

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS - PPGCTA

ZAMIRA ABEL DE JESUS MARIA

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU  
(*Dipteryx alata vog.*): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E  
PROCESSOS**

Goiânia

2024



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

**Exemplos:** Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### 2. Nome completo do autor

Zamira Abel de Jesus Maria

#### 3. Título do trabalho

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU (DIPTERYX ALATA VOG.): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E PROCESSOS**

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante: **a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a); **b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação.

O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Zamira Abel De Jesus Maria, Discente**, em 20/09/2024, às 11:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatianne Ferreira De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 01/10/2024, às 06:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#)

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0) informando o código verificador **4841213** e o código CRC **DEAB90D0**.

---



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
ESCOLA DE AGRONOMIA

## TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO (TECA) PARA DISPONIBILIZAR VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES

### E DISSERTAÇÕES NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a [Lei 9.610/98](#), o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou download, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

O conteúdo das Teses e Dissertações disponibilizado na BDTD/UFG é de responsabilidade exclusiva do autor. Ao encaminhar o produto final, o autor(a) e o(a) orientador(a) firmam o compromisso de que o trabalho não contém nenhuma violação de quaisquer direitos autorais ou outro direito de terceiros.

#### 1. Identificação do material bibliográfico

Dissertação     Tese     Outro\*: \_\_\_\_\_

\*No caso de mestrado/doutorado profissional, indique o formato do Trabalho de Conclusão de Curso, permitido no documento de área, correspondente ao programa de pós-graduação, orientado pela legislação vigente da CAPES.

Exemplos: Estudo de caso ou Revisão sistemática ou outros formatos.

#### 2. Nome completo do autor

Zamira Abel de Jesus Maria

#### 3. Título do trabalho

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU (DIPTERYX ALATA VOG.): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E PROCESSOS**

#### 4. Informações de acesso ao documento (este campo deve ser preenchido pelo orientador)

Concorda com a liberação total do documento  SIM     NÃO<sup>1</sup>

[1] Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. Após esse período, a possível disponibilização ocorrerá apenas mediante:

**a)** consulta ao(à) autor(a) e ao(à) orientador(a);

**b)** novo Termo de Ciência e de Autorização (TECA) assinado e inserido no arquivo da tese ou dissertação. O documento não será disponibilizado durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

**Obs. Este termo deverá ser assinado no SEI pelo orientador e pelo autor.**



Documento assinado eletronicamente por **Tatianne Ferreira De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 28/10/2024, às 13:48, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Zamira Abel De Jesus Maria, Usuário Externo**, em 28/10/2024, às 15:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).

---



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4927777** e o código CRC **9C7A5CAB**.

---

ZAMIRA ABEL DE JESUS MARIA

**APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU  
(*Dipteryx alata* vog.): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E  
PROCESSOS**

Dissertação de Mestrado apresentado à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Tatianne Ferreira de Oliveira

**Coorientador:** Prof<sup>o</sup>. Dr<sup>o</sup>. Fernando Pereira de Sá

Goiânia

2024

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

de Jesus Maria, Zamira Abel  
Aproveitamento dos Subprodutos do baru (*dipteryx alata* vog.):  
Aplicação em novos Produtos e Processos [manuscrito] / Zamira Abel  
de Jesus Maria, Tatianne Ferreira de Oliveira, Fernando pereira de  
Sá. - 2024.  
CVI, 106 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Tatianne Ferreira de Oliveira; co  
orientador Dr. Fernando Pereira de Sá.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola  
de Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Ciência e  
Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2024.

Bibliografia.

Inclui siglas, fotografias, abreviaturas, gráfico, tabelas, lista de  
figuras, lista de tabelas.

1. *Dipteryx alata*. 2. Sustentabilidade. 3. Resíduos agroalimentares.  
4. Energia térmica. 5. Formulação alimentar. I. de Oliveira, Tatianne  
Ferreira. II. de Sá, Fernando pereira. III. de Oliveira, Tatianne  
Ferreira, orient. IV. de Sá, Fernando Pereira, co-orient. V. Título.

CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS

ESCOLA DE AGRONOMIA

### ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO

Ata nº 200 da sessão de Defesa de Dissertação de Zamira Abel de Jesus Maria, que confere o título de Mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos, na área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Aos vinte e oito dias do mês de fevereiro do ano de dois mil e vinte e quatro, a partir das dez horas, via videoconferência, realizou-se a sessão pública de Defesa de Dissertação intitulada “APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU (DIPTERYX ALATA VOG.): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E PROCESSOS”. Os trabalhos foram instalados pela Orientadora, Doutora Tatianne Ferreira de Oliveira (PPGCTA/UFG), com a participação dos demais membros da Banca Examinadora: Doutora Bruna Melo Miranda (EA/UFG), membro titular interno e Macksuel Fernandes da Silva (EA/UFG), membro titular externo. Durante a arguição os membros da banca não fizeram sugestão de alteração do título do trabalho. A Banca Examinadora reuniu-se em sessão secreta a fim de concluir o julgamento da Dissertação, tendo sido a candidata aprovada pelos seus membros. Proclamados os resultados pela Presidente da Banca Examinadora, foram encerrados os trabalhos e, para constar, lavrou-se a presente ata que é assinada pelos Membros da Banca Examinadora.

#### TÍTULO SUGERIDO PELA BANCA



Documento assinado eletronicamente por **Macksuel Fernandes Da Silva, Técnico de Laboratório**, em 26/09/2024, às 10:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Tatianne Ferreira De Oliveira, Professor do Magistério Superior**, em 01/10/2024, às 06:13, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna Melo Miranda, Usuário Externo**, em 01/10/2024, às 11:03, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no § 3º do art. 4º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://sei.ufg.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4855177** e o código CRC **E5B652B9**.

## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação foi concretizada graças ao generoso apoio de várias pessoas e instituições, às quais expresso profundo reconhecimento. Inicialmente, agradeço a Deus por Sua força, direção e discernimento, elementos essenciais que tornaram possível a conclusão de cada etapa desta jornada.

Ao meu pai, expresso meu carinho e agradecimento. Ele sempre me motivou, dizendo: "Filha, eu acredito no seu potencial, confio em você. Um filho de camponês não tem outra arma para vencer na vida senão estudar." Sempre lembro do seu lema "Deus no comando." Essas palavras foram uma fonte constante de encorajamento ao longo deste percurso acadêmico.

À minha mãe, Dona Virginia, minha eterna fonte de inspiração e meu porto seguro. Uma mulher guerreira e batalhadora, expresso profunda gratidão pelos seus inestimáveis ensinamentos. Muito obrigada, mãe, por ser a luz e o exemplo em minha vida.

Aos Professores e Colegas do Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos que tive a possibilidade de conhecer, agradeço pelo compartilhamento de conhecimento, pois sem eles minha experiência não estaria completa.

À CAPES, expresso meu agradecimento pela bolsa concedida, que não apenas viabilizou a continuidade dos meus estudos, mas também contribuiu significativamente para o avanço da pesquisa e do conhecimento em minha área de atuação.

Aos meus orientadores, a Professora Dr<sup>a</sup>. Tatianne Ferreira de Oliveira, da UFG, e o Professor Dr<sup>o</sup>. Fernando Pereira de Sá do IFG, meu sincero e profundo agradecimento pela orientação, entusiasmo, motivação e apoio incondicional que muito elevaram os meus conhecimentos científicos e, sem dúvida, estimularam o meu desejo de querer sempre saber mais e fazer melhor.

Ao corpo técnico do programa de pós-graduação em Ciências e Tecnologia dos Alimentos, em especial a Tais, Ana Paula, Jussara e Vitor, meu muito obrigada pelo tempo que disponibilizaram quando tive dúvidas relacionadas às análises durante o desenvolvimento da pesquisa.

