

**FÁTIMA LADEIRA MENDES DUARTE**

**EFEITO DA AMÊNDOA DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) NA QUALIDADE  
PROTEICA E SAÚDE INTESTINAL *IN VIVO*, E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL  
DE GRANOLA SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Coorientadora: Hércia Stampini Duarte Martino

**VIÇOSA - MINAS GERAIS  
2021**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

D812e  
2021

Duarte, Fátima Ladeira Mendes, 1967-

Efeito da amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*) na qualidade proteica e saúde intestinal *in vivo*, e aceitação sensorial de granola sem adição de açúcar / Fátima Ladeira Mendes Duarte. – Viçosa, MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (94 f.): il.

Orientador: Frederico Augusto Ribeiro de Barros.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Tecnologia de Alimentos, 2021.

Referências bibliográficas: f.62-77.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.107>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Macaúba. 2. Proteínas. 3. Culinária (Granola).  
4. Intestinos - Doenças - Aspectos nutricionais. I. Barros, Frederico Augusto Ribeiro de, 1983-. II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Tecnologia de Alimentos. Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos.  
III. Título.

CDD 22. ed. 584.51636

Bibliotecário(a) responsável: Renata de Fátima Alves CRB6/2578

**FÁTIMA LADEIRA MENDES DUARTE**

**EFEITO DA AMÊNDOA DE MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*) NA QUALIDADE  
PROTEICA E SAÚDE INTESTINAL *IN VIVO*, E NA ACEITAÇÃO SENSORIAL DE  
GRANOLA SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 10 de dezembro de 2021.

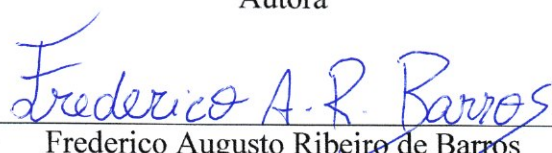
Assentimento:



---

Fátima Ladeira Mendes Duarte

Autora



---

Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Orientador

## AGRADECIMENTOS

A Deus que é autor e criador de todas das coisas.

Ao meu esposo José Elias, minhas filhas Alice e Júlia, pelo amor, incentivo, apoio e compreensão em todos os momentos.

À família do Grupo de Oração Resgate pelas orações, amizade e carinho.

À Maria Inês Dantas Bastiani, pela amizade e fonte de inspiração para a realização do mestrado.

Ao meu orientador professor Frederico Augusto Ribeiro de Barros, pela orientação e amizade.

À minha coorientadora professora Hércia Stampini Duarte Martino, gratidão especial, pelo incentivo, pela pessoa e profissional que é.

Aos membros do Laboratório de Nutrição Experimental do Departamento de Nutrição e Saúde.

À Bárbara Pereira e a Mariana Grancieri pela ajuda, parceria, boa vontade e generosidade.

À Thauana e a Haira pela amizade, paciência e colaboração.

À Andressa Assis pelo auxílio e zelo na realização das análises químicas.

Ao Vinicius José Brilhante pela preciosa contribuição e partilha de seu conhecimento.

Ao grupo de pesquisa BioCarb do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Tecnologia de Alimentos pelo apoio e incentivo.

Aos participantes do grupo de foco, pela contribuição essencial para a qualidade dos nossos resultados, na realização da análise sensorial.

Aos membros da banca, agradeço a disponibilidade e contribuições científicas essenciais, para concretização deste trabalho.

À Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Nutrição e Saúde e o Departamento de Tecnologia de Alimentos, pela oportunidade de realização do mestrado.

À empresa Soleá Brasil pelo fornecimento da matéria prima para realização deste trabalho.

Enfim, ressalto que o presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, a quem agradeço.

## RESUMO

DUARTE, Fátima Ladeira Mendes Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, dezembro de 2021. **Efeito da amêndoa de macaúba (*Acrocomia aculeata*) na qualidade proteica e saúde intestinal *in vivo*, e na aceitação sensorial de granola sem adição de açúcar.** Orientador: Frederico Augusto Ribeiro de Barros. Coorientadora: Hércia Stampini Duarte Martino.

A macaúba (*Acrocomia aculeata*) é fonte de óleos e farinhas da polpa e amêndoa. Porém, a farinha parcialmente desengordurada da amêndoa (FPDAM), rica em proteína e fibra alimentar é subutilizada por falta de conhecimento desta composição nutricional. O objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade proteica *in vivo* da FPDAM e seu efeito na saúde intestinal de ratos *Wistar*, além de verificar a aplicação da macaúba na elaboração de granola sem adição de açúcar. Os animais foram divididos em quatro grupos: aprotéico, controle, mistura de 30% da FPDAM com 70% de caseína (M30) e mistura de 50% da FPDAM com 50% de caseína (M50). Foi avaliado coeficiente de eficiência proteica (PER), razão proteica líquida (NPR), digestibilidade verdadeira (DV), saúde intestinal e variáveis bioquímicas. Foi determinado expressão gênica de proteínas, umidade, pH, consistência e cor das fezes, quantificação de ácidos graxos de cadeia curta e análise histomorfométrica das criptas e camadas musculares do cólon. Foi avaliado colesterol total, colesterol de lipoproteína de alta, baixa e muito baixa densidade, triacilglicerídeos (TGL), ácido úrico, aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT). Os dados foram submetidos à ANOVA e teste *post hoc* de Newman-Keuls ( $p < 0,05$ ). As dietas M30 e M50 foram bem consumidas pelos animais. Os valores de PER (2,82; 2,64; 2,99 g), NPR (3,28; 3,10; 3,45 g) e digestibilidade verdadeira (91,2; 91,1; 95,3%) apresentaram diferenças significativas entre os grupos M30, M50 e controle, respectivamente. Os grupos M30 e M50, apresentaram maior umidade fecal e menor pH fecal em comparação com o controle. Esse apresentou menor produção de ácido acético e ácido propiônico em relação aos grupos M30 e M50. A produção de ácido butírico, bem como a consistência e cor das fezes foram semelhantes entre os grupos experimentais. A profundidade das criptas, largura longitudinal da camada mucosa e largura da camada mucosa circular não diferiram entre os grupos. No entanto, a espessura das criptas foi maior no grupo M50 em comparação com os grupos M30 e controle. A expressão gênica de aminopeptidase (AP) e proteína 1 de transporte de sódio-glicose (SGLT1) não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos M30 e

M50 e controle. A expressão do gene transportador de peptídeo (PepT1) não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos M30 e GC, mas observou-se que o grupo M50 apresentou a menor ( $p < 0,05$ ) expressão desse gene. A expressão do gene SI não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos M30 e M50 que apresentaram valores inferiores ao grupo controle. A granola desenvolvida com a amêndoa de macaúba mostrou-se com bom aporte energético, baixa atividade de água, boa fonte de proteínas e fibras alimentares e na avaliação sensorial obteve 100% de aceitação. Conclui-se que a FPDAM pode representar uma fonte sustentável e promissora de proteínas e fibras alimentares para ser associada à dieta humana, além de fornecer compostos que atuaram favoravelmente na saúde intestinal dos animais experimentais e pode ser um ingrediente promissor para o desenvolvimento de novos produtos.

Palavras-chave: Macaúba. Qualidade Proteica. Saúde intestinal. Granola.

## ABSTRACT

DUARTE, Fátima Ladeira Mendes Duarte, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, December, 2021. **Effect of macauba kernel (*Acrocomia aculeata*) on protein quality and intestinal health *in vivo*, and in the sensory acceptance of no sugar added granola.** Adviser: Frederico Augusto Ribeiro de Barros. Co-adviser: Hércia Stampini Duarte Martino.

Macauba (*Acrocomia aculeata*) is a source of oils and flours, obtained from its pulp and kernel. However, partially defatted kernel flour (FPDAM), rich in protein and dietary fiber, is underutilized due to lack of knowledge of its nutritional composition. The aim of this study was to evaluate the *in vivo* protein quality of partially defatted macauba kernel flour and its effect on the intestinal health of *Wistar* rats, besides verifying the application of macauba kernels in the preparation of granola without added sugar. The animals were divided into four groups: protein, control, mixture of 30% of FPDAM with 70% casein (M30), and mixture of 50% of FPDAM with 50% casein (M50). The protein efficiency coefficient (PER), the liquid protein ratio (NPR), true digestibility (DV), intestinal health and biochemical variables were evaluated. It was determined the gene expression of proteins, the pH, consistency, color of the feces, the quantification of short-chain fatty acids and histomorphometric analysis of the colon's crypts and muscle layers. The biochemical variables evaluated were total cholesterol, high, low and very low density lipoprotein cholesterol, triacylglycerides (TGL), uric acid, aspartate aminotransferase (AST) and alanine aminotransferase (ALT). The data were submitted to ANOVA and Newman-Keuls pos hoc test ( $p < 0.05$ ). The values of PER (2.82; 2.64; 2.99 g), NPR (3.28; 3.10; 3.45 g) and true digestibility (91.2; 91.1; 95.3%) were different between the M30, M50 and control groups, respectively. The groups M30 and M50 showed higher fecal moisture and lower fecal pH compared to animals fed a control diet. In addition, it was observed that the control group presented lower production of acetic acid and propionic acid in relation to the M30 and M50. The production of butyric acid, as well as the consistency and color of the feces were similar among the experimental groups. In addition, the depth of the crypts, the longitudinal width of the mucosa and the width of the circular mucous layer did not differ between the groups studied. However, the thickness of the crypts was higher in the M50 compared to the M30 and control groups. The gene expression of aminopeptidase (AP) and sodium-glucose transport protein 1 (SGLT1) did not differ ( $p > 0.05$ ) between the groups M30 and M50, and the control. The expression of the peptide transporter gene (PepT1) did not differ

( $p > 0.05$ ) between the M30 and GC groups, but the M50 group showed the lowest ( $p < 0.05$ ) expression of this gene. The SI gene expression did not differ ( $p > 0.05$ ) between the M30 and M50 groups, which showed lower values than the control group. The granola developed with macauba kernel showed good energy input, low water activity, good source of protein and dietary fibers and sensory evaluation obtained 100% acceptance. It is concluded that FPDAM can represent a sustainable and promising source of proteins and dietary fibers to be associated with the human diet, besides providing compounds that have acted favorably in the intestinal health of experimental animals and can be a promising ingredient for the development of new products.

**Keywords:** Macauba. Protein Quality. Intestinal Health. Granola.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - (a) Palmeira macaúba; (b) frutos nos cachos; (c) Corte transversal do fruto.....	18
Figura 2 - (a) Descascador de tubérculos; (b) prensa hidráulica.....	30
Figura 3 - Desenho experimental do estudo de qualidade proteica, saúde intestinal e análises bioquímicas utilizando farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	34
Figura 4 - Efeitos do consumo da amêndoa de macaúba na expressão gênica de proteínas relacionadas à saúde intestinal em ratos Wistar (n = 8).....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal (%) e mineral (mg/100g) de amêndoa de macaúba.....	20
Tabela 2 - Composição em ácidos graxos do óleo de amêndoa de macaúba (%).....	21
Tabela 3 - Composição de bioativos do óleo de amêndoa de macaúba.....	23
Tabela 4 - Composição das dietas experimentais (g/100g).....	36
Tabela 5 - Primers de sequenciamento usados na análise RT-qPCR.....	39
Tabela 6 - Escala médica de fezes de Bristol.....	40
Tabela 7 - Composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba (base seca).....	42
Tabela 8 - Minerais da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba, mg/100g (base seca).....	43
Tabela 9 - Composição bioativa da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	44
Tabela 10 - Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba.....	46
Tabela 11 - Perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais de caseína e da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba e a recomendação para aminoácidos de acordo com a FAO/WHO (2013).....	47
Tabela 12 - Escore químico (EQ) da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba e de caseína.....	48
Tabela 13 - Informação nutricional, categorização e percentual de adequação por porção de 50g da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	50
Tabela 14 - Efeito da ingestão da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba no ganho de peso e medidas biométricas dos grupos experimentais.....	51
Tabela 15 - Média e desvio padrão de consumo de proteína, PER, NPR, peso das	

fezes, nitrogênio excretado e digestibilidade verdadeira dos grupos experimentais (n=8).....53

Tabela 16 - Composição de aminoácidos, escore químico, PDCAAS, dos grupos experimentais de acordo com o padrão FAO/WHO.....56

Tabela 17 - Efeito da ingestão de farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba na saúde intestinal de ratos *Wistar* (n=8).....58

Tabela 18 - Efeito da ingestão dietética nas variáveis bioquímicas em ratos *Wistar* (n=8).....60

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	14
2.1. Proteínas de origem vegetal.....	14
2.2. Macaúba ( <i>Acrocomia aculeata</i> ).....	17
2.3. Composição química da amêndoa de macaúba.....	19
2.4. Avaliação da qualidade proteica e saúde intestinal in vivo.....	23
2.5. Uso potencial da amêndoa de macaúba no desenvolvimento de produtos.....	26
3. OBJETIVOS.....	27
3.1. Objetivo geral.....	27
3.2. Objetivo específicos.....	28
4. METODOLOGIA.....	28
4.1. Locais de trabalho.....	28
4.2. Matéria prima.....	28
4.2. Composição centesimal e mineral.....	29
4.4. Conteúdo de ácido fítico e taninos.....	30
4.5. Concentração de fenólicos totais e capacidade antioxidante.....	30
4.6. Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba.....	31
4.7. Perfil de aminoácidos.....	32
4.8. Escore químico (EQ).....	32
4.9. Informação nutricional e categorização por porção da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	32
4.10. Estudo in vivo.....	32
4.10.1. Desenho experimental.....	32
4.10.2. Dietas experimentais.....	34
4.10.3. Avaliação da qualidade proteica da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	35
4.10.3.1. Coeficiente de eficiência alimentar (CEA).....	35
4.10.3.2. Razão de eficiência proteica (PER) e Razão proteica líquida (NPR).....	37
4.10.3.3. Digestibilidade verdadeira (DV) e Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score (PDCAAS).....	37
4.10.4. Análises bioquímicas.....	38
4.10.5. Avaliação da saúde intestinal.....	38
4.10.5.1. Extração de mRNA do tecido intestinal e síntese de cDNA.....	38
4.10.5.2. Determinação da expressão gênica de proteínas envolvidas na saúde intestinal por reação em cadeia da polimerase transcriptase reversa quantitativa (RT-qPCR).....	38
4.10.5.3. Umidade das fezes.....	39
4.10.5.4. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) nas fezes.....	39
4.10.5.5. Avaliação das fezes por meio da escala de Bristol.....	40
4.10.5.6. pH das fezes.....	41
4.10.5.7. Análise histomorfométrica.....	41
4.11. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de granola com amêndoa da macaúba, sem adição de açúcar.....	41

4.12. Análises estatísticas.....	41
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
5.1. Composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	41
5.2. Composição mineral farinha parcialmente desengordurada da amêndoa macaúba.....	43
5.4. Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba.....	45
5.5. Composição de aminoácidos da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba.....	46
5.6. Informação nutricional e categorização por porção da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba.....	49
5.7. Efeito da ingestão das dietas experimentais no ganho de peso e medidas antropométricas em ratos Wistar.....	49
5.8. Razão da eficiência proteica (PER - Protein Efficiency Ratio), Razão proteica líquida (NPR - Net Protein Ratio) e Digestibilidade Verdadeira (DV).....	53
5.9. Escore químico corrigido pela digestibilidade (PDCAAS- Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score).....	55
5.10. Efeito da ingestão da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba na saúde intestinal de ratos Wistar.....	57
5.11. Efeito da ingestão da farinha parcialmente desengordurada amêndoa de macaúba nas variáveis bioquímicas de ratos Wistar.....	60
5.12. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de granola com amêndoa da macaúba, sem adição de açúcar.....	61
6. CONCLUSÕES.....	61
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
8. ANEXOS.....	78

## 1-INTRODUÇÃO

O relevante e ainda crescente número da população mundial e do padrão de consumo alimentar mostram a necessidade de aumentar a quantidade de recursos e a buscar por inovações na produção dos alimentos para abastecer a população do planeta. Além disso, devido a vários motivos como restrições médicas, propósitos ambientais, busca por bem-estar e equilíbrio alimentar, dentre produtos, tem-se observado um aumento no consumo de proteína vegetal em relação às proteínas de origem animal (Henchion et al., 2017; da Silva et al., 2020). Estima-se que em 2054, 1/3 de toda a proteína global consumida será de origem vegetal (Brissette, 2016). Para atender a essa demanda, uma variedade de proteínas de origem vegetal é produzida comercialmente como é o caso do arroz, ervilha, soja, trigo, lentilha e milho (Stone et al., 2015). Porém, a busca por novas fontes proteicas vegetais se faz necessário.

As palmeiras típicas do cerrado brasileiro estão sendo estudadas e sugeridas para as indústrias de alimentos como uma fonte promissora de fornecimento de nutrientes essenciais para complementação do plano alimentar humano. E entre essas encontra-se a macaúba (*Acrocomia aculeata*) que é uma palmeira nativa das florestas tropicais, com grande dispersão no Brasil, localizando principalmente em Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Henderson et al., 1995, Motta et al., 2002). O fruto da macaúba é composto por epicarpo (casca), mesocarpo (polpa), endocarpo e amêndoa. A polpa e a amêndoa da macaúba são ricas em óleo, e possuem compostos de interesse, como carotenoides, fibra alimentar e proteínas (Coimbra & Jorge, 2012; Silva et al., 2014). A amêndoa da macaúba pode ser consumida crua ou como ingrediente na elaboração de doces como paçoca e cocada, utilizada para a extração de óleo de ótima qualidade, fino e incolor (Coimbra & Jorge, 2011a). Após a extração do óleo da amêndoa de macaúba sobra uma torta de prensagem rica em proteínas, que atualmente é usada como ração animal de baixo valor ou pode ser descartado (Colombo et al., 2018).

A amêndoa da macaúba possui alta concentração de proteínas (17,6-28,6%) e uma digestibilidade proteica *in vitro* semelhante à caseína (Coimbra & Jorge, 2011a; Hiane et al., 2006). Além disso, devido a presença de fibra alimentar e compostos bioativos, a amêndoa da macaúba pode ter um impacto positivo na saúde intestinal, uma vez que esses compostos contribuem por melhoria na funcionalidade intestinal (Pereira da Silva et al., 2019; Mishima, 2020). Dessa forma, verifica-se um fruto brasileiro com um grande potencial fornecedor de uma amêndoa rica em proteína para compor a alimentação humana.

Além da soja, proteínas de outros vegetais como a ervilha e o arroz estão sendo estudadas como ingrediente favorável na elaboração de novos produtos alimentícios,

incrementando as suas propriedades nutricionais e funcionais (Mariani et al.,2015; Limberg et al., 2021; Noguera et al., 2021), como poderá acontecer com a amêndoa da macaúba. Trabalhos de caracterização química e que avaliam a qualidade proteica *in vivo* da amêndoa da macaúba e o impacto do seu consumo na saúde intestinal são necessários uma vez que esta matéria-prima representa uma excelente fonte de proteína de origem vegetal, fibras alimentares e compostos fenólicos que poderão contribuir para a crescente demanda deste produto, além de ser uma promissora fonte de compostos bioativos com potencial uso na elaboração de alimentos saudáveis, e contribuir como uma alternativa para a geração de renda das agroindústrias e comunidades rurais.

## **2-REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Proteínas de origem vegetal**

Com a perspectiva de crescimento da população global em torno de 30% nos próximos anos, a expansão da agricultura, o aumento da produtividade e suas consequências ambientais, sociais e econômicas serão inevitáveis (Fasolin et al., 2019). A transformação na sociedade e no processo industrial são necessários para amenizar esses efeitos e garantir o abastecimento de alimentos para todo o mundo. O fornecimento de proteínas tem um papel central e crucial neste processo devido sua importância nutricional, ambiental e social no quesito geração de rendas, principalmente os produtos de proteína animal como carne e laticínios. Realizar mudanças em planos alimentares a base de carnes para produtos obtidos de vegetais exigirá uma profunda transformação social e um desafio árduo (Aiking, 2011; Boer & Aiking, 2017), apesar de haver uma tendência mundial de aumento no consumo de produtos vegetais com o crescimento do mercado plant-based (Freitas, 2020).

Os consumidores utilizam como justificativa o consumo deste tipo de produtos por diversos motivos: razões médicas, ambientais, questões éticas, crenças religiosas, nutricionais entre outros, aplicando assim um estilo de vida saudável, como é o caso dos vegetarianos, veganos e “flexitariano” (Freitas, 2020; Matiello et al., 2021). O flexitarianismo, que está em crescente evolução, é aquele consumidor que quer diminuir a quantidade consumida de proteína animal, e seu plano alimentar é baseado na maioria de alimentos ricos em fibras, vitaminas, minerais e pobres em gordura sendo composto por vegetais, cereais, leguminosas, entre outras. A carne e o peixe tornam-se uma pequena parcela no plano alimentar. Normalmente a adoção deste estilo de vida e de consumo alimentar, vai além dos benefícios nutricionais e para a saúde, mas tem como objetivo agregado a valorização da sustentabilidade ambiental (Silva, 2020).

Deste modo, pode ser observado no contexto global, que a pressão das políticas governamentais e não governamentais, juntamente com intenção atual destes consumidores de incluir mais proteínas de origem vegetal em suas dietas diárias, está trazendo para discussão a importância sobre o uso de fonte alternativa de proteínas, consideradas emergentes e sustentáveis onde incluem grãos ( ex: trigo e milho), sementes ( ex: chia), folhas ( ex: moringa), leguminosas ( ex: feijão, ervilha e lentilha), algas marinhas, fungos e insetos (Fasolin et al., 2019).

A principal dificuldade em relação às proteínas de origem vegetal é a sua composição nutricional, pois não possuem todos os aminoácidos essenciais, o que seria um fator limitante para o uso como única fonte fornecedora de proteína para o organismo humano (Elorinne et al., 2016). Porém, um planejamento alimentar equilibrado, com variedade de fontes vegetais proteicas, contribuirá para o correto aporte de todos os aminoácidos, permitindo que o organismo sintetize as proteínas necessárias ao metabolismo, visto que não é necessário o oferecimento de todos os aminoácidos em uma única refeição (da Silva Alves et al., 2020).

A soja tem recebido atenção dos pesquisadores, porque contém todos os aminoácidos essenciais requeridos pelo organismo humano, além de digestibilidade semelhante a caseína (García et al., 1997; Nawaz et al., 2018). Ademais, a soja pode ser consumida por pessoas com intolerância à lactose e à proteína do leite, na forma de extrato hidrossolúvel, conhecido popularmente como “leite de soja”. Os benefícios do seu consumo na redução do risco de doenças crônicas degenerativas, tem contribuído para o aumento do seu consumo e uso em produtos alimentícios (Alezandro et al., 2011).

Outra leguminosa, que vem aumentando o interesse na produção é a ervilha, que, segundo o estudo de mercado da *Global Market Insights*, a proteína de ervilha terá um aumento de cerca 12,9% entre 2018 e 2024 (Gonçalves, 2019). Pesquisas mostram que a ervilha, pode ser considerada excelente alimento, rico em proteínas (18 a 35%), vitaminas do complexo B, além de minerais como cálcio, ferro, fósforo e potássio (Agriambi, 2017). Além do valor nutricional, a ervilha possui baixa alergenicidade, classificada de organismo não modificado geneticamente e é geralmente incorporada como farinha, concentrado ou isolado proteico. A proteína da ervilha é deficiente nos aminoácidos sulfurados metionina e cisteína, mas são ricas em lisina o que torna o seu perfil de aminoácidos complementar a dos cereais. Estas proteínas têm sido aplicadas com sucesso como material encapsulante de compostos bioativos e como mistura com a proteína do leite, podendo ser vista como uma alternativa para a produção de alimentos nutritivos, com características sensoriais aceitáveis e propriedades diferenciadas, sendo uma das proteínas mais estudadas depois da soja e do trigo (Saldanha do Carmo et al.,

2016; Silva & Oliveira, 2021). No entanto, o sabor desagradável inerente às ervilhas é uma barreira para o consumo e limitação a expansão desta proteína nas principais aplicações alimentares (Roland et al., 2017).

A proteína do arroz é outro exemplo que tem despertado interesse da indústria de alimentos devido ao seu valor nutricional, propriedades benéficas a saúde por fornecer proteínas hipoalergênicas e um bom perfil de aminoácidos. Do farelo do arroz se obtém o concentrado proteico que é normalmente utilizado para a fortificação de misturas e fórmulas infantis (Han et al., 2015).

A demanda por bebidas elaboradas por proteínas de origem vegetal aumentou devido ao aumento do percentual de indivíduos acometidos por alguma alergia ou intolerância alimentar, além da escolha das pessoas por estilos de vida mais alternativos, como por exemplo vegetariano e o veganismo. A bebida mais consumida é a base de soja, porém existem diversos substitutos, como amêndoa, coco, amendoim, grão de bico entre outros. Estudo realizado com a quinoa mostrou que as indústrias de alimentos têm despertado interesse por esse pseudocereal oriundo dos Andes reconhecido por seu conteúdo em proteína de 10 a 17%. A bebida de quinoa neste estudo superou o conteúdo proteico 2,69g/100g a outras bebidas comerciais de arroz, coco, macadâmia, avelã que contém em média 0,07-2,11g/100g (Guallasamín-Dávila et al., 2018). Não superou as bebidas contendo soja que contém 3,70g/100g de proteína (Jeske et al., 2017).

As algas marinhas, também, têm despertado o interesse das indústrias de alimentos, o seu potencial econômico bastante diversificado, não se limitando apenas à área alimentar, mas abrangendo várias indústrias relacionadas com a produção de têxteis, combustíveis, biofertilizantes, fármacos, tintas, plásticos e cosméticos (Cardozo et al., 2007). A avaliação do conteúdo de proteínas demonstrou que, as algas castanhas têm menor fração proteica (10% a 21%) que as algas vermelhas, cujo teor pode variar entre 35% e 44% em peso seco de amostra nas espécies *P. palmata* e *P. tenera* (Holdt & Kraan, 2011).

