA) com análises dos parâmetros de

duresa, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência realizadas em texturômetro (Stable Micro Systems TA-XT2, Inglaterra) sob condições de velocidade pré-teste de 1,0 mm/s, de teste de 1,0 mm/s e pós-teste de 1,0 mm/s, distância de 20,0 mm e compressão com probe P6 *cylinder stainless* (Szczesniak, 1963b, 1963a); Os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^*) foram analisados em um colorímetro digital *Minolta*, modelo *Chroma Meter CR-3000*, sistema $L^*a^*b^*$ *cielab*, de acordo com metodologia de Bible e Singha (1993).

Análise da pasta com soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim

Foram realizadas análises de: aW por meio de determinador de Aw modelo LabSwift-Aw Novasina®; pH, ATT, °Brix e relação °Brix/ATT (IAL, 2008); umidade, material mineral (cinzas), proteínas e lipídios, seguindo a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2010) e valor energético (BRASIL, 2003a); e fibra alimentar pelo método enzimático-gravimétrico, utilizando analisador automático de fibra alimentar de acordo com as normas da AOAC (2010).

Análise da barra alimentícia com as melhores características tecnológicas

Foram realizadas análises de: umidade, material mineral (cinzas), proteínas e lipídios, seguindo a metodologia descrita pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2010) e valor energético (BRASIL, 2003a); e fibra alimentar pelo método enzimático-gravimétrico, utilizando analisador automático de fibra alimentar de acordo com as normas da AOAC (2010); e análises microbiológicas para avaliar a qualidade higiênico-sanitária (BRASIL, 2003b).

Análise estatística dos dados

As respostas dos parâmetros tecnológicos foram tratadas por análise de regressão múltipla da metodologia de superfície de resposta. A análise de variância (ANOVA) foi aplicada para testar a adequação dos modelos. Nos modelos, foi observada a significância da regressão pelo teste F e pelo coeficiente de determinação, e a análise dos efeitos sobre as respostas utilizando o programa PROTIMIZA *experimental design*- 2014.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3, são apresentados os valores médios por formulação das análises de aW, pH, acidez total titulável (ATT), °Brix, força de cisalhamento, dureza, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, resiliência, L*, cromaticidades a* e b*.

Tabela 3 – Valores médios das respostas estudadas, por formulação

F	aW	pH	ATT	°Brix	F (N)	D (N)	Fr (N)	E (%)	Co (%)	M (N.cm)	R (%)	L*	a*	b*
1	0,48	6,3	1,38	28,9	19,2	2319	2969	77	14	304	4	49,0	8,8	24,9
2	0,61	6,1	2,13	42,2	15,0	2919	2786	86	22	501	5	44,2	9,7	22,1
3	0,50	6,3	1,74	31,7	24,5	1727	2959	86	16	237	3	50,2	8,2	23,8
4	0,62	6,2	2,23	41,1	13,7	1095	1807	82	20	180	3	45,0	9,4	21,4
5	0,52	6,2	1,82	32,8	14,9	873	1026	84	13	90	2	52,5	8,5	25,3
6	0,64	6,2	2,52	48,9	13,7	1886	2276	85	21	344	4	46,1	8,7	21,1
7	0,56	6,1	1,68	34,4	17,6	2755	2985	80	19	435	5	47,9	9,0	24,5
8	0,57	6,1	2,35	40,0	11,9	1200	1431	88	17	180	3	48,4	8,5	22,7
9*	0,54	6,1	2,12	37,8	17,6	1813	2502	82	24	344	4	45,7	9,1	22,4
10*	0,52	6,1	2,17	41,1	17,9	2445	2778	79	17	403	4	47,3	9,0	22,6
11*	0,52	6,1	2,18	40,6	18,4	1573	1870	83	20	266	3	47,7	8,9	23,0

Legenda: F = formulação; * = repetições no ponto central. aW = atividade de água; pH = potencial hidrogeniônico; ATT = acidez total titulável; °Brix = sólidos solúveis totais; F = força de cisalhamento; D = dureza; Fr = fraturabilidade; E = elasticidade; Co = coesividade; M = mastigabilidade; R = resiliência; N = Newton; cm = centímetro; % = porcentual; L* = luminosidade (0 a 100); a* = verde (-a*) amarelo (+a*); b* = azul (-b*) amarelo (+b*).

Considerando a variabilidade inerente ao planejamento experimental, foram significativos os resultados dos efeitos com $p < 0,05$. A pasta (X_1) influenciou nas respostas de aW, pH, ATT, °Brix, coesividade, mastigabilidade, resiliência, L^* , a^* e b^* . O gergelim (X_2) influenciou sobre as respostas de ATT, dureza, elasticidade, mastigabilidade, resiliência e cromaticidade b^* (Tabela 4).

Os modelos de regressão em nível de 5% de significância foram estabelecidos a partir dos resultados experimentais das variáveis estudadas. Foram excluídos os parâmetros (coeficiente de regressão) sem significância sobre os resultados do ajuste final e estabelecido um modelo reparametrizado para otimização das respostas. A adequabilidade dos modelos reparametrizados foi considerada satisfatória quando $R^2 \geq 75\%$ (Tabela 4). Em razão destes resultados, os modelos podem ser usados dentro do intervalo de variação estudado.

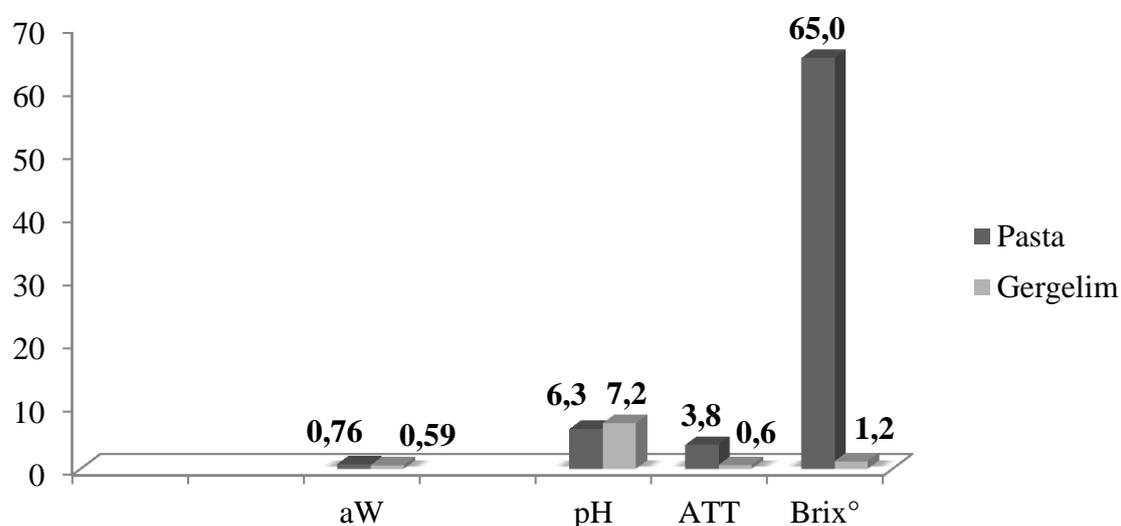
Tabela 4 – Determinação dos modelos de respostas, coeficientes de determinação dos modelos para as respostas com valores de F calculado e F crítico