Não posso deixar de mencionar Maria Carolina de Almeida, Letycia, Ana Paula Mangoba, aos meus tios, em especial Cosme de Jesus, e a todos que, de alguma forma, contribuíram para o sucesso desta jornada, a cada um, meu sincero obrigado.

## **APROVEITAMENTO DOS SUBPRODUTOS DO BARU (*Dipteryx alata* vog.): APLICAÇÃO EM NOVOS PRODUTOS E PROCESSOS.**

### **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi explorar o potencial dos subprodutos do baru para o desenvolvimento de novos produtos e processos. A primeira etapa prática do estudo envolveu o aproveitamento da casca de baru para a geração de energia térmica por meio do processo de biodigestão aeróbia visando a elaboração de pellets. Para o processo de biodigestão aeróbia foram realizados cinco tratamentos, variando as porcentagens da casca de baru de 10%, 13%, 15% e 18%. No tratamento branco, adicionou-se 7% de folhas de mangueira seca, os resultados demonstraram que o material biodigerido atingiu a maturação aos 85 dias do processo de biodigestão aeróbia, foram alcançados bons níveis de poder calorífico, variando entre 3.686,60 e 4.048,56 kcal/kg, confirmando as expectativas para o uso da casca de baru para a geração de energia térmica. Embora os resultados dos testes de combustão dos pellets tenham sido satisfatórios, observou-se que as variáveis gordura suína e porcentagem de baru foram as que mais interferiram no processo de combustão, já a gordura bovina teve menor impacto na combustão. Na segunda parte da pesquisa, foram desenvolvidos biscoitos para cão com farinhas de subprodutos do baru, nomeadamente a casca e a torta desengordurada. Foi realizada uma caracterização centesimal, físico-químico das farinhas e dos biscoitos. Foram elaboradas 05 formulações (0%, 5%, 10%, 15% e 20%) com substituição de farinha de trigo pelas farinhas de subprodutos de baru. A farinha da torta desengordurada possui altos teores de proteína (25,93 g 100 g<sup>-1</sup>) e lipídios (24,89 g 100 g<sup>-1</sup>). Enquanto que a farinha da casca do baru apresentou alto conteúdo de fibras totais (59,67 g 100 g<sup>-1</sup>), as farinhas da casca e a torta desengordurada de baru, apresentaram altos teores de compostos fenólicos totais (14525 e 12532 mg EAG g100 g<sup>-1</sup>) e flavonoides totais (442,72 e 1751,45 mg CE g100 g<sup>-1</sup>) respectivamente. Os nutrientes predominantes dos biscoitos foram carboidratos (51,20 a 56,49 g 100 g<sup>-1</sup> para biscoitos CB e 49,62 a 52,78 g 100 g<sup>-1</sup> para biscoitos TDB, seguido pelos lipídios (21,67-23,53 g 100 g<sup>-1</sup> para BTDB e 19,05 -22,33 g 100 g<sup>-1</sup> para BCB) e proteína (12,10-15,06 g 100 g<sup>-1</sup> para BTDB e 11,23 - 12,19 g 100 g<sup>-1</sup> para BCB). A substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de subproduto de baru mostrou influência nos parâmetros de atividade de água, cor e dureza nas concentrações 10%, 15% e 20% dessas farinhas. Desta forma, o estudo destaca a importância da utilização integral de resíduos vegetais no desenvolvimento de produtos com valor agregado.

**Palavras-chave:** *Dipteryx alata*, Sustentabilidade, Resíduos agroalimentares, Energia térmica, Formulação alimentar.

## USE OF BARU (*Dipteryx alata* vog.) BY-PRODUCTS: APPLICATION IN NEW PRODUCTS AND PROCESSES

### ABSTRACT

The objective of this work was to explore the potential of baru by-products for the development of new products and processes. The first practical stage of the study involved the use of baru bark to generate thermal energy through the aerobic biodigestion process to produce pellets. For the aerobic biodigestion process, five treatments were carried out, varying the percentages of baru bark from 10%, 13%, 15% and 18%. In the white treatment, 7% of dry mango leaves were added, the results showed that the biodigested material reached maturation after 85 days of the aerobic biodigestion process, good levels of calorific value were achieved, varying between 3,686.60 and 4,048, 56 kcal/kg, confirming expectations for the use of baru bark to generate thermal energy. Although the results of the pellet combustion tests were satisfactory, it was observed that the variables pork fat and percentage of baru were those that most interfered in the combustion process, while beef fat had less impact on combustion. In the second part of the research, dog biscuits were developed with baru by-product flour, namely the bark and defatted cake. A proximate, physical-chemical characterization of the flours and biscuits was carried out. Five formulations were prepared (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) replacing wheat flour with baru by-product flour. Defatted pie flour has high levels of protein (25.93 g 100 g<sup>-1</sup>) and lipids (24.89 g 100 g<sup>-1</sup>). While baru bark flour had a high content of total fiber (59.67 g 100 g<sup>-1</sup>), baru bark flour and defatted baru cake had high levels of total phenolic compounds (14525 and 12532 mg EAG g100 g<sup>-1</sup>) and total flavonoids (442.72 and 1751.45 mg EC g100 g<sup>-1</sup>) respectively. The predominant nutrients in the cookies were carbohydrates (51.20 to 56.49 g 100 g<sup>-1</sup> for CB cookies and 49.62 to 52.78 g 100 g<sup>-1</sup> for TDB cookies, followed by lipids (21.67-23.53 g 100 g<sup>-1</sup> for BTDB and 19.05 -22.33 g 100 g<sup>-1</sup> for BCB) and protein (12.10-15.06 g 100 g<sup>-1</sup> for BTDB and 11.23 - 12.19 g 100 g<sup>-1</sup> for BCB). The partial replacement of wheat flour with baru by-product flours showed an influence on the parameters of water activity, color and hardness at concentrations of 10%, 15% and 20% of these flours. In this way, the study highlights the importance of the full use of plant residues in the development of products with added value.

**Keywords:** *Dipteryx alata*, Sustainability, Agri-food waste, Thermal energy, Food formulation.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1.** Visão geral do fruto do baru (*Dipteryx alata Vog.*) .....21

**Figura 2.** Esquema simplificado de como ocorre o processo da biodigestão aeróbia .....24

### CAPÍTULO II

**Figura 1.a.** Resíduo de baru in natura; **b.** Resíduo de baru após a secagem .....46

**Figura 2.** Montagem do biodigestor .....47

**Figura 3.** Primeiro dia do processo da biodigestão aeróbia.....48

**Figura 4.** Confeção de pellets a partir da biomassa biodigerido e gordura animal .....49

**Figura 5. c.** Material biodigerido com folhas de mangueira; **d.** Material biodigerido com resíduo de baru. ....53

**Figura 6.** Variação do pH durante o processo da biodigestão aeróbia RAFM; resíduo alimentar e folhas de mangueira, RARB; resíduo alimentar e resíduo de baru. ....54

**Figura 7.** Variação da temperatura durante o processo de biodigestão aeróbia, RAFM; resíduo alimentar e folhas de mangueira, RARB; resíduo alimentar e resíduo de baru.....55

**Figura 8.** Variação da umidade durante o processo de biodigestão aeróbia RAFM; resíduo alimentar e folhas de mangueira, RARB; resíduo alimentar e resíduo de baru. ....56