Portanto, as indústrias de alimentos estão em constante inovação buscando o desenvolvimento de novos produtos com proteínas de origem vegetal, devido ao seu bom desenvolvimento sustentável, composição com benefícios a saúde, origem confiável e preço atrativos (Sartori et al., 2012). Além disso, procurando atender ao crescente mercado *plant-based* tem ocorrido um investimento em pesquisas, em relação as fontes proteicas vegetais que ocorrem espontaneamente na natureza principalmente os frutos de palmeiras típicas do cerrado brasileiro como a macaúba. Assim a identificação de espécies vegetais ricas em proteínas, seu

incentivo de cultivo e consumo podem contribuir para diminuir as deficiências nutricionais para a população em geral, especialmente àquelas com hábitos e dietas alimentares diferenciadas. Além de beneficiar a população mais pobre com acesso a uma fonte de proteína com custo reduzido e com um valor nutricional agregado, pois o indivíduo automaticamente consome mais fitoquímicos e fibras que colaboram para homeostase do organismo (Moratoya et al., 2013; Mariutti et al., 2021).

## **2.2. Macaúba (*Acrocomia aculeata*)**

A primeira descrição da *Acrocomia aculeata* foi realizada por Jacquin em 1763, com o basônimo *Cocos aculeatus* Jacq. Posteriormente, Martius em 1824 a inseriu no gênero *Acrocomia* e a denominou *Acrocomia sclerocarpa*. Em 1845, Loddiges reuniu ambos em sinonímia, denominando-a como *Acrocomia aculeata* (Lorenzi & Negrelle, 2006). Trata-se de uma palmeira perene nativa de florestas tropicais conhecida popularmente como “bocaiúva”, “coco-de-catarro” ou “coco-de-macaúba”, produtora de frutos de grande interesse econômico sendo um potencial para a indústria de cosméticos e matéria prima para produção de biodiesel (Moura et al., 2009; Abreu et al., 2012).

As palmeiras de macaúba (Figura 1a) são vigorosas, com caule de aproximadamente com 30 a 45 cm de diâmetro, podendo atingir até 15 metros de altura, e as plantas jovens normalmente possuem as bases cobertas por folhas associadas a espinhos. As palmeiras produzem frutos durante todo o ano, a partir de cinco anos de plantio até aproximadamente os cem anos (Lorenzi & Negrelle, 2006) sendo a maturação entre os meses de setembro a janeiro (Henderson et al., 1995). Cada palmeira produz de 3 a 4 cachos (Figura 1b), que podem atingir até 80 cm de comprimento, protegidos por uma espata de até 2 metros (Nucci et al., 2008).

Os frutos são esféricos ou ligeiramente achatados, com diâmetro variando de 2,5 a 5,0 cm, sendo dispostos em cachos, de coloração marrom-amarelada (Figura 1c). Os frutos e a maturação acontecem de forma desuniforme e são compostos por cerca de 21% de epicarpo (casca), 38% de mesocarpo (polpa carnosa), 34% de endocarpo e 7% de endosperma (amêndoa), podendo variar conforme o local da produção (Gargnin et al., 2008; Nucci et al., 2008).



**Figura 1.** Palmeira de macaúba (a), frutos nos cachos (b) e corte transversal do fruto (c)

Fonte: [www.macauba.ufv](http://www.macauba.ufv)

O epicarpo (casca) parte externa do fruto tem cerosidade, possui coloração marrom-amarelada e quando maduro se rompe facilmente. O mesocarpo (polpa carnosa) é fibroso, mucilaginoso, de sabor adocicado, com coloração amarelada. O endocarpo é fortemente aderido à polpa, sendo muito rígido e de coloração negra. A amêndoa encontra-se contida pelo endocarpo revestida por uma fina camada de tegumento. Esse conjunto forma a semente de macaúba (Hiane et al., 2006a; Lorenzi & Negrelle, 2006; Nucci et al., 2008; Ramos et al, 2008; Farias, 2010).

A macaúba está amplamente distribuída no Brasil, desde o estado do Pará até São Paulo, passando pelo clima equatorial e tropical, e o estado de maior concentração de produção natural é Minas Gerais (Motta et al., 2002). O governo deste estado por meio da Lei nº 19.485, de 13 de janeiro de 2011 instituiu a política estadual de incentivo ao cultivo, extração, comercialização, consumo e transformação da macaúba e palmeiras oleaginosas, o “Pró-Macaúba” (Jurídicos, 2005; Gerais, 2011). A regulamentação desta lei foi impulsionada pela demanda crescente por matérias primas fonte de óleos, que se inserem no contexto da geração de energias renováveis, sendo apontada como uma das matérias-primas mais promissoras para a produção de biodiesel (Colombo & Berton, 2012). Portanto, o objetivo da lei é além de incentivar o cultivo e a exploração da macaúba de uma forma mais eficiente, promover a integração das comunidades que tradicionalmente exploram a macaúba. Investimentos em plantações comerciais de macaúba estão se espalhando no Brasil e em breve, seus óleos estarão disponíveis em grande escala (Inocas, 2020; Soleá, 2020).

O potencial de uso da palmeira macaúba é grande, podendo ser empregada para fins alimentares, cosméticos e energéticos, praticamente não deixando resíduos inaproveitáveis (da Conceição et al., 2015). Possui alta adaptabilidade pode crescer em solo marginal e é adequada para produção em forma de consórcio e sistemas agroflorestais (Colombo et al., 2018).

Também, a macaúba garante uma produção média de óleo de 2500 kg por hectare e ano, ou por meio de genótipos selecionados até 5000kg de óleo por hectare e ano (Colombo et al., 2018), maior que as oleaginosas, como a soja, o girassol, o algodão e o amendoim, que apresentam produtividade média de 1 tonelada por hectare (Nobre et al., 2014).

### **2.3. Composição química da amêndoa de macaúba**

As características físico-químicas dos frutos da macaúba podem ser influenciadas por diversos fatores, como a variabilidade genética, área de ocorrência, condições climáticas e edáficas, exposição ao sol, manuseio pós colheita, entre outros (Fagundes & Yamanishi, 2001). Segundo Rettore & Martins, 1983 tanto a composição dos frutos, como o conteúdo de óleo da polpa e da amêndoa de macaúba são bastante discrepantes, resultado tanto da origem dos frutos, como decorrentes da umidade e de maturidade destes quando submetidos a análise. Embora, em pesquisa de caracterização biométrica, física e química de frutos de macaúba procedência de regiões distintas, Mato Grosso do Sul e São Paulo, não apresentaram diferenças significativas entre si nas características biométricas (Sanjinez-Argandonã, Chuba, 2011).

Estudo realizado por Lescano et al. (2015) com frutos de macaúba coletado na Fundação do Mato Grosso do Sul, na cidade de Maracaju, entre os meses de dezembro e janeiro de 2012, demonstrou que a polpa e a amêndoa representam 49% e 6,25%, respectivamente da massa total dos frutos. A composição centesimal de macaúba com destaque para a parte comestível a amêndoa, está indicada na Tabela 1.

Observa-se que a amêndoa de macaúba é rica proteínas, lipídios, apresenta um baixo teor de umidade e constitui uma boa fonte de fibra alimentar (Tabela1). Além de espécies distintas, diferença entre frutos de mesma espécie, mas de diferentes regiões, é explicada pela influência que o solo, adubação, o clima, manejo na colheita e pós-colheita e outros fatores ambientais exercem na composição química do fruto (Munhoz et al., 2018).

Grande & Cren (2016) determinaram o conteúdo de cinzas da amêndoa de macaúba (1,98%) e realizaram comparação com a soja e o amendoim encontrando conteúdos de 5,11% e 2,09% respectivamente. Portanto, concluíram que o conteúdo de cinzas da amêndoa de macaúba indica que esta é uma fonte de minerais (sódio, potássio, magnésio, cálcio, ferro, fósforo, cobre, cloreto, alumínio, zinco, manganês e outros compostos minerais) quando comparada com as outras oleaginosas.

**Tabela 1.** Composição centesimal (%) e mineral (mg/100g) de amêndoa de macaúba (base úmida)

<b>Componentes</b>	<b>Amêndoa</b>
Lipídeos	46,06-55,55
Proteínas	17,06-28,61
Fibra alimentar	12,49-17,23
Carboidrato	5,81-7,59
Umidade	4,97-12,10
Cinzas	1,99-2,08
<b>Minerais</b>	
Fósforo	537,50
Potássio	377,20
Magnésio	207,00
Cálcio	94,3
Iodo	3,29
Zinco	3,09
Manganês	2,43
Cobre	1,11
Sódio	2,14
Ferro	-

(-) Não determinado

Fonte: Hiane et al., 2006a; Ramos et al., 2008; Coimbra&Jorge, 2011a; Munhoz et al., 2018.

As amêndoas de macaúba possuem conteúdo de lipídios maior do que outras oleaginosas, como soja e amendoim, 21,26% e 46,74%, respectivamente, demonstrando o potencial do fruto da macaúba como fonte promissora de óleos vegetais (Grande & Cren, 2016). A concentração de proteína da amêndoa de macaúba é semelhante a de outros vegetais como soja (39,14%) e amendoim (27,70%) (Grande & Cren, 2016), sendo um indicativo de excelente fonte de proteínas vegetais. As frações proteicas da amêndoa de macaúba foram identificadas e as globulinas foram a principal fração com 58,5% das proteínas de armazenamento e que eram

ricas em aminoácidos essenciais especialmente metionina e cisteína tornando-a uma rica fonte proteica para complementar plano alimentar humano (e Silva et al., 2021).

O conteúdo de carboidratos da amêndoa, conforme apresentado na Tabela1, indica que a macaúba pode ser uma importante fornecedora desse macronutriente (Coimbra & Jorge, 2011 a). A amêndoa de macaúba é uma importante fonte de fibra alimentar (Tabela1). De acordo com o Ministério da Saúde, um alimento é considerado com alto conteúdo de fibra alimentar quando contém acima de  $6g.100g^{-1}$ , como fonte, quando seu conteúdo está acima de  $3g.100g^{-1}$  e possui como ingestão diária recomendada 25g (Brasil, 1998).

A amêndoa possui alto conteúdo de magnésio, manganês, zinco e cobre e é fonte de cálcio e fósforo. O conteúdo de minerais é alto quando comparado com outros frutos de outras palmeiras, como buriti, caraguatá, pitanga, araticum, araçá e tarumã, oriundo do estado do Mato Grosso do Sul (Ramos et al., 2008).

A composição dos principais ácidos graxos da amêndoa de macaúba está indicada na Tabela 2.

**Tabela 2.** Composição em ácidos graxos do óleo de amêndoa de macaúba (%)

Ácido Graxo	Amêndoa
Láurico (C12:0)	32,58-44,14
Oleico (C18:1)	18,70-36,27
Mirístico (C14:0)	8,45-13,60
Palmítico (C16:0)	6,57-9,20
Caprílico (C8:0)	3,67-5,22
Linoleico (C18:2)	3,00-3,82
Cáprico (C10:0)	2,79-4,56
Esteárico (C18:0)	2,11-3,4
Palmitoleico (C16:1)	0,00-0,10
Linolênico (C18:3)	-

(-) Não determinado

Fonte: Amaral et al., 2011; Coimbra & Jorge, 2011b; Lieb et al., 2019.

O óleo extraído da amêndoa é composto, principalmente, pelo ácido láurico e oleico, sendo considerado um óleo fino, e por isso, muito apreciado na indústria de alimentos, fármacos e cosméticos (Nobre et al.,2014). O ácido oleico é um ácido graxo monoinsaturado que apresenta na sua composição 18 átomos de carbonos e apenas uma insaturação. Esta configuração molecular lhe confere características importantes, como redução da síntese de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), que é a principal formadora da placa aterogênica nos vasos sanguíneos e, concomitantemente, aumenta os níveis da lipoproteína de alta densidade (HDL-colesterol), que transporta o colesterol livre dos tecidos e sangue para o fígado para ser metabolizado e excretado pelo organismo (Fitó et al., 2007; Grande-Principal et al., 2010). Portanto, está associado a menor incidência de infarto, ou acidente vascular cerebral ou periférico.

A composição em ácido graxo láurico da amêndoa de macaúba demonstra como um bom substituto para o óleo de coco (Bora & Rocha, 2004). As principais fontes de gorduras láuricas no mundo são os óleos de coco e palmiste, sendo as Filipinas e a Malásia os principais países produtores (Chaves et al., 2006). No Brasil, os óleos de coco, palmiste e babaçu, normalmente, são as principais fontes de ácido láurico (Machado & Chaves, 2006), o qual possui aplicabilidade na indústria de alimentos em substituição à gordura vegetal hidrogenada, que possui elevada concentração de gordura trans (Faria et al., 2008). Embora a composição do óleo de coco assemelha-se com o da amêndoa de macaúba, este apresenta um conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados (oleico) mais elevado o que confere propriedades benéficas à saúde, pois são capazes de melhorar os níveis de colesterol e prevenir doenças cardiovasculares (Carluccio et al., 2007).

Além dos componentes nutricionais, a macaúba é fonte de compostos bioativos, como pode-se verificar nos dados apresentados na Tabela 3.

Verifica-se nos dados da Tabela 3 que o conteúdo de fenólicos totais da amêndoa de macaúba é de 4,38 mg EAG/g, indicando que a amêndoa pode ser considerada potencial fonte de compostos fenólicos, e dessa forma, pode contribuir positivamente com uma dieta alimentar saudável. A atividade antioxidante presente nestes compostos é capaz de promover efeitos benéficos à saúde, na prevenção de patologias como o câncer, a catarata e doenças cardiovasculares (Rodriguez-Amaya, 1997).

**Tabela 3.** Composição de compostos bioativos no óleo de amêndoa de macaúba

<b>Compostos bioativos</b>	<b>Amêndoa</b>
Fenólicos totais (mg EAG/g)	4,38
Carotenoides totais (mg/100g)	0,18
Tocoferóis totais (mg/100g)	2,31
$\alpha$ – Tocoferol (mg/100g)	1,43
$\delta$ -Tocoferol (mg/100g)	0,79
$\beta$ – Tocoferol (mg/100g)	0,08
$\gamma$ – Tocoferol (mg/100g)	-

(-) Não determinado

Fonte: Coimbra & Jorge, 2011b; Coimbra & Jorge, 2012.

Os dados apresentados na Tabela4 mostram a quantidade de carotenoides totais na amêndoa de 1,82  $\mu$ g/g. A provitamina A exerce um papel importante de antioxidante, atuando na prevenção de algumas doenças, pois desempenha funções fisiológicas essenciais como: formação, proteção e regeneração da pele e das mucosas, aumento do sistema imune e auxilia na manutenção da visão (Gama & Sylos, 2007). De acordo com Huber & Rodriguez-Amaya (2008) e Reis & Schmiele (2019), outros frutos oriundos do cerrado são fontes de carotenoides, como o pequi cuja coloração amarela deve-se a presença de  $\alpha$  e  $\beta$ -caroteno de 2 a 3 g/100g de polpa, respectivamente. Entre outros como, a mangaba, araticum, guabiroba mama cadela, frutos de umari, tucumã e buriti possuem boas fontes de carotenoides.

Além dos compostos bioativos citados, os tocóis  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ -tocoferol e tocotrienol estão presentes na amêndoa. Os tocotrienóis são comumente encontrados em óleos de palma e arroz. Enquanto, os tocóis apresentam atividade de vitamina E, sendo o  $\alpha$ -tocoferol com esta função mais evidente e outros tocóis apresentam maior capacidade de proteger os óleos vegetais contra a peroxidação lipídica (Chaiyasit et al., 2007).

#### **2.4. Avaliação da qualidade proteica e saúde intestinal *in vivo***

A avaliação da qualidade das proteínas determina recomendações proteicas mais adequadas, pois características como a quantidade, digestibilidade e biodisponibilidade são identificadas, bem como a transformação das proteínas em formas mais utilizáveis nas diferentes rotas metabólicas. Uma medida ampla da qualidade proteica deve envolver a

composição, a digestibilidade e a utilização dos produtos resultantes (Dutra-Oliveira & Marchini, 2003; Costa et al., 2014).

O organismo humano seria o local ideal para a realização da medida mais exata da qualidade das proteínas, porém por motivos éticos e práticos, os estudos com humanos são muito reduzidos, sendo priorizado o método biológico *in vivo*, com animais que possuem o processo de digestão semelhante ao homem (Costa et al., 2014). Um dos métodos biológicos usualmente utilizados para avaliar a qualidade da proteína é a razão de eficiência proteica, que considera o ganho de peso do animal, com relação à proteína ingerida por ele, porém não leva em consideração a utilização da proteína para manutenção, apenas avalia a promoção do crescimento, tendendo subestimar a qualidade das proteínas inferiores, realçando diferenças entre proteínas de maior ou menor valor nutricional, sendo uma limitação deste método (Costa et al., 2014).

Por outro lado, na razão proteica líquida, outro método biológico, há a inclusão de um grupo com dieta sem fonte proteica, que contribui para a correção desta referida limitação. A perda de peso desse grupo é acrescentada ao ganho de peso obtido nos grupos proteicos padrão caseína e grupos proteicos teste (Costa et al., 2014). O balanço de nitrogênio é também utilizado como método de avaliação de qualidade proteica, através da determinação da digestibilidade que mede a fração de nitrogênio ingerida (Martino et al., 2013). Portanto, os métodos *in vivo* são as técnicas baseadas no balanço de nitrogênio, no crescimento dos animais e com base na retenção de nitrogênio (Costa et al., 2014).

Hiane et al. (2006b) demonstraram que as proteínas predominantes na amêndoa de macaúba são as globulinas (53,5%), e a avaliação da sua qualidade por meio da digestibilidade *in vitro* foi semelhante à caseína.

No presente estudo, o método escolhido para a avaliação da qualidade da proteína da amêndoa de macaúba foi o método biológico *in vivo*, utilizando as técnicas baseada no balanço de nitrogênio (a digestibilidade verdadeira) e no crescimento dos animais (razão da eficiência proteica e a razão líquida proteica). Segundo Costa et al. (2014) os ensaios biológicos, para avaliar a qualidade proteica, são essenciais, porque revelam principalmente a medida de aminoácidos utilizáveis pelo animal, por conseguinte a biodisponibilidade desses nas proteínas dos alimentos.

Embora a composição de aminoácidos essenciais seja um indicador da qualidade nutricional de uma proteína, a extensão pela qual o organismo irá utilizá-los dependerá inicialmente do resultado da ação de enzimas proteolíticas da cadeia polipeptídica, que

caracteriza a digestibilidade, isto é a proporção de nitrogênio ingerido que será absorvido após a ingestão (Cozzolino, 2005; Costa et al, 2021).

Um fator que limita a utilização das proteínas da dieta é o grau de hidrólise no trato digestório, que é influenciado pela conformação estrutural da molécula, fatores antinutricionais, pelo processamento e complexação com outros nutrientes (Cozzolino, 2005).

Além da qualidade da proteína que compõe o alimento os demais nutrientes e compostos devem ser investigados em um estudo *in vivo*, visto que atuam na saúde intestinal. Estudos tem colocado em destaque às pesquisas científicas sobre as fibras alimentares, devido a função benéfica que vem sendo associada a prevenção de doenças intestinais inflamatórias, cardiovasculares, dislipidemias e cancerígenas, principalmente pela relação do consumo de fibras solúveis e a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), o acetato, propionato e butirato, durante a fermentação feita por bactérias no intestino grosso (Threapleton et al., 2013).

A presença de fibra alimentar solúvel no cólon pode melhorar a morfologia intestinal e colonização bacteriana, reduzir o pH e dessa forma melhorar a absorção de cálcio (da Silva et al., 2019). De acordo, com da Silva et al. (2016) animais alimentados com chia promoveu alterações no tecido intestinal que aumentam sua funcionalidade, benefício que foi relacionado com a presença de fibras alimentares na matriz alimentar da chia.

Na obtenção do óleo da amêndoa de macaúba, o principal coproduto obtido é a torta que apresenta alto valor nutricional (Silva & Andrade, 2011), destacando-se pela presença das fibras alimentares, podendo ainda apresentar potencial prebiótico que atua benéficamente a saúde intestinal. Pois, são prontamente fermentáveis pelas bactérias do intestino grosso, podendo estimular a produção de ácido lático e ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) como o acético, butírico e propiônico (Resende et al., 2019).

De acordo com Xie & Demarzio (2019), prebióticos são carboidratos não digeríveis fermentados por bactérias intestinais, e conseqüentemente mudam a composição da microbiota intestinal promovendo benefícios a saúde do hospedeiro, associados a modulação da microbiota intestinal. Os alimentos que compõem um plano alimentar têm um papel importante na microbiota na sua composição e na sua função, alimentos com reduzida fonte de fibras e com elevada característica industrializada pode modificar a microbiota intestinal causando disbiose (Luz, 2014).

Dessa forma, é necessário um estudo *in vivo* para investigar os efeitos do consumo da amêndoa de macaúba na saúde intestinal, uma vez que não há relatos de estudos relacionados com a microbiota intestinal e macaúba.

## 2.5. Uso potencial da amêndoa de macaúba no desenvolvimento de produtos

Diversos estudos apontam a macaúba como um potencial para o mercado alimentício, principalmente na elaboração de novos produtos, visto que se trata de um fruto oleaginoso com boa qualidade nutricional associada com benefícios a saúde (Argandoña-Sanjinez et al., 2011; Costa et al., 2016). A macaúba tem como partes comestíveis a amêndoa e a polpa que normalmente são consumidas na forma *in natura* ou como ingrediente em preparação como biscoitos, sorvetes, bolos, paçoca doce e cocada (Kopper et al., 2009; Ferreira et al., 2013).

A literatura tem mostrado pesquisas com desenvolvimento de produtos com adição de amêndoa de macaúba. Dessimoni-Pinto et al. (2010) e Nogueira et al. (2012), utilizaram 15 % de amêndoa de macaúba na confecção de barras de cereais, em relação a uma barra de cereal controle. A avaliação de ambos os produtos demonstrou elevado potencial de aceitação e preferência, pois foi considerado pelos consumidores como um produto saboroso, com perfil sensorial mais agradável que a barra controle demonstrando como resposta 90% de intenção de compras, além de um alto potencial de aceitação e preferência, sendo considerado um produto saboroso e agradável.

Em um estudo realizado com barras de cereais elaboradas utilizando polpa e amêndoa de macaúba, a análise sensorial apresentou notas superiores a 6,4 para todos os atributos avaliados, demonstrando que o produto obteve uma avaliação de gostei moderadamente a muito, sendo que a barra com 5% de polpa e amêndoa obtiveram os maiores índices de aceitabilidade que o controle (Farinazzi Machado et al., 2018).

Neste contexto de desenvolvimento de novos produtos utilizando a macaúba, a granola é um produto em potencial para utilização de amêndoa de macaúba. Ela surgiu nos Estados Unidos, no século XIX, com William Sylvester Graham que era um grande defensor do vegetarianismo, criou uma espécie de farinha integral. Alguns anos depois, o sanitarista John Harvey Kellogg, inventou uma mistura de grãos de trigo, milho e aveia assados para servir a seus pacientes.

A granola ficou famosa na década de 1960 com o movimento *hippie*, que valorizava uma alimentação saudável e natural. Desde então, esse alimento vem ganhando cada vez mais as mesas do mundo, investindo novas formulações e novas maneiras de consumo (Tiziani, 2011), pois é um produto elaborado com uma mistura de cereais, grãos inteiros, frutas secas, nozes e castanhas. A heterogeneidade e a combinação desses alimentos tornam possível incluir outros ingredientes, proporcionando granola com grandes quantidades de fibra dietética, energia, vitaminas e minerais, proteínas, carboidratos e ácidos graxos insaturados

(Amaya-Farfan et al., 2005; Waterhouse et al., 2008) Porém, observa-se que a maioria das granolas produzidas e oferecidas no mercado brasileiro são constituídas por açúcar refinado, açúcar mascavo, açúcar invertido, xarope de frutose, glicose, entre outros, tornando-se um produto com elevado percentual de carboidrato simples. (Proteste, 2018). É sabido que o consumo regular de fibras alimentares promove benefícios importantes no organismo como aumento do bolo fecal, diminuição do desconforto causado pelo sintoma de constipação intestinal, redução do colesterol e da glicose sanguínea, além de possuir um sabor agradável (Granada et al., 2003; Freitas & Naves, 2010).

Então, a proposta da elaboração de uma granola com características diferentes da ofertada no mercado foi combinar os ingredientes de forma adequada para garantir que se complementem mutuamente nas características de sabor, textura e propriedades físicas. Estudos mostram que dietas pobres em fibras alimentares podem estar associadas a constipação intestinal, diverticulose e câncer do intestino grosso, diabetes, obesidade e doenças coronarianas (Costa & Rosa, 2016).

A composição da aveia a caracteriza como um dos principais alimentos funcionais e nutracêutico, com baixo custo e benefícios à saúde, colaborando para redução do colesterol, triglicerídeos, prevenção da incidência de doenças cardiovasculares, aumento da saciedade e auxílio na redução do peso corporal (Nunes et al., 2021). Que aliados aos demais ingredientes que compõem a granola (uva passas e amêndoa de macaúba) que são considerados uma importante fonte de proteínas, carboidratos, fibras alimentares, vitaminas, minerais e compostos fenólicos resultam em um produto que ajuda aos profissionais de saúde no enfrentamento destas doenças crônicas não transmissíveis. (Olivati, 2020; Munhoz et al., 2018).

Nesse contexto, a elaboração de produtos saudáveis, com a combinação de dois ou mais alimentos que contenham compostos com alegações benéficas a saúde foi proposta a granola com adição da amêndoa de macaúba e sem adição de açúcar.

### **3-OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo geral**

Avaliar a qualidade proteica da amêndoa de macaúba e seu efeito na saúde intestinal *in vivo*, e sua aplicação na elaboração de granola sem adição de açúcar.