Y resposta	Modelo ajustado	R ²	Fcal	Fcrit
aW	$Y_1 = 0,55 + 0,05 x_1$	80,1	36,2	5,12
pH	$Y_2 = 6,09 + 0,08 x_1^2$	63,1	15,4	5,12
ATT	$Y_3 = 2,03 + 0,28 x_1 + 0,18 x_2$	77,8	14,0	4,46
°Brix	$Y_4 = 38,13 + 5,70 x_1$	78,8	33,5	5,12
F	$Y_5 = 17,98 - 2,08 x_1 - 0,95 x_1^2 - 0,51 x_2 - 0,72 x_2^2 - 1,65 x_1 x_2$	44,9	0,8	5,05
D	$Y_6 = 1873,32 - 576,92 x_2$	58,3	12,6	5,12
Fr	$Y_7 = 2383,28 + 54,11 x_1 - 190,98 x_1^2 - 398,53 x_2 + 87,59 x_2^2 - 242,17 x_1 x_2$	39,9	0,7	5,05
E	$Y_8 = 0,83 + 0,02 x_2 - 0,03 x_1 x_2$	71,2	9,9	4,46
C	$Y_9 = 0,18 + 0,03 x_1$	61,8	14,5	5,12
M	$Y_{10} = 298,50 - 93,60 x_2$	46,3	7,8	5,12
R	$Y_{11} = 0,04 + 0,02 x_1 - 0,01 x_2 - 0,01 x_1 x_2$	81,5	10,3	4,35
L*	$Y_{12} = 47,63 - 2,38 x_1$	79,0	33,8	5,12
a*	$Y_{13} = 8,89 + 0,30 x_1$	39,9	6,0	5,12
b*	$Y_{14} = 22,82 - 1,39 x_1 - 0,54 x_2 + 0,32 x_2^2$	95,6	50,7	4,35

Legenda: Fcal = F calculado; Fcrit = F crítico; aW = atividade de água; pH = potencial hidrogeniônico; ATT = acidez total titulável; °Brix = sólidos solúveis totais; F = força de cisalhamento; D = dureza; Fr = fraturabilidade; E = elasticidade; Co = coesividade; M = mastigabilidade; R = resiliência; N = Newton; cm = centímetro; % = porcentual; L* = luminosidade (0 a 100); a* = verde (-a*) amarelo (+a*); b* = azul (-b*) amarelo (+b*).

Um dos objetivos da otimização foi escolher, dentre as formulações estudadas, aquela que forneceu baixos valores de: aW, pH, ATT e °Brix, dentro dos limites pré-determinados das variáveis independentes, mencionados nas Tabelas 1 e 2.

Figura 1 - Valores médios de aW, pH, acidez total titulável (ATT) e °Brix da pasta com soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim

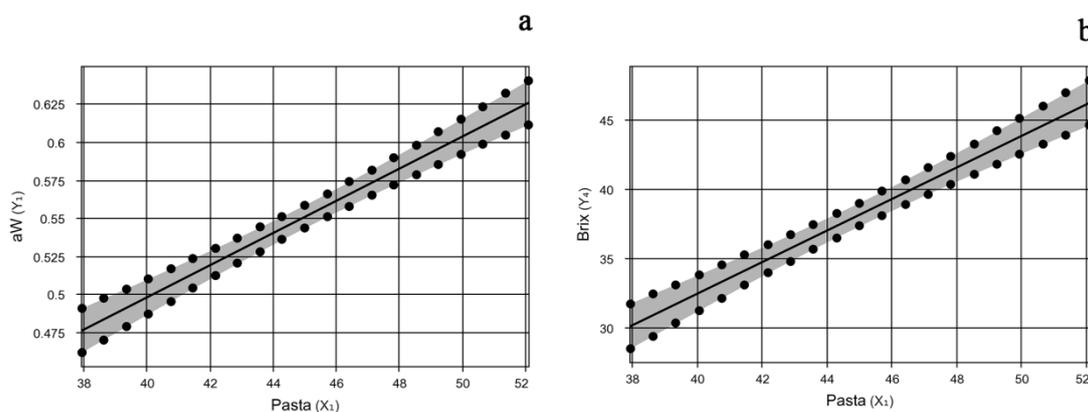


Legenda: aW = atividade de água; pH = potencial hidrogeniônico; ATT = acidez total titulável; °Brix = sólidos solúveis totais.

Com o aumento de pasta (X_1) ocorreu elevação nos valores de aW das barras formuladas, sendo significativo o efeito linear (Figura 2a). O processo de otimização proporcionou valores baixos de aW (0,48 a 0,64) nas barras alimentícias desenvolvidas, estando similares aos produtos comercializados (Garcia, Lobato, Benassi, & Soares Jr., 2012); e também similares ao estudo de Oliveira et al. (2013), que encontraram valor médio de 0,59 aW em barras alimentícias com fibra do bagaço do caju. Já, Damasceno et al. (2017)

relataram valores mais elevados (0,66 a 0,72) em barras desenvolvidas com farinha da casca do abacaxi.

Figura 2 – Efeito linear da pasta (X_1) sobre as respostas de aW (Y_1) e de °Brix (Y_4)



A pasta (X_1) apresentou valor médio de aW de 0,76 (Figura 1). Ela foi elaborada com resíduo de fruta e açúcar, e normalmente, a aW média para alimentos com presença de açúcares (como frutas, doces e geleias) pode variar entre 0,75 a 1,00 (Forsythe, 2013). Quanto menor a aW de água (<0,60), maior a estabilidade microbiológica do produto, evitando alterações físicas e químicas em função da ação de micro-organismos. Assim, as formulações com menor adição de pasta (X_1), abaixo de 50%, foram as que obtiveram valores mais baixos de aW (Tabela 3), independentemente da concentração de gergelim. Como o $F_{\text{calculado}}$ (36,2) para a regressão é significativo e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo foi de 80,1%, pode-se concluir que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais (Tabela 4).