**Figura9.**Espectro de Absorção na Região do Infravermelho para os compostos biodigerido.....59

**Figura 10.** Curvas de TG e DTA para os compostos biodigeridos.....60

**Figura11. e.** pellets compactados; **f.** combustão dos pellets; **g.** Resíduo após a combustão do pellet.....62

**Figura 12.** Contribuição de cada efeito no processo.....63

### CAPÍTULO III

**Figura 1.** Farinha da casca de baru (a), farinha de torta desengordurada (b). ....74

**Figura 2.** Cromatograma da farinha da casca de baru.....85

**Figura 3.** Cromatograma da farinha da torta desengordurada de baru.....86

**Figura 4.** Biscoitos com substituição de farinha trigo por da farinha da torta desengordurada de baru (c); biscoitos com substituição de farinha de trigo por farinha da casca de baru (d).....92

## LISTA DE TABELAS

### CAPITULO I

**Tabela 1.** Estudo e conclusões da utilização de subprodutos vegetais e frutas como ingredientes funcionais no desenvolvimento de novos produtos.....17

### CAPÍTULO II

**Tabela 1.** Detalhamento dos tratamentos e a porcentagem de resíduos do baru.....47

**Tabela2.** Definição dos níveis das variáveis para o planejamento experimental.....49

**Tabela 3.** Matriz experimental.....49

**Tabela 4.** Poder calorifico superior .....57

**Tabela 5.** Matriz experimental da combustão dos pellets.....62

### CAPÍTULO III

**Tabela 1.** Ingredientes utilizados na formulação dos biscoitos para cão com adição de farinha de subprodutos de baru .....75

**Tabela 2.** Composição centesimal e análise microbiológica .....81

**Tabela 3.** Compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante das farinhas casca de baru (FCB) e torta desengordurada de baru (FTDB).....83

**Tabela 4.** Lista dos constituintes ativos da farinha de subprodutos de baru.....87

**Tabela 5.** Composição centesimal, (b.s.) e valor energético total dos biscoitos elaborados com substituição da farinha de casca de baru (CB) e torta desengordura de baru (TDB) em diferentes concentrações (%) .....88

**Tabela 6.** Cor instrumental dos biscoitos.....92

**Tabela 7.** pH, acidez total (AT) e atividade de água (Aw) dos biscoitos elaborados com farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata* Vog) casca de baru (CB) e torta desengordurada de baru (TDB).....94

## LISTA DE ABREVIATURAS

AA-Atividade antioxidante

a\* -Coordenada de Cromaticidade A\*

ABINPET - Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação

ANVISA- Agência Nacional de Vigilância Sanitária

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry

APHA-American Public Health association

AT-Acidez Titulavel

AW - Atividade de água

AlCl<sub>3</sub>-Cloroeto de alumínio

b\*- Coordenada de Cromaticidade B\*

b. s. -Base Seca

CB- Casca de baru

BCB-Biscoitos casca de baru

BTDB-Biscoitos torta desengordurada de Baru

°C- Graus Celsius C Graus Celsius

CE- Equivalente catequina

CFT - Conteúdo total de fenólicos

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento,

DTA - termogravimetria derivada

EAG - Equivalente de ácido gálico

FCB- Farinha de casca de baru

FTDB- Farinha de Torta desengordurada de baru

FT-IR - Espectroscopia na Região do Infravermelho om Transformada De Fourier

g- Grama

GB-Gordura Bovina

GS- Gordura Suína

Kcal- Quilocalorias

KJ-Kilojoule

Kg-kilograma

L\* - luminosidade

mg-miligramas

mL- Mililitros

µL -Microlitros

mM- Milimol

N -Nitrogênio

NaOH- Hidroxido de sódio

NaNO<sub>2</sub> -Nitrito de sódio

PB- Porcentagem de baru

PCS - Poder calorífico superior

PGPM-Bio - Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Socio biodiversidade

pH - Potencial Hidrogeniônico

% Porcentagem

R<sup>2</sup> - Coeficiente de Determinação

RAFM - Residuo alimentar, folhas de mangueira

RARB -Residuo alimentar, residuo baru

TDB-Torta desengordura de baru

TG - Termogravimetria

RDC - Resolução da Diretoria Colegiada

UFC- Unidade formadora de colônia

VET-Valor Energético Total

## Sumário

<b>CAPITULO I</b> .....	13
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2.REVISÃO DA LITERATURA</b> .....	14
2.1. PANORAMA ATUAL DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS .....	14
2.2INTEGRAÇÃO DE RESÍDUOS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS.....	16
2.3 RESÍDUO AGROALIMENTAR COMO FONTE POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA.....	18
<b>2.4.1 Aproveitamento da casca do baru</b> .....	20
<b>2.4.2. Aproveitamento da torta parcialmente desengordurada de baru</b> .....	22
2. 5 BIODIGESTÃO AERÓBIA COMO UM PROCESSO DE CONVERSÃO DE RESÍDUOS AGROALIMENTAR .....	22
<b>2.5.1 Contextualização do Processo de biodigestão aeróbia</b> .....	22
<b>2.5.2 Fatores que afetam o processo de biodigestão aeróbia</b> .....	25
<b>2.5.3 Teor de umidade</b> .....	25
<b>2.5.4 Temperatura</b> .....	25
<b>2.5.5 Frequência de viragem</b> .....	26
<b>2.5.6 Tamanho das partículas</b> .....	27
<b>2.5.7 pH</b> .....	27
<b>2.5.8 Relação C/N</b> .....	28
<b>3.OBJETIVOS</b> .....	29
3.1 OBJETIVO GERAL.....	29
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	29
<b>CAPITULO II</b> .....	40
<b>RESUMO</b> .....	41
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	43

<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	44
2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA .....	44
2.2. MONTAGEM E DISCRICÃO DO BIODIGESTOR .....	45
<b>2.2.1 Acondicionamento da amostra para o processo de biodigestão aeróbia</b> .....	46
<b>2.2.2 Planejamento Experimental</b> .....	48
2.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICA DO MATERIAL BIODIGERIDO.....	49
<b>2.3.1 Poder Calorífico Superior (PCS)</b> .....	49
<b>2.3.2 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada De Fourier (FT-IR)</b> .....	50
<b>2.3.3 Termogravimetria e Termogravimetria Diferencial (TG e DTA)</b> .....	50
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	51
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO BIODIGERIDO .....	51
3.2 EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS DURANTE A BIODIGESTÃO AERÓBIA.....	52
<b>3.2.1 pH</b> .....	53
<b>3.2.2 Temperatura</b> .....	53
<b>3.2.3 Umidade</b> .....	55
3.3 PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS) .....	56
3.4 ESPECTROSCOPIAS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR) .....	57
3.5 TERMOGRAVIMETRIA E TERMOGRAVIMETRIA DIFERENCIAL (TG E DTA)...	58
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	62
<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	62
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	63
<b>CAPÍTULO III</b> .....	68
<b>RESUMO</b> .....	69
<b>1.INTRODUÇÃO</b> .....	71
<b>2.MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	72

2.1 REPARAÇÃO DAS FARINHAS .....	72
2.2 PREPARAÇÃO DOS BISCOITOS A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE BARU ( <i>Dipteryx alata vog</i> ) .....	73
2.3 CARACTERIZAÇÕES DAS FARINHAS E DOS BISCOITOS.....	75
<b>2.3.1 Composição centesimal e Valor energético Total</b> .....	75
<b>2.3.2 Determinação da cor</b> .....	75
2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DAS FARINHAS .....	76
<b>2.4.1 Preparação dos extratos</b> .....	76
<b>2.4.2 Determinação de compostos fenólicos total</b> .....	76
<b>2.4.3 Determinação de flavonoides totais</b> .....	77
<b>2.4.4 Determinação da capacidade antioxidante- Poder antioxidante do radical livre ABTS<sup>+</sup></b> .....	77
2.5 ANÁLISE CG-MS DAS FARINHAS DO SUBPRODUTO DE BARU ( <i>DIPTERYX ALATA VOG</i> ).....	77
2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS.....	78
2.7 PERFIL DE TEXTURA.....	78
2.8 ATIVIDADE DE ÁGUA (AW), PH, ACIDEZ TOTAL .....	79
2.9 ANALISE ESTATÍSTICA.....	79
<b>3.RESULTADOS E DISCUSÃO</b> .....	79
3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS DE SUBPRODUTOS DE BARU ( <i>DIPTERYX ALATA VOG</i> ).....	79
<b>3.1.1 Composição centesimal e análise microbiológica</b> .....	80
<b>3.1.2 Compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante das farinhas de subprodutos do baru</b> .....	82
<b>3.1.3 Análise CG-MS das farinhas do subproduto de baru (<i>Dipteryx alata Vog</i>)</b> . ....	84
3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS BISCOITOS.....	87
<b>3.2.1 Composição centesimal dos Biscoitos</b> .....	87
<b>3.2.2 Cor instrumental dos biscoitos</b> .....	90
<b>3.2.3 pH, Acidez total, Atividade de água (aw) e Textura</b> .....	92