### 3.2. Objetivos específicos

- Determinar a composição centesimal e a concentração de minerais, ácido fítico, taninos, fenólicos totais, e a capacidade antioxidante da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba;
- Determinar o perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba;
- Determinar o perfil de aminoácidos da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba;
- Avaliar a qualidade proteica da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba em ratos *Wistar*;
- Avaliar a influência da ingestão da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba na funcionalidade e morfologia do intestino em ratos *Wistar*;
- Avaliar a influência da ingestão da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba nas variáveis bioquímicas em ratos *Wistar*;
- Desenvolver granolas com adição de amêndoa de macaúba;
- Avaliar a aceitabilidade das granolas desenvolvidas;
- Determinar a composição centesimal, o valor energético e atividade de água da granola com maior aceitação.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Locais de trabalho

As etapas de desenvolvimento deste estudo foram realizadas nos seguintes laboratórios: Laboratório de Análises de Vitaminas (Departamento de Nutrição e Saúde/UFV); Laboratório de Biologia de Peixes (Departamento de Biologia Animal/UFV); Laboratório de Nutrição Experimental (Departamento de Nutrição e Saúde/UFV); Laboratório de Microbiologia de Patógenos de Origem Hídrica e Alimentar (Departamento de Tecnologia de Alimentos /UFV); Laboratório de Química de Alimentos (Departamento de Tecnologia de Alimentos/UFV) Laboratório de Análises de Solos (Departamento de Solos/UFV); Laboratório de Análise Sensorial e Processamento de Novos Produtos (Departamento de Nutrição e Saúde/UFV).

### 4.2. Matéria-prima

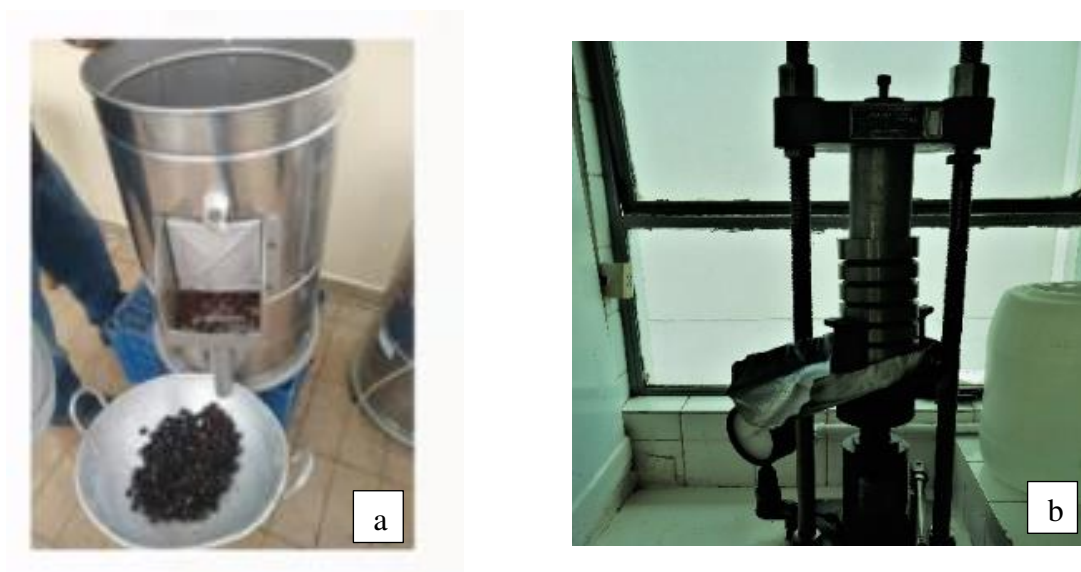
A macaúba utilizada no experimento foi fornecida pela Empresa Soleá Brasil e colhida em janeiro de 2021 em Araponga – MG. Após a colheita, o fruto foi armazenado durante 10 dias com o objetivo de aumentar o conteúdo de óleo (Goulart, 2018). Decorrido esse tempo, foi

realizado o descascamento e despulpamento de forma manual. Para obtenção da amêndoa, o endocarpo foi quebrado, com auxílio de uma morsa, obtendo a amêndoa revestida por um tegumento. A retirada do tegumento (despeliculamento) foi realizado por meio de uma moagem abrasiva, com o auxílio de um descascador elétrico de tubérculo (Figura 2a). As amêndoas despeliculadas foram submetidas ao branqueamento em água quente a temperatura de 80°C, por dez minutos, logo após, realizou-se o resfriamento em água a temperatura de 8°C. As amêndoas foram embaladas em sacos plásticos e armazenadas em geladeira (4°C). Estas passaram pelo processo de secagem em estufa (Nova Ética) de circulação de ar em 30°C por 15 horas e após resfriamento foram armazenadas em freezer a -20°C até o momento da utilização. As amêndoas foram descongeladas sob refrigeração e trituradas em liquidificador até a obtenção de uma farinha homogênea que foi parcialmente desengordurada em uma prensa hidráulica (Carver Laboratory Press, Fred S. Carver Inc- Summit, New Jersey/USA) (Figura 2b) para proporcionar a adequação das dietas experimentais. A remoção parcial do óleo foi concluída utilizando hexano e garrafas plásticas de 1 litro que comportaram 150 g de sólido (farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba) e 750 mL do extrator (hexano). As garrafas foram colocadas em uma incubadora SHAKER (SL 221, Solab Científica), onde ficaram em agitação por 8h, em temperatura de 45°C a uma rotação de 280 RPM. A farinha parcialmente desengordurada obtida da amêndoa de macaúba foi embalada em sacos de polietileno e armazenadas em freezer a temperatura de -18°C.

#### **4.3. Composição centesimal e mineral**

A composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba foi determinada de acordo com procedimento padrão descrita pela AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 2018). Foi avaliado o teor de umidade assim como o conteúdo de cinzas, lipídios, proteína (utilizando fator de conversão de 6,25), carboidratos e fibra alimentar (total, solúvel e insolúvel). A concentração de fibra alimentar solúvel (FAS) e fibra alimentar insolúvel (FAI) foi quantificada de acordo com o método enzimático-gravimétrico. O conteúdo de carboidratos foi obtido pela diferença entre o total da amostra (100%) e os conteúdos de proteína, lipídio, umidade e cinza.

A determinação da composição mineral foi realizada segundo metodologia proposta por Alvarez et al. (2001), Braga & DeFelipo (1974) e Sarruge & Haag (1974).



**Figura 2.** Descascador de tubérculo (a), Prensa hidráulica (b)

Fonte: Arquivo pessoal

#### **4.4. Conteúdo de ácido fítico e taninos**

O conteúdo de ácido fítico foi determinado por cromatografia de troca iônica e espectrometria (Latta & Eskin, 1980) com modificações (Ellis & Morris, 1986). Para extração do ácido fítico, foram pesados 0,5g de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e adicionados 5 ml de HCl 2,4%, permanecendo sob agitação horizontal por 12h a 250rpm. O extrato foi centrifugado a 2865g (Hermle, model Z216MK, Germany) por 15 min. Em seguida, o extrato foi analisado de acordo com um kit específico (procedimento de ensaio padrão da K-PHYT 08/14 Megazyme, Irlanda). O ácido fítico foi determinado colorimetricamente a 655 nm. Uma curva analítica de ácido fítico foi preparada em concentrações de 10–100 IL/mL, para expressar o conteúdo de ácido fítico em g/100g de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba.

A determinação da concentração dos taninos foi realizada pela reação de vanilina/HCl (Burns, 1971) com modificações (Maxson & Rooney, 1972; Price, Scoyoc, & Butler, 1978). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (MultiskanGo, Thermoscientific, EUA) a 500 nm. Os resultados foram expressos em miligramas de catequina por grama de amostra de acordo com a curva analítica de catequina.

#### **4.5. Concentração de fenólicos totais e capacidade antioxidante**

Para o preparo do extrato, utilizou-se 5 g da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba adicionados de 20 mL (1:10) de solução de metanol: água (6:4). Essa

mistura foi homogenizada em agitador automático por 20 minutos e centrifugado a 8000 rpm por 15 minutos.

A determinação do conteúdo de fenólicos totais nas amostras foi realizada, em triplicata, de acordo com o método descrito por Singleton, Orthofer, Lamuela-Raventós et al. (1999). A leitura da absorbância foi realizada em espectrofotômetro (Shimadzu UV-VIS®, Kyoto, Japan) no comprimento de onda de 760 nm. Uma curva analítica de ácido gálico foi elaborada para expressar os resultados em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 grama de amostra.

A capacidade antioxidante foi realizada pelo método do DPPH (radical 1,1- difenil-2-picrilhidrazila) em triplicata segundo modificação proposta por Lee et al. (2007). Alíquotas de 200 µL de extrato foram adicionadas a tubos de ensaios, devidamente protegidos de luz, onde acrescentou-se 1,5 mL de solução de DPPH 0,1 mM, seguido de agitação por 1 minuto. Após 60 minutos de repouso, a absorbância das soluções foi lida em espectrofotômetro (Shimadzu UV-VIS®, Kyoto, Japan) no comprimento de onda de 517 nm. Os resultados foram expressos em µM TEAC (atividade antioxidante equivalente ao Trolox (6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico) em µmol TEAC.g de amostra.

#### **4.6. Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba**

Foi utilizada a técnica de derivatização do óleo para conversão em FAME's (fatty acid methyl ester) segundo Ichihara (2010). Transferiu-se entre 10 e 50 mg de amostra para um frasco de derivatização. Adicionou-se ao tubo de amostra, 1 mL de uma solução de ácido sulfúrico a 3% em metanol. Os tubos contendo a amostra foram fechados e incubados a 90°C em banho seco durante 90 minutos sob agitação a 200 rpm em mesa agitadora. Após a incubação, resfriou-se a amostra em bancada, adicionou-se 1 mL de água deionizada e 2 mL de hexano (grau HPLC/GC, Sigma Aldrich, Alemanha) ao tubo e agitou-se. Retirou-se uma alíquota de 1 mL do sobrenadante, transferindo para um eppendorf contendo 0,05 g de sulfato de sódio anidro. Em seguida, o material foi agitado e centrifugado a 5 000 x g por 5 minutos, a 25 °C. Uma alíquota de 200 µL da amostra líquida em hexano foi retirada e transferida para um frasco vial de 2000 µL. Adicionou-se ao vial 800 µL de hexano e a amostra foi analisada no cromatógrafo a gás para obtenção do perfil graxo. As condições cromatográficas (GC 2010, Shimatzu, Japão): injeção direta de 1 µL da amostra, rampa de aquecimento linear de 100 °C para 270 °C a 20 °C · min-1 e alta velocidade linear para melhor resolução de picos.

#### 4.7. Perfil de aminoácidos

As análises do perfil de aminoácidos essenciais foram realizadas no Laboratório de Bioquímica da Embrapa Agroindústria de Alimentos, localizada no Rio de Janeiro – RJ, de acordo com os métodos AOAC 994.12 (2000) e Liu et al. (1995). Os resultados foram comparados ao perfil de aminoácidos essenciais da proteína padrão utilizada, a caseína, bem como às necessidades diárias de aminoácidos essenciais propostos pela World Health Organization (WHO, 2013).

#### 4.8. Escore químico (EQ)

O método do escore químico expressa o valor de cada aminoácido essencial da proteína teste como percentual do conteúdo do mesmo aminoácido em uma proteína padrão (FAO/WHO 2013).

$$EQ = \frac{\text{mg de aminoácido por g de Nitrogênio na proteína teste}}{\text{mg de aminoácido por g de Nitrogênio na proteína padrão}}$$

#### 4.9. Informação nutricional e categorização por porção da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba

A classificação da concentração de proteína (mínimo de 20% de referência por 100g) e fibras alimentares (>6g/100g) da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba foi baseada na RDC 27 de 13 de janeiro de 1998 (Brasil, 1998). A composição centesimal de minerais da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e categorização por porção foram comparados com os níveis de Ingestão Dietética de Referência - DRI (Dietary Reference Intake, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. 1999-2001) considerados na RDC 359 (Brasil, 2003), para uma dieta de 2000 Kcal, para uma porção da farinha. As DRIs para adultos de ambos os sexos serviram de base para o cálculo das médias das recomendações. A classificação da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba como excelente fonte (> 20% da recomendação), boa fonte (10 a 20% da recomendação) e fonte (>5% da recomendação) de nutriente de acordo com a RDC 54 (Brasil, 2012) e Philippi (2008).

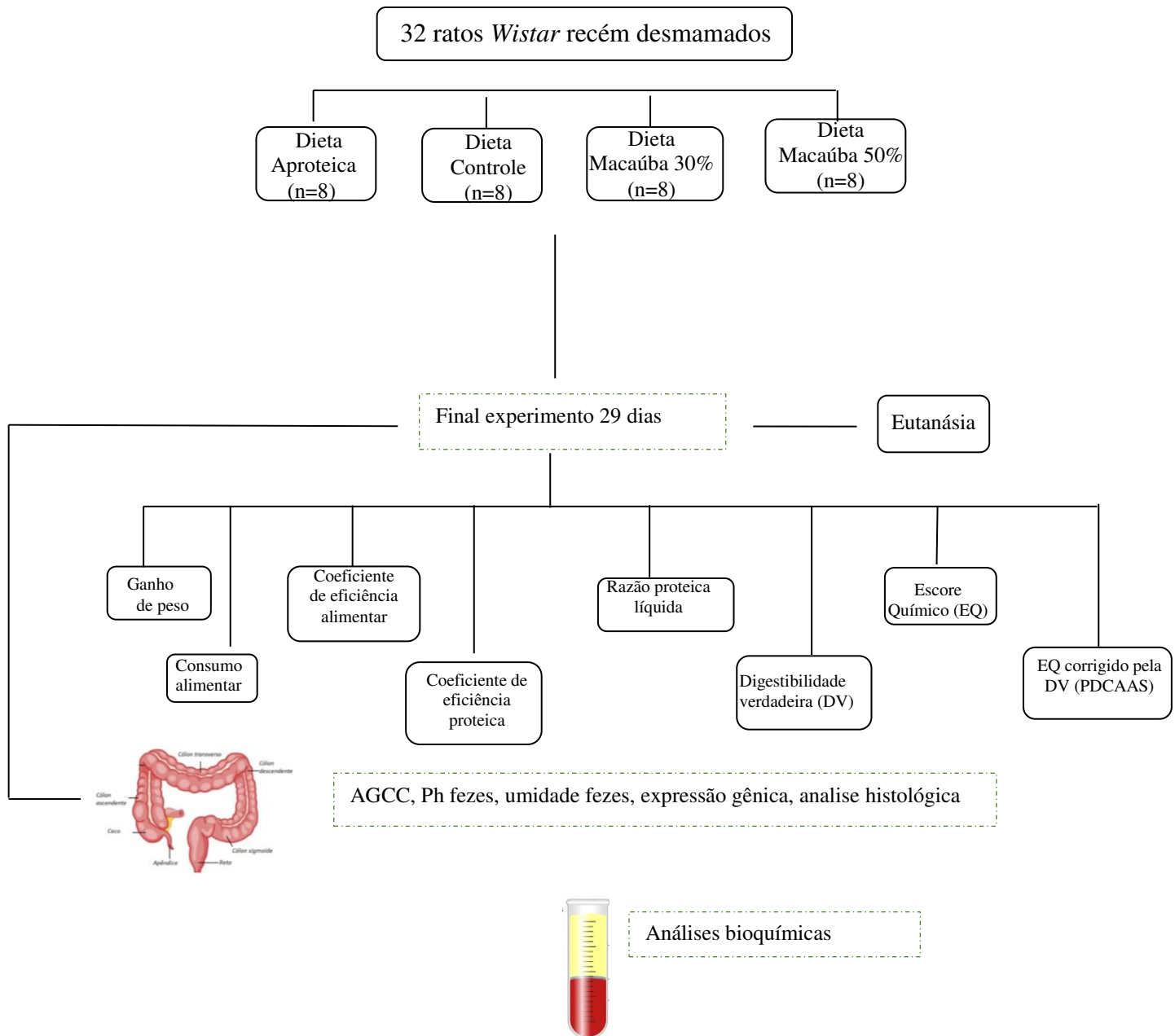
#### 4.10. Estudo *in vivo*

##### 4.10.1. Desenho experimental

Trinta e dois ratos machos (*Rattus norvegicus*, variedade albinus, classe Rodentia e raça *Wistar*, desmamados, com 21 dias de idade, foram fornecidos pelo Biotério Central do Centro de Ciências Biológicas e da Saúde da Universidade Federal de Viçosa, MG (Figura 3). Eles foram randomizados, de modo que a média de peso entre os grupos não excedeu 5 gramas, em quatro grupos experimentais e receberam as seguintes dietas experimentais (n = 8): 1) controle positivo: dieta padrão AIN-93G contendo caseína; 2) controle negativo: dieta AIN-93G isenta de proteína; 3) dieta AIN-93G com 30% da proteína proveniente de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba em substituição a proteína da dieta; e 4) dieta AIN-93G com 50% da proteína proveniente de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba em substituição a proteína da dieta.

Os animais foram alocados em gaiolas individuais de aço inox (18 cm de altura x 20 cm de largura x 31 cm de comprimento), com temperatura controlada de  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, onde receberam água ultrapura e suas respectivas dietas experimentais *ad libitum*, substituídas semanalmente e durante o período experimental de 29 dias. O peso corporal e o consumo alimentar dos animais foram registrados semanalmente por meio de balança digital durante o período experimental de quatro semanas.

Após quatro semanas de experimento e jejum de 12 horas, os animais foram anestesiados com Isoflurano (Isoforine, Cristália®) por punção cardíaca. O sangue foi coletado em tubos heparinizados para as análises bioquímicas e centrifugados a 2865 g,  $4^\circ\text{C}$ , durante 10 minutos para separação do plasma. Adicionalmente, coletou-se o cólon e conteúdo cecal para análises posteriores, tais como histológica e do funcionamento intestinal. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética de Uso Animal (CEUA/UFV) da Universidade Federal de Viçosa, MG, processo nº19/2020 (Anexo 1).



**Figura 3.** Desenho experimental do estudo de qualidade proteica e saúde intestinal utilizando mistura de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba.

#### 4.10.2. Dietas experimentais

A composição das dietas foi baseada na dieta padrão do American Institute of Nutrition – AIN-93G (Reeves et al., 1993), que é recomendada nos ensaios de qualidade proteica, onde as necessidades nutricionais de roedores são determinadas e modificadas de acordo com o planejamento do desenho experimental. A AIN-93G preconiza um oferecimento de 9,5% de proteína, 7% de lipídio e 5% de fibra, entre outros ingredientes. Neste estudo, para equilibrar

os ingredientes na elaboração das dietas foi necessário submeter a amêndoa de macaúba a um processo de extração de óleo, conforme descrito no item 4.2. Posteriormente, foi realizado a determinação da composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba que apresentou a concentração de 37,20% de fibra alimentar total, 25,38% de proteína e 14,01% de lipídio. A concentração em lipídio e fibra alimentar total da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba inviabilizou o balanceamento das dietas, ficando inviável a elaboração de uma dieta teste com oferta de 100% de proteína oriunda da amêndoa de macaúba.

Assim, foi proposto o oferecimento de duas dietas teste, composta de uma mistura de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e caseína. Além das dietas teste, uma dieta padrão caseína (controle positivo) e uma apteica (controle negativo) foi elaborada. As dietas foram formuladas de modo que fossem isocalóricas e isoproteicas, ofertando um teor de 9,5% de proteína diariamente, conforme apresentado na Tabela 4.

Posteriormente, a concentração real de proteína de cada dieta foi determinada pelo método parcialmente-micro kjeldhal (AOAC,2018), usando o fator de correção correspondente a 6,25, a fim de calcular valores de coeficiente de eficiência proteica (PER) e razão proteica líquida (NPR) com base no consumo de proteína observada e não apenas nos cálculos teóricos de proteínas.

Para a elaboração das dietas todos os ingredientes foram pesados em balança analítica (Gehaca, BG2000, Brasil), misturados manualmente, peneirados em peneiras de plástico e homogêneos em batedeira industrial (Leme) durante 15 minutos, com pausa para mistura manual a cada 5 minutos. Após o pré-preparo as dietas foram acondicionadas em sacos de polietileno, devidamente identificados e armazenados em freezer ( $-18^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ).

#### **4.10.3. Avaliação da qualidade proteica da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba**

##### **4.10.3.1. Coeficiente de eficiência alimentar (CEA)**

No período experimental os animais foram pesados e determinou-se o CEA. O CEA é calculado por meio da relação entre o ganho de peso (g) e o consumo total de dieta pelos animais (g).

**Tabela 4.** Composição das dietas experimentais (g/100g).

<b>Dietas experimentais</b>				
<b>Ingredientes</b>	<b>Aproteica</b>	<b>Controle</b>	<b>M30</b>	<b>M50</b>
*Caseína	0,00	11.47	8.03	5.74
Farinha	0,00	0.00	11.23	18.72
Amêndoa				
Macaúba				
Amido	13,20	13.20	13.20	13.20
dextrinizado				
Sacarose	10,00	10.00	10.00	10.00
Óleo de soja	7,00	7.00	5.43	4.38
Fibra	6,99	6.99	2.80	0.00
Mix mineral	3,50	3.50	3.50	3.50
Mix vitamínico	1.00	1.00	1.00	1.00
L-cistina	0.30	0.30	0.30	0.30
Bitartarato de colina	0.25	0.25	0.25	0.25
Amido de milho	57.76	46.29	44.26	42.91
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Densidade calórica (Kcal/g)	3.86	3.86	3.82	3.80
Proteína (g/100g)	10.17	-	10.84	10.20
Carboidrato (g/100g)	80,96	69.49	67.46	66.11
Lipídios (g/100g)	7.00	7.00	5.73	4.38

Aproteica (livre de proteína), Controle positivo (Caseína), M30 (30% de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e 70% de caseína), M50 (50% de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e 50% de caseína). \* Caseína com base em 80% conteúdo de proteína.

#### 4.10.3.2. Razão de eficiência proteica (PER) e Razão proteica líquida (NPR)

A razão de eficiência proteica (PER) foi determinada por meio do método de Osborne, Mendel e Ferry (1919) de acordo com a AOAC (2018), que relaciona o ganho de peso dos animais (g) com o consumo de proteína (g), utilizando a seguinte equação:

$$\text{PER} = \frac{\text{Ganho de peso (g) do grupo teste}}{\text{Proteína consumida (g) pelo grupo teste}}$$

A razão proteica líquida (NPR) foi determinada, de acordo com Bender e Doell (1957), levando-se em consideração o ganho de peso do grupo-teste (g), adicionada à perda de peso do grupo que recebeu com dieta aprotéica (g), em relação ao consumo de proteína do grupo-teste (g).

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganho de peso GI (g) + perda de peso GII (g)}}{\text{Proteína consumida GI (g)}}$$

Onde: GI = grupo em dieta proteica; GII = grupo em dieta aprotéica

#### 4.10.3.3. Digestibilidade verdadeira (DV) e *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (PDCAAS)

Para a determinação da DV as dietas foram marcadas com corante índigo carmim na concentração de 0,2%. As dietas marcadas foram oferecidas aos animais no 8º e 11º dia do experimento. As fezes marcadas foram coletadas no 9º dia, bem como a totalidade das fezes no 10º e 11º dias e as fezes não marcadas no 12º dia. As fezes coletadas foram armazenadas em recipientes individuais para cada animal e mantidas sob refrigeração. Posteriormente, as fezes foram secas em estufa (Marconi®, modelo MA-035/5, Piracicaba, Brasil) a 105°C durante 24h. Em seguida, foram resfriadas, pesadas e trituradas em multiprocessador (Arno®) para determinação da concentração de nitrogênio, pelo método micro Kjeldahl (AOAC, 2018), em duplicata. A DV foi calculada medindo-se a quantidade de nitrogênio ingerido na dieta, e a quantidade de nitrogênio excretada nas fezes dos grupos testes e aprotéico (Bender & Doell, 1957):

$$(\%) D = \frac{I - (F - FK)}{I} \times 100 \text{ em que:}$$

I

D = digestibilidade;

I = nitrogênio ingerido pelo grupo com dieta teste;

F = nitrogênio fecal do grupo com dieta teste;

FK = nitrogênio fecal do grupo com dieta aprotéica.

O método do PDCAAS baseia-se na comparação da concentração do primeiro aminoácido essencial limitante na proteína teste e a concentração deste aminoácido na proteína padrão. O EQ obtido é corrigido pela digestibilidade fecal da proteína teste, utilizando a seguinte equação:

$$\text{PDCAAS} = \text{Escore Químico (EQ)} \times \text{Digestibilidade Verdadeira (DV)}$$

#### **4.10.4. Análises bioquímicas**

Para a determinação das análises bioquímicas, foi utilizado 0,5 mL de plasma. Glicose, colesterol total, colesterol de lipoproteína de alta densidade (HDL), colesterol de lipoproteína de baixa densidade (LDL) e lipoproteína de densidade muito baixa (VLDL), triacilglicerídeos (TGL), ácido úrico, aspartato aminotransferase (AST) e alanina aminotransferase (ALT) foram medidos por métodos colorimétricos usando kits disponíveis comercialmente de acordo com as instruções do fabricante (Bioclin®, Belo Horizonte, Brasil). As análises foram realizadas em espectrofotômetro (Thermo Scientific, 606 Evolution, EUA).

#### **4.10.5. Avaliação da saúde intestinal**

##### **4.10.5.1. Extração de mRNA do tecido intestinal e síntese de cDNA**

O tecido intestinal foi macerado em nitrogênio líquido sob condições livres de RNase e as amostras foram alíquotadas para extração de RNA total. O RNA total foi extraído com o reagente TRIzol (Invitrogen, Carlsbad, CA, EUA). O mRNA extraído foi usado para sintetizar o cDNA com o Kit de transcrição reversa M-MLV (Invitrogen Corp., Grand Island, NY) (Livak & Schmittgen, 2001).