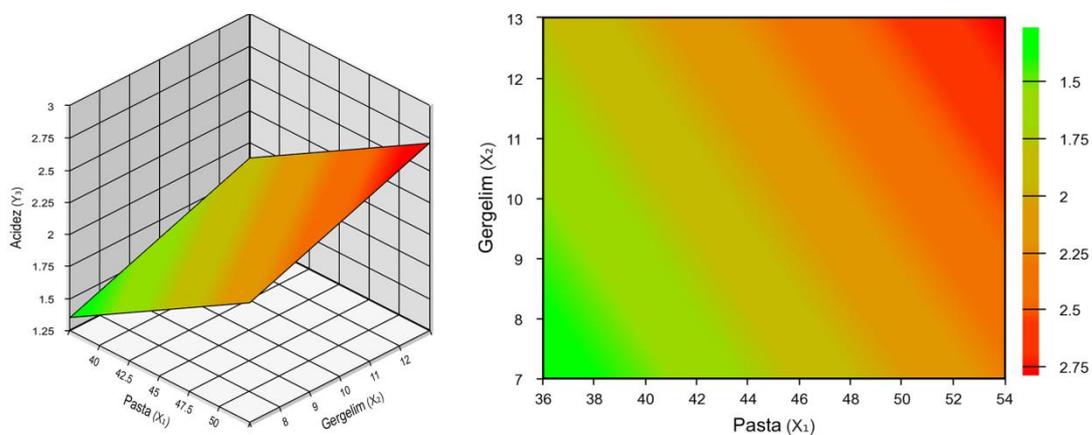
Valores baixos de pH (<4,5) é um dos fatores que permitem garantir uma maior estabilidade aos alimentos por reduzir a capacidade de multiplicação de micro-organismos (Forsythe, 2013). Os valores de pH aumentaram quando da adição de quantidades menores ou

maiores de pasta (X_1) às formulações, sendo significativo o efeito quadrático (Tabelas 3 e 4). Entretanto, os menores valores desse parâmetro foram percebidos com quantidades intermediárias de pasta (X_1). Contudo, o modelo não se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais ($R^2 < 75\%$).

Os valores de pH das barras alimentícias foram influenciados pelo pH da pasta (X_1), que apresentou valor médio de 6,3 de pH (Figura 1). Esses resultados estão dentro do esperado, pois o soro de leite utilizado para a elaboração da pasta apresentou pH médio de 6,5, que é um valor dentro do recomendado pela legislação brasileira para esse subproduto (BRASIL, 2013). Silva et al. (2015) encontraram valores similares de pH (6,12 a 6,41) em barras elaboradas com extrato de soja e pó da casca de noz-pecã. Já, Sousa et al. (2016) encontraram pH entre 3,56 e 3,62 em barras formuladas com um fruto com características ácidas, o umbu (*Spondias tuberosa* Arruda).

O aumento das quantidades de pasta (X_1) e de gergelim (X_2) utilizadas nas formulações elevaram os teores de acidez total, que variou entre 1,38 e 2,52 (Tabela 3, Figura 3). Com o $F_{\text{calculado}}$ para a regressão significativo (14,0) e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo de 77,8%, pode-se afirmar que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais (Tabela 4). Na figura 3, se mostra que, para os objetivos da otimização do produto, as proporções ideais de pasta são entre 36 e 46% e de semente de gergelim, entre 7 e 10%.

Figura 3 – Superfície de resposta e curva de contorno para ATT (Y_3) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2)



Os valores obtidos para o pH e para a acidez caracterizam as barras alimentícias como um produto de baixa acidez (Forsythe, 2013). Os valores de acidez da pasta e da semente de gergelim, 2,8 e 0,6 (Figura 1), respectivamente, corroboram com os resultados obtidos para esse parâmetro nas barras alimentícias.

O gergelim é constituído por nutrientes e antioxidantes importantes à saúde, principalmente, por poli-insaturados, a exemplo dos ômega 3 e 6 (Zebib et al., 2015). No entanto, essa composição lipídica, também, é responsável pelo teor de acidez de até 2% do gergelim (Arriel, Beltão & Firmino, 2009). Desta maneira, é importante manter produtos elaborados com ingredientes oleaginosos, como o gergelim, bem conservados (na ausência de luz e de temperaturas elevadas) para evitar a rancidez que resulta da formação de ácidos graxos livres expressos em termos de índice de acidez.

Valores maiores de acidez (4,53 e 5,41) foram relatados por Sousa et al. (2016), em barras formuladas com aproveitamento do umbu (*Spondias tuberosa* Arruda). Valores similares (2,00 a 3,58) foram encontrados por Silva et al. (2014), em barras de cereais desenvolvidas à base de farinha de semente de abóbora.

Desta forma, a acidez é um parâmetro que reflete à qualidade da matéria-prima, ao processamento, às condições de conservação e estabilidade do produto, sendo normalmente, acompanhado de um aumento de pH e do °Brix (Ferreira et al., 2015). Com o aumento de pasta (X_1) ocorreu elevação nos valores de °Brix das barras formuladas, sendo significativo o efeito linear (Figura 2b), com valores entre 28,9 e 48,9 °Brix (Tabela 3). Com o $F_{\text{calculado}}$ para a regressão significativo (33,5) e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo de 78,8%, pode-se afirmar que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais (Tabela 4).

Os resultados obtidos de °Brix podem ser atribuídos não somente aos ingredientes doces presentes nas formulações (castanha de caju e liga aglutinante), mas principalmente ao valor de 65°Brix da pasta (Figura 1), a qual foi elaborada com soro de leite, que possui grandes quantidades de lactose (Pinto et al., 2011), e com açúcar de adição durante o preparo. A escala °Brix é utilizada na indústria alimentícia para medir a quantidade aproximada de açúcares em alimentos e produtos. Desta maneira, valores muito elevados de °Brix podem refletir e predizer grandes quantidades de açúcares e sabor mais adocicado aos produtos.

Para a presente pesquisa, o desejável é uma barra alimentícia com atributo sensorial menos doce possível. Desta forma, as formulações com quantidade de pasta (X_1) abaixo de 46% e semente de gergelim entre 7 a 13%, foram as que obtiveram as melhores respostas de °Brix dentro dos objetivos da pesquisa.

Em estudos similares, os valores variaram entre 42,14 e 44,49°Brix (Marques et al., 2015); entre 42,97 e 45,46°Brix (Silva et al., 2014); entre 54,29 e 85,44°Brix (da Silva et al., 2014).

Os métodos de análises de perfil de textura são considerados confiáveis e práticos por serem mais rápidos, menos onerosos e reprodutíveis. Eles foram desenvolvidos para

medir as propriedades texturais de muitos produtos alimentares, bem como as barras alimentícias (Kim et al., 2009).