<b>4.CONCLUSÃO.....</b>	<b>96</b>
<b>AGRADECIMENTOS .....</b>	<b>96</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>96</b>

## CAPITULO I

### 1.INTRODUÇÃO

As indústrias agroalimentares desempenham um papel crucial na produção e processamento de alimentos, bem como na geração de matéria-prima para outras indústrias (Freitas et al., 2021). Tanto o setor agrícola quanto o industrial contribuem significativamente para a economia global, representando aproximadamente 4% e 28% do produto interno bruto mundial, respectivamente (Banco Mundial, 2019). No entanto, essa produção intensiva também resulta em grandes volumes de resíduos agroalimentar.

Anualmente cerca de 2,01 mil milhões de toneladas métricas de resíduos são geradas em todo o mundo, estimando-se um aumento para 3,40 mil milhões de toneladas métricas até 2050 (Kaza et al., 2018). A abundância desses resíduos, especialmente nos países em desenvolvimento, cria um desafio crucial. Muitas vezes, esses resíduos são incinerados, aumentando as emissões de gases de efeito estufa, desperdiçando potencial energético e impactando negativamente a saúde pública, prejudicando a qualidade de vida da população (Ravindran et al., 2018).

Neste contexto, surge a necessidade de encontrar soluções inovadoras e sustentáveis para aproveitar eficientemente os resíduos agroalimentares. O reaproveitamento consciente dos resíduos pode não apenas reduzir o impacto ambiental, mas também abrir caminho para a produção de alimentos, medicamentos, compostos biologicamente ativos, biomateriais e a geração sustentável de energia (Freitas et al., 2021).

Na região Centro-Oeste, a indústria agroalimentar desempenha um papel crucial na economia nacional, proporcionando uma ampla variedade de produtos derivados das frutas típicas do cerrado. Entretanto, essa produção intensiva não está isenta de desafios. Além de impulsionar o desenvolvimento econômico regional, gera uma quantidade significativa de resíduos que, até o momento, não foram devidamente aproveitados.

O baru (*Dipteryx alata* Vog.), espécie pertencente à família Fabaceae, subfamília Papilonoideae, distribui-se principalmente na região do Cerrado e esporadicamente nas regiões norte, nordeste, centro-oeste e sudeste do Brasil. Além disso, o barueiro cresce no exterior em Países como Venezuela, Colômbia, Costa Rica e Panamá (Niedack et al., 2021). O extrativismo do baru tem sido visto como uma alternativa de renda para pequenos produtores da região Centro-Oeste, com o apoio de organizações não governamentais, têm sido desenvolvidos projetos que incentivam e promovem a comercialização da amêndoa (De Matos Teixeira et al., 2020).

Durante o processamento da castanha de baru, anualmente são geradas aproximadamente 2.200 toneladas de subprodutos, entre os quais incluem a torta parcialmente desengordurada e a casca do baru (Egea et al., 2023). Embora haja escassez de estudos sobre o aproveitamento desses resíduos na literatura, nos últimos anos, o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo têm despertado um crescente interesse científico, especialmente em pesquisas direcionadas ao reaproveitamento e transformação desses resíduos em subprodutos de valor agregado (Rambo et al., 2021).

Por sua vez, a torta desengordurada, derivada da amêndoa do baru, destaca-se por sua composição rica em proteínas, minerais, aminoácidos, ácidos graxos e compostos fenólicos. Esta complexidade nutricional tem sido alvo de estudos, visando avaliar os potenciais efeitos benéficos deste subproduto do baru na promoção da saúde e na criação de novos produtos inovadores (Lima et al., 2021).

Neste cenário, incentivar a utilização dos subprodutos do baru na produção de produtos com valor agregado surge como uma alternativa sustentável e inovadora. Esta abordagem não apenas contribui para a redução dos problemas ambientais associados ao descarte inadequado destes resíduos, mas também abre portas para a descoberta de novas oportunidades de valorização, transformando algo que seria desperdiçado em recursos valioso.

Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi investigar o potencial dos subprodutos do baru (*Dipteryx alata Vog.*) como matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos e processos, visando a promoção da sustentabilidade e o desenvolvimento de alternativas inovadoras na gestão de resíduos agroalimentares.

## **2.REVISÃO DA LITERATURA**

### **2.1. PANORAMA ATUAL DA GERAÇÃO DE RESÍDUOS AGROALIMENTAR**

A agricultura é universalmente reconhecida como uma diretriz crucial nas economias de países desenvolvidos e em desenvolvimento (Yafetto, 2022). Por meio dela, não apenas se obtêm alimentos frescos para o consumo humano, mas também se proporcionam matérias-primas fundamentais para as indústrias de processamento de alimentos (Yafetto, 2022). Entretanto, nem todos os produtos agrícolas destinados ao consumo humano e industrialização são aproveitados de maneira eficiente.

Anualmente cerca de 2,01 mil milhões de toneladas métricas de resíduos são geradas globalmente, e essa cifra é projetada para alcançar 3,40 mil milhões de toneladas métricas até 2050 (Kaza et al., 2018). Adicionalmente, frutas, vegetais, raízes e tubérculos constituem

aproximadamente 40 a 50% da quantidade total de alimentos desperdiçados (Ravindran et al., 2018).

No âmbito da União Europeia, o processamento agroindustrial resulta em cerca de 367 milhões de toneladas de resíduos anualmente, com Alemanha, Reino Unido, Itália, França e Espanha liderando na contribuição para a geração desses resíduos (Correddu et al., 2020). Os autores ainda afirmam que aproximadamente 55 milhões de toneladas de resíduos são geradas por países desenvolvidos, incluindo China, Índia, Filipinas e Estados Unidos.

As transformações no estilo de vida, que incluem a transição da vida rural para a urbana, e a diversidade nos hábitos alimentares são consideradas elementos fundamentais que influenciam a heterogeneidade dos resíduos agroalimentares (Yaashikaa; Kumar; Varjani, 2022).

O termo resíduo agroindustrial refere-se a toda matéria obtida no campo agrícola e nas indústrias associadas à agricultura, proveniente de vários processos, tais como a produção de produtos agrícolas, frutas, carne, vegetais, laticínios, entre outros. Esses resíduos podem ser categorizados como resíduos da pecuária, resíduos agroindustriais, resíduos de colheitas e resíduos de frutas e vegetais (Cusenza et al., 2021; Spalvins; Zihare; Blumberga, 2018).

Os resíduos oriundos do descarte de frutas e vegetais nas indústrias de processamento de alimentos constituem uma ameaça considerável para os desafios nutricionais, econômicos e ambientais, ocasionando perdas e desperdícios significativos. Estima-se que cerca de 60% desses resíduos agroalimentares gerados correspondam a aproximadamente 30% do total de resíduos no grupo de commodities (Hameed; El-Khaiary, 2008; Grizzeti et al., 2013; Vanham et al., 2015).