##### **4.10.5.2. Determinação da expressão gênica de proteínas envolvidas na saúde intestinal por reação em cadeia da polimerase transcriptase reversa quantitativa (RT-qPCR)**

Os níveis de expressão de mRNA de genes no tecido intestinal que estão envolvidos na saúde intestinal foram analisados por RT-qPCR. O mix principal SYBR Green PCR da Applied Biosystems (Foster City, CA) foi empregado, e as análises foram realizadas no StepOne™ Real-Time PCR System (Thermo Fisher Scientific) por meio do sistema de medição envolvendo os softwares SYBR-Green Fluorescence e Primer Express (Applied Biosystems, Foster City, CA). Sequências de primer com sentido e anti-sentido foram ordenadas (Choma Biotechnologies) para amplificar AP (ID: 301368687), SI (ID: 301368688), PepT1 (ID:

301368693), SGLT1 (ID: 301368686). Todas as etapas foram realizadas em condições abertas com RNase.

Os níveis de expressão relativa de mRNA foram normalizados para o controle endógeno (beta-actina; Tabela 5).

**Tabela 5.** Primers de sequenciamento usados na análise RT-qPCR.

Genes	Oligonucleotídeo (5'-3')	
	Avançar	Inverso
Beta-actin	TTCGTTGCCGGTCCACACCC	GCTTTGCACATGCCGGAGCC
AP	CTCTCTCCTCAAACCACATGAA	AGTTCAGGGCCTTCTCATATTC
SI	CCTCCAGAACACAATCCCTATAC	GAGAGGTGAGATGGGATTAGA
PEPT1	CCTGGTCGTCTGCATCATATT	TCTTCTCATCCTCATCGAACTG
SGLT1	CATCCAGTCCATCACCAGTTAC	CAATCAGGAAGCCGAGAATCA

AP: aminopeptidase; SGLT1: proteína 1 de transporte de sódio-glicose; SI: sacarose isomaltose; PepT1: transportador de peptídeo 1.

#### 4.10.5.3. Umidade das fezes

O teor de umidade das fezes, coletado ao final do experimento, foi determinado pelo método gravimétrico. As amostras foram secas em estufa a 105°C por 24 horas (AOAC, 2018).

#### 4.10.5.4. Ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) nas fezes








A análise do ácido acético, propiônico e butírico (AGCC) seguiu a metodologia proposta por Smiricky-Tjardes et al (2003), com modificação. Ao longo da análise as amostras permaneceram em baixa temperatura. Resumidamente, 500 mg de fezes de ceco foram homogeneizadas em água MiliQ seguindo um protocolo de agitação Vortex / resto das amostras por 30 min para extrair ácidos graxos de cadeia curta.

#### 4.10.5.5. Avaliação das fezes por meio da escala de Bristol

Também foram feitas anotações sobre a consistência das fezes, utilizando a Escala de Bristol para Consistência de Fezes- EBCF (Bristol Stoll Form Scale) que foi desenvolvida e validada por Kenneth & Lewis, adaptada por Martinez e Azevedo (2012).

O seu objetivo é avaliar, de maneira descritiva, a forma do conteúdo fecal, utilizando métodos gráficos que representam sete tipos de fezes, de acordo com sua forma e consistência. De acordo com sete pontos onde 1 representa "pedaços duros separados como nozes" e 7 "aguado, sem pedaços sólidos (Tabela 6).

**Tabela 6.** Escala médica de fezes de Bristol

Escala de fezes de Bristol		
Tipo 1		Grânulos duros e separados como nozes (difíceis de evacuar)
Tipo 2		Em forma de salsicha, mas granuladas
Tipo 3		Semelhantes a uma salsicha, mas com rachadura em sua superfície
Tipo 4		Como salsicha ou cobra, lisa e macia
Tipo 5		Gotas macias com bordas bem demarcadas (fáceis de evacuar)
Tipo 6		Pedacões macios com bordas irregulares, fezes pastosas
Tipo 7		Líquidas, sem pedaços sólidos, totalmente líquidas.

Fonte: Martinez & Azevedo (2012)

#### **4.10.5.6. pH das fezes**

Para análise do pH fecal, cerca de 400 mg de fezes foram homogeneizadas em 4 mL de água destilada. Posteriormente, o eletrodo de vidro do pHmetro foi inserido. As medições foram realizadas em duplicata (Grancieri et al., 2017).

#### **4.10.5.7. Análise histomorfométrica**

Cortes histológicos semisseriais de fragmentos de cólon com 3 µm de espessura foram obtidos em micrótomo automático (Reichert-Jung®, Alemanha) e corados pela técnica de Eosina-Hematoxilina. As lâminas foram examinadas em microscópio óptico Olympus AX70. Para medir a espessura das criptas, a altura das criptas, a camada muscular circular e a camada muscular longitudinal, foram selecionados 20 campos aleatórios por animal (Da Silva et al., 2019) e obtidos por meio do software ImagePro-Plus® versão 4.5 (Media Cybernetics, Rockville, EUA).

### **4.11. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de granola com amêndoa da macaúba, sem adição de açúcar**

Um artigo foi submetido sobre esse tópico (anexo 2). O termo de consentimento livre e esclarecido, ficha de avaliação da granola de amêndoa de macaúba, questionário sócio econômico e certificado do Comitê de Pesquisa com Seres Humanos da UFV estão nos anexos 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

#### **4.12. Análises estatísticas**

Para as análises de caracterização da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba e desenvolvimento da granola: As análises foram realizadas em três repetições. Os resultados foram expressos como média  $\pm$  desvio padrão com o software Graphpad Prism, versão 8.0.

Para o estudo *in vivo*: Os valores foram expressos em média seguida de desvio padrão. Médias foram avaliadas estatisticamente entre si pelo teste ANOVA One-way seguida do teste post hoc de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **5.1. Composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada**

Os resultados da composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba estão demonstrados na Tabela 7.

**Tabela 7.** Composição centesimal da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba (base seca).

<b>Componentes</b>	<b>Concentração (g/100g)</b>
Fibra total	37,32±1,22
Fibra insolúvel	36,20±0,08
Fibra solúvel	1,13±1,14
Proteína	25,38±2,32
Lipídios	14,01±0,18
Carboidratos	12,88±2,23
Umidade	5,07±0,17
Cinzas	4,00 ± 0,18

Destaca-se a grande quantidade de nutrientes presentes nesta amostra, como proteínas (25,38%) e fibra alimentar total (37,32%). Esses resultados estão conforme valores descritos no estudo realizado por Hiane (2006) para farinha desengordurada da amêndoa de macaúba, onde foi encontrado altas concentrações de proteína (37,95%) e de fibra (45,32%).

Coimbra e Jorge 2011a encontraram 46,06% de lipídio na torta da amêndoa de macaúba, resultado esperado visto que a torta é um coproduto obtido da extração do óleo da amêndoa. No presente estudo, o conteúdo encontrado foi (14,01%) pois a torta da amêndoa de macaúba foi submetida a um processo complementar de extração de óleo por solvente.

A concentração de fibra alimentar total (37,32%) da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba foi alta, com maior valor para a fibra insolúvel, corroborando os resultados de Andrade et al (2020) onde o teor de fibra insolúvel foi (32,60%) e (3,52%) para solúveis em farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba. De acordo com a Organização Mundial da Saúde, recomenda-se pelo menos 25 g por dia de fibra alimentar (OMS, 2003). Entretanto, pesquisa a maioria da população de todas as faixas etárias não consegue atingir o consumo de quantidades recomendadas pela OMS. Desse modo, a farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba com baixo custo pode ser

considerada excelente fonte de fibra alimentar, pois o consumo de 66g desta atende a recomendação de fibra. Além disso, as fibras alimentares são potencialmente substratos com efeitos prebióticos, pois são resistentes a digestão e absorção no intestino delgado e podem atingir o colón e ser fermentado por microrganismos benéficos (Andrade et al, 2020).

## 5.2. Composição mineral da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba

Pela análise de cinzas (Tabela 7), que é um indicativo de quão rica é a amostra em elementos minerais, pode-se verificar nos valores indicados, que a amostra de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba é rica em minerais (Tabela 8).

**Tabela 8.** Minerais de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba, mg /100g (base seca)

Minerais	Amêndoa
Fósforo	812
Potássio	726
Magnésio	354
Enxofre	284
Calcio	169
Ferro	7,0
Zinco	4,4
Manganês	2,5
Cobre	1,2
Boro	0,25

O fósforo apresentou a maior concentração (812mg/100g), seguido pelo potássio (726mg/100g). Além disso, a farinha parcialmente desengordurada da amêndoa da macaúba se destacou pela presença de ferro (6mg/100g) e zinco (4mg/100g), micronutrientes muito importantes.

De acordo com o regulamento técnico da Agência da Vigilância Sanitária sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais, a farinha de parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba atende em 100% a IDR para fósforo (700 mg), magnésio (260 mg) e manganês (2,3 mg). Para cálcio (1000mg), ferro, zinco (7mg) atende em 17%,43% e 57%, respectivamente.

Considerando os níveis dos nutrientes, como cobre, ferro e manganês, que participam de importantes formas de transporte de proteínas, corrobora a importância da ingestão desses nutrientes (Ba et al., 2009), que pode ser incentivada pelo consumo de amêndoa de macaúba.

Vale destacar a concentração de zinco (4 mg/100g), pois é um mineral essencial ao organismo, atua no sistema imunológico e no crescimento celular (Festa, 2015). Além de participar como componente de várias enzimas na manutenção da integridade estrutural das proteínas e na regulação da expressão gênica (Mafra & Cozzolino, 2004). A recomendação diária de ingestão de zinco em adultos corresponde a 7 mg/dia (Brasil, 2005).

### **5.3 Composição bioativa da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba**

Os resultados obtidos para concentração de taninos, fenólicos totais, capacidade antioxidante e ácido fítico, podem ser visualizados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Composição bioativa de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba

<b>Compostos</b>	<b>Concentração</b>
Taninos (mg EC/g amostra)	0,78 ± 0,03
Fenólicos totais (mg GAE/100g)	4,02 ± 0,05
Capacidade antioxidante (µM TEAC/g)	3,17 ± 0,01
Ácido fítico (g/100g)	3,25 ± 0,07

Observou-se na amêndoa de macaúba uma importante concentração de compostos bioativos, com destaque para a concentração de fenólicos totais (4,02 mg GAE/100g), taninos (0,78 mg EC/g amostra) e capacidade antioxidante (3,17 µM TEAC/g). A concentração de fenólicos totais (4,02 mg GAE/100g) da amêndoa de macaúba, apresentados nesse estudo é

semelhante ao encontrado por Coimbra & Jorge (2012) que foi de 4,38mg GAE/100g. O consumo de compostos fenólicos, potentes antioxidantes, reduz o risco de desenvolvimento de doenças como aterosclerose, doenças cardiovasculares, cânceres, infecções e mal de Alzheimer, além de ter ação antimicrobiana e antiviral (Fruhirth & Hermetter, 2007). Além disso, os fenólicos podem prevenir danos devidos à oxidação em alimentos, como rancificação e formação de *off-flavors* (Silva, 2010). Observou-se que a amêndoa de macaúba possuiu alta concentração de fenólicos totais (4,02g/100g), quando comparado com outras amêndoas típicas do cerrado brasileiro como o baru (*Dipteryx alata*), o pequi (*Caryocar brasiliense*, Camb.) e o caju (*Anacardium occidentale*) (Crepaldi et al., 2001).

A amêndoa de macaúba demonstrou ser uma boa fonte de taninos (0,78g/100g), quando comparado com outros frutos do cerrado (81-112mg/100g), como caju, guapeva, mama-cadela, cagaita, cambucá e gabioba (Rocha, 2011). Os resultados desse estudo corroboram com outras pesquisas que concluíram que as palmeiras típicas do cerrado brasileiro, incluindo a macaúba, vem a cada dia recebendo mais atenção como fonte de compostos bioativos (Violante et al., 2012). Outra observação importante foi que o teor de ácido fítico foi baixo, o que é importante, pois esse composto é considerado um fator antinutricional que interfere na digestibilidade e absorção de nutrientes.

#### **5.4 Perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba**

Os dados da Tabela 10 mostram o perfil de ácidos graxos do óleo da amêndoa de macaúba.

O óleo da amêndoa de macaúba é rico em ácido graxo láurico (49,59%) e oleico (27,45%) (Tabela 10). A composição em ácido láurico demonstra que o óleo da amêndoa de macaúba é um bom substituto para o óleo de coco (Bora & Rocha, 2004). No Brasil, os óleos de coco, palmiste e babaçu, normalmente, são as principais fontes de ácido láurico (Machado & Chaves, 2006), o qual possui aplicabilidade na indústria de alimentos em substituição à gordura vegetal hidrogenada, que possui elevada concentração de gordura trans (Faria et al., 2008).

Embora a composição do óleo de coco assemelha-se com o da amêndoa de macaúba, este apresenta um conteúdo de ácidos graxos monoinsaturados (oleico) mais elevado o que confere propriedades benéficas à saúde, pois são capazes de melhorar os níveis de colesterol e prevenir doenças cardiovasculares (Carluccio et al., 2007).

**Tabela 10.** Perfil de ácidos graxos do óleo de amêndoa de macaúba

Ácidos graxos	%
Láurico (C12:0)	49,59
Oleico (C18:1n9c)	27,45
Mirítico (C14:0)	9,12
Palmítico (C16:0)	6,01
Caprílico (C8:0)	4,61
Cáprico (C10:0)	3,67
Esteárico (C18:0)	2,75
Linoleico (C18:2n6c)	2,65
AG saturados	69,88
AG monoinsaturados	27,45
AG poli-insaturados	2,65

### 5.5. Composição de aminoácidos da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba

O perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba (FPDAM) e da caseína assim como da proteína o padrão recomendado da FAO/WHO 2013 está apresentado na Tabela 11.

Pesquisa realizada com a farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba corrobora os resultados deste estudo, pois demonstrou que sua principal fração de proteína é a globulina, que essa é rica em aminoácidos essenciais, especialmente, metionina e cisteína tornando as proteínas da amêndoa de macaúba uma fonte valiosa para complementar dietas à base de leguminosas e sementes oleaginosas (Silva et al., 2021).

Hiane et al. (2006) demonstraram que a amêndoa de macaúba é potencialmente boa fonte de valina, metionina+cisteína, isoleucina, fenilalanina, tirosina e lisina para crianças de 2 a 5 anos de idade, cujos teores foram mais altos do que os valores recomendados para ingestão pela FAO.

**Tabela 11.** Perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais de caseína e de farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba e a recomendação para aminoácidos essenciais de acordo com a FAO/WHO (2013)

Aminoácidos	mg aa/g proteína		FAO/WHO 2013
	Caseína	FPDAM	
<b>Essenciais</b>			
Triptofano	11,54	10,24	11,0
Lisina	68,67	56,34	58,0
Histidina	29,96	31,91	21,0
Treonina	46,38	44,72	34,0
Metionina+Cisteína	21,98	82,74	25,0
Valina	65,04	67,57	35,0
Isoleucina	51,88	46,10	28,0
Leucina	104,72	91,41	66,0
Fenilalanina+Tirosina	72,89	110,33	63,0
	Não essenciais		
Arginina	53,87	202,72	
Alanina	32,31	50,24	
Ac Aspártico	77,30	110,91	
Ac Glutâmico	224,54		
Serina	57,62	59,69	
Glicina	21,86	58,51	
Prolina	106,90	52,21	

Observa-se que em relação ao padrão FAO/WHO 2013 para crianças de 2 a 5 anos de idade, que apenas os aminoácidos triptofano e lisina tiveram valores mais baixos para a amêndoa de macaúba. Esses resultados indicam que essas proteínas da amêndoa da macaúba são limitantes para os referidos aminoácidos, fato que pode ser observado por meio dos valores de escore químico (Tabela 12).

Observa-se que o resultado do EQ para a amêndoa de macaúba foi menor que 1, para os aminoácidos triptofano e lisina, significando que ambos são limitantes para esta proteína. Enquanto para a caseína os aminoácidos sulfurados, metionina + cisteína, foram os limitantes, pois obtiveram o resultado menor que 1.

**Tabela 12.** Escore Químico (EQ) de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba e de caseína

Aminoácidos	mg aa/g proteína		FAO/WHO 2013	EQ	
	Caseína	FPDAM		Caseína	FPDAM
Essenciais					
Triptofano	11,54	10,24	11,0	1,04	0,93
Lisina	68,67	56,34	58,0	1,18	0,97
Histidina	29,96	31,91	21,0	1,42	1,51
Treonina	46,38	44,72	34,0	1,36	1,31
Metionina+	21,98	82,74	25,0	0,87	3,30
Cisteína					
Valina	65,04	67,57	35,0	1,85	1,93
Isoleucina	51,88	46,10	28,0	1,85	1,64
Leucina	104,72	91,41	66,0	1,58	1,38
Fenilalanina+	72,89	110,33	63,0	1,15	1,75
Tirosina					

Resultado diferente foi encontrado em estudo realizado por Hiane et al. (2006), onde o aminoácido treonina foi o limitante quando comparado com o padrão FAO/WHO 1991 para a farinha desengordurada de amêndoa de macaúba.

A concentração de aminoácidos sulfurados (metionina +cisteína) da amêndoa de macaúba foi de 82,74%. Este valor é maior do que o estabelecido pela FAO/WHO e os encontrados para outras proteínas de origem vegetal como a amêndoa de bacuri (33,9%), feijão (19,95%), trigo (18,12%), soja (18,65%) (Lima e Silva et al., 2014; Pires, 2006).

De acordo com Sgarbieri,1996 e Hernandez et al., 1996 as proteínas de origem animal apresentam alto valor nutricional e melhor balanço de aminoácidos, como as encontradas no ovo, do que as proteínas de origem vegetal. Mas, mesmo proteínas de origem animal como as proteínas de carne e leite são deficientes (em menor proporção) em aminoácidos sulfurados. Porém, em outro estudo mostra um valor de 30,14% para a metionina e cisteína para a caseína (Pires et al., 2006).

A quantificação de aminoácidos por métodos químicos não oferece garantia de que tais aminoácidos estarão biologicamente disponíveis. Por depender unicamente do aminoácido limitante e não levar em conta a biodisponibilidade, o escore químico pode não ter correlação com o valor biológico determinado em animais.

### **5.6. Informação nutricional e categorização por porção da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba**

As informações nutricionais, categorização e percentual de adequação por porção de farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba estão apresentados na tabela 13.

A farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba foi considerada uma excelente fonte de fibra alimentar e minerais, tais como fósforo, zinco e ferro, além de ser uma boa fonte de proteínas e lipídios (Tabela 13). Essas informações são importantes pois mostram o potencial para a aplicação dessa farinha em alimentos.

### **5.7. Efeito da ingestão das dietas experimentais no ganho de peso e medidas antropométricas em ratos *Wistar***

O peso dos animais e o consumo alimentar foram monitorados semanalmente durante todo o experimento e os resultados do consumo alimentar total, do ganho de peso e das medidas antropométricas estão demonstrados (Tabela 14).

Para a verificar a eficácia das dietas experimentais elaboradas, os efeitos da sua ingestão no crescimento dos animais, foi registrado o consumo alimentar e foi realizado cálculos para examinar a porcentagem de atendimento da recomendação da ingestão diária de proteína para o ser humano, visto que a dieta padrão AIN-93G (Revees et al., 1993) garante o oferecimento de 100% da recomendação para os animais (ratos).

Para isso, foi determinada a quantidade de caseína (11,47g/100g) e farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba (11,23 e 18,72g/100g) na elaboração das dietas (Tabela 4). Também, foi determinado a concentração de proteína da caseína (82,79%), a concentração de proteína da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba (25,38%).

**Tabela 13.** Informação nutricional, categorização e percentual de adequação por porção de 50g de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba

<b>Farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba</b>				
	<sup>1</sup> DRI g/dia	<sup>2</sup> Porção de 50g (1 xícara)	<sup>1</sup> % VD	<sup>3</sup> Classificação
Valor calórico (kcal)	2000	139.56	6.97	-
Proteína (g)	75	12.69	16.92	Boa fonte
Lipídios	55	7	12.72	Boa fonte
Fibras alimentares total <sup>4</sup> mg/dia	25	18.66	74.64	Excelente fonte
Fósforo	700	406	58	Excelente fonte
Potássio	4700	363	7.72	Fonte
Cálcio	1000	84.5	8.45	Fonte
Magnésio	260	175.5	41.78	Excelente fonte
Cobre	0,9	0.59	66.11	Excelente fonte
Ferro	14	3.48	24.85	Excelente fonte
Zinco	7	2.21	31.57	Excelente fonte
Manganês	2,3	2.54	110,43	Excelente fonte

<sup>1</sup> (DRI) e (VD) Valores Diários de referência com base em uma dieta de 2000 calorias. RDC 360 (BRASIL, 2003); <sup>2</sup> RDC 359 (BRASIL, 2003); <sup>3</sup> (PHILIPPI, 2008); <sup>4</sup> Valores médios da recomendação de minerais para indivíduos adultos de ambos os sexos, baseado na RDA (Recomendação Diária Aceitável) ou AI (Ingestão Adequada) (IOM, 1998; 2001; 2004), propostos pela RDC 360 (BRASIL, 2003).

**Tabela 14.** Efeito da ingestão de farinha parcialmente desengordurada de macaúba no ganho de peso e medidas biométricas dos grupos experimentais.

Parâmetros	Grupos experimentais		
	Controle	M30	M50
CAT	476,39 ± 10,69 <sup>a</sup>	485,6 ± 16,50 <sup>a</sup>	485,9 ± 17,31 <sup>a</sup>
GP (g)	144,89 ± 7,43 <sup>a</sup>	139,6 ± 7,04 <sup>a</sup>	130,9 ± 9,13 <sup>b</sup>
CEA (%)	30,05 ± 1,28 <sup>a</sup>	28,74 ± 1,14 <sup>a</sup>	26,93 ± 1,47 <sup>b</sup>
CNA (cm)	19,56 ± 1,14 <sup>b</sup>	20,94 ± 0,32 <sup>a</sup>	20,44 ± 0,50 <sup>ab</sup>
CC	15,75 ± 0,37 <sup>a</sup>	16,06 ± 0,49 <sup>a</sup>	16,31 ± 0,79 <sup>a</sup>
IL	0,30 ± 0,14 <sup>a</sup>	0,28 ± 0,00 <sup>b</sup>	0,28 ± 0,00 <sup>b</sup>
IMC	0,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,47 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,48 ± 0,03 <sup>b</sup>

Grupo controle (Caseína); M30 (Grupo teste 30% da proteína proveniente da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa da macaúba e 70% de caseína); M50 (Grupo teste 50% da proteína proveniente da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa da macaúba e 50% caseína). CAT (consumo alimentar total); GP (ganho de peso); CNA (circunferência naso-anal); CC (circunferência da cintura); IL (índice de LEE) e IMC (índice de massa muscular). Os valores são expressos em média seguida de desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha correspondem a médias que diferem estatisticamente entre si pelo teste ANOVA One-way seguida do teste post hoc de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

A substituição da caseína da dieta controle pela farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba foi baseada no conteúdo de proteína e na contribuição desse alimento para o consumo diário de proteínas de adultos, segundo regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína (Brasil, 2005), tomando como base a composição de proteína da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba e caseína.

Esse estudo confirmou que a caseína tem um alto conteúdo de proteína que atende em cem por cento a recomendação de proteína para os ratos (Reeves et al, 1993) e que a farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba ofertada nas proporções de 30% e 50% nos grupos testes, contribuiu com 35,57% e 63,89%, respectivamente, atendendo a expectativa do planejamento das dietas experimentais. E ainda, extrapolando esse fornecimento às necessidades do ser humano adulto de acordo com a RDC 269 de 2005, observou-se que a farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba nas proporções de 30% e 50%,

atenderem 6,76% e 12,14%, respectivamente, as necessidades diárias de recomendação para proteína.

Portanto, o conteúdo de proteína da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba pode ser considerado alto, semelhante ao teor de proteínas de outros frutos do cerrado como amêndoa de baru (23,78%) (Fernandes et al., 2010) e nozes de sapucaia (20,47%) (Denadai et al., 2007).

Diversos estudos apontam a macaúba como um potencial para o mercado alimentício, principalmente na elaboração de novos produtos, visto que se trata de um fruto oleaginoso com boa qualidade nutricional associada com benefícios a saúde (Argandoña-Sanjinez et al., 2011; Costa et al., 2016).

No presente estudo, utilizou-se uma quantidade aproximada equivalente a um quarto de xícara de chá de farinha de amêndoa parcialmente desengordurada de macaúba que corresponde ao consumo humano de 10g por dia. Esse valor pode ser facilmente alcançado por meio da utilização dessa farinha na preparação de bolos, biscoitos, sorvetes, doces e massas, aumentando a oferta de nutrientes e compostos bioativos com efeito benéfico para a saúde (Kopper et al., 2009, Ferreira et al., 2013). Além disso, a farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba mostrou-se uma alternativa para o preparo de mistura mista com boa qualidade proteica.

Os dados da Tabela 14 mostram que os pesos dos animais alimentados com a farinha parcialmente desengordurada de macaúba foram menores em relação ao grupo controle caseína ( $p < 0.05$ ), sem alterar o consumo alimentar entre eles ( $p > 0.05$ ).

Resultado semelhante foi encontrado em estudo realizado sobre a qualidade proteica do champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis*), onde verificou-se menor ganho de peso no grupo experimental, alimentado com proteína vegetal, em comparação ao controle (caseína) (Henriques et al., 2008).

Porém, observa-se que os grupos que receberam a mistura de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba consumiram quantidade superior de dieta comparado com o grupo controle, porém não apresentaram diferenças em relação ao índice de Lee e no IMC.

Os resultados da composição corporal mostram que o comprimento naso anal (CNA) foi significativamente diferente do grupo M30 em relação ao grupo controle e não diferiu do grupo M50 e circunferência abdominal (CC) foi significativamente igual no grupo controle em

relação aos grupos testes, indicando que a mistura das proteínas animal e vegetal foi eficiente para promover o crescimento dos animais.