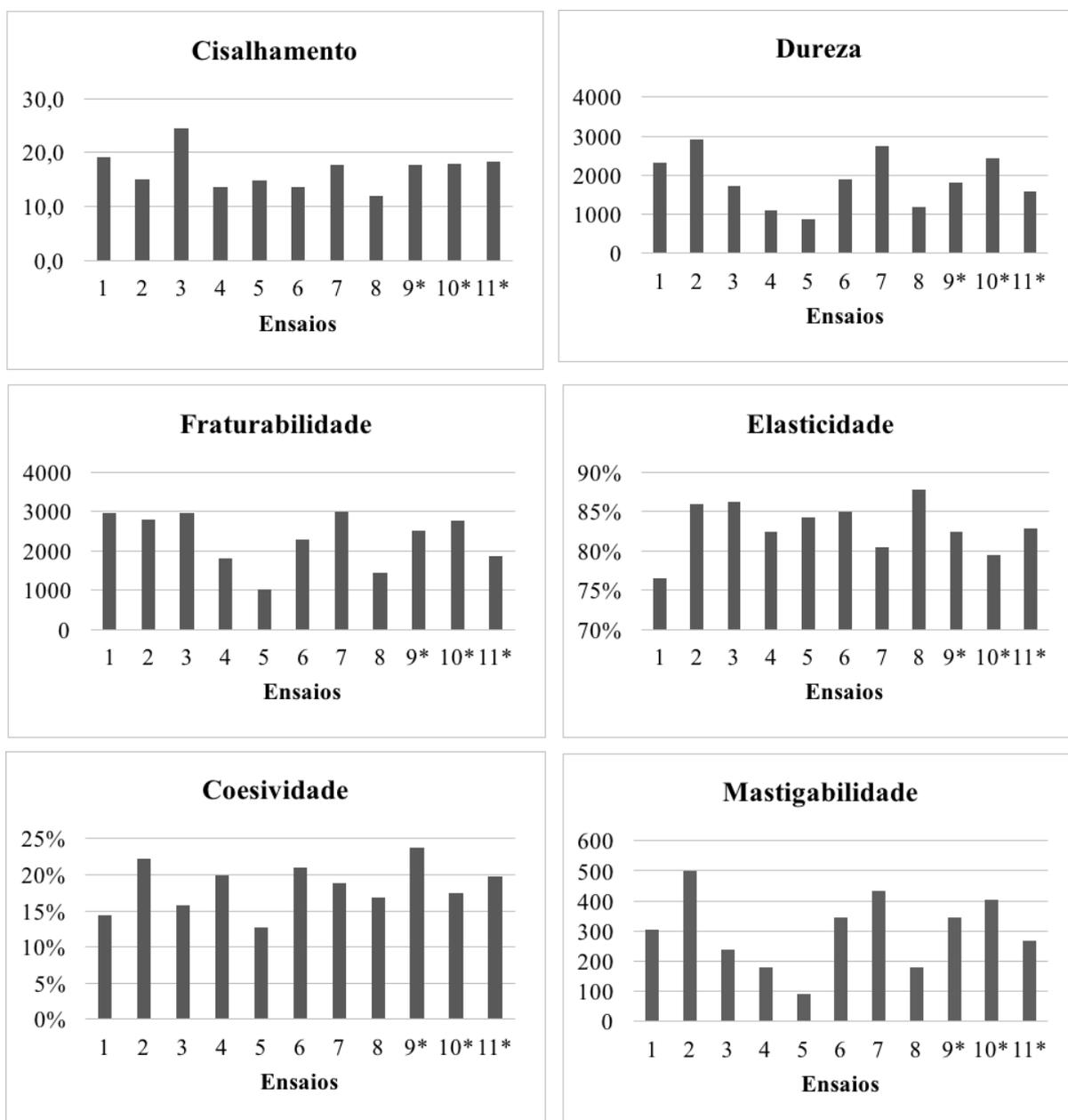
Outro objetivo da otimização é escolher, dentre as formulações estudadas, aquela que fornecer baixos valores de: força de cisalhamento, dureza, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência, dentro dos limites pré-determinados das variáveis independentes.

Não foi possível obter um modelo que representasse os dados ($R^2 \geq 75\%$) para as respostas das variáveis de: força de cisalhamento, dureza, fraturabilidade, elasticidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência.

Os ensaios apresentaram valores para força de cisalhamento abaixo de 24,5 N (Tabela 3, Figura 4). Esse parâmetro corresponde à força necessária para partir o produto completamente (Bourne, 2012). Em estudos similares a este, os autores encontraram valores médios de força de cisalhamento entre 12,11 e 19,06 N em barras de cereais enriquecidas com biomassa de *Spirulina platensis* (Damasceno et al., 2017).

O gergelim (X_2) apresentou efeito linear negativo sobre as respostas de: dureza (Efeito=-576,92; $p=0,0063$) e mastigabilidade (Efeito=-93,60; $p=0,0211$), demonstrando que quanto menor a quantidade de gergelim (X_2) adicionado às barras alimentícias, maiores foram os valores desses parâmetros. A dureza representa a força necessária para produzir uma deformação no produto. A mastigabilidade é a energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição, produto da dureza x coesividade x elasticidade (Bourne, 2012). Assim, quanto mais baixos esses valores, menor será a força necessária para deformar um alimento e para que seja mastigado até a sua deglutição.

Figura 4 – Gráficos dos valores médios das respostas de cisalhamento (Y_5), dureza (Y_6), fraturabilidade (Y_7), elasticidade (Y_8), coesividade (Y_9) e mastigabilidade (Y_{10}), por formulação



A coesividade é uma característica do perfil de textura que pode ser entendida como a extensão a que um produto pode ser deformado antes da sua ruptura. A pasta (X_1) apresentou efeito linear positivo sobre os valores de coesividade ($p=0,004$), com valores

médios entre 13% e 24%. Assim, quanto maior a quantidade de pasta adicionada às formulações, maior a coesão entre os ingredientes.

Damasceno et al. (2016) encontraram valores maiores para força (66,24 a 86,61 N) e menores para dureza (99,60 a 157,95) em barras de cereais formuladas com quantidades elevadas de farinha da casca de abacaxi. Covino et al. (2015) encontraram valores mais altos para dureza em barras de alto valor nutricional, enquanto Kim et al. (2009) relataram valores com grande variabilidade para dureza (17 a 284 N), de 4% a 56% para coesividade e de 0,9 a 140 para mastigabilidade.

Com relação à elasticidade, houve efeito positivo do gergelim sobre as respostas (Efeito= 0,02; $p = 0,0186$), e efeito negativo (Efeito= -0,03; $p=0,0104$) da interação entre a pasta (X_1) e o gergelim (X_2), significando que a influência da pasta (X_1) sobre os efeitos foi apenas indireto, ou seja um impacto da pasta sobre as respostas é dependente da configuração das quantidades de gergelim.

Kim et al. (2009) em seus estudos, mostraram que os valores de elasticidade correlacionados com as notas dos assessores sensoriais para as barras de cereais avaliadas, estavam em torno de 70% de elasticidade. Dessa forma, valor muito elevado desse atributo pode resultar em textura de “goma de mascar” em barras alimentícias.

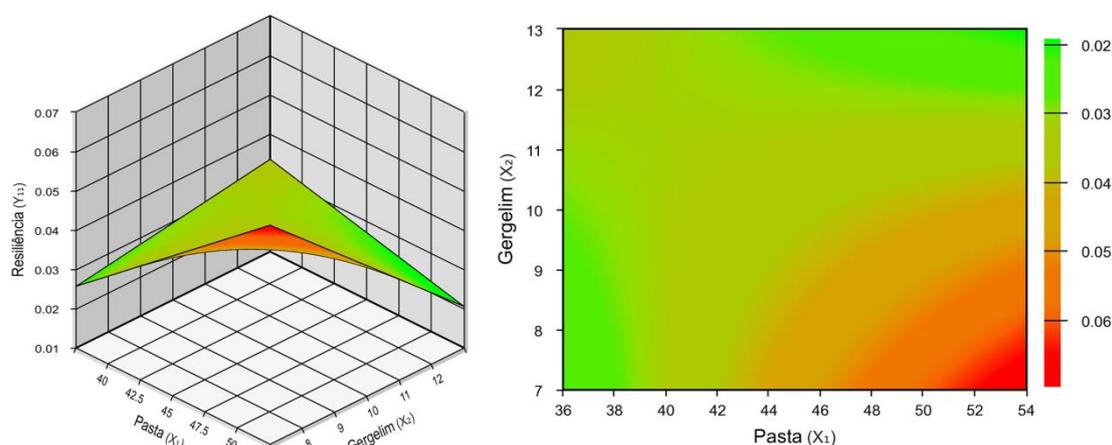
A pasta (X_1) teve efeito linear positivo ($p=0,0242$) e o gergelim (X_2) efeito negativo (Efeito=-0,01; $p=0,0055$) sobre as respostas de resiliência. Quanto maior a quantidade de pasta adicionada às formulações maiores os valores de resiliência, enquanto valores maiores de gergelim adicionados às formulações, menores são os valores de resiliência.