O setor agroalimentar, embora crucial para a produção alimentar, destaca-se como um dos principais poluidores, com os resíduos produzidos representando uma séria ameaça ao meio ambiente. A complexa composição bioquímica desses resíduos muitas vezes dificulta sua aplicação em um único processo produtivo, resultando em sua subutilização devido à falta de valor intrínseco e aplicação em novas áreas (Yaashikaa; kumar; varjani, 2022).

Diante desse cenário desafiador, surge a necessidade de desenvolver processos de produção integrados que permitam a obtenção de vários produtos a partir da valorização de resíduos direcionados (Zabaniotou; Kamaterou, 2019). Os tradicionais conceitos de eliminação, reutilização e redução, em alguns casos, já não são suficientes para maximizar os benefícios associados à utilização e valorização dos resíduos agroalimentares (Yaashikaa; Kumar; Varjani, 2022).

Conforme destacado por Freitas et al., (2021), as industriais agroalimentares de diversos setores de processamento contribuem significativamente para o aumento dos resíduos, muitos dos quais são inadequadamente descartados em aterros sanitários ou locais impróprios. Os mesmos autores alertam para as consequências desastrosas desse acúmulo de resíduos, que incluem incêndios em regiões de clima mais seco, resultando em perdas expressivas de florestas e biomas.

Por meio da aplicação de tecnologias apropriadas, como compostagem, digestão aeróbia, pirólise, fermentação, hidrólise enzimática e gaseificação, é possível transformar esses resíduos em insumos valiosos, como ração animal, enzimas, antibióticos, biocombustíveis, vitaminas, biogás, produtos químicos e antioxidantes. Essa abordagem não apenas reduz os impactos ambientais adversos, mas também promove a produção sustentável e a valorização econômica dos resíduos agroalimentares (Awasthi et al., 2022; Qian et al., 2022).

## 2.2 INTEGRAÇÃO DE RESÍDUOS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS

Nos setores agroalimentares, torna-se evidente a significativa produção de resíduos ao longo das diversas fases da cadeia produtiva, que vão desde a colheita até a etapa final de consumo. Isso engloba uma variedade de atividades, como transporte, armazenamento, processamento industrial e comercialização (Freitas et al., 2021).

Os resíduos agroalimentares destacam-se por suas concentrações elevadas de carboidratos complexos, proteínas, fibras, componentes poli fenólicos, compostos bioativos, e outros nutrientes essenciais ( Dwivedi et al.,2022).Esses elementos podem ser estrategicamente integrados no desenvolvimento de novos alimentos funcionais e nutricionalmente enriquecidos, abrangendo uma variedade de produtos, como bebidas, cereais matinais, laticínios, produtos cárneos e itens de panificação (Coman et al., 2020; Ibrahim et al., 2021).

A crescente atenção voltada para a integração de resíduos no setor alimentar se justifica pelo potencial significativo de reduzir desperdícios, promover a sustentabilidade e gerar valor adicional (Ruta et al., 2023). Com a adoção de uma abordagem de economia circular, a incorporação de resíduos agroalimentares no desenvolvimento de novos produtos está se consolidando como uma prática promissora, afastando-se da visão tradicional de considerá-los meramente como resíduos (Santagata et al., 2020).

Pesquisas centradas no reaproveitamento de resíduos agroalimentares na formulação de novos produtos alimentícios têm ganhado destaque, como evidenciado nos diversos estudos apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1.** Estudo e conclusões da utilização de subprodutos vegetais e frutas como ingredientes funcionais no desenvolvimento de novos produtos.

Produto desenvolvido	Subproduto utilizado	Resultados encontrados	Referências
Biscoitos e muffins	Resíduo de goji berry	Esses resíduos contribuíram de forma significativa para o aumento de proteínas, compostos fenólicos livres e fibras alimentares solúveis/insolúveis. Além disso, o produto final apresentou características sensoriais positivas, revelando-se um ingrediente funcional com excelente potencial	Bora;Ragae; e Abdel-Aal (2019)
Biscoitos	Resíduo de romã e polpa de suco de laranja	Nesse estudo os autores observaram que o encapsulamento do subproduto do resíduo permitiu a retenção de compostos fenólicos sem perda de atividade antioxidante, garantindo estabilidade à oxidação e preservando a qualidade sensorial do produto	Kaderides; Mourtzinos; e Goula (2020)
Ração animal	Resíduos de mamão e laranja	Os autores constataram que apenas uma porção reduzida das exigências nutricionais foi atendida, destacando a necessidade de suplementar a ração animal com outros produtos.	Andrade et al., (2019)

Os exemplos citados acima ilustram o potencial transformador da incorporação estratégica de resíduos agroalimentar na inovação de produtos.

### 2.3 RESÍDUO AGROALIMENTAR COMO FONTE POTENCIAL PARA GERAÇÃO DE ENERGIA

Na atual conjuntura de crise energética, os resíduos agroalimentares se destacam como uma promissora área de pesquisa, revelando sua capacidade não apenas de gerar uma ampla variedade de produtos de alto valor agregado, incluindo energia Morante et al., (2021), mas também de desempenhar um papel crucial na busca por soluções energéticas sustentáveis.

Avícola; Dayioğlu; e Türke (2019), destacam que o consumo de energia está previsto para aumentar aproximadamente 48% entre 2012 e 2040, sinalizando uma necessidade premente de suprir a demanda crescente, especialmente em países em desenvolvimento. Nesse contexto, a garantia de acesso à energia acessível, confiável, e sustentável foi estabelecida como um objetivo crucial de desenvolvimento sustentável (Kumar; Samadder, 2017).

Estima-se que entre 25% e 30% de toda a biomassa energética mundial possa ser derivada desses resíduos, representando um potencial expressivo para a produção de energia sustentável (Prasad et al., 2018). Sua composição principal abrange polímeros de carboidratos, como amido, celulose e hemicelulose, além de proteínas, lipídios, fibras e outras matérias orgânicas (Chang; Lou; Ko, 2019; Sindhu et al., 2019).

Para acelerar a implementação de tecnologias de produção de energia baseadas em resíduos agroalimentar, o apoio governamental é fundamental. Ele não apenas facilita o acesso a capital e tecnologia, mas também reduz os custos associados à produção de energia renovável (Liu; Zhang; Bae, 2017; Routree, 2019). A produção de energia a partir desses resíduos contribui para a economia circular, oferecendo uma fonte de energia. Ao promover o uso eficiente de energia e recursos renováveis, a produção de energia estabelece um ciclo virtuoso entre o meio ambiente sustentável e o desenvolvimento econômico, abordando questões ambientais relacionadas à escassez de recursos (Rani et al., 2023).

Desde a década anterior, os recursos de biomassa têm sido empregados para transformar resíduos prejudiciais em energia comercialmente viável. O gerenciamento eficaz da produção de energia é crucial para a comercialização de bioprodutos, sendo essencial para o crescimento de longo prazo da indústria de energia renovável (Shahbaz et al., 2022).

Estudos dedicados ao reaproveitamento de resíduos agroindustriais para a geração de energia foram abordados por Kraiem et al. (2016), os quais desenvolveram pellets a partir de bagaço de uva e resíduo de tomate. Os ensaios de combustão realizados evidenciaram eficiências comparáveis às observadas nos pellets de madeira.

Em uma abordagem similar, Karmee et al. (2015), destacam que resíduos alimentares com um teor lipídico entre 5% e 30% representam fontes ideais para a produção de biodiesel, englobando óleo de soja, óleo de rícino, e gorduras animais (Brasil; Silva; Siqueira, 2017).