### 5.8. Razão da eficiência proteica (PER - *Protein Efficiency Ratio*), Razão proteica líquida (NPR - *Net Protein Ratio*) e Digestibilidade Verdadeira (DV)

Os dados da Tabela 15 apresentam do consumo de proteínas, os resultados dos métodos biológicos (PER, NPR e DV), peso das fezes e nitrogênio excretado dos grupos controle e testes.

**Tabela 15.** Média e desvio padrão de consumo de proteína, razão de eficiência proteica (PER), razão proteica líquida (NPR), peso das fezes, nitrogênio excretado e digestibilidade verdadeira dos grupos experimentais (n=8)

Parâmetros	Grupos experimentais		
	Controle	M30	M50
Consumo de proteína (g)	48,45 ± 1,08 <sup>a</sup>	49,39 ± 1,67 <sup>a</sup>	49,42 ± 1,76 <sup>a</sup>
PER (g)	2,99±0,15 <sup>a</sup>	2,82±0,11 <sup>b</sup>	2,64±0,14 <sup>c</sup>
PER-R (%)	100	94	88
NPR (g)	3,45±0,15 <sup>a</sup>	3,28±0,11 <sup>b</sup>	3,10±0,14 <sup>c</sup>
NPR-R (%)	100	94	89
Peso fezes(g)	4,07 ± 0,42 <sup>a</sup>	3,80 ± 0,63 <sup>a</sup>	3,86 ± 0,74 <sup>a</sup>
Nitrogênio fecal total	0,05 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,09 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,09 ± 0,02 <sup>a</sup>
DV (%)	95,27 ± 0,99 <sup>a</sup>	91,23 ± 1,80 <sup>b</sup>	91,11 ± 2,26 <sup>b</sup>

Grupo controle (Caseína); M30 (Grupo teste 30% da proteína proveniente da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa da macaúba e 70% de caseína); M50 (Grupo teste 50% da proteína proveniente da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa da macaúba e 50% caseína); PER (Coeficiente de eficiência proteica); NPR (Razão proteica líquida); PER-R (Coeficiente de eficiência proteica relativo), NPR-R (Razão proteica líquida relativa) e DV (Digestibilidade verdadeira). Os valores são expressos em média seguida de desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha correspondem a médias que diferem estatisticamente entre si pelo teste ANOVA One-way seguida do teste post hoc de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

Verifica-se que o grupo experimental alimentado com 30% de amêndoa de macaúba apresentou maior coeficiente de eficiência proteica (2,82±0,11) e razão proteica líquida (3,28±0,11) em relação ao grupo alimentado com amêndoa de macaúba 50% (2,64±0,14; 3,10±0,43, respectivamente), embora a digestibilidade verdadeira (Tabela 15) não tenha diferido entre estes grupos e tenha sido menor em relação ao controle positivo (caseína).

O PER acima de 2,0 indica que a proteína presente em ambos os grupos testes são de alta qualidade, com destaque para M30 que apresentou eficiência na conversão da proteína em ganho de peso de 96,34% em relação a caseína, fato confirmado por meio do PER relativo e do NPR, que foram maiores no grupo M30. Esse fato indica a eficiência da proteína da amêndoa de macaúba em promover crescimento e manutenção nos animais (Friedman, 1996).

Os menores valores de PER e DV observados nos grupos alimentados com farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba (em relação ao grupo controle) podem estar relacionadas à diversos fatores, como a maior concentração de fibra solúvel na matriz alimentar (1,13g/100g) e a presença de ácido fítico (3,25g/100g) que podem atuar como inibidores e dificultadores do processo de absorção de proteínas (Martino et al., 2013).

Esse fato pode ser sustentado ao observar a grama de nitrogênio excretado nas fezes (Tabela 15) que foi maior em ambos os grupos alimentados com farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba, demonstrando uma maior excreção de nitrogênio fecal.

O consumo de proteína e o peso das fezes não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos experimentais. Contudo, os grupos alimentados com farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba tiveram maiores teores excretados de nitrogênio fecal quando comparado ao grupo alimentado com a caseína ( $p < 0,05$ ).

A digestibilidade verdadeira (DV) não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos teste, porém ambos diferiram em relação ao grupo controle. Uma observação muito interessante foi que a mistura de 30% ou 50% de farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba reduziu muito pouco o valor de DV comparado com o grupo controle (caseína) (Tabela 15). Os valores encontrados para a mistura M30 (91,23%) e M50 (91,11%) podem ser considerados altos, principalmente quando comparado a outras proteínas de origem vegetal, como farinha de soja (71,76%), feijão (78,70%) (Pires et al., 2006), amêndoa de baru (79,43%) (Fernandes et al. 2010) e amêndoa de bacuri (82,87%) (Lima e Silva et al., 2014).

As fibras presentes na amêndoa de macaúba podem ter influenciado na redução da digestibilidade, que pode ser explicado por mecanismos, como aumento da microflora intestinal e a diminuição da absorção e digestão da proteína. O indício de que a presença de fibras no trato intestinal aumenta o crescimento microbiano e conseqüentemente mais proteínas seriam incorporadas à microbiota e que uma quantidade menor de proteína estaria disponível para absorção pelo organismo, que se soma ao mecanismo extensivamente estudado que leva em

consideração a capacidade da fibra em diminuir a velocidade de digestão e absorção pela sua ação espessante e elevada incorporação de água (Bednar et al. 2001)

### **5.9. Escore químico corrigido pela digestibilidade (PDCAAS- Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score)**

Uma proteína que contém um perfil de aminoácido de acordo com o padrão de referência de aminoácidos recomendado pela FAO/WHO, mostra que ela é capaz de contribuir biologicamente para o crescimento e desenvolvimento de crianças e manutenção fisiológica em adultos (Cozzolino, 2005). Por meio da aplicação do PDCAAS verificou-se a qualidade da proteína da amêndoa de macaúba, conforme demonstrado na Tabela 16.

As dietas experimentais apresentaram um perfil de aminoácidos adequado, com exceção do triptofano, com valores de PDCAAS de 92,11% para a dieta experimental do grupo M50.

A dieta experimental do grupo controle apresentou valor de PDCAAS de 81,93%, devido a deficiência dos aminoácidos sulfurados metionina + cisteína, de acordo com padrão de referência de aminoácidos pela FAO/WHO (2013).

Contudo, a amêndoa de macaúba apresenta uma boa composição de aminoácidos com limitação apenas em triptofano, o que pode ser solucionado com uma alimentação variada, contendo quantidade adequadas das diversas fontes alimentares de vegetais, que favorece o fornecimento das quantidades necessárias de aminoácidos essenciais (Cozzolino,2005).

Uma alternativa, para melhorar a qualidade nutricional é a mistura de duas proteínas diferentes obtendo um resultado superior ao encontrado de cada uma individualmente, mais alta que o esperado a partir da composição de aminoácidos, e ocorre quando uma das proteínas apresenta concentrações elevadas do aminoácido limitante da outra, de forma recíproca (Cozzolino,2005).

**Tabela 16.** Composição de aminoácido, escore químico, PDCAAS, dos grupos experimentais de acordo com o padrão FAO/WHO

Aminoácidos	mg aa/g Proteína			FAO/WHO (2013)	Escore AA			PDCAAS		
	Controle	M30	M50		Controle	M30	M50	Controle	M30	M50
Triptofano	11.54	11.15	10.89	11	1.04	1.01	0.99	-	-	92.11
Lisina	68.67	64.97	62.50	58	1.18	1.12	1.07	-	-	-
Histidina	29.96	30.54	30.93	21	1.42	1.45	1.47	-	-	-
Treonina	46.38	45.88	45.55	34	1.36	1.34	1.33	-	-	-
Metionina+Cisteína	21.68	40.00	52.21	25	0.86	1.60	2.08	81.93	-	-
Valina	65.04	65.80	66.31	35	1.85	1.88	1.89	-	-	-
Isoleucina	51.88	50.14	48.99	28	1.85	1.79	1.74	-	-	-
Leucina	104.72	100.73	98.07	66	1.58	1.52	1.48	-	-	-
Fenilalanina+Tirosina	72.90	84.13	91.61	63	1.15	1.33	1.45	-	-	-

Teores de aminoácidos, (1) escore químico (escore AA) e (2) PDCAAS, segundo o padrão, (3) FAO/WHO (2013), do grupo controle e dos grupos testes, misturas de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba 30% e caseína 70% (M30), farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba 50% e caseína 50% (M50). (1) EQ=coluna II/coluna III; (2) PDCAAS: 1ºaminoácido limitante (coluna IV) x digestibilidade verdadeira (DV) do experimento com ratos; DV: Controle=95,27; M30=91,23 e M50=91,11; (3) FAO/WHO (2013) Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) e Organização Mundial de Saúde (WHO), padrão teórico de aminoácidos essenciais para crianças de 2 a 5 anos de idade.

Assim, a amêndoa de macaúba pode ser uma alternativa alimentar para a população em geral. Além disso, concentrações de proteínas são o segundo maior componente da farinha parcialmente desengordurada de macaúba (25,38 g/100g), valor esse superior ao encontrado em outras fontes de proteína vegetal como, a farinha de arroz branco, de trigo branca e milho amarelo (6,94g, 10,90g e 6,20g /100g, respectivamente) (USDA, 2019).

Mesmo apresentando um balanceamento de aminoácidos deficientes, não há evidências que as proteínas de origem vegetal tenham uma limitação do seu valor nutricional. O que proporciona essa limitação seria uma ineficiente suplementação de aminoácidos (Young & Pellet, 1994).

Os dados obtidos sugerem que a mistura da proteína da amêndoa de macaúba (M30), devido a não limitação de aminoácidos essenciais, apresentou alto valor biológico, podendo ser usada como fonte complementar e alternativa de proteína em dietas com baixo valor nutricional.

#### **5.10. Efeito da ingestão da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba na saúde intestinal de ratos *Wistar***

A análise dos efeitos do consumo da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba na saúde intestinal dos animais que receberam as dietas experimentais encontra-se na Tabela 17.

Os grupos testes (M30 e M50) obtiveram maiores valores de umidade fecal quando comparado ao grupo controle ( $p < 0.05$ ). Quanto à consistência e a cor das fezes, não houve diferença estatística entre os grupos, todos caracterizados na escala de Bristol como fezes “como salsicha ou cobra, lisa e macia” e coloração “castanho claro” ( $p > 0.05$ ).

O pH dos conteúdos fecais foi significativamente inferior nos grupos testes em comparação aos grupos controle ( $p < 0.05$ ). Os grupos testes (M30 e M50) produziram maiores teores de ácido acético e propiônico quando comparado ao grupo controle ( $p < 0.05$ ). Os teores de ácido butírico foram semelhantes em todos os grupos experimentais ( $p > 0.05$ ).

Dessa forma, sugere-se que o aumento na produção de ácidos graxos de cadeia curta, principalmente ácido acético e propiônico, juntamente com a redução de pH das fezes observada nos grupos M30 e M50, está associada ao perfil de fibra alimentar dos grupos que receberam com amêndoa de macaúba, uma vez que esse alimento apresenta fibras do tipo solúvel e insolúvel, diferentemente do grupo controle que recebeu apenas celulose, ou seja, fibra alimentar menos viscosas e menos fermentados no cólon (Martino et al., 2021).

**Tabela 17.** Efeito da ingestão de farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba na saúde intestinal de ratos *Wistar* (n=8) por 29 dias

<b>Grupos</b>	<b>Controle</b>	<b>M30</b>	<b>M50</b>
Conteúdo umidade fecal	21,91± 3,61 <sup>b</sup>	31,86 ± 7,97 <sup>a</sup>	33,62 ±5,55 <sup>a</sup>
Ácidos graxos de cadeia curta(mM)			
Ácido acético	7,50 ± 2,44 <sup>b</sup>	14,91 ± 4,68 <sup>a</sup>	17,13 ± 4,04 <sup>a</sup>
Ácido propiônico	2,62 ± 0,85 <sup>c</sup>	24,33 ± 5,60 <sup>a</sup>	12,44 ± 2,90 <sup>b</sup>
Ácido butírico	1,58 ± 0,67 <sup>a</sup>	1,38 ± 0,71 <sup>a</sup>	2,06 ± 0,61 <sup>a</sup>
Consistência, escala Bristol	4,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	4,00 ± 0,00 <sup>a</sup>
Cor, escala Bristol	2,00 ± 0,00 <sup>a</sup>	1,75 ± 0,46 <sup>a</sup>	1,88 ± 0,35 <sup>a</sup>
pH das fezes	8,16 ± 0,92 <sup>a</sup>	6,88 ± 0,57 <sup>b</sup>	6,50 ± 0,41 <sup>b</sup>
Profundidade das criptas (µM)	19,84±4,81 <sup>b</sup>	21,86±4,45 <sup>ab</sup>	24,24±6,88 <sup>a</sup>
Espessura das criptas (µM)	135,95±39,37 <sup>a</sup>	140,93±29,48 <sup>a</sup>	147,39±37,13 <sup>a</sup>
Largura camada muscular longitudinal (µM)	46,91±14,98 <sup>a</sup>	43,91±14,44 <sup>a</sup>	38,23±13,64 <sup>a</sup>
Largura camada muscular circular (µM)	144,35±35,55 <sup>a</sup>	133,54±34,05 <sup>a</sup>	122,80±28,64 <sup>a</sup>

Controle, M30 (dieta com 30% de proteína da amêndoa de macaúba e 70% de caseína), M50 (dieta com 50% de proteína da amêndoa de macaúba e 50% de caseína). As pontuações medias nas linhas seguidas por letras diferentes diferem pelo teste pelo teste ANOVA One-way seguida do teste post hoc de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

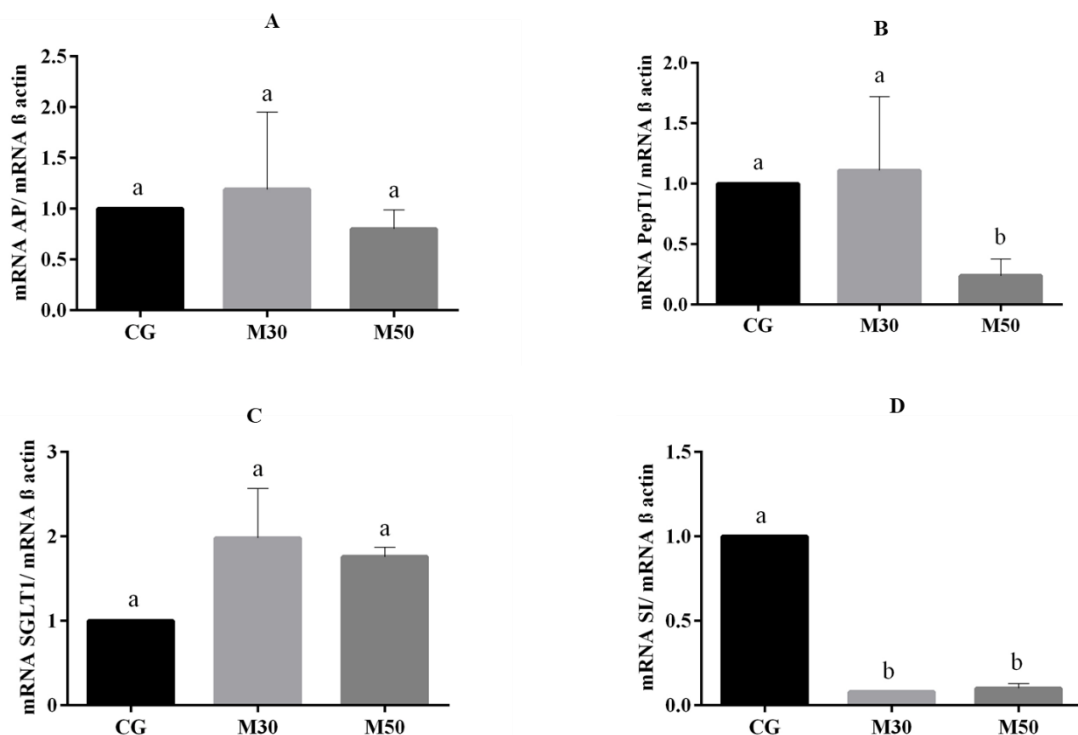
Adicionalmente, os parâmetros morfológicos descritos no presente estudo, incluindo profundidade da cripta, largura das criptas e medidas da camada muscular do cólon, foram usados como indicadores de saúde e funcionalidade intestinal (Sobolewska et al., 2017).

Os resultados observados, como o aumento da profundidade das criptas do cólon dos animais do grupo M50, comparativamente ao grupo controle, são indícios de maior trofismo intestinal, visto a maior produção e, consecutivamente, utilização dos ácidos graxos de cadeia curta como fonte energética para estimular seletivamente grupos bacterianos colônicos que são benéficos (Comalada et al., 2006; Han et al., 2018).

A não alteração evidente da espessura das criptas, camadas musculares longitudinais e circulares provavelmente está relacionada ao curto período do experimento (29 dias), que não foi capaz de promover alterações na motilidade e proliferação intestinal.

A expressão gênica da aminopeptidase (AP), proteína de transporte de sódio-glicose 1 (SGLT1) e sacarase isomaltase (SI) (figura 4) foram usados como biomarcadores da membrana da borda em escova, por possuírem funções digestivas e absorptivas. A expressão do gene AP e SGLT1 não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre os grupos alimentados com a farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba (M30 e M50) e o grupo controle. A expressão gênica de PepT1 não diferiu ( $p > 0,05$ ) entre o grupo M30 e o controle, porém observou-se que o grupo M50 diferiu ( $p < 0,05$ ) tanto do grupo M30 e do controle. Enquanto, a expressão gênica SI dos grupos M30 e M50 diferiram ( $p < 0,05$ ) do grupo controle e foram semelhantes entre si.

Nossos resultados sugerem que o consumo da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba pode melhorar o trânsito fecal e, ainda, a saúde e funcionalidade intestinal.



**Figura 4.** Efeitos do consumo da amêndoa de macaúba na expressão gênica de proteínas relacionadas à saúde intestinal em ratos Wistar ( $n = 8$ ). CG: grupo controle, M30: 30% da proteína da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba, M50 (50% da proteína da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba, AP: aminopeptidase, PepT1: transportador de peptídeo 1, SGLT1: glicose dependente de sódio

transportador 1, SI: isomaltase de sacarase Médias seguidas da mesma letra não diferem pelo teste de Newman-Keuls, ao nível de 5% de significância.

### 5.11. Efeito da ingestão da farinha parcialmente desengordurada amêndoa de macaúba nas variáveis bioquímicas de ratos *Wistar*

O resultado dos efeitos do consumo da farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba no perfil bioquímico está demonstrado na Tabela 18.

**Tabela 18.** Efeito da ingestão dietética nas variáveis bioquímicas em ratos *Wistar* (n = 8) por 29 dias

Variáveis	Controle	M 30	M 50
Glicose (mg dL <sup>-1</sup> )	152,48 ± 5,76 <sup>a</sup>	157,29 ± 14,05 <sup>a</sup>	152,73 ± 15,26 <sup>a</sup>
HDL (mg dL <sup>-1</sup> )	48,95 ± 4,25 <sup>a</sup>	38,59 ± 9,54 <sup>ab</sup>	30,99 ± 8,56 <sup>b</sup>
CT (mg dL <sup>-1</sup> )	34,52 ± 3,35 <sup>a</sup>	30,92 ± 5,05 <sup>ab</sup>	29,02 ± 4,34 <sup>b</sup>
TGL (mg dL <sup>-1</sup> )	35,40 ± 3,60 <sup>a</sup>	29,24 ± 6,10 <sup>b</sup>	33,48 ± 2,32 <sup>ab</sup>
AST (U L <sup>-1</sup> )	16,15 ± 6,17 <sup>b</sup>	23,22 ± 6,81 <sup>ab</sup>	27,44 ± 8,51 <sup>a</sup>
ALT (U L <sup>-1</sup> )	13,97 ± 7,16 <sup>a</sup>	20,99 ± 9,22 <sup>a</sup>	15,53 ± 7,04 <sup>a</sup>
LDL (mg dL <sup>-1</sup> )	14,84 ± 2,99 <sup>a</sup>	14,93 ± 3,25 <sup>a</sup>	15,48 ± 3,18 <sup>a</sup>
Ácido Úrico (mg dL <sup>-1</sup> )	1,34 ± 0,24 <sup>a</sup>	1,36 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,23 ± 0,13 <sup>a</sup>

Controle-caseína, M30 (dieta com 30% de proteína da amêndoa de macaúba e 70% de caseína), M50 (dieta com 50% de proteína da amêndoa de macaúba e 50% de caseína) HDL (lipoproteína de alta densidade), CT (colesterol total), TGL (triglicerídeos), AST (alanina aminotransferase), ALT (aspartato aminotransferase), LDL (lipoproteína de baixa densidade). Resultados são apresentados como média±desvio padrão e dados com letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste pelo teste ANOVA One-way seguida do teste post hoc de Newman Keuls a 5% de probabilidade.

Os animais alimentados com diferentes dietas contendo a amêndoa de macaúba não apresentaram diferença nos níveis de glicemia ( $p > 0,005$ ) em relação aos animais alimentados com caseína. Esse fato pode estar associado a composição da macaúba, uma vez que esse alimento é composto é rico em fibras alimentares.

Assim, o efeito da ingestão da amêndoa de macaúba em nosso estudo foi benéfico, pois a alimentação promoveu a manutenção dos níveis de glicose em curto período de tempo (29 dias).

Os grupos alimentados com amêndoa de macaúba apresentaram redução no perfil lipídico. Sabe-se que altas concentrações de fibra alimentar e de ácido oleico, presentes na amêndoa de macaúba, estão relacionadas à redução de colesterol total e triglicerídios. Assim, a ingestão da amêndoa de macaúba por um curto período de tempo foi capaz de promover melhora na homeostase dos lipídeos nos animais.

As concentrações de ureia e ALT não diferiram entre os grupos experimentais ( $p > 0,05$ ) e as concentrações de AST foi maior ( $p < 0,05$ ) nos grupos que ingeriu farinha parcialmente desengordurada da amêndoa de macaúba em comparação ao grupo controle (caseína). No entanto, as concentrações de enzimas hepáticas estão dentro da faixa normal para roedores (Spinelli et al., 2014).

#### **5.12. Desenvolvimento, caracterização e análise sensorial de granola com amêndoa da macaúba, sem adição de açúcar**

Anexo 2: Artigo

### **6. CONCLUSÕES**

A amêndoa de macaúba pode ser um ingrediente promissor para o desenvolvimento de alimentos saudáveis devido à alta concentração de fibra alimentar, proteínas e compostos bioativos. A dieta a base da farinha parcialmente desengordurada de amêndoa de macaúba apresentou proteína de alta qualidade, o que foi determinante no crescimento e ganho de peso dos animais. Além disso, a amêndoa da macaúba atuou positivamente na saúde intestinal dos animais.

Notou-se que a granola de amêndoa de macaúba foi bem aceita pelos avaliadores da análise sensorial, o que mostra que o produto em questão pode ser facilmente comercializado. Isso pode contribuir para utilização sustentável da macaúba pela indústria de alimentos e garantir fonte de renda às comunidades rurais que o colhem e que não dispõem de muitas alternativas de fonte de renda.

A recomendação do consumo de granola com amêndoa de macaúba permite aproveitar os benefícios dos constituintes nutricionais presentes no produto e proporcionar uma nova opção de alimento que atende às exigências do consumidor que deseja produtos com qualidade sensorial e nutricional associada aos benefícios que eles proporcionam à saúde.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A.G., Priolli, R.H.G., Azevedo-Filho, J.A., Nucci, S.M., Zucchi, M.I., Coelho R.M., & Colombo, C.A. (2012). The genetic structure and mating system of *Acrocomia aculeata* (Arecaceae). *Genetics and Molecular Biology*, 35,1,119-121.
- Agriambi (2017). Produção da ervilha cultivada em ambiente sob diferentes tensões de água no solo. Disponível em: <https://noticiasagricolas.com.br/noticias/feijão-e-grãos-especiais/199674-produção-da-ervilha-cultivada-em-ambiente-sob-diferentes-tensões-de-água-no-solo.html>. Acesso em: 20 de abril de 2020.
- Aiking, H. (2011). Future protein supply. *Trends in food science e technology* 22,112-120.
- Alezandro, M. R., Granato, D., Lajolo, F. M., & Genovese, M. I. (2011). Nutritional aspects of second generation soy foods. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(10), 5490-5497.
- Alvarez V., V.H., Dias, L.E., Ribeiro Junior., E.S. & Fonseca, C.A. da. (2001). Métodos de análises de enxofre em solos e plantas. *Editora UFV*. Viçosa: Editora UFV.
- Amaral, F.P., Broetto, F., Batistella, C.B. & Jorge, S. M. A. (2011). Extração e caracterização qualitativa do óleo da polpa e amendoas de frutos de macaúba. *Energia na Agricultura*, 26(1), 12–20. <https://doi.org/10.17224/energagric.2011v26n1p12-20>
- Amaya-Farfan, J., et al. (1986). Fatty acid and aminoacid composition of some indigenous fruits of northeastern Brazil. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* 6. 1: 86-92.
- Amaya-Farfan, J., Marcílio, R., & Spehar, C. R. (2005). Deveria o Brasil investir em novos grãos para a sua alimentação? A proposta do amaranto (*Amaranthus* sp). *Segurança Alimentar e Nutricional*, 12(1), 47-56.
- Andrade, AC, Marinho, JFU, de Souza, AC, de Sousa Tavares, T., Dias, DR, Schwan, RF, ... & Bastos, SC (2020). Potencial prebiótico da polpa e da torta de grão de frutos de Jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) e da palmeira Macaúba (*Acrocomia aculeata*). *Food Research International* , 136 , 109595.
- ANVISA (2003). Resolução RDC nº 360 de 23 de dezembro de 2003. Regulamento Técnico de Porções de Alimentos Embalados para Fins de Rotulagem Nutricional..<http://gov.br.pt-br.inspecao.legislacao>. Acesso em 20 de maio de 2020.
- ANVISA (2014). Resolução RDC nº52, de 29 de setembro de 2014. Regulamento Técnico de Boas Práticas para Serviços de Alimentação. <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/-pdf/23701496-925d-4d4d-99aa->

9d479b316c4b. Acesso em 05 de abril de 2020.