Houve também efeito negativo (Efeito=-0,01; $p=0,033$) para a interação entre a pasta (X_1) e gergelim (X_2) sobre as respostas de resiliência (Figura 5), reforçando que quanto maior

o valor de X_1 e X_2 maior será a influência sobre os valores de resiliência, ou seja, menor será o valor dessa resposta (Y_{11}).

A resiliência é a medida de quão bem o produto luta para restabelecer o seu formato e tamanho originais (Bourne, 2012). Com o $F_{\text{calculado}}$ para a regressão significativo (10,3) e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo de 81,5%, pode-se afirmar que o modelo se ajusta bem aos dados experimentais (Tabela 4).

Figura 5 – Superfície de resposta e curva de contorno para Resiliência (Y_{11}) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2)



Em relação ao parâmetro de cor, a pasta (X_1) teve efeito negativo sobre as respostas de luminosidade L^* (Efeito=-2,38; $p=0,0003$) e cromaticidade b^* (Efeito=-1,39; $p=0,0001$) e positivo para cromaticidade a^* (Efeito=0,30; $p=0,04$). Com o $F_{\text{calculado}}$ para a regressão significativo (33,8) e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo de 79,0% para L^* , pode-se afirmar que os modelos se ajustam bem aos dados experimentais (Tabela 4).

O valor de L^* das barras alimentícias foi de 44,2 a 52,5 (Tabela 5). Sendo o valor de L^* medido em uma escala de 0 (preto) a 100 (branco), verifica-se que as formulações apresentaram redução nos valores da luminosidade L^* , com a adição de maiores quantidades de pasta (Figura 6). Desta maneira, as formulações 1, 3 e 5 foram as que obtiveram maiores

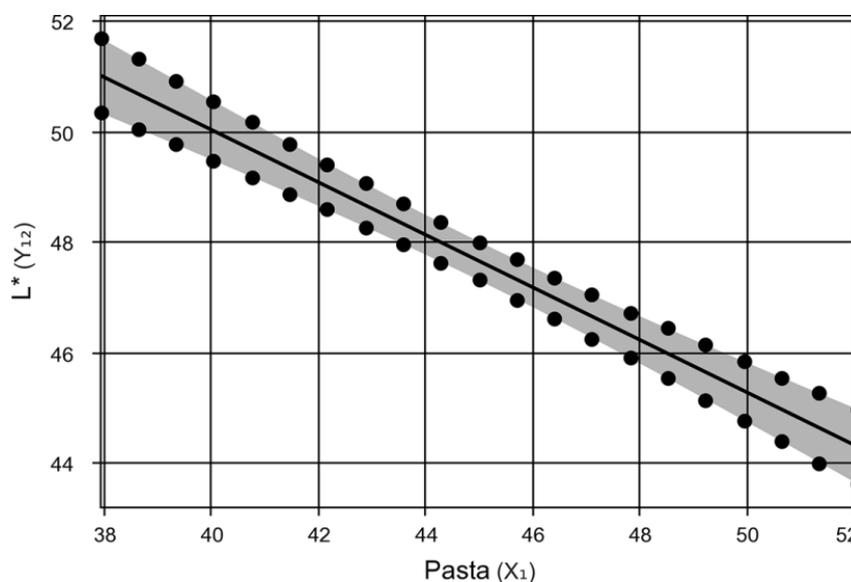
médias para esse parâmetro (Tabela 5), as quais são as que possuem menores quantidades de pasta (X_1) na sua composição. Valores mais baixos de L^* , entre 30,1 e 38,3, foram relatados por Damasceno et al. (2016) em barra de cereais quando adicionados maiores quantidade de biomassa de *Spirulina platensis*.

Tabela 5 - Coloração instrumental média em valores de L^* , a^* e b^* por formulação

Formulação	L^*	a^*	b^*
1	49,0	8,8	24,9
2	44,2	9,7	22,1
3	50,2	8,2	23,8
4	45,0	9,4	21,4
5	52,5	8,5	25,3
6	46,1	8,7	21,1
7	47,9	9,0	24,5
8	48,4	8,5	22,7
9**	45,7	9,1	22,4
10**	47,3	9,0	22,6
11**	47,7	8,9	23,0

Legenda: ** = repetições no ponto central. L^* = luminosidade (0 a 100); a^* = verde ($-a^*$) amarelo ($+a^*$); b^* = azul ($-b^*$) amarelo ($+b^*$).

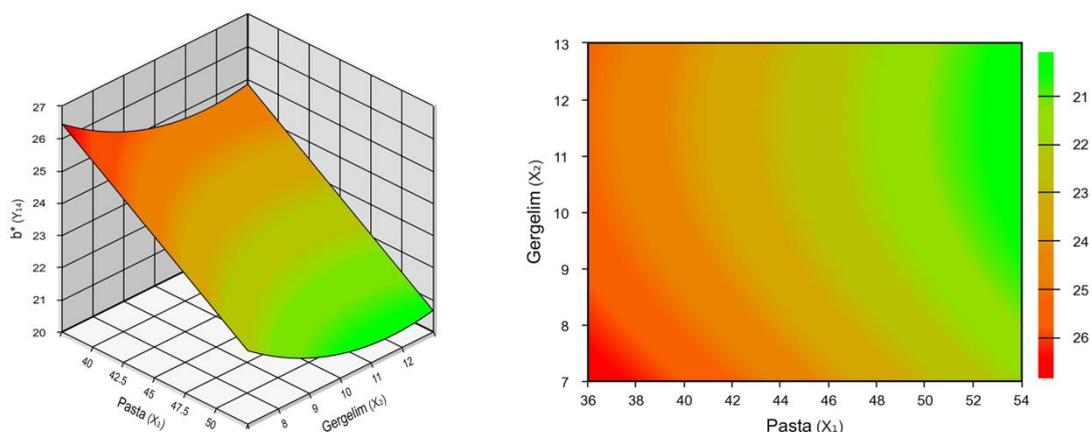
Os valores de b^* (Y_{17}), medido em uma escala $-b^*$ (azul) e $+b^*$ (amarelo), apresentaram, também um efeito linear negativo e quadrático em relação ao gergelim (X_2), assim, com variação entre 21,1 a 25,3 (Tabela 5) e o $F_{\text{calculado}}$ para a regressão significativo (50,7) e a porcentagem de variação explicada (R^2) pelo modelo de 95,6%, pode-se afirmar que os modelos se ajustam bem aos dados experimentais (Tabela 4).