No contexto brasileiro, o resíduo de bagaço de cana-de-açúcar desempenha um papel crucial no atendimento à demanda energética, fornecendo vapor e eletricidade nas usinas produtoras de açúcar e álcool, sendo utilizados aproximadamente 90% do bagaço disponível para essa finalidade (De Moraes et al., 2017). Contudo, a busca pela maximização do potencial dos resíduos agroindustriais enfrenta desafios, como a heterogeneidade desses resíduos e as distintas necessidades metabólicas microbianas (Sreena; Sebastian, 2019).

Esses desafios podem requerer medidas de pré-tratamento personalizadas para alcançar uma produção ideal de biocombustíveis. Além disso, fatores socioeconômicos e práticas regionais na gestão de resíduos também desempenham um papel crucial na moldagem da eficiência da extração de biocombustíveis a partir de resíduos agrícolas (Rame; Purwanto; e Sudarno, 2023).

#### 2.4 SUBPRODUTOS DO PROCESSAMENTO DO BARU (*DIPTERYX ALATA* VOG.)

O cerrado do Brasil exibe um elevado nível de preservação natural e uma abundância de biodiversidade, abrigando uma ampla variedade de espécies de frutas de significativa relevância para o consumo local, tanto em seu estado natural quanto na forma de produtos industrializados (Giongo et al., 2022). As frutas provenientes do cerrado brasileiro possuem sabores únicos e oferecem nutrientes essenciais para o metabolismo humano, incluindo açúcares, proteínas, minerais e ácidos graxos (De Souza et al., 2022).

O baru (*Dipteryx alata* Vog.) é uma das frutas do cerrado de grande importância, de cultivo promissor, com ampla cobertura territorial, com alto potencial nutricional e econômico (Corrêa et al., 2000; Magalhães, 2014).

O fruto possui casca fina aderida à polpa, que apresenta doçura e adstringência peculiares. Tem distribuição irregular, podendo ocorrer em grandes agrupamentos, em diversos estados do Brasil, incluindo Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (Almeida et al., 1998). Distribui-se principalmente na região do Cerrado e esporadicamente nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Além disso, o barueiro cresce no exterior, em países como Venezuela, Colômbia, Costa Rica e Panamá (Niedack et al., 2021).

Na área de sustentabilidade, algumas associações de agricultores e cooperativas familiares que se beneficiam e buscam preservar o baru e o cerrado, passaram a cultivá-lo de

forma mais intensa em nascentes, margens de rios e córregos, tanto para recuperá-los quanto para promover a conservação e manutenção das várias espécies nativas (Nepomuceno et al., 2006; Sano et al., 2004; Santos et al., 2012).

Vale destacar que o processamento do baru produziu um impacto social significativo em grupos populacionais que dependem dos recursos do Cerrado para viver, como índios, quilombolas e ribeirinhos, que representam comunidades tradicionais da região do Cerrado (Sawyer et al., 2018). Além disso o processamento e comercialização do fruto do baru permanece explorada pelo extrativismo, geralmente associados à agricultura familiar e cooperativas de produção agrícola (De Oliveira Gonçalves et al., 2020 ; Lima et al. , 2021 ). os custos de produção e as dinâmicas comerciais também desempenham um papel crucial.

Segundo dados apresentados pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento, 2022), o panorama dos custos de produção da castanha de baru revela que, ao longo do período de 2010 a 2021, apenas quatro empresas foram acompanhadas, sendo três delas da região de Goiás (GO) e uma da região de Mato Grosso (MT). A produção média de castanha de baru variou entre 375 kg a 1 tonelada por safra por ciclo de produção, com custos oscilando de R\$ 5.003,31 a R\$ 10.169,77.

Vale ressaltar que, durante o período analisado, o preço do produto apresentou consideráveis oscilações. Contudo, em 2022, estabeleceu-se um preço mínimo para comercialização, fixado em R\$ 26,68·kg<sup>-1</sup> conforme determinado pela Portaria nº 376 (2021), em consonância com as diretrizes da Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Socio Biodiversidade (PGPM-Bio) (De Miranda Monteiro; Carvalho; Boas, 2022)

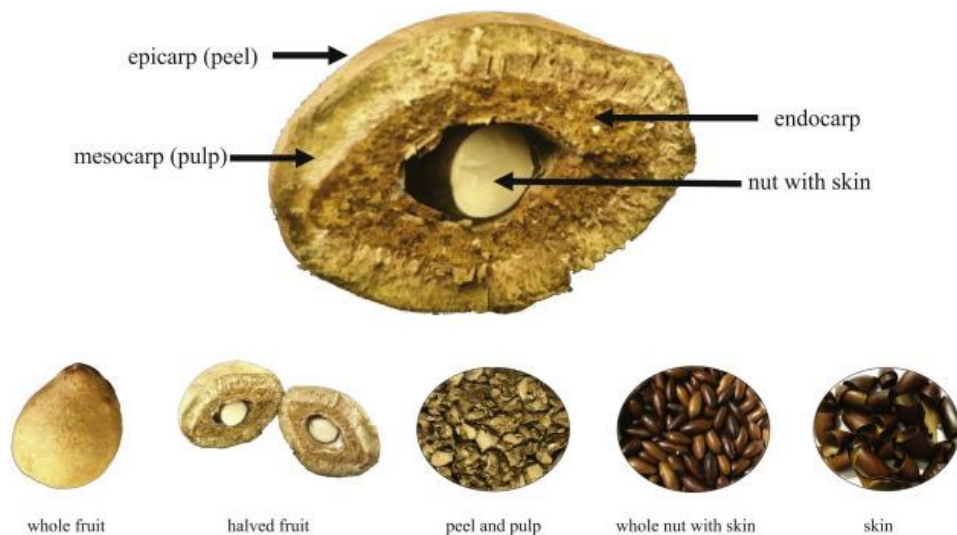
#### **2.4.1 Aproveitamento da casca do baru**

Após a retirada da amêndoa, quase 95% do fruto, que engloba o epicarpo, mesocarpo e endocarpo, é descartado (Martins; Ferraz; Schmidt, 2017). Esse fato destaca a importância de explorar possibilidades para um aproveitamento mais eficiente de todo o fruto. De acordo com certos pesquisadores, essas porções remanescentes do fruto do baru podem ser consideradas resíduos ou subprodutos do processo (Ferreira; Florizo; Argondoña, 2020; Morais et al., 2021).

Existe o interesse econômico e ambiental, pois ao se retirar a amêndoa, as cascas residuais (mesocarpo e o endocarpo) são descartadas diretamente no meio ambiente (Rambo et al., 2020). Entretanto, nos últimos anos, o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo têm despertado grande interesse científico, principalmente em pesquisas voltadas para o reaproveitamento e transformação de resíduos em subprodutos (Rambo et al., 2021 ). No

âmbito ambiental, esses produtos desempenham um papel benéfico na diminuição da perda e do desperdício de alimentos, uma vez que a amêndoa corresponde a apenas 5% da massa total do fruto. A casca, ou epicarpo, compreende uma fina camada em contato direto com o meio ambiente, (Figura 1) que é responsável pela característica coloração marrom clara do fruto e é rica em fibras (Santiago et al., 2018).

Em relação aos subprodutos do baru, apenas a polpa (mesocarpo) é comercializada e exportada para os EUA pela Barùkas, empresa multinacional com sede em Carlsbad, Califórnia (Schatz, 2019). O mesocarpo, contém mais de 70% de carboidratos em sua composição, sendo a maioria açúcares; essa fração do fruto é considerada como uma camada fibrosa (Alves-Santos; Fernandes; Naves, 2021; Egea; Takeuchi,2020). O endocarpo lenhoso cobre e protege a amêndoa; devido à sua dureza, o endocarpo é composto por celulose, lignina e hemicelulose e é mais escuro que o mesocarpo (Carrazza; Avila, 2010; Egea; Takeuchi, 2020).