AOAC (2000). Official Methods of Analysis, 17th ed, Washington, D.C. USA.

AOAC (2018). Association of Official Methods Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of the Association Chemists. 19th ed. Gaithersburg, MD, EUA.

Argandoña-Sanjinez, E.J. & Chuba, C.A.M. (2011). Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bociuva (pp. 1023–1028). Jaboticabal-SP: *Revista Brasileira de Fruticultura*.

Ba L, Doering M, Burkholz T, Jacob C. (2009). Metal trafficking: from maintaining the metal homeostasis to future drug design. *Metallomics* 1:292-311.

Bednar, G..E., Patil, A.R., Murray, S.M., Grieshop, C.M., Merchen, N.R., Fahey, G.C.Jr (2001). Starch and fiber fractions in selected food and feed ingredients affect their small intestinal digestibility and fermentability and their large bowel fermentability in vitro in a canine model. *Journal of Nutrition*, Bethesda, v. 131, p. 276-286

Belén-Camacho, D.R., López, I., García, D., González, M., Moreno-Álvarez, M. J., & Medina, C. (2005). Evaluación físico-química de la semilla y del aceite de corozo (*Acrocomia aculeata* Jacq.). *Grasas Aceites*, 56(4), 311-316.

Bender, A.E., & Doell. B.H. (1957). Note on the determination of net protein utilization by carcass analysis. *British Journal Nutrition*, v.11,p.138-143.

Benevides, C.M.J.S, Souza, M.V.B, Souza, R.D.; Lopes, M.V. (2011). Fatores antinutricionais em alimentos: Revisão - Departamento Ciências da Vida, Universidade do estado da Bahia (Uneb)., *Segurança alimentar e nutricional*, Campinas, 18(2): 67-79.

Braga, J.M. & DeFelipo, B.V. (1974). Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solo e material vegetal. *Revista Ceres*, 21(113), 73–85.

Brissette, C. (2016). Plants proteins, healthy fats and more 2017. *Foods Trends*. [https://www.washingtonpost.com/lifestyle/wellness/cheking-the-crystal-ball-for-2017-foodtrends/2016/12/07/ead326ac-ac2a-11e6-8b45-8e493f06fcd\\_stpru.html?utm\\_term=728a66.2e4bc2](https://www.washingtonpost.com/lifestyle/wellness/cheking-the-crystal-ball-for-2017-foodtrends/2016/12/07/ead326ac-ac2a-11e6-8b45-8e493f06fcd_stpru.html?utm_term=728a66.2e4bc2).

Brasil. (1998). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 27 de 13 de janeiro de 1998: Regulamento Técnico sobre a Informação Nutricional Complementar.

Brasil. (2003). Ministério da Saúde. Rotulagem geral de alimentos embalados. Resolução RDC 359, de 23 de dezembro de 2003. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 26 dez. 2003a. Seção 1. Disponível em:

<<http://www.anvisa.gov.br/alimentos/legis/especifica/rotuali.htm>>. Acesso em: ago. 2021.

- Brasil. (2005). Ministério da Saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Regulamento técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais (Resolução RDC nº 269, de 22 de setembro de 2005). Diário Oficial da República Federativa do Brasil.
- Brasil. (2012). Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Dispõe sobre Regulamento Técnico sobre a Informação Nutricional Complementar. Resolução nº 54. Brasília, 2012.
- Boer, J., Aiking, H. (2017). Pursuing a low meat diet to improve both health and sustainability: How can we use the frames that shape our meals?. *Ecological economics*, v. 142, p. 238-248.
- Bora, P.S. & Rocha, R.V.M. (2004). Macaiba palm: fatty and amino acids composition of fruits macaíba: composición de aminoácidos y ácidos grasos de frutos macaíba: composición de aminoácidos e ácidos graxos de fritos. *Ciencia y Tecnologia Alimentaria*, 4(3), 158–162. <https://doi.org/10.1080/11358120409487755>.
- Cardozo, K.H., Guaratini, T., Barros, M.P., Falcão, V.R., Tonon, A.P., Lopes, N.P. & Pinto, E. (2007). Metabolites from algae with economical impact. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 146(1-2), 60-78.
- Carluccio, M.A., Massaro, M., Scoditti, E. & De Caterina, R. (2007). Vasculoprotective potential of olive oil components. *Molecular Nutrition and Food Research*, 51(10), 1225–1234. <https://doi.org/10.1002/mnfr.200600305>.
- Chaves, J. B. P., Machado, G. C., & Antoniassi, R. (2006). Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco babaçu.
- Chaiyasit, W., Elias, R.J., McClements, D.J. & Decker, E.A. (2007). Role of physical structures in bulk oils on lipid oxidation. *Critical reviews in food science and nutrition*, 47(3), 299-317.
- Crepaldi, I.C.; Almeida-Muradian, L.B.; Penteadó, M.D.C.; Salatino, A. (2001). Composição nutricional do fruto de licuri (*Syagrus coronata* Martius Beccari). *Revista Brasileira de Botânica*, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 155-159, 2001.
- Coimbra, M. & Jorge, N. (2011a). Composition of guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*) palm fruits. *Food Research International* 44, 2139-2142.
- Coimbra, M. & Jorge, N. (2011b). Characterization of the pulp and kernel oils from *Syagrus*

oleracea, *Syagrus romanzoffiana* and *Acrocomia aculeata*. *Journal of food science*76(8),C1156-C1161.

Coimbra, M. & Jorge, N. (2012). Fatty acids and bioactive compounds of the pulps and kernels of Brazilian palm species, guariroba (*Syagrus oleracea*), jerivá (*Syagrus romanzoffiana*) and macaúba (*Acrocomia aculeata*). *J Sci Food Agric.*, 92: 679–684 www.soci.org.

Colombo, C.A., Berton,L.H.C., Azevedo-Filho,J.A. (2012). Macaúba palmeira nativa como opção bioenergética. *Pesquisa e Tecnologia*, vol.9, n.2, jul-dez.

Colombo, C.A., Berton, L.H.C., Diaz, B.G., & Ferrari, R.A. (2018). Macaúba: a promising tropical palm for the production of vegetable oil.*OCL*,25(1), D108.

Comalada, M. et al. (2006). The effects of short-chain fatty acids on colon epithelial Macaúba: proliferation and survival depend on the cellular phenotype. *Journal of cancer research and clinical oncology*, v. 132, n. 8, p. 487-497.

Costa E, Martins R.F, Faria T.A.C, Jorge M.H.A and Leal P.A.M (2014) Seedlings of *Acrocomia aculeata* in diferent substrates and protected environments. *Engenharia Agrícola* 34: 395-404.

Costa, N.M.B.& Rosa,C.O.B.(2016). Alimentos funcionais-compostos boativos e efeitos fisiológicos. *Editora Rubio*-Rio de Janeiro,2ª ed.,504p.il.;25cm.

Coppini LZ, Waitzberg DL, Campos FG, Harb-Gama A. (2004). Fibras Alimentares e Ácidos Graxos de Cadeia Curta. In: Waitzberg, D.L. *Nutrição Oral, Enteral e Parenteral na Prática Clínica*. São Paulo: Atheneu. p. 79-94.

Cozzolino, S. M. F. (2005). *Biodisponibilidade de nutrientes*. Editora Manole.

da Conceição, L.D.H.C.S., Antoniassi, R., Junqueira, N.T.V., Braga, M.F., Faria-Machado, A.F., Rogério, J.B., Bizzo, H.R. (2015). Genetic diversity of macaúba from natural populations of Brazil. *BMC Research Notes*, 8(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s13104-015-1335-1>.

da Silva, BP, Dias, DM, de Castro Moreira, ME, Toledo, RCL, da Matta, SLP, Della Lucia, CM, ... & Pinheiro-Sant'Ana, HM (2016). A semente de chia apresenta boa qualidade protéica, efeito hipoglicemiante e melhora o perfil lipídico e a morfologia hepática e intestinal de ratos Wistar. *Plant Foods for Human Nutrition* , 71 (3), 225-230.

da Silva Mendoza, V., dos Santos, L. D. L., & Argadoña, E. J. S. (2016). Elaboração de granola com adição de polpa e castanha de Bacuri para consumo com iogurte. *Evidência*, 16(2), 83-100.

- da Silva, B.P., Kolba, N., Martino, H.S.D., Hart, J., Tako, E. (2019) Soluble Extracts from Chia Seed (*Salvia hispanica* L.) Affect Brush Border Membrane Functionality, 49 Morphology and Intestinal Bacterial Populations *In Vivo* (*Gallus gallus*). *Nutrients*, v. 11, n.10, p. 2457.
- da Silva Alves, E., da Silva, L. A., Saqueti, B. H. F., Artilha, C. A. F., da Silva, D. D. M. B., de Sousa, L. C. S. & Visentainer, J. V. (2020). Proteínas vegetais como alimentos funcionais-revisão/Vegetable proteins as functional foods–review. *Brazilian Journal of Development*, 6(2), 5869-5879.
- da Silva, M. E. T., de Paula Correa, K., Martins, M. A., da Matta, S. L. P., Martino, H. S. D., & dos Reis Coimbra, J. S. (2020). Food safety, hypolipidemic and hypoglycemic activities, and in vivo protein quality of microalga *Scenedesmus obliquus* in Wistar rats. *Journal of Functional Foods*, 65, 103711.
- da Silva, A. C., da Silva, K. C. R., de Vasconcelos Soares, R., Barreto, V. L. B.S. & de Faria, F.R. (2020). Development of a fermented yogurt-like product from vegetable proteins with cambuci fruit jam. *Revista Bras. de Mecatrônica*, São Caetano do Sul, v. 2,n.4,p. 31-40, abr./jun.
- de Pinho, L., Mesquita, D. S. R., Sarmiento, A. F., & Flávio, E. F. (2015). Enriquecimento de sorvete com amêndoa de baru (*Dipteryx alata* Vogel) e aceitabilidade por consumidores. *Unimontes Científica*, 17(1), 39-49.
- de Souza, R. S., Cuellar, J. P., Donadon, J. R., & Guimarães, R. D. C. A. (2019). Compostos bioativos em geleia de bocaiuva com maracujá. *Multitemas*, 79-94.
- de Sousa, AR, de Castro Moreira, ME, Grancieri, M., Toledo, RCL, de Oliveira Araújo, F., Mantovani, HC, & Martino, HSD (2019). Sorgo extrudado (*Sorghum bicolor* L.) melhora a microbiota intestinal, reduz a inflamação e o estresse oxidativo em ratos obesos alimentados com uma dieta rica em gordura. *Journal of Functional Foods* , 58 , 282-291.
- Denadai, SMS, Hiane, PA, Marangoni, S., Baldasso, PA, Miguel, A.MRO, & Macedo, MLR (2007). Digestibilidade in vitro de globulinas de nozes de sapucaia (*Lecythis pisonis* Camb.) por digestivo de mamíferos proteinases. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27 (3), 535-543. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612007000300018>.
- DeLany J.P., Windhauser M.M., Champagne C.M., Bray G.A. (2000). Differential oxidation of individual dietary fatty acids in humans. *Am J Clin Nutr*. 2000.<http://ajcn.nutrition.org/content/72/4/905.long>.
- Dessimoni-Pinto, N.A.V., Silva, V.M., Batista, A.G., Vieira, G., Souza, C.R., Dumont, P. V. & Santos, G.K M. (2010). Características físico-químicas da amêndoa de macaúba e seu aproveitamento na elaboração de barras de cereais. *Alim. Nutr.*, 21(1), 79–86. <http://serv-bib.fcfar.unesp.br/seer/index.php/alimentos/article/view/1392/914>.
- Dutra-Oliveira, J.E. & Marchini, J.S.(2003). Ciências nutricionais. *Editora Sarvier*, 3ª ed.

Dutcosky, S.D. (2019). Análise sensorial de alimentos. 5º.ed., rev.- Curitiba: *PUCPRESS*.

Ellis, R. e Morris,R. (1986). Appropriate resin selection for rapid phytate analysis by ion-exchange chromatography. *Cereal Chemistry*,v.63,p.58-59.

Elorinne, A.L., Alfthan, G., Erlund, I.; Kivimäki, H., Paju, A., Salminen, I.; Turpeinen, U., Voutilainen, S.; Laakso, J. (2016) Food and nutrient intake and nutritional status of Finnish vegans and non-vegetarians. *PLoS ONE*, 11, e0148235. [CrossRef] [PubMed]

e Silva, S.H.T., Bader-Mittermaier, S., Silva, L.B., Doer, G. & Eisner, P. (2021). Caracterização eletroforética, composição de aminoácidos e propriedades de solubilidade de globulinas de kernel de Macaúba (*Acrocomia aculeata* L.). *Food Bioscience* , 40 , 100908.

Electrophoretic characterization, amino acid composition and solubility properties of Macauba (*Acrocomia aculeata* L.) kernel globulins

Fagundes, G.R. & Yamanishi, O.K. (2001). Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo “solo” Comercializados Em 4 Estabelecimentos De Brasília-Df. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 23(3), 541–545. <https://doi.org/10.1590/s0100-29452001000300018>.

FAO (1991). Food and Agriculture Organisation, Production Yearbook, Vol. 44, FAO: Rome.

FAO (2013). Food and Agriculture Organization. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: report of an FAO Expert Consultation. Food and nutrition paper; 92. FAO: Rome.

Farinazzi-Machado, F.M.V., Giannoni, J.A., Marinelli, P.S., Taniguchi, E.T., S.ouza, N.N., Silva, A. R. (2018). Perfil físico-químico, colorimétrico e sensorial de barras de cereais com polpa e amêndoas de macaúba (*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). *Revista Unimar Ciências*, pp. 1–2.

Farias, J.P.et al. (2008). Caracterização química da amêndoa de coquinho-azedo (*Butia capitata* var *capitata*). *Ver. Bras. Frutic.,Jaboticabal-SP*,v.30,n.2,p.549-552.

Farias, T.M., (2010). Biometria e processamento dos frutos da macaúba (*Acrocomia sp*) para produção de óleos. *Dissertação* apresentada ao Programa de pós-Graduação em Engenharia Química-UFMG.

Fasolin, L.H., Pereira, R.N., Pinheiro, A.C., Martins, J.T., Andrade, C.C.P., Ramos, O.L., & Vicente, A.A. (2019). Emergent food proteins–Towards sustainability, health and

innovation. *Food Research International*, 108586.

Ferreira, A.N., Santos, C.P.A., Costa, G.L.A., & Gebara, K. S. (2013). Utilização do extrato de bocaiúva (*Acrocomia aculeata*) como um alimento funcional do tipo “shake”. *Interbio*, 7(1), 61-71.

Fernandes, D.C, Freitas, J.B., Czедера, L.P. A. N., Santos, & Naves, M.M. (2010). Composição nutricional e valor protéico do baru (*Dipteryx alata* Vog.) amêndoa da savana brasileira. *Jornal do Science of Food and Agriculture*, 90 (10), 1650-1655. <http://dx.doi.org/10.1002/jsfa.399>.

Festa, B.L.A. (2015). Contribuição da mudança de hábitos alimentares para a redução dos problemas socioambientais. Dieta onívora x dieta vegetariana. Monografia - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba.

Fitó, M. et al., (2007). Effect of a traditional mediterranean diet on lipoprotein oxidation. *Arch Intern Med*, vol. 167:1195-1203.

Freitas, T. (2020). Brasileiros pesquisam 150% mais “carne vegetal”. Acesso: <https://www.startse.com/noticia/startups/brasileiros-carne-vegetal-fazenda-futuro>, Acesso dia 25 julho, 2021.

Freitas J.B. & Naves M.M.V. (2010). Composição química de nozes e sementes comestíveis e sua relação com a nutrição e saúde. *Rev Nutr* 23:269–279

Friedman, M., & Brandon, D.L. (2001). Benefícios nutricionais e de saúde das proteínas de soja. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49 (3), 1069-1086.

Fruhworth, G. O., Loidl, A., & Hermetter, A. (2007). Oxidized phospholipids: from molecular properties to disease. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Basis of Disease*, 1772(7), 718-736.

García, M.C., Torre, M., Marina, M.L., Laborda, F. (1997) Composition and characterization of soybean and related products. *Critical Reviews in Food. Science and Nutrition*, v.37, p.361-391.

Gama, J.J.T. & Sylos, C.M. (2007). Effect of thermal pasteurization and concentration on carotenoid composition of Brazilian Valencia orange juice. *Food Chemistry*, 100, 1686–1690.

Gargnin, A., Junqueira, N.T.V., Fogaça, C.M. (2008). Potencial da macaubeira como fonte de matéria-prima para produção de biodiesel. Planaltina, DF: *Embrapa Cerrados*.

- Garson, M.J. (1989). Biosynthetic studies on marine natural products. *Natural Product Reports*, 6(2), 143-170.
- Gerais. (2011). Lei No 19.485 de 13 de janeiro de 2011. *Diário Oficial da União*.
- Gonçalves, N. (2019). Perspectivas para o mercado de proteína vegana. Disponível em: <https://veganbusiness.com.br/mercado-de-proteina-vegana/>(Consulta: 21- 12-2020).
- Goulart, S. M. (2018). Colheita e pós-colheita de macaúba: qualidade do óleo da polpa para alimentação humana e aproveitamento da torta na alimentação animal. *Tese doutorado em Fitotecnia*, Programa de pós-graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Grancieri, M., Costa, N.M.B., Tostes, M.D.G.V., de Oliveira, D.S., de Carvalho Nunes, L., de Nadai Marcon, L. & Viana, ML (2017). A farinha de yacon (*Smallanthus sonchifolius*) atenua a morbidade intestinal em ratos com câncer de cólon. *Journal of Functional Foods*, 37, 666-675.
- Grancieri, M., Martino, H.S.D. e Gonzalez de Mejia, E. (2019). Semente de chia (*Salvia hispanica L.*) como fonte de proteínas e peptídeos bioativos com benefícios para a saúde: uma revisão. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 480-499.
- Granada, G., Rosa, V., Zambiasi, R., Koetz, P. (2003). Caracterização de granolas comerciais. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 23(1):87-91.
- Grande-Principal, S. et al. (2010). Hydroxytyrosol: from laboratory investigations to future clinical trials. *Nutrition Reviews*, vol.68(4):191-206.
- Grande, S.C. & Cren, E.C. (2016). Demanda de proteínas vegetais: potencialidades e o diferencial dos farelos de macaúba. *Journal of Chemical Engineering and Chemistry*-vol.02,n.03,190-214.
- Guallasamín-Dávila, A., Ávila-Vélez, J., & Sotomayor-Grijalva, C. (2018). Elaboración de una bebida pasteurizada a partir de un extracto proteico de quinua (*Chenopodium quinoa Willd.*). *Enfoque UTE*, 9(2), 36-47.
- Han, S.W., Chee, K. M.; Cho, S. J. (2015). Nutritional quality of rice bran protein in comparison to animal and vegetable protein. *Food chemistry*, v. 172, p. 766-769.
- Han, F. et al. (2018). Effects of whole-grain rice and wheat on composition of gut microbiota and short-chain fatty acids in rats. *Journal of agricultural and food chemistry*, v. 66, 25, p. 6326-6335.
- Haumann, B.F. (1990) Low-linolenate flax: variation on familiar oilseed. *Inform* 1, 934-941.

- Henderson, A., Galeano, G., Bernal, R. (1995). *Field guide to the palms of the Americas* (P. N. J. : P. U. Press, Ed.). Nova Jersey.
- Henchion, M., Hyes, M., Mullen, A. M., Fenelon, M. & Tiwari, B. (2017). Future protein supply and demand: strategies and factors influencing a sustainable equilibrium. *Foods*, (6)53; DOI:10.3390/foods6070053.
- Henriques, G. S., Simeone, M. L. F., & Amazonas, M. A. L. D. A. (2008). Avaliação in vivo da qualidade protéica do champignon do Brasil (*Agaricus brasiliensis* Wasser et al.). *Revista de Nutrição*, 21, 535-543.
- Hiane, P. A., Ramos Filho, M. M., Ramos, M. I. L. & Macedo, M. L. R. (2005). Bocaiúva, *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: characterization and fatty acid composition. *Brazilian Journal of Food Technology*, 8(3), 256-259.
- Hiane, P. A., Baldasso, P. A., Marangoni, S., Macedo, M. L. (2006a). Chemical and nutritional evaluation of kernels of bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD. *Cienc. tecnol. aliment.*, Campinas, 26(3):683-689, jul.set.
- Hiane, P. A., Macedo, M. L. R., Silva, G. M., Braga Neto, J. A. (2006b). Avaliação nutricional da proteína de amêndoas de bocaiuva, *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD, em ratos Wistar. *B. CEPPA*, Curitiba, v.24,n.1.p.191-206 jan./jun..
- Hiane, P. A. (2006). Estudo nutricional, com ênfase em proteínas antinutricionais e tóxicas, de amêndoas da bocaiúva, espécie *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD., do Estado de Mato Grosso do Sul. Tese apresentada ao Programa Multiinstitucional de Pós-Graduação em Ciências da Saúde, Convênio Rede Centro Oeste UnB/UFG/UFMS.
- Holdt, S. L. & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of applied phycology*, 23(3), 543-597.
- Huber, L. S. & Rodriguez-Amaya, D. B. (2008). Flavonóis e flavonas: fontes brasileiras e fatores que influenciam a composição em. *Alimentos Nutrição*, 19 (1), 97-108.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia, 2021. <https://revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Soja/noticia/2021/11/producao-de-soja-na-safra-20202021.html>.
- Ichihara, K.; Fukubayashi, Y. (2010) Preparation of fatty acid methyl esters for gas-liquid chromatography. *Journal of Lipid Res.*, 51(3), 635-40. <https://doi.org/10.1194/jlr.d001065>.
- Inocas (2020). Soluções inovadoras em petróleo e carbono. <https://www.inocas.com.br/en/Acesso> abril de 2021.

- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E.K. (2017). Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition*, 72(1), 26–33. <http://doi.org/10.1007/s11130-016-0583-0>.
- Jurídicos (2005). Lei no 11.097, de 13 de janeiro de 2005. *Diário Oficial da União*.
- Kopper, A.C., Saravia, A.P., Ribani, R.H., & Lorenzi, G.M.A.C. (2009). Utilização tecnológica da farinha de bociuva na elaboração de biscoitos tipo cookie. *Alim. Nutr.*, 20(3), 463–469.
- Latta, M. e Eskin, M.(1980). A simple and rapid colorimetric method for phytate determination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.28,n.6,p.1313-1315.
- Lawson, A. B. (1995). MCMC methods for putative pollution source problems in environmental epidemiology. *Statistics in Medicine*, 14(21-22), 2473-2485.
- Lee, J.; Chung, H.; Chang, P.-S.; Lee, J. (2007). Development of a method predicting the oxidative stability of edible oils using 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH). *Food Chemistry*, v. 103, n. 2, p. 662-669. ISSN 0308-8146.
- Lescano, C.H., Oliveira, I.P., Silva, L.R., Baldivia, D.S., Sanjinez-Argandoña, E.J., Arruda, E.J., Lima, F.F. (2015). Nutrients content, characterization and oil extraction from *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. fruits. *African Journal of Food Science*, 9(3), 113–119. <https://doi.org/10.5897/ajfs2014.1212>.
- Lieb, V.M., Schex, R., Esquivel, P., Jiménez, V.M., Schman, H.-G, Carle, R., Steingass, C.B. (2019). Fatty acids and triacylglycerols in the mesocarp and kernel oils of maturing Costa Rican *Acrocomia aculeata*. *NFS Journal*, 14-15,6-3.
- Lima e Silva, M. C. B., Hiane, P. A., Braga Neto, J. A., & Macedo, M. L. R. (2014). Proteins of Bacuri kernels: nutritional value and in vivo digestibility. *Food Science and Technology*, 34, 55-61.
- Limberg, B. C., et al. (2021). Desenvolvimento de uma goma proteica vegetal. *FAG Journal of Health (FJH)*, 3.1: 34-37.
- Liu, HJ, Chang, BY, Yan, HW, Yu, FH, & Liu, XX (1995). Determinação de aminoácidos em alimentos e rações por derivatização com 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato e separação por cromatografia líquida de fase reversa. *Journal of AOAC International* , 78 (3), 736-743.
- Lui, W.O, Pourmand, N., Patterson, BK, & Fire, A. (2007). Padrões de pequenos RNAs conhecidos e novos no câncer cervical humano. *Cancer research* , 67 (13), 6031-6043.
- Luz, T.C.S. (2014). Efeito do consumo de preparações à base de farinha de yacon (*Smallanthus*

sonchifolius) na produção de ácidos graxos de cadeia curta, no pH fecal e na microbiota intestinal probiótica de pré-escolares, 73 f.: il.

Lobo AR, Colli C, Alvares EP, Filisetti TMCC (2007). Effects of fructans-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp and Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. *Br J Nutr.* 2007; 97(4):776-85.

Lorenzi, G.M.A.C. & Negrelle, R.R.B. (2006). *Acrocomia aculeata* (JACQ.) LODD. EX MART.: Aspectos ecológicos, usos e potencialidades. *Visão Acadêmica*, 7(1). <https://doi.org/10.5380/acd.v7i1.9021>.

Machado, G.C., Chaves, J.B.P., Antoniassi, R. (2006). Composição em ácidos graxos e caracterização física e química de óleos hidrogenados de coco de babaçu. *Revista Ceres*, vol.53,n.308,jul.-agost.,p.463-470.UFV.

Mafra, D. & Cozzolino, S. M. F. (2004). Importância do zinco na nutrição humana. *Revista de Nutrição*,17, 79-87.

Mariani, M. et al. (2015). Elaboração e avaliação de biscoitos sem glúten a partir do farelo de arroz e de soja. *Brazilian Journal of Food*, v. 18, p. 70-78.