Figura 6 – Efeito linear da pasta (X_1) sobre as respostas de L^* (Y_{12})

Na figura 7 fica evidenciado que os maiores valores b^* nas barras desenvolvidas são alcançados quando os menores teores de pasta (X_1) são associados aos menores teores de gergelim (X_2). Desta forma, a formulação 5 foi a que obteve maior resultado.

O gergelim é um alimento que possui vitaminas A e E, além disso, o óleo é de cor amarelo-claro, sendo rico nas substâncias sesamina, sesamolina e sesamol, que possuem capacidades antioxidantes (Arriel et al., 2009; de Paula Queiroga et al., 2011; Zebib et al., 2015). Assim essas características podem ter influenciado nos valores de b^* .

Figura 7 - Superfície de resposta e curva de contorno de b^* (Y_{17}) em função da quantidade de pasta (X_1) e gergelim (X_2)



A pasta (X_1) pode ter sofrido influência do processamento durante a sua elaboração, já que existe relação direta entre o aumento do tempo e da temperatura sobre a degradação de pigmentos (Menezes et al., 2009) presentes em frutos, a exemplo dos carotenóides no caju (de Abreu et al., 2013; Schweiggert et al., 2016).

Além disso, esse binômio tempo e temperatura pode ter proporcionado um escurecimento não enzimático como caramelização e reação de Maillard. Desta forma, quanto maior a quantidade adicionada às formulações resulta em uma menor luminosidade (L^*) e mais distante da coloração amarela (b^*). Resultados similares (23,11 e 33,98) foram encontrados por Damasceno et al. (2016) em barras de cereais contendo farinha da casca de abacaxi. Valores menores (10,8 e 17,6) foram observados em barras de cereais enriquecidas com biomassa de *Spirulina platensis* (Damasceno et al., 2017).

Diante de todos os resultados, verificou-se que a formulação cinco (5) foi a que obteve melhores valores dentro dos objetivos da otimização. Para a a_w a formulação 5 obteve valor de 0,52, sendo um produto muito bem posicionado dentro do objetivo. O pH do soro do leite – maior componente da pasta e, conseqüentemente, da barra alimentícia – em torno de

6,5, e talvez por esta razão os valores de pH não tenham tido diferença significativa em relação às formulações.

Do ponto de vista da ATT o valor obtido pela formulação cinco foi intermediário, da mesma forma que para °Brix e para força de cisalhamento. Por outro lado, a formulação 5 obteve os menores valores para dureza, fraturabilidade, coesividade, mastigabilidade e resiliência, e os maiores valores para L* e b*, conforme desejado nos objetivos. Isso significa que a formulação cinco proporciona uma barra alimentícia com características de textura que não estão associadas a produtos duros ou quebradiços, nem “borrachudos”, mas um produto de fácil mastigação. Além disso, em termos de coloração, a barra alimentícia mantém a coloração amarronzada, natural da composição da pasta e da utilização do mel na liga, que não seja pálida, mas que seja luminosa.

Foram realizadas análises de composição centesimal, valor energético, fibra alimentar e microbiológicas com a finalidade de validar a formulação escolhida. Na Tabela 6 constam os resultados da pasta de soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim.

Tabela 6 – Valor energético total, composição centesimal e fibra alimentar da pasta de soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim

Variáveis	Pasta	Gergelim
Valor energético total (VET) kcal.100 g ⁻¹	231,3	580,4
Umidade %	35,0	6,6
Carboidrato %	49,2	2,5
Proteína %	5,7	23,8
Lipídios %	1,3	52,8
Fibra alimentar total (g/100g)	5,9	14,3
Fibra solúvel (g/100g)	5,1	1,4
Fibra insolúvel (g/100g)	0,8	12,9
Cinzas %	2,9	3,1

Legenda: % - percentual; VET – Valor Energético Total; Kcal – quilocalorias.

O valor energético da barra alimentícia foi $364 \text{ kcal.100g}^{-1}$ (Tabela 7). Esse resultado obtido pode ser atribuído também aos valores energéticos totais da pasta e, principalmente, do gergelim (Tabela 6). Para fortalecer os achados, em estudo realizado por Gutkoski et al. (2007), as barras de cereais comerciais estudadas apresentaram valor calórico entre 360 e 440 kcal.100g^{-1} . Portanto, a barra desenvolvida apresentou valor energético dentro do esperado, quando comparada a barras alimentícias comerciais

Tabela 7 – Composição centesimal, valor energético, fibra alimentar e cálculo dos Valores Diários da barra alimentícia

Variáveis	Resultados	Valores Diários (% VD)*
Valor energético total (VET) kcal.100 g^{-1}	364	18
Umidade %	15,3	-
Carboidrato %	57,1	19
Proteína %	8,7	12
Lipídios %	11,2	5
Fibra alimentar total (g/100g)	5,9	24
Fibra solúvel (g/100g)	5,1	21
Fibra insolúvel (g/100g)	0,8	3
Cinzas %	1,7	-

Legenda: % - porcentual; VET – Valor Energético Total; Kcal – quilocalorias; *% Valores Diários com base em uma dieta de 2000 kcal ou 8400 kJ.

Com relação à umidade, o valor encontrado foi de 15,3%, que pode estar relacionado a adição da pasta que possui umidade de 35,0% (Tabela 6). Esse parâmetro assume papel importante como indicativo de qualidade e estabilidade do produto, pois vale ressaltar que menores teores de água são melhores para conservar o produto. Foi superior quando comparado ao estudo conduzido por Oliveira et al. (2013), que desenvolveram uma barra de cereal de caju e obtiveram umidade média de 9,9%.

Visto a existência de inúmeras variedades de formulações para as barras alimentícias não há na literatura valores específicos para este tipo de produto. No entanto, dependendo dos ingredientes, pode-se ter variações significativas no teor de umidade no produto final e que a adição de ingredientes capazes de diminuir a umidade do produto, a exemplo dos antiemectantes, é importante no sentido de aumentar a estabilidade e proporcionar maior tempo de prateleira para o produto.

Considerando o valor encontrado para carboidrato, a média foi de 57,1% (Tabela 7). De forma geral, os carboidratos compõem a maior parcela de constituintes da barra alimentícia, pelo fato de que a pasta é o ingrediente base com maior fonte de carboidrato (Tabela 6).

O valor de 8,7% de proteína (Tabela 7) encontrado para a barra alimentícia em estudo pode ser atribuído a semente de gergelim, fonte desse macronutriente (Tabela 6). Tal valor de proteína encontrado para a barra alimentícia representou 12% do valor diário recomendado, para um adulto saudável, de ingestão de proteína/dia (Brasil, 2003a). Além disso, a barra alimentícia avaliada pode ser considerada “fonte de proteína” de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2012).