**Figura 1.** Visão geral do fruto do baru (*Dipteryx alata* Vog.)

Fonte: (Alves-Santos; Fernandes; Naves, 2021).

A utilização dos subprodutos agroindustriais do baru, como o endocarpo, mesocarpo e epicarpo, ainda é limitada na alimentação humana. No entanto, ao se considerar a possibilidade de usar a polpa (mesocarpo) em outras aplicações, como o processamento de alimentos em novas formulações – bolos, biscoitos e pães –, a taxa de aproveitamento dos frutos aumenta para além de 50% (Santiago et al.,2018). Para que esses produtos sejam produzidos, a junção de técnicas químicas e biotecnológicas se faz necessária para que a biomassa seja

totalmente aproveitada, e os impactos ambientais sejam diminuídos (Blamey 2017; Lancefield, et al., 2017).

O papel tecnológico da casca residual do baru no setor de produção de energia envolve tanto a produção de biocombustíveis mais eficientes quanto a possibilidade de atuar como adsorvente de substâncias inorgânicas presentes nos combustíveis (Batista et al., 2012; Beltrão; De Oliveira, 2008; Mosquetta et al., 2011). Adicionalmente, a casca do fruto e o endocarpo lenhoso podem ser utilizados para a produção de carvão de alto valor calórico (Carrazza; Ávila, 2010; Vale; Olsen, 2013). A utilização da biomassa residual do baru para a geração de energia de modo geral poderia contribuir para minimização de custos para o produtor, referentes aos processos de secagem do fruto, polpa ou torrefação das amêndoas (De Matos Teixeira et al., 2020).

#### **2.4.2. Aproveitamento da torta parcialmente desengordurada de baru**

O consumo da amêndoa do baru tem se disseminado consideravelmente, devido ao seu elevado valor nutritivo e às suas propriedades medicinais (Zuchi et al., 2016). É alto o teor de lipídios contidos na castanha de baru (aproximadamente 40%), seu óleo é obtido principalmente por prensagem mecânica. Aproximadamente 80% do óleo é extraído por esse processo, que deixa um resíduo sólido conhecido como “torta de baru”. Esse material semidesnatado é triturado e vendido como farinha de baru, que normalmente é usada em uma variedade de pratos locais (Aracava et al., 2022).

O processo de prensagem gera a torta parcialmente desengordurada, que normalmente é desperdiçada. Esse subproduto retém provavelmente nutrientes e compostos bioativos presentes nas amêndoas (De Oliveira Pineli et al., 2015). A torta de baru desengordurada pode ser utilizada em diversos produtos alimentícios, possui amplo potencial para ser utilizada pelas agroindústrias de alimentos com promissores ingredientes nutritivos e funcionais na formulação de novos produtos, inclusive os de origem vegetal. Assim, justifica-se a pesquisa de novos alimentos industrializados com este subproduto do baru e seu papel na promoção da saúde (Alves-Santos; Fernandes; Neves, 2021).

## **2. 5 BIODIGESTÃO AERÓBIA COMO UM PROCESSO DE CONVERSÃO DE RESÍDUOS AGROALIMENTAR**

### **2.5.1 Contextualização do Processo de biodigestão aeróbia**

É crucial salientar a notória falta de estudos dedicados ao processo de biodigestão aeróbia com o intuito de gerar energia térmica. Para fundamentar este trabalho de maneira científica, baseou-se em informações provenientes do processo de compostagem mecanizada. Apesar das semelhanças entre esses dois procedimentos, é imperativo destacar algumas diferenças substanciais.

Uma primeira distinção importante está relacionada à duração dos dois processos. Enquanto a compostagem demanda, em média, 90 dias para ser concluída, a biodigestão aeróbia pode ser finalizada em aproximadamente 15 dias, desde que as condições ideais para o processo sejam adequadamente mantidas.

A segunda característica distintiva diz respeito aos produtos resultantes de cada método. Na compostagem, o produto final é o biofertilizante, comumente utilizado para fertilizar o solo. Em contrapartida, a biodigestão aeróbia gera um produto final com propriedades voltadas para a produção de energia térmica. É crucial ressaltar que certos parâmetros, como temperatura, umidade e pH, devem ser rigorosamente monitorados em ambos os processos para assegurar um desempenho eficaz e eficiente.

A compostagem é amplamente reconhecida como um processo vital no tratamento de resíduos, combatendo a crescente saturação dos aterros sanitários devido ao descarte inadequado de resíduos. Essa prática oferece uma solução sustentável para a decomposição biológica de materiais orgânicos, gerando produtos finais, como o biofertilizante, que são ecologicamente benéficos.

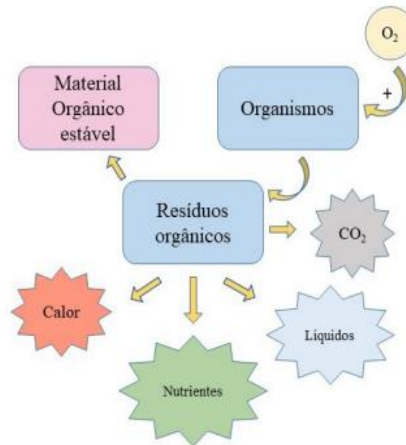
Para embasar este estudo, utilizamos referências provenientes de publicações especializadas sobre compostagem. Essas fontes forneceram informações valiosas para estabelecer parâmetros e técnicas altamente eficazes no processo de compostagem.

Dada a notável semelhança entre a compostagem e o processo de biodigestão aeróbia, essas referências desempenharam um papel fundamental na compreensão aprofundada do tema e na identificação das melhores práticas a serem adotadas.

De acordo com Wan et al. (2022), a compostagem é um processo aeróbico essencialmente de degradação da matéria orgânica sob a ação de microrganismos.

Graças as atividades dos microrganismos (por exemplo, bactérias, fungos), a matéria orgânica é decomposta em um fertilizante valioso que pode ser usado como nutrientes para plantas e correção do solo (Hoang et al.,2022).

A compostagem é um processo economicamente viável e ambientalmente sustentável que pode ser utilizada para o tratamento eficaz de resíduos sólidos em todo o mundo. Vale ressaltar que esse processo pode ser feito a nível industrial ou doméstico e é por isso que ele é mais aceito e adotado em todo o mundo. (Mahapatra; Ali; Samal,2022).



**Figura 2.** Esquema simplificado de como ocorre o processo da biodigestão aeróbia.

Fonte: Adaptado por (Araújo et al., 2020).

A etapa de compostagem envolve a sanitização, estabilização, aeração e maturação da matéria orgânica. O processo de sanitização, ou fase mesófila, caracterizada pela intensa quebra da matéria prima, ocorre nas primeiras duas ou três semanas do procedimento. Como resultado, ocorre um aumento na demanda de oxigênio e uma diminuição de sólidos voláteis e patógenos (SEPA, 2015).

Nesta etapa de compostagem ativa, quantidades de dióxido de carbono, água e calor são liberados, bem como compostos malcheirosos, como ácidos graxos voláteis, amônia e outros compostos restritivos de nitrogênio, cetonas, aromáticos e compostos inorgânicos e compostos orgânicos de enxofre (Morsink-Georgali et al, 2022).

Na etapa de estabilização ou fase termofílica, ocorre a digestão de materiais orgânicos mais resistentes, com duração de uma a doze semanas (Chen et al.,2011).

No processo de aeração, o calor e a umidade são removidos da leira por sopro ou sucção através do piso ripado. Essa etapa visa evitar a formação de zonas anaeróbias, liberando metano para manter a degradação aeróbica (Morsink-Georgali et al., 2022).

Na fase de maturação, há uma diminuição da demanda de oxigênio e calor, após a decomposição do material orgânico. Essa fase de cura dura de seis a doze semanas, e substâncias húmicas são liberadas de materiais não decompostos; o restante do nitrogênio está

ligado a produtos químicos orgânicos e é liberado constantemente à medida que o composto é finalizado (Chen et al., 2011).

### **2.5.2 Fatores que afetam o processo de biodigestão aeróbia**

Vários fatores influenciam o processo de biodigestão aeróbia. Para uma análise mais precisa desses parâmetros, incluem a relação carbono/nitrogênio (C/N), teor de umidade, pH, temperatura, tamanho de partícula do material e frequência de viragem (Ge et al., 2020; Li et al., 2020). Atualmente, a maioria dos estudos se concentra na otimização de parâmetros únicos e integrados para obter produtos eficientes, nutritivos, seguros e ecologicamente corretos para a utilização de recursos de resíduos agrícolas (Xie et al., 2023). Os principais parâmetros que afetam o processo da degradação aeróbia são descritos a seguir;

### **2.5.3 Teor de umidade**

De acordo com Petric; Helić; e Avdić (2012), a umidade como um parâmetro crítico no processo de compostagem influencia a taxa de absorção de oxigênio, o espaço livre de ar, a atividade microbiana e a temperatura do processo. O teor de umidade ideal para uma compostagem eficaz depende do tipo ou forma do resíduo (Bernal; Alburquerque; Moral, 2009).

À medida que o teor de umidade aumenta (> 70%), a taxa de difusão do gás diminui e a taxa de absorção de oxigênio torna-se inadequada para atender às demandas metabólicas dos microrganismos, e o processo de compostagem pode finalmente se tornar anaeróbico devido à atividade restrita (Mohammad et al., 2012). O baixo teor de umidade (inferior a 40%) limita a atividade vital dos microrganismos, retarda o tempo de fermentação e mesmo o material não pode ser totalmente degradado (Xie et al., 2023).

Segundo Sudharsan e Kalamdhad (2015), a perda de umidade durante o processo de compostagem pode ser considerada um forte indicativo da taxa de decomposição. Por outro lado, o teor de umidade muito baixo pode causar desidratação precoce durante a compostagem e isso pode prejudicá-la (Makan; Assobhei; Mountadar, 2013).

### **2.5.4 Temperatura**

A temperatura é um parâmetro fundamental, pois indica e determina as condições para o desenvolvimento microbiano e conseqüentemente a degradação da matéria orgânica. O processo de compostagem tem quatro fases com base no padrão de temperatura: mesófila, termófila e resfriamento (Román; Martínez; Pantoja, 2013).

A fase mesófila ocorre nos primeiros dias do processo, onde a temperatura tende a aumentar. Isso ocorre principalmente como consequência da biodegradação de compostos orgânicos pelo aumento do crescimento de microrganismos mesófilos (Mahapatra; Ali; Samal,2022).

De acordo com De Anda-Trasviña; Nieto-Garibay; e Gutiérrez (2022), a fase termofílica pode durar de uma a três semanas, dependendo do resíduo orgânico utilizado e das condições ambientais, atingindo a temperatura mais alta durante o processo de compostagem (entre 50 °C e 70 °C). O aumento da temperatura é consequência da atividade microbiana alcançada entre os primeiros dias dessa fase; no entanto, uma temperatura superior a 70 °C por mais de três dias pode causar danos aos microrganismos (De Anda-Trasviña; Nieto-Garibay; Gutiérrez,2022).

Essa fase é alcançada quando um grande número de microrganismos ataca os compostos solúveis e facilmente degradáveis (Jimenez; Garcia,1991). Se o composto contiver materiais facilmente degradáveis, o estabelecimento da fase termofílica é rápido (Mahapatra; Ali; Samal,2022).

Na fase de resfriamento, à medida que a matéria orgânica começa a diminuir, a temperatura também começa a diminuir e, como resultado, a relação C/N tende a se estabilizar nessa fase. A principal razão para a diminuição da temperatura durante a fase de resfriamento ou maturação é o esgotamento do substrato disponível (Mahapatra; Ali; Samal,2022).

Também resultante na substituição da microflora termofílica por uma mesófila, a degradação parcial de compostos biorresistentes, fundamentalmente celulose e em menor grau, lignina, continua pela microflora mesófila (El-Hosseini; Soheir; Allam,2002).

### **2.5.5 Frequência de viragem**

No decurso do processo de compostagem, o procedimento mais comum para o arejamento é através da viragem do material composto, isso torna o material de compostagem prontamente disponível para utilização microbiana e, portanto, resulta em emissão de gás (Parkinson et al., 2004).

A otimização do regime de virada deve ser buscada para reter os nutrientes relevantes ou para alcançar outros objetivos específicos, como maior taxa de higienização (redução de patógenos) (Kalamdhad; Kazmi, 2009).

Ogunwande et al., (2008) afirmam que existe uma forte ligação entre a frequência de virada e algumas variáveis físico-químicas que podem ser usadas como indicadores de maturidade do composto; por exemplo, a frequência de rotação afeta o nitrogênio total, o pH, o

teor de umidade, a relação C/N, a matéria seca, o carbono total e a temperatura das pilhas de compostagem. Esses regimes de virada variam de uma vez por dia à viradas semanais da matéria-prima do composto.

### **2.5.6 Tamanho das partículas**

A distribuição granulométrica do composto final é importante porque determina as trocas de gases e água e, principalmente, a capacidade de retenção de água (Zhang; Sun, 2014).

O tamanho das partículas tem grande influência na manutenção da porosidade para uma aeração adequada. O tamanho das partículas dos substratos para compostagem não deve ser muito grande, pois eles se decompõem lentamente. A granulometria das partículas também não deve ser muito pequena, pois podem formar uma massa compacta e reduzir a porosidade do substrato do composto (Bernal; Albuquerque; Moral, 2009).

Conforme apontado por Ge et al., (2015), o principal método para determinar a distribuição do tamanho das partículas é a peneiração. Geralmente acredita-se que o tamanho ideal de partícula dos materiais de compostagem é de 12 a 60 mm, o que pode garantir o progresso normal da compostagem (Ajmal et al.,2020; Bian et al.,2019).

### **2.5.7 pH**

O pH desempenha um papel fundamental no processo de degradação aeróbia, influenciando as atividades microbianas. Normalmente, o pH segue um padrão: há uma diminuição nos estágios iniciais e um aumento nos estágios posteriores (Chan; Selvam; Wong, 2016; Chen et al., 2015; Turan, 2008). A faixa de pH considerada ideal para o desenvolvimento dos microrganismos responsáveis pela digestão aeróbia está entre 5,5 e 8,5, já que a maioria das enzimas permanece ativa nesse intervalo (Rodrigues et al., 2006).

Em geral, as bactérias mostram alta atividade em ambientes neutros a ligeiramente alcalinos, enquanto os fungos preferem ambientes ácidos. No entanto, quando o pH é inferior a 6, a atividade microbiana é significativamente limitada (Xie et al., 2023).

Pereira-Neto (2007) afirma que o processo de digestão aeróbica pode ocorrer em uma faixa de pH entre 4,5 e 9,5, com os valores extremos sendo regulados pelos microrganismos através da degradação de compostos, produzindo subprodutos ácidos ou básicos conforme a necessidade do ambiente. Mudanças no pH podem ativar ou quase inativar as enzimas nos microrganismos (Primavesi, 1981).

O valor do pH oferece informações valiosas sobre o estado de decomposição da matéria orgânica submetida a um processo de fermentação (Kiehl, 1985). Em termos práticos,

uma matéria-prima crua geralmente possui uma reação ácida, enquanto uma reação quase neutra indica que