Martinez AP, Azevedo GR. (2012) Tradução, adaptação cultural e validação da Bristol Stool Form Scale para a população brasileira. *Ver.Latino-Am.Enfermagem*. [acesso em:12/07/2021];20(3)[www.scielo.br/j/rlae/a/vDBpwytkNhbSLbzyYkPygFq/?format=pdf&lang=pt](http://www.scielo.br/j/rlae/a/vDBpwytkNhbSLbzyYkPygFq/?format=pdf&lang=pt)

Matiello, E.R., Savoldi, A.L.L. & Faion, A.M. (2021). Elaboração de barra de cereal a partir de farinha de ora-pro-nobis e resíduo agroindustrial de abacaxi. *Revista E-Tech: Tecnologias para Competitividade Industrial-ISSN-1983-1838*, 14(1).

Mariutti, L. R. B.; Rebelo K. S.; Bisconsin-Junior A., de Moraes J. S.; Magnani M.; Maldonade I.R.; Madeira N.R.; Tiengo A.; Maróstica M.R. Jr.; Cazarin C.B.B. (2021). The use of alternative food sources to improve health and guarantee access and food intake. *Food Res Int.* 2021 Nov; 149:110709. doi: 10.1016/j.foodres.2021.110709. Epub 2021 Sep 16. PMID: 34600699.

Martino, H.S.D.; Tostes, M.G.V.; Costa, N.M B. (2021). Fibras Alimentares. In: Costa, N. M. B. Peluzio, M. C. G (Org.). *Nutrição e Metabolismo Humano.*; Rio de Janeiro Rubio,p.79-103.

Martino, H.S.D. et al. (2013). *Nutrição Experimental*. Ed. UFV, 83p.:iL;22cm (Didática).

Minim, V.P.R. (2018). *Análise sensorial estudos com consumidores*, 4ªed, editora UFV, ISBN: 9788572694711.

- Ministério da Ciência e Tecnologia (2004). Resposta técnica: alimentos (granola, mix de cereias). Belo Horizonte, CETEC, 2004. <http://sbrt.ibit.br>.
- Mishima, M. D. V. (2020). Efeito da chia (*Salvia hispanica* L.) na biodisponibilidade de cálcio e na saúde óssea e cardiovascular de ratas ovariectomizadas alimentadas com dieta hiperlipídica.
- Moura, E.F., Motoike, S.Y., Ventrella, M.C., Sá Junior, A.Q., Carvalho, M. (2009). Somatic embryogenesis in macaw palm (*Acrocomia aculeata*) from zygotic embryos. *Scientia Horticulturae* 119, 447-454.
- Moratoya, E.E., Carvalhaes, G.C., Wander, A.E. & Almeida, L.M.D.M.C. (2013). Mudanças no padrão de consumo alimentar no Brasil e no mundo. *Revista de Política agrícola*, 22(1), 72-84.
- Motta, P.E.F., Curi, N., Oliveira-Filho, A.T., Gomes, J.B.V. (2002). Ocorrência da macaúba em Minas Gerais: relação com atributos climáticos, pedológicos e vegetacionais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, v.37,n.7,p.1023-1031, jul..
- Munhoz, C.L. et al., (2018). Composição química e de fatores antinutricionais de frutos de bocaiuva. *Ambiência Guarapuava (PR)* v.14 n.1 p. 212 - 224.
- Nawaz, M.A., Golokhvast, K.S., Rehman, H.M., Tsukamoto, C., Kim, H.S, Yang, S.H., Chung, G. (2018) Soy isoflavone diversity in wild soybeans (*Glycine soja* Sieb. & Zucc.) from the main centres of diversity. *Biochemical Systematics and Ecology*, v. 77, p. 16-21.
- Neves, L. C., Campos, A. J. D., Benedette, R. M., Tosin, J. M., & Chagas, E. A. (2012). Caracterização da atividade antioxidante de frutos nativos da região Amazônica Brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 34(4), 1165-1173.
- Nunes, P.L. et al. (2021). Aveia branca propriedades nutraceuticas: revisão da literatura. In: Congresso Internacional em Saúde.
- Nobre, D.A.C., Trogello, E., Borghetti, R.A. & David, A.M.S. (2014). Macaúba: Palmeira de extração sustentável para biocombustível. *Colloquium Agrariae*, 10(2), 92–105. <https://doi.org/10.5747/ca.2014.v10.n2.a112>.
- Nogueira, L.S., Vieira, J.T.F., Viroli, S.L.M. (2012) Elaboração de uma barra de cereais contendo amêndoa de Macaúba: uma alternativa econômica para agricultura familiar. São Luís, 64ª Reunião Anual da SBPC. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Disponível em: <http://www.sbpcnet.org.br/livro/64ra/resumos/resumos/10127.htm> Acesso: 27 março 2020.
- Noguera, N. H., et al. (2021). Produção de micropartículas de óleo de farelo de arroz (*Oriza sativa* L.) por atomização com aproveitamento do potencial tecnológico de coprodutos do

cereal.

- Nucci, S.M., Azevedo-Filho, J.A., Colombo, C.A., Priolli, R.H.G., Coelho, R.M., Mata, T.L. & Zucchi, M.I. (2008). Development and characterization of microsatellites markers from the macaw. *Molecular Ecology Resources*, 8(1), 224–226. <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2007.01932.x>.
- Olivati, C. (2020). Composição fenólica de uvas passas e drageados de uva passa com chocolate.
- OMS. (2003) Organización Mundial de La Salud. Informe de uma consulta mixta de expertos OMS/FAO. Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crônicas Genebra, 2003. OMS, Serie de Informes Técnicos, 916.
- Osborne, TB, Mendel, LB, & Ferry, EL (1919). Um método para expressar numericamente o valor de promoção de crescimento de proteínas. *Journal of Biological Chemistry* , 37 (2), 223-229.
- Pereira da Silva, B., Kolba, N., Stampini Duarte Martino, H., Hart, J., & Tako, E. (2019). Extratos solúveis de sementes de chia (*Salvia hispanica* L.) afetam a funcionalidade da membrana da borda em escova, a morfologia e as populações bacterianas intestinais in vivo (*Gallus gallus*). *Nutrients* , 11 (10), 2457.
- Pereira, R.J, Cardoso, M G. (2012). Metabólicos secundários vegetais e benefícios antioxidantes. *J. biotec. biodivers.* v.3, n. 4: p 146-152.
- Pires, C. V., Oliveira, M. G. D. A., Rosa, J. C., & Costa, N. M. B. (2006). Qualidade nutricional e escore químico de aminoácidos de diferentes fontes protéicas. *Food Science and Technology*, 26, 179-187.
- Philippi, S.T. (2008). Pirâmide dos alimentos fundamentos básicos da nutrição. São Paulo: Editora: Manoele.
- Proteste.(2018). Teste com granolas: nem todas são aliadas da boa alimentação.<https://www.proteste.org.br/alimentacao/alimentoindustrializado/noticia/teste-com-granolas-nem-todas-sao-aliadas-da-boua-alimentacao&gt>.Acessado em: 27 de março de 2020.
- Ramos, M.I.L., Ramos Filho, M.M., Hiane, P.A., Braga Neto, J.A. & Siqueira, E.M. (2008). Qualidade nutricional da polpa de bocaiúva *Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 28(SUPPL.), 90–94.
- Reis, A.F. & Schmiele, M. (2019). Características e potencialidades dos frutos do Cerrado na indústria de alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, 22(0), 1–12. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15017>.

- Resende, L.M.; Franca, A.S.; Oliveira, L.S. (2019). Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.) fruit by-products flours: Evaluation as source of dietary fibers and natural antioxidants. *Food Chemistry*, v. 270, p.53-60.
- Reeves, P.G., Nielsen, F.H. & Fahey Jr, G.C. (1993). AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final report of the *American Institute of Nutrition* ad hoc writing committee on the reformulation of the AIN-76A rodent diet.
- Rettore, R.P.; Martins, H. (1983). Produção de combustíveis líquidos a partir de óleos vegetais: estudo das oleaginosas nativas de Minas *Projeto da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC Gerais.*, Belo Horizonte, v.1.
- Rocha, W. S.; Lopes, R. M.; Silva, D. B. da;Vieira, R. F.; Silva, J. P. da; Agostini-costa,T. da S. (2011). Compostos fenólicos totais e taninos condensados em frutas nativas do cerrado. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 4,p. 1215-1221.
- Rodriguez-Amaya, D.B.(1997). Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed and stored foods (pp. 1-93). Arlington, VA: *John Snow Incorporated/OMNI Project*.
- Roland, W.S.U., Pouvreau, L., Curran, J., Velde, F. Van de & Kok, P.M.T. de. (2017). Flavor Aspects of Pulse Ingredients. *Cereal Chemistry*, 94(1), 58–65 <https://doi.org/10.1094/CCHEM-06-16-0161-FI>.
- Saldanha do Carmo, C., Numes,A.N., Silva,I., Maia, C., Poejo, J., Ferreira-Dias, S., Bronze,R. & Duarte, C.M.M (2016). Formulation of pea protein for increased satiety and improved foaming properties. *RSC Adv.*, 6,6048.
- Sanjinez-Argandoña,E.J. & Chuba, C.A.M. (2011). Caracterização biométrica, física e química de frutos da palmeira bociaiuva *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal-SP, v.33,p.1023-1028.
- Sarruge, J.R. & Haag, H.P. (1974). Análises químicas em plantas. Piracicaba.
- Sartori, E., Isak, I., Resta, D., Boschini, G.,Arnoldi, A. (2012).Mechanical and thermal processing effects on proein integrity and peptide fingerprint of pea protein isolate. *Food Chemistry*, 134,113-121.
- Singleton, V.L.; Orthofer, R.; Lamuela-Raventos, R.M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of FolinCiocalteu reagent. *Meth Enzymology.*, p. 152-178.
- Silva, G.C.R. & Andrade, M. H. C. (2011). Development and simulation of a new oil extration

process from fruit macauba palm tree. *Journal of Food Process Engineering*.

Silva, J., T., E.; Santos, R., S.; dos Santos, V.S.; de Jesus, D.L.S., Aiura, A. L. de O.; Aiura, F.S. (2014). Avaliação da torta da polpa da macaúba como alimento alternativo para o tambaqui. *8º Fórum FEPEG*, Unimontes, 24-27 set.

Silva, A.R.A., Silva, M.M.N., Ribeiro, B.D. (2020). Health issues and technological aspects of plant-based alternative milk. *Food Research International*, v. 131, p. 108972.

Silva, N.F.N. & Oliveira, I.C. (2021). Estabilidade coloidal de suspensões mistas compostas por caseínas e proteínas de ervilha. In *XXVII CIC e XII CIDTI*.

Sgarbieri, V.C. (1996). Proteínas em alimentos protéicos: propriedades - degradações - modificações. São Paulo: Varela,. 517 p.

Smiricky-Tjardes MR, Grieshop CM, Flickinger EA, Bauer LL, Fahey GC. (2003); Dietary galactooligosaccharides affect ileal and total-tract nutrient digestibility, ileal and fecal bacterial concentrations, and ileal fermentative characteristics of growing pigs. *J Anim Sci*. 81(10):2535-45.

Soares, S. E. (2002). Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de nutrição*, 15, 71-81.

Soleá. (2020). Disponível em <https://www.soleabrasil.com.br/> Acesso/ Abril 2021.

Sobolewska, A. et al. (2017). The influence of in ovo injection with the prebiotic DiNovo® on the development of histomorphological parameters of the duodenum, body mass and productivity in large-scale poultry production conditions *journal of animal science and biotechnology*, v. 8, n. 1, p. 1-8.

Spinelli, MO, da Cruz, RJ, Motta, MC, & Damy, SB (2014). Estudo da variação sazonal dos parâmetros bioquímicos de roedores e lagomorfos do Biotério da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Medicina Veterinária* , 36 (2), 219-225.

St-Onge M.P., Jones P.J.H. (2003). Greater rise in fat oxidation with medium-chain triglyceride consumption relative to long-chain triglyceride is associated with lower initial body weight and greater loss of subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes*. 27(12): 1565-71. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802467.

Stone, A.K. et al. (2015) . Functional attributes of pea protein isolates prepared using different extraction methods and cultivars. *Food Research International*, v. 76, n. P1, p. 31–38. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.11.017>.

- Threapleton, D.E. et al. (2013). Dietary fibre intake and risk of cardiovascular disease: systematic review and meta-analysis. *BMJ (Clinical research ed.)*, v. 347, p. f6879, DOI10.1136/bmj.f6879 <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mdc&AN=24355537&lang=ptbr&site=ehost-live>. Acesso em: 11 jun. 2021.
- Tiziani, G. (2011). O que é granola? Quem inventou?. *Revista Super Abril*. Publicado em 18 abril 2011. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/o-que-e-granola-quem-inventou/&gt;>. Acessado em: 27 de março de 2020.
- Waterhouse D.S., Farr J, Wibisono R., Saleh Z. (2008). Fruit-based functional foods I: production of food-grade apple fibre ingredients. *Int J Food Sci Technol* 43:2113–2122.
- USDA.(2019). National Nutrient Database for Standard Reference, United States Department of Agriculture: [http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list\\_nut\\_edit.pl](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/cgi-bin/list_nut_edit.pl)
- Violante, I.M., Hamerski, L., Garcez, W.S.;Batista, A.L.,Chang, M.R., Pott, V.J., Garcez, F.R. (2012). Atividade antimicrobiana de algumas plantas medicinais do Cerrado da região centro-oeste de São Paulo. *Brasil. Braz. J. Microbiol.*43, 1302-1308.
- Vögler, O., Lopez-Bellan A., Alemany, R., Tofé, S., González, M., Quevedo, J., Escriba, P.V. (2007) Structure effect relation of C18 long-chain fatty acids in the reduction of body weight in rats. *Int J Obes.* 32(3): 464-73. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803768.
- Xie, D. & Demarzio, D. (2019). Role of Probiotics in Non-alcoholic Fatty Liver Disease Does Gut Microbiota Matter. *Journal Nutrients*, Philadelphia, USA, V.11, n.11, p. 2837. doi: 10.3390. Disponível <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov>.
- Young, V.R. & Pellett, P.L. (1994). Proteínas vegetais em relação à nutrição humana de proteínas e aminoácidos. *The American Journal of Clinical Nutrition* 59 (5), 1203S-1212S.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1- Certificado da Comissão de Ética no Uso de Animais

#### CERTIFICADO

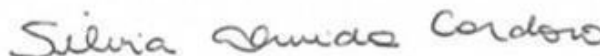
A Comissão de Ética no Uso de Animais - CEUA/UFV certifica que o processo nº 19/2020, intitulado “**Macaúba (*Acrocomia aculeata*): composição química, qualidade proteica *in vitro* e desenvolvimento de granola sem adição de açúcar**”, coordenado pelo professor Frederico Augusto Ribeiro de Barros do Departamento de Tecnologia de Alimentos, está de acordo com a Legislação vigente (Lei Nº 11.794, de 08 de outubro de 2008), as Resoluções Normativas editadas pelo CONCEA/MCTI, a DBCA (Diretriz Brasileira de Prática para o Cuidado e a Utilização de Animais para Fins Científicos e Didáticos) e as Diretrizes da Prática de Eutanásia preconizadas pelo CONCEA/MCTI, portanto sendo aprovado por esta Comissão em 20/08/2020, com validade de 12 meses.

#### CERTIFICATE

The Ethic Committee in Animal Use/UFV certify that the process number 19/2020, named “**Macaúba (*Acrocomia aculeata*): chemical composition, protein quality *in vitro* and development of granola without added sugar**”, is in agreement with the a actual Brazilian legislation ( Lei Nº 11.794, 2008, Normative Resolutions edited by CONCEA/MCTI, the DBCA (Brazilian Practice Guideline for the Care and Use of Animals for Scientific and the Guidelines of Practice the Euthanasia recommended by CONCEA/MCTI therefore being approved by the Committee on August 20, 2020 valid for 12months.

Prof. <sup>a</sup> Sílvia Almeida Cardoso

Presidente



Comissão de Ética no Uso de Animais – CEUA/UFV

## Anexo 2. Artigo submetido à revista **Research, Society and Development**

### **Physicochemical, nutritional and sensory evaluation of granola containing macauba kernel, without added sugar**

Avaliação físico-química, nutricional e sensorial de granola contendo amêndoa de macaúba, sem adição de açúcar

Evaluación físico-química, nutricional y sensorial de granola con almendra macauba, sin azúcares añadidos

**Fátima Ladeira Mendes Duarte**

ORCID: <https://orcid.org/000-0001-5393-282>

Federal University of Viçosa, Brazil

E-mail: [fmduarte@ufv.br](mailto:fmduarte@ufv.br)

**Dayane Helena da Fonseca**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0580-2374>

Federal University of Viçosa, Brazil

E-mail: [dayane.fonseca@ufv.br](mailto:dayane.fonseca@ufv.br)

**Hércia Stampini Duarte Martino**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8565-8439>

Federal University of Viçosa, Brazil

E-mail: [hercia@ufv.br](mailto:hercia@ufv.br)

**Frederico Augusto Ribeiro de Barros**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7300-8773>

Federal University of Viçosa, Brazil

E-mail: [fredbarros@ufv.br](mailto:fredbarros@ufv.br)

### **Abstract**

The aim of this study was to develop a granola with macauba kernel, without added sugar, and to evaluate its sensory acceptance, physicochemical and nutritional properties. The fruits of macauba were harvested and processed for removal of the kernels, which were used in the elaboration of three granola formulations. The acceptance of granolas was tested by volunteers through a focus group that evaluated appearance, crispness, flavor and declared intention of purchase and habit of consumption. Proximate composition, energy value and water activity were determined in the granola with the best acceptability. The granola prepared without the presence of dates, and with an increase of 30% macauba kernel (formulation C) obtained 100% acceptance and purchase intention by consumers. The results showed that granola was a good source of proteins (11.88%), total dietary fiber (14.47%), energy (408.86 Kcal) and had low water activity ( $a_w = 0.44$ ). Therefore, macauba kernel can be a promising ingredient for the development of granolas without added sugar. The recommendation of the consumption of granola with

macauba kernel allows taking advantage of the benefits of the nutritional constituents present in the product and can provide a new option of a food that meets the requirements of the consumer who wants products with sensory and nutritional quality associated with the benefits they provide to health.

**Keywords:** Macauba kernel; Granola; Sensory acceptance.

### **Resumo**

O objetivo deste estudo foi desenvolver uma granola com amêndoa de macauba, sem adição de açúcar, e avaliar sua aceitação sensorial e propriedades físico-químicas e nutricionais. Os frutos da macauba foram colhidos e beneficiados para remoção das amêndoas, que foram usadas na elaboração de três formulações de granola. A aceitação das granolas foi testada por voluntários por meio de grupo focal que avaliaram aparência, crocância, sabor e declararam intenção de compra e hábito de consumo. A composição centesimal, o valor energético e atividade de água foram determinadas na granola com melhor aceitabilidade. A granola preparada sem a presença de tâmara, e com acréscimo de 30% de amêndoa de macauba (formulação C) obteve 100% de aceitação e intenção de compra por parte dos consumidores. Os resultados demonstraram que a granola possui uma boa fonte de proteínas (11,88%), fibra alimentar total (14,47%), energia (408,86 Kcal) e uma baixa atividade de água ( $a_w = 0,44$ ). Portanto, a amêndoa de macauba pode ser um ingrediente promissor para o desenvolvimento de granolas sem adição de açúcar. A recomendação do consumo de granola com amêndoa de macauba permite aproveitar os benefícios dos constituintes nutricionais presentes no produto e pode proporcionar uma nova opção de alimento que atende às exigências do consumidor que deseja produtos com qualidade sensorial e nutricional associada aos benefícios que eles proporcionam à saúde.

**Palavras-chave:** Amêndoa de macauba; Granola; Aceitação sensorial.

### **Resumen**

El objetivo de este estudio fue desarrollar una granola con almendra macauba, sin azúcar añadido, y evaluar su aceptación sensorial y sus propiedades físico-químicas y nutricionales. Los frutos de la macauba fueron cosechados y procesados para la eliminación de las almendras, que se utilizaron en la elaboración de tres formulaciones de granola. La aceptación de las granolas fue probada por voluntarios a través de un grupo focal que evaluó la apariencia, la crujiente, el sabor y la intención de compra declarada y el hábito de consumo. La composición centesimal, el valor energético y la actividad hídrica se determinaron en granola con mejor aceptabilidad. La granola preparada utilizando la base húmeda sin la presencia de dátiles, y con un aumento de la base seca de almendra macauba al 30% (formulación C) obtuvo un 100% de aceptación e intención de compra por parte de los consumidores. Los resultados mostraron que la granola tiene una buena fuente de proteínas (11,88%), fibra dietética total (14,47%), energía (408,86 Kcal) y una baja actividad hídrica (0,44). Por lo tanto, la almendra macauba puede ser un ingrediente prometedor para el desarrollo de granolas sin azúcar añadido. La recomendación del consumo de granola con almendra macauba permite aprovechar los beneficios de los componentes nutricionales presentes en el producto y puede proporcionar una nueva opción de alimento que cumpla con los requisitos del consumidor que desea

productos con calidad sensorial y nutricional asociada a los beneficios que aportan a la salud.

**Palabras clave:** Almendra de macauba; Granola; Aceptación sensorial.

## 1. Introduction

Food products that have influence on a healthy lifestyle are highlighted in the market due to the growing concern of consumers in relation to lifestyle and health, leading to the search for more natural foods. Among the products that promote health benefits, granola stands out because it mainly provides soluble and insoluble fibers. Granola is a food product usually based on cereals, dried fruits and ingredients such as oats, nuts, almonds and honey, which are usually consumed as a breakfast cereal (Bas et al., 2011). Consisting of carbohydrates, it is an energy product that can be included in a diet plan, providing part of the energy that the body needs to perform daily activities and maintain the proper functioning of the whole body. Whole grain cereals, grains and seeds in the preparation of granola can provide a product with lower glycemic index due to complex carbohydrates, which are more slowly digested, releasing less sugar in the blood compared to other sources of simple carbohydrates, such as sugars, often present in granolas (Fujiwara, 2015).

The nutritional potential of the macauba kernel encourages its inclusion in the preparation of granolas with natural characteristics, without added sugar and with added value since it has a high quality protein with *in vitro* digestibility similar to casein, and high concentrations of dietary fiber (soluble and insoluble) and antioxidant compounds, such as phenolics and tocopherol. These nutrients and bioactive compounds are associated with the promotion of important benefits for intestinal health, and help in preventing chronic diseases, such as cardiovascular diseases (Martino et al., 2021). However, it is observed that most granolas produced and offered in the Brazilian market are composed of refined sugar, brown sugar, invert sugar, fructose syrup, glucose, among others, becoming a product with high percentage of simple carbohydrate and poor in dietary fiber (Proteste, 2018).

There are currently no studies on the development and characterization of granola developed with macauba kernel. Dessimoni-Pinto et al. (2010) used 15% of macauba kernel in the preparation of a cereal bar. The evaluation of the product showed a high potential for acceptance and preference, as it was considered by consumers to be a tasty product, with a more pleasant sensory profile than the control bar, showing a 90% response of purchase intention. In another study, two formulations of cereal bars were prepared, with dehydrated pulp and macauba kernel, and the sensory analysis showed scores higher than 6 for all attributes evaluated, for both formulations considering accepted for consumption (Munhoz, et al., 2014).

Thus, the objective of this study was to prepare and characterize granolas based on macauba kernel, without added sugar, to verify their nutritional value and acceptance.

## 2. Methodology

### 2.1 Obtaining Macauba kernel (*Acrocomia aculeata*)

The macauba (*Acrocomia aculeata*) used in the experiment was supplied by the company Soleá Brasil and harvested in January 2021 in Araponga, Minas Gerais. Peeling and pulping were performed manually. To obtain the kernel, the endocarp was broken, obtaining the kernel coated by a tegument which was removed by abrasive grinding. The peeled kernels (Figure 1) were blanched at 80°C for 10 minutes, dried (30 °C for 15 h) in an oven (Nova Ética) with air circulation and then stored in a freezer at -20°C until use.



Figure 1: Peeled macauba kernel  
Source: Authors

## 2.2 Preparation of the granola

Aiming to contribute to a better use, appreciation, and democratization of the macauba for food purposes, it is proposed to add it in the preparation of food granola without the addition of sugar, incorporating macauba kernel to other ingredients (oats, raisins, dates, Brazil nuts and walnuts) that add texture, sweetness and nutritional value by being a source of carbohydrates, minerals, vitamins and bioactive compounds such as phenolic compounds.

The granolas were prepared in the Sensory Analysis Development and New Products Processing Laboratory (Department of Nutrition and Health / UFV) according to the methodology described by the Ministry of Science and Technology (2004), with modification and following the Good Manufacturing Practices, according to the RDC 52 of September 29, 2014 (ANVISA, 2014).

Three granola formulations were prepared using dry ingredients (oats, Brazil nuts, walnuts and macauba kernel) and wet ingredients (raisins and dates). Formulation A was prepared with 35% oats, 20% raisins, 15% dried dates, 10% Brazil nuts, 10% walnuts and 10% macauba kernel (Table 1). Formulations B and C had 30% of macauba kernel in the dry ingredients in order to enhance the presence of macauba kernel (Table 1). Formulation C was formulated without the presence of dates and followed the same interests of formulation B, but with reduced cost. The granola preparation steps are shown in Figure 1.