De forma geral, os lipídios representam a fração mais calórica que compõe os alimentos. O resultado encontrado (tabela 7) foi maior do que os encontrados por Silva et al (2009), que obtiveram 7,8% de lipídios; e por Gutkoski et al (2007), que obtiveram resultados entre 5,0 e 6,5% em barras comerciais. Ainda que a barra desenvolvida neste trabalho tenha apresentado um valor lipídico elevado em relação à maioria das barras comerciais, é importante ressaltar que parte importante dessa gordura é originada de oleaginosas como a semente de gergelim (Tabela 6) e a amêndoa da castanha de caju (Ibge, 2011) que apresentam elevada qualidade nutricional devido à presença de ácidos graxos

insaturados, como oleico e linoleico, que desempenham importante papel no organismo humano (Zebib, Bultosa & Abera, 2015).

O valor de fibra alimentar total (solúvel e insolúvel) da barra alimentícia em estudo representou 24% do valor diário recomendado, para um adulto saudável, de ingestão de fibra/dia (Brasil, 2003a). Ainda, pode ser considerada “fonte de fibra” de acordo com a legislação brasileira (Brasil, 2012). Esses resultados podem ser atribuídos à pasta e ao gergelim, pois ambos apresentaram teor considerável de fibra alimentar, 4,5 % e 14,3% respectivamente, com destaque para as fibras insolúveis, principalmente do gergelim (Tabela 6).

A ingestão de fibras alimentares é recomendada por levarem a uma redução significativa dos níveis de glicose, de pressão arterial e de lipídeos séricos, proporcionando diminuição de doenças crônicas, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes mellitus e neoplasia de cólon em indivíduos (Slavin, 2013).

Os resultados das análises microbiológicas da barra alimentícia foram satisfatórios, não houve crescimento de micro-organismos (Tabela 8). Isso reflete que houve controle higiênico-sanitário criterioso durante todas as etapas do processamento da barra alimentícia, garantindo a sanidade do produto desenvolvido.

Tabela 8 – Análise microbiológica da barra alimentícia com pasta de soro de leite e bagaço de caju e da semente de gergelim

Produto	Coliformes a 35°C e 45°C (NMP/g)	<i>Salmonella</i> spp.	<i>Staphylococcus</i> coagulase positiva (UFC/g)	Bactérias heterotróficas mesófilas (UFC/g)	Fungos filamentosos e leveduras (UFC/g)
Barra alimentícia	<3	Aus em 25g	Aus em 0,1g	<10 (est)	<10 (est)

Legenda: Form. = formulação; NMP/g = número mais provável por grama; UFC/g = unidade formadora de colônias por grama; Est = estimada; Aus – ausência.

As análises microbiológicas são fundamentais para a segurança alimentar, pois, por meio delas se analisa quais e quantos micro-organismos estão presentes, os riscos que o alimento pode oferecer à saúde do consumidor e a vida de prateleira do produto (Forsythe, 2013).

CONCLUSÃO

O delineamento experimental possibilitou o desenvolvimento e otimização das barras alimentícias com base de pasta de soro de leite e bagaço de caju e gergelim creme, maximizando a eficiência do processo e a qualidade das características tecnológicas desejáveis de aW, ATT, °Brix, resiliência, luminosidade L* e cromaticidade b* dentro dos níveis estudados.

A pasta de soro de leite apresentou bons teores de proteínas e de fibras alimentares. Já, a semente de gergelim se destacou por ser fonte de lipídios, de proteínas e de fibras alimentares, principalmente fibra insolúvel.

A barra alimentícia cinco obteve os melhores resultados para as características tecnológicas estudadas, atendendo os objetivos da otimização, além de apresentar-se fonte de proteínas e de fibras alimentares e segura do ponto de vista higiênico-sanitário.

REFERÊNCIAS

- AOAC. Association of Official Analytical Chemists International. (2010). Method 991.43. In *Official Methods of Analysis of the AOAC International*. 18th ed., 3rd rev. Gaithersburg, MD, 2010.
- Aparecida Damasceno, K., Alvarenga Gonçalves, C. A., Dos Santos Pereira, G., Lacerda Costa, L., Bastianello Campagnol, P. C., Leal De Almeida, P., & Arantes-Pereira, L. (2016). Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill). *Journal of Food Quality*, 39(5), 417–424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>
- Arriel, N. H. C., Beltão, N. E. M., & Firmino, P. T. (2009). *Gergelim : o produtor pergunta, a Embrapa responde*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica.
- Bible, B. B., & Singha, S. (1993). Canopy Position Influences CIELAB Coordinates of Peach Color. *HortScience*, 28(10), 992–993.
- Bourne, M. C. (2012). *Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement*. Academic Press.
- Brasil. Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento técnico referente à Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados (2003a). *Diário Oficial da União*.
- _____. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. (2003b). Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. *Diário Oficial da União*.
- _____. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006. Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos, Pub. L. (2006). *Diário Oficial da União*. Recuperado de <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=14/12/2006&jornal=1&pagina=8&totalArquivos=124>
- _____. Decreto nº 7272 de 25, de agosto de 2010. (2010). *Diário Oficial da União*. Recuperado de http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Decreto/D7272.htm
- _____. Resolução da Diretoria Colegiada – RDC 54, de 12 de novembro de 2012. (2012). *Diário Oficial da União*. http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2012/rdc0054_12_11_2012.html
- Covino, R., Monteiro, A. R. G., Scapim, M. R. S., Marques, D. R., Benossi, L., & Monteiro, C. C. F. (2015). Manufacturing cereal bars with high nutritional value through experimental design. *Acta Scientiarum - Technology*, 37(1), 149–154. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v37i1.20732>

da Silva, E. P., Siqueira, H. H., do Lago, R. C., Rosell, C. M., & Vilas Boas, E. V. de B. (2014). Developing fruit-based nutritious snack bars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(1), 52–56. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6282>

Damasceno, A. I. M., Lima, P. K. D., Castiglioni, G. L., Monteiro, S., Batista, H., & Souza, A. R. M. (2017). Barra de Cereal Enriquecida com Biomassa de *Spirulina platensis*, v.10(37), 278–287.

de Abreu, F. P., Dornier, M., Dionisio, A. P., Carail, M., Caris-Veyrat, C., & Dhuique-Mayer, C. (2013). Cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) extract from by-product of juice processing: A focus on carotenoids. *Food Chemistry*, 138(1), 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.10.028>

de Paula Queiroga, V., Borba, F. G., de Almeida, K. V., de Sousa, W. J. B., Jerônimo, J. F., & Queiroga, D. A. N. (2011). Qualidade fisiológica e composição química das sementes de gergelim com distintas cores. *Revista Agro@mbiente On-line*, 4(1), 27–33.

Dutcosky, S. D., Grossmann, M. V. E., Silva, R. S. S. F., & Welsch, A. K. (2006). Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food Chemistry*, 98(4), 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.029>

Fao-ONU (Org.). (2007). *Milk and milk products*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ferreira, M. S. L., Santos, M. C. P., Moro, T. M. A., Basto, G. J., Andrade, R. M. S., & Gonçalves, É. C. B. A. (2015). Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. *Journal of Food Science and Technology*, 52(2), 822–830. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1061-4>

Forsythe, S. J. (2013). *Microbiologia da Segurança do Alimentos* (2^a). Porto Alegre: Artmed.

Garcia, M. C., Lobato, L. P., Benassi, M. T., & Soares Jr., M. S. (2012). Application of roasted rice bran in cereal bars. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 32(4), 718–724. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000096>

Gutkoski, L. C., Bonamigo, J. M. de A., Teixeira, D. M. de F., & Pedó, I. (2007). Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(2), 355–363. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200025>

IAL. (2008). *Métodos físico-químicos para análise de alimentos* (Vol. 4^a). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz. Recuperado de http://www.ial.sp.gov.br/resources/editorinplace/ial/2016_3_19/analisedealimentosial_2008.pdf

Ibge (Org.). (2011). *Pesquisa de orçamentos familiares, 2008-2009: tabela de composição nutricional dos alimentos consumidos no Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE.

Kim, E. H.-J., Corrigan, V. K., Hedderley, D. I., Motoi, L., Wilson, A. J., & Morgenstern, M. P. (2009). Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements. *Journal of Texture Studies*, 40(4), 457–481. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2009.00192.x>

Królczyk, J. B., Dawidziuk, T., Janiszewska-Turak, E., & Sołowiej, B. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – A Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3). <https://doi.org/10.1515/pjfn-2015-0052>

Lucena, L., Medeiros, D., Luiz, F., Cristina, F., Lima, S., Sidney, C., ... Barbosa, M. (2016). Optimization of Acid Treatment of Cashew Peduncle for Ethanol and Xylitol Production, 49, 577–582. <https://doi.org/10.3303/CET1649097>

Marques, T. R., Corrêa, A. D., de Carvalho Alves, A. P., Simão, A. A., Pinheiro, A. C. M., & de Oliveira Ramos, V. (2015). Cereal bars enriched with antioxidant substances and rich in fiber, prepared with flours of acerola residues. *Journal of Food Science and Technology*, 52(8), 5084–5092. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1585-2>

Menezes, C. C., Borges, S. V., Cirillo, M. Â., Ferrua, F. Q., Oliveira, L. F., & Mesquita, K. S. (2009). Caracterização física e físico-química de diferentes formulações de doce de goiaba (*Psidium guajava* L.) da cultivar Pedro Sato. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29(3), 618–625. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000300025>

Nadeem, M., Salim-ur-Rehman, Muhammad Anjum, F., Murtaza, M. A., & Mueen-ud-Din, G. (2012). Development, Characterization, and Optimization of Protein Level in Date Bars Using Response Surface Methodology. *The Scientific World Journal*, 2012, 1–10. <https://doi.org/10.1100/2012/518702>

Oliveira, C. F. P. de, Malta, H. L., Jesus, M. A. C. L. de, Cruz, R. S., & Cardoso, F. D. S. N. (2013). Desenvolvimento, avaliação sensorial e físico-química de barra de cereal de caju. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, 7(1), 934–942. <https://doi.org/10.3895/S1981-36862013000100006>

Schweiggert, R. M., Vargas, E., Conrad, J., Hempel, J., Gras, C. C., Ziegler, J. U., ... Carle, R. (2016). Carotenoids, carotenoid esters, and anthocyanins of yellow-, orange-, and red-peeled cashew apples (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, 200, 274–282. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.01.038>

Slavin, J. (2013). Fiber and Prebiotics: Mechanisms and Health Benefits Joanne Slavin *Nutrients*, 3(5), 1417-1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>

Silva, J. S., Marques, T. R., Simão, A. A., Corrêa, A. D., Pinheiro, A. C. M., & Silva, R. L. (2014). Development and chemical and sensory characterization of pumpkin seed flour-based cereal bars. *Food Science and Technology*, 34(2), 346–352. <https://doi.org/10.1590/fst.2014.0054>

Silva, M. O., Baptista, A. T. A., Camacho, F. P., Bergamasco, R., Vieira, A. M. S., & Ambrosio-Ugri, M. C. B. (2015). Elaboração de barra de cereal utilizando resíduo de extrato de soja com adição de pó de casca de noz-pecã. *Revista Tecnológica*, 9.

Sousa, A. M., Sousa, I. P. R., Teixeira, S. A., Medeiros, S. R. A., & Portela, J. V. F. (2016). Barra Dietética de Cereal Sabor Umbu de Plátano Verde, 6.

Srebernich, S. M., Gonçalves, G. M. S., Ormenese, R. de C. S. C., & Ruffi, C. R. G. (2016). Physico-chemical, sensory and nutritional characteristics of cereal bars with addition of acacia gum, inulin and sorbitol. *Food Science and Technology*, 36(3), 555–562. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.05416>

Szczesniak, A. S. (1963a). Classification of Textural Characteristics. *Journal of Food Science*, 28(4), 385–389. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00215.x>

Szczesniak, A. S. (1963b). Objective Measurements of Food Texture. *Journal of Food Science*, 28(4), 410–420. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00219.x>

Zebib, H., Bultosa, G., & Abera, S. (2015). Physico-chemical Properties of Sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties Grown in Northern Area, Ethiopia. *Agricultural Sciences*, 06(02), 238–246. <https://doi.org/10.4236/as.2015.62024>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As barras alimentícias são produtos versáteis, por serem de fácil acesso e consumo, e o aproveitamento dos resíduos agroindustriais e do gergelim creme como matéria-prima na elaboração de produtos alimentares, principalmente barras alimentícias, é uma alternativa viável, além de ser uma prática ecologicamente correta

O planejamento experimental é sem dúvida uma poderosa ferramenta para se alcançar às condições otimizadas de desenvolvimento de produtos dentro dos objetivos esperados.

O soro do leite é um alimento que possui muitas possibilidades de utilização no enriquecimento de produtos diversos da indústria alimentícia, mas exige alto investimento e tecnologias de processamento e comercialização, de forma a viabilizar o seu aproveitamento.

O bagaço do caju também é rico nutricionalmente e possui diversos usos na indústria de alimentos, os quais ainda poderão ser mais bem aproveitados. Entretanto, ainda tem sido muito subaproveitado pela indústria alimentícia e esquecido na esteira de produção agrícola voltada para o mercado de exportação.

O mesocarpo do babaçu, oriundo de uma atividade prioritariamente extrativista, também é subaproveitado quando se considera sua utilidade na produção de bolos, tortas, biscoitos, massas, mingau e barras alimentícias.

O gergelim, por outro lado, tem encontrado seu espaço na indústria, gerando uma boa ligação entre a agricultura eminentemente familiar e a utilização em larga escala valorizada comercialmente.

O aproveitamento de resíduos agroindustriais e subprodutos no desenvolvimento de produtos alimentícios é um segmento que tem se destacado na tecnologia de alimentos, tendo em vista as características nutricionais de qualidade além da redução dos impactos gerados ao meio ambiente.