**Table 1.** Ingredients in the granola formulations.

Ingredients (g/100g)	Formulations		
	A	B	C
Oat flakes	35	35	35
Raisins	20	20	30
Dried date	15	15	-
Walnuts	10	-	-
Brazil Nut	10	-	-
Macauba kernel	10	30	30
Total	100	100	100

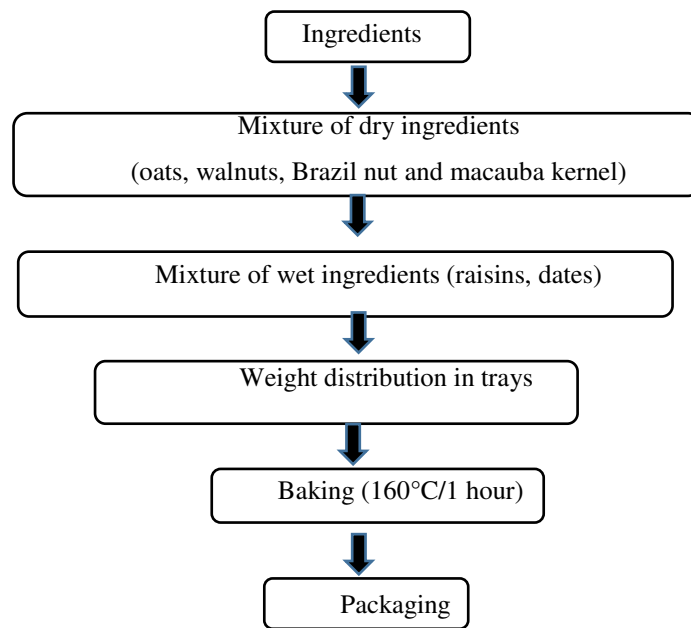


Figure 1- Steps of granola production

The ingredients were weighted on digital scales (Toledo). The macauba kernel was sliced in a food processor to obtain "chips". The Brazil nuts and walnuts were manually chopped into medium pieces with the help of a domestic stainless-steel knife.

The dates and raisins were soaked in a cup of filtered water for 2 hours, then processed in an industrial blender (Oster) to make a paste that was mixed with the dry ingredients (oats, Brazil nuts, walnuts and macauba kernel) and subjected to a baking process in an electric oven (Brastemp, model BFS5VCR) at 160°C for 60 minutes. The mixture was removed from the oven after 60 minutes, when it became golden and formed lumps, indicating crispness. After reaching room temperature (around 25°C), the granolas were packed in 0.7 mm thick polyethylene

bags, with 50g capacity, closed and sent to the volunteers for sensory evaluation. The project was approved by the Ethics Committee on Human Research of the Federal University of Viçosa (UFV), CAAE 40205420.7.000.5153.

### 2.3 Sensory analysis of the granolas

The sensory evaluation of granola was performed by using the qualitative method called focus group, emphasizing its use in consumer research in the area of sensory analysis. According to (Minim, 2018) the focus group is one of the most used methods to obtain information about a product study, where the group dynamics lead to discussions and comment exchange, promoting ideas about perceptions and preferences, allowing the participants to explain motivations and reasons why they liked or disliked the product. The focus group was conducted in the Google *Meet* platform, where eight items were evaluated in relation to the three samples (formulations A, B and C).

Fifteen potential granola consumers were invited to participate in the focus group, through real-life recruitment, *e-mail* and WhatsApp, among professors, employees, adult students of both sexes, from different courses at the UFV and members of the company Soleá, Brazil, according to interest and availability to participate in the research. Those excluded were illiterate, pregnant women, the elderly (over 60 years old), smokers, diabetics, coeliacs, and those with visual defects or pathologies that interfere with intestinal absorption and taste and smell sensitivity. The written authorization of the evaluators to participate in the research was obtained by signing the Informed Consent Form, and the socioeconomic questionnaire was filled out online before the focus group.

To evaluate the sensory attributes and answer the evaluation form questions, the three granola formulations were delivered to the participants' homes in portions of fifty grams, at room temperature, in disposable polyethylene plastic bags coded with two-letter numbers (Figure 3). During the focus group meeting, the participants were instructed to keep a glass of water available to eliminate the aftertaste of each sample in the mouth. The samples were presented monadic (one at a time) and sequentially (one after the other) and participants were asked to analyze their feelings about each sample, using the evaluation form structured with eight questions. The sensory analysis performance, through focus group and online, was adequate according to the health standards for facing COVID-19 in effect at the time.



Figure 3: Samples of the granola (FA: formulation A; FB: formulation B; FC: formulation C), packed and identified in polyethylene and paper bags

Source: authors

#### **2.4. Analysis of the proximate composition of the granola**

The proximate composition of granola with higher acceptability in the sensory analysis was determined by the methods recommended by AOAC (2018): moisture content, determined in an oven at 105°C until constant weight; protein, by the Kjeldahl method, being the protein content calculated by multiplying the nitrogen content by the factor 6.25; lipids, by the extraction method with petroleum ether in Soxhlet equipment; ash, by gravimetric process, through the carbonization of samples, followed by incineration in a muffle furnace at 550°C until constant weight. The total carbohydrate content was obtained by the difference between the total sample (100%) and the contents of protein, lipid, moisture and ash.

Dietary fiber content (total, insoluble and soluble) was determined according to AOAC (2018) enzymatic-gravimetric method.

#### **2.5. Energy value of the granola**

The energy value of the granola with higher acceptability in the sensory analysis was calculated from the nutritional composition data, according to the RDC N°360 of 2003 of the Health Surveillance Agency / Ministry of Health. In the calculation conversion factors of 4Kcal/g for carbohydrates and proteins and 9Kcal/g for lipids were considered, and expressed in Kcal /g.

#### **2.6. Water activity ( $a_w$ ) of the granola**

The water activity of the granola with higher acceptability in the sensory analysis was determined in triplicate, using the Aqualab hygrometer, model CX-2 (Decagon Devices Inc., Pulman, USA). The reading of the result was done after balancing the samples at a temperature of 25°C.

#### **2.7 Statistical analyses**

The analyses were performed in three repetitions. The results were expressed as mean  $\pm$  standard deviation. Statistical analyses were performed with GraphPad Prism software, version 8.0.

### **3 Results and discussion**

#### **3.1 Sensory analysis**

The focus group method for sensory analysis was useful and the proposed objectives were achieved. In addition, information that consumers consider extremely important in the evaluation of a granola preparation was obtained, since the focus group does not place restrictions on the opinions and responses of participants in relation to the product being studied and evaluated (Minim, 2018).

The majority (75%) of the focus group participants were women, 65% had graduate degrees, 60% between 45 and 60 years old; 35% have between 5 and 10 minimum wages as family income.

Among the participants, 100% said they had heard of macauba, most of them read the information on the label of the food they consume, and 58% sometimes consume granola. The answers obtained from the socioeconomic questionnaire confirmed that the selection of participants was correct since a preliminary selection of candidates was carried out at the recruitment stage to eliminate those candidates whose performance skills are inadequate for sensory analysis (Dutcosky, 2019).

In relation to the questions obtained through the focus group, the form used allowed the visual, olfactory, gustatory and global evaluation in which the participant gave their opinion on the issue of appearance, aroma, flavor and general characteristics of the granola.

The results of this study indicate the feasibility of using macauba kernel in granolas, a food product that pleases many consumers. This is observed in the responses obtained from the sensory evaluation forms of the granolas, as shown in Table 2.

The granolas containing macauba nuts showed a high potential for acceptance and preference, as they were considered by consumers as a tasty product with a very pleasant sensory profile. Recurring comments such as "the most beautiful I have ever seen", very good visual aspect, perfect sweetness and a taste reminiscent of coconut granola were collected during the focus group. These reports may be associated with the greater intensity of the caramelized color and the greater crunchiness perceived by the evaluators.

The formulation C (prepared without dates and adding 30% macauba kernel) obtained 100% approval from the sensory analysis evaluators. This result corroborated the objective of this work, which was to present a granola with macauba kernel valorization, with accessible price for purchase, as well as to encourage the consumption of a healthy food, made with an unconventional and little known fruit in Brazil. In evaluating the purchase intention of the granola with macauba kernel, it was observed that 100% of the evaluators expressed that they would buy the developed product if it was in the market.

**Table 2-** Responses of the evaluation form for the granolas using macauba kernel

Questions	FA	FB	FC	Comments
What do you think about the visual appearance of the granola?	Very good	Very good	Very good	FB: reminds coconut granola. Most beautiful I have seen to date.
What do you think about the granola taste?	Liked	Liked	Liked it a lot	Raisin and coconut flavor. A very nice <i>after-taste</i> . More neutral taste.
What do you think about the granola sweetness?	Very good	Very good	Very good	Sweet, but not overly sweet. It is on a good level, I would not change it.
What do you think about the granola crunchiness?	Good	Regular	Very good	Only FB was a little above the crispness.
What do you think about the granola color?	Very good	Very good	Very good	Very nice, very good visual aspect! Most beautiful I have seen to date.

Would you buy the granola?	Yes	Yes	Yes	Maybe FB in 1st place then FA/FC. FC tastes better, but slightly "harsh".
Which of the formulations do you prefer?	Score: 7.5	Score: 9.0	Score: 10.0	FC-FB-FA would have very similar scores - 10 FC/ 9FB/ 7.5FA. FC is the best in all aspects (color, texture and taste). FA: the very predominant taste of Brazil nuts negatively affected this formulation. FB: lacked crispness.

FA: Formulation A; FB: Formulation B; FC: Formulation C

Given the results obtained, it can be suggested that the preparation of granola with macauba kernel is an alternative for the use of this fruit, still little used in Brazil, providing a new option for the consumer with nutritional, sensory and marketing benefits. In addition, its large-scale production can become a viable alternative, especially in regions where the fruit is easily found, encouraging the consumption of healthier products from the nutritional point of view, more palatable, of easy access that valorizes the cerrado's natural resources and that contributes to democratize the macauba palm.

### 3.2 Characterization of the granola

The results of the characterization of granola, regarding the caloric value, proximate composition and water activity of formulation C, with higher approval rate in the sensory acceptance test, are presented in Table 3.

**Table 3** - Energy value, proximate composition and water activity of granola with macauba kernel

Components	Granola (formulation C)
Energetic value (Kcal)	408.86 ± 1,80
Moisture (g/100g)	8.94±0.39
Protein (g/100g)	11.88±0.40
Lipid (g/100g)	22,42±0,27
Ash (g/100g)	2.39±0±01
Carbohydrate (g/100g)	39.89±0.23
Total dietary fiber (g/100g)	14,47±0,22

Soluble fiber (g/100g)	1,22±0,31
Insoluble fiber (g/100g)	13,25±0,09
Water activity	0,44±0,01

---

The moisture content (8.94%) is adequate according to the Resolution RDC 263 (ANVISA, 2005), which the limit is 15% for cereal products. Moreover, the water activity of granola was low (0.44). This contributes to longer shelf life, since the product is packaged properly (Park et al., 2001).

The protein content (11.88 g/100g) is mainly due to the presence of the macauba kernel, rich in proteins, which contributes to the protein quality of the granola satisfying most of the essential amino acids. Mendoza et al. (2016) and Granada et al. (2003), researched commercial granolas and found lower protein content (7.10 - 9.4g/100g), reinforcing that the macauba kernel played an important role in the nutritional value of the developed granola.

The lipid content (22.42 g/100g) can be justified by the presence of macauba kernel, which has an average of 50% of total lipids. The main fatty acids present in macauba kernel are lauric acid and oleic acid (Nobre et al., 2014). Oleic acid is an important monounsaturated fatty acid that is rapidly absorbed and reduces body mass (Vögler et al., 2007). The high carbohydrate content (39.89 g/100 g) defines the product as a source of energy, pleasant taste, and which contributed significantly to the energy value of 408.86 kcal, a lower value than commercial granolas, where the presence of sugar may have contributed to a higher energy contribution (Granada et al., 2003).

The high ash content indicates that the granola is rich in minerals. In a previous study of our research group, it was demonstrated that macauba kernel is rich in phosphorus, calcium, iron, magnesium and zinc (data not published). Other works with commercial granolas showed lower ash content than what was found in this study (Granada et al., 2003, Sousa et al., 2015).

The dietary fiber contents (soluble 1.22g/100g and insoluble 13.25g/100g) allow granola to be classified as a product with moderate fiber contents, according to the daily consumption recommendation of 25g, considering a 2000 Kcal diet (Brazil, 2003). Da Silva Mendoza et al. (2016) found a lower value for insoluble fiber content (6.58%) for granola made with bacuri kernel when compared to granola made with macauba kernel. Granola with macauba kernel in a 30 g serving contains 4 g of dietary fiber, which corresponds to 16% of the daily recommendation, performing important health functions, because dietary fibers accelerate the passage of waste products from the body, absorb toxins and keep a healthy digestive tract. In addition, fibers assist in the production of short-chain fatty acids, providing energy to intestinal cells and act as prebiotics by stimulating the growth of beneficial bacteria, such as bifidobacteria and lactobacilli (Coppini, 2004; Costa & Rosa, 2016).

#### 4 Conclusion

Macauba kernel can be a promising ingredient for the development of granolas without added sugar. The recommendation of granola consumption with macauba kernels allows us to take advantage of the benefits of the nutritional constituents present in the product and provide a new food option that meets the demands of consumers who want products with sensory and nutritional quality associated with their health benefits.

It was observed that the granola with macauba kernel was well accepted by the sensory analysis evaluators, which shows that this product can be easily marketed. This can contribute to the sustainable use of the macauba by the food industry and ensure a source of income for rural communities that harvest it and do not have many alternative sources of income.

## 5 References

- AOAC, A.O.C. (2018) *AOAC INTERNATIONAL Official Methods of Analysis*, (19th ed). Gaithersburg, MD, USA.
- Bas, N, Pathare,P. B. Catak, M. Fitzpatrick, J. J. Cronin, K. & Byrne,E. P. (2011). Mathematical modelling of granule breakage during pneumatic tube transmission. *Powder Technol*, 206 (1-2), 170-6. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2010.06.015>.
- Coppini, L.Z., Waitzberg, D.L., Campos, F.G. & Harb-Gama, A. (2004). Fibras Dietéticas e Ácidos Graxos de Cadeia Curta. In: *Waitzberg, D.L. Oral, Enteral e Parenteral Nutrition in Clinical Practice*. São Paulo: Atheneu.
- Costa,N. M. B. & Rosa, C. O. B. (2016). Functional foods are good and physiological. Publisher *Rubio*, Riode Janeiro, 2ª ed.
- da Silva Mendoza, V., dos Santos, L. D. L., & Argadoña, E. J. S. (2016). Elaboration of granola with addition of Bacuri pulp and nut for consumption with yogurt. *Evidência*, 16(2), 83-100.
- de Pinho, L., Mesquita, D. S. R., Sarmiento, A. F., & Flávio, E. F. (2015). Enrichment of ice cream with baru kernel (*Dipteryx alata* Vogel) and acceptability by consumers. *Unimontes Científica*, 17(1), 39-49.
- DeLany J.P., Windhauser M.M., Champagne C.M., Bray G.A.. (2000). Differential oxidation of individual dietary fatty acids in humans. *Sou J Clin Nutr*. <http://ajcn.nutrition.org/content/72/4/905.long>.
- Dessimoni-Pinto,N. A. V. , Silva, V. M. Batista, A. G. , Vieira, G., Souza, C.R., Dumont, P. V. & Santos, G. K. M. (2010). Physical-chemical characteristics of macauba kernels and its use in the preparation of cereal bars. *Alim. Nutr.*, 21(1), 79-86.
- Dutcosky, S. D. (2019). Análise sensorial de alimentos. 5ª.ed., rev.- Curitiba: *PUCPRESS*.
- Farinazzi-Machado, F.M.V., Giannoni, J.A., Marinelli, P.S., Taniguchi, E.T., Souza, N.N. & Silva, A.R. (2018). Physicochemical, colorimetric and sensory profile of cereal bars with macauba pulp and kernels(*Acrocomia aculeata* (Jacq.) Lodd.). *Unimar Sciences Journal*.
- FAO (2013). Food and Agriculture Organization. Assessment of dietary protein quality in human nutrition: Report of an FAO Expert Consultation. *Food and nutrition paper; FAO*, 92.
- Fujiwara,C. (2021). *Granola is ally of the intestine and helps control cholesterol*. <http://www.mylife.com.br/%20food/materials/18355-granola-and-gut-ally-and-helps-control-cholesterol>.
- Granada,G. , Rosa, V. , Zambiasi, R. & Koetz, P. (2003). Characterization of commercial granola. *Ciênc. Tecnol Aliment*. Campinas, 23(1), 87-91. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000100018>.
- Hiane,P. A. , Baldasso, P. A. Marangoni,S. & Macedo, M. L. (2006). Chemical and nutritional evaluation of bocaiuva grains, *Acrocomia aculeata* (JACQ) LODD. *Cienc. O Tecnol. Aliment.*, Campinas, 26(3), 683-689. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300031>.
- Martino, H.S.D.; Tostes, M.G.V.; Costa, N.M B. (2021). Fibras Alimentares. In: Costa, N. M. B. Peluzio, M. C. G (Org.). *Nutrição e Metabolismo Humano*; Rio de Janeiro Rubio,p. 79-103.
- Munhoz, C.L., Guimarães, R.C.A., Nozaki, V.T., Sanjinez-Argandoña. (2014). Preparation of a cereal bar containing bocaiuva: physical, nutritional, microbiological and sensory evaluation. *Technology Acta Scientiarum*, 36(3):553.
- Minim, V. P. R. (2018). Análise sensorial estudos com consumidores, 4ªed, editora *UFV*, ISBN: 9788572694711.
- Ministry of Science and Technology (2004). Technical response: foods (granola, cereal mix). Belo Horizonte, *CETEC*, 2004. <http://sbrt.ibit.br>.
- Nobre, D. A. C., Trogello, E., Borghetti, R. A., & David, A. M. S. de S. (2015). MACAUBA(*Acrocomia aculeata*): Sustainable extraction palm for biofuel. *Colloquium Agrariae*. ISSN: 1809-8215, 10(2), 92-105. Retrieved from <https://journal.unoeste.br/index.php/ca/article/view/934>.
- Nogueira, L.S., Vieira, J.T.F. & Viroli, S.L.M. (2012) Elaboration of a cereal bar containing Macauba nuts: an economic alternative for family farming. São Luís, 64th Annual Meeting of SBPC. Food Science and Technology. Available at: <http://www.sbpnet.org.br/livro/64ra/summaries/10127.htm>.

Park, K.J., Yado, M.K.M. & Brod, F.P.R. Drying study of bartlett pear (*Pyrus sp.*) slices. *Science of Food Technology* 2001; 21(3): 288-92. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000100016>.

Proteste (2018) Granola test: not all are allies of good nutrition. <https://www.proteste.org.br/alimentacao/alimento-industrializado/noticia/teste-com-granolas-nem-todas-sao-aliadas-da-boa-alimentacao>&gt; [Accessed](#): 27 March 2020.

Resolution RDC No. 52 of September 29, 2014. Technical Regulation of Good Practices for Food Services. <http://portal.anvisa.gov.br/documents/33916/388704/-pdf/23701496-925d-4d4d-99aa-9d479b316c4b>.

Resolution RDC No. 269, of September 22, 2005. Technical Regulation on the recommended daily intake (RDI) of protein, vitamins and minerals. [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1884970047457811857dd53fbc4c6735/RDC\\_269\\_2005.pdf?MOD=AJPERES](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/1884970047457811857dd53fbc4c6735/RDC_269_2005.pdf?MOD=AJPERES).

Resolution RDC No. 360 of December 23, 2003. Technical Regulation on Nutritional Labeling of Packaged Foods. [http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Resolucao\\_RDC\\_n\\_360de\\_23\\_de\\_dezembro\\_de\\_2003.pdf?MOD=AJPERE](http://portal.anvisa.gov.br/wps/wcm/connect/ec3966804ac02cf1962abfa337abae9d/Resolucao_RDC_n_360de_23_de_dezembro_de_2003.pdf?MOD=AJPERE).

St-Onge M.P., Jones P.J.H. (2003). Greater increase in fat oxidation with medium-chain triglyceride versus long-chain triglyceride consumption is associated with lower initial body weight and greater loss of subcutaneous adipose tissue. *Int J Obes*. 27(12): 1565-71. DOI: 10.1038/sj.ijo.0802467.

Souza AHP, Gohara AK, Stroher G, Rodrigues AC, Pagamunci LM, Souza NE et al. Multivariate study of macronutrients in commercial granolas. In: Proceedings of the 6th National Meeting of Chemical Technology, 2013; Maceió. Rio de Janeiro: ABQ; 2013. p. 1. [Internet]. [accessed 2021 Nov 30]. Available from: <http://www.abq.org.br/entequi/2013/trabalhos/50/50-2418-16363.htm>

Vögler, O., Lopez-Bellan, A., Alemany, R., Tofé, S., González, M., Quevedo, J., Escriba, P.V. (2007) Structural effect relationship of C18 long-chain fatty acids on body weight reduction in rats. *Int J Obes*. 32(3): 464-73. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803768.

### **Anexo 3- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

CENTRO DE CIENCIAS EXATAS E TECNOLOGICAS

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Você está convidado (a) a participar, como voluntário (a), em uma pesquisa.

Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, se você aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias: uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado (a) de forma alguma. Não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Em caso de dúvida você pode procurar o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de Viçosa pelo telefone (31) 3612-2316.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título do Projeto: Macaúba (*Acrocomia aculeata*): Composição Química, Qualidade Proteica *in vivo* e Desenvolvimento de Granola sem Adição de Açúcar.

Pesquisadora Responsável: Fátima Ladeira Mendes Duarte

Orientador: Prof. Frederico Augusto Ribeiro de Barros

Telefones para Contato: (31) 3612-5180/ (31) 98010-8847(pesquisadora); (31) 3612-6803 (orientador)

O projeto tem como objetivo geral: avaliar a qualidade proteica *in vivo* da amêndoa de macaúba e sua utilização em granola desenvolvida com vegetais, sem adição de açúcar. E como um dos objetivos específicos: avaliar a aceitabilidade das granolas desenvolvidas por meio de análise sensorial.

Será realizado teste de aceitação com a participação de pessoas adultas (acima de 19 anos) de ambos os sexos, que tenham interesse e disponibilidade para participar da análise sensorial. Não poderão participar da pesquisa gestantes, fumantes, analfabetos, idoso (a partir de 60 anos), diabéticos, celíacos e portadores de deficiências visuais ou pessoas com doenças que interferem na digestão de alimentos e na sensibilidade quanto a percepção de odor e olfato.

A aceitação global (sabor, odor e textura) será avaliada em cabines individuais com luz vermelha. Serão servidas cerca de 10 g de cada tipo de granola, servidas á temperatura ambiente(25°C), em copos descartáveis codificados com três números. Cada participante analisará o quanto gosta das granolas usando uma escala que varia de 1 (desgostei extremamente) a 9 (gostei extremamente).

A degustação da granola não oferece risco para os participantes da pesquisa. Além disso, eles não são obrigados a ingerir as amostras de granola. Para maior segurança dos participantes, as granolas serão elaboradas, seguindo as Boas Práticas de Fabricação, de acordo com a RDC 216 de 15 de setembro de 2004 (ANVISA, 2004). A participação no teste de aceitação pode incentivar a adoção de hábitos alimentares mais saudáveis, pois estimula o consumo de alimentos com um fruto genuinamente nacional e com boa qualidade nutricional associada com benefícios a saúde.

Os resultados das avaliações serão sigilosos e os participantes terão o direito de recusar ou abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo ou ônus. O tempo de participação na pesquisa de cada indivíduo será de aproximadamente 10 minutos.

Será feita a adequação para a realização da análise sensorial de acordo com as normas sanitárias vigentes no momento, no que se refere a pandemia da COVID-19.

Caso forem comprovados problemas de saúde dos participantes por causa da degustação, a pesquisadora Fátima Ladeira Mendes Duarte se responsabilizará pelo ressarcimento de qualquer prejuízo.

**CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA**

Eu, \_\_\_\_\_, RG/CPF \_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do projeto Macaúba (*Acrocomia aculeata*): Composição Química, Qualidade Proteica *in vivo* e Desenvolvimento de Granola sem Adição de Açúcar como sujeito. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pela pesquisadora Fátima Ladeira Mendes Duarte sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data: \_\_\_\_\_

Nome a assinatura: \_\_\_\_\_

**Anexo 4-** Ficha de avaliação da granola de amêndoa de macaúba.

1) O que você acha do aspecto visual da granola?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2) O que você acha do sabor da granola?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3) O que você acha da doçura da granola?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4) O que você acha da textura?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

5) O que você acha da coloração da granola?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

6) Você compraria a granola?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7) Quais das formulações você prefere? Justifique

Comentários \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

8) Quais sugestões você daria para melhorar os produtos apresentados?

Comentários: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

#### **Anexo 5- Questionário Socioeconômico**

1. Sexo:  Masculino  Feminino

2. Idade:  15-25  26-35  36-45  acima de 45

3. Grau de instrução:

Ensino médio completo  Superior incompleto

Superior completo  Pós-graduação

outros \_\_\_\_\_

4. Qual a renda familiar mensal?

1 a 5 sal. min.  5 a 10 sal. min  maior que 10 sal min

5. Você conhece ou já ouviu falar sobre macaúba?

Sim  Não

6. Você tem o hábito de consumir granola?

Sempre  Frequentemente  Às vezes  Ocasionalmente

7. Você costuma ler o rótulo dos produtos que consome?

Sempre  Frequentemente  Às vezes  Ocasionalmente

8. O que você observa nos rótulos de alimentos e bebidas

Marca  Prazo de validade  Informações sobre ingredientes

Preço  Informações nutricionais  Informações sobre aditivos

outras \_\_\_\_\_

**Anexo 6- Certificado do Comitê de em Pesquisa com Seres Humanos****PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP****DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** MACAÚBA (*Acrocomia aculeata*): COMPOSIÇÃO QUÍMICA, QUALIDADE PROTEICA IN VIVO E DESENVOLVIMENTO DE GRANOLA SEM ADIÇÃO DE AÇÚCAR.

**Pesquisador:** Frederico Augusto Ribeiro de Barros

**Área Temática:**

**Versão:** 3

**CAAE:** 40205420.7.0000.5153

**Instituição Proponente:** Departamento de Tecnologia de Alimentos

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Endereço:** Universidade Federal de Viçosa, Avenida PH Rolfs s/n, Edifício Arthur Bernardes  
**Bairro:** Campus Universitário **CEP:** 36.570-977  
**UF:** MG **Município:** VICOSA  
**Telefone:** (31)3612-2316 **E-mail:** cep@ufv.br

VICOSA, 16 de Março de 2021

---

**Assinado por:**  
**Guilherme de Azambuja Pussieldi**  
**(Coordenador(a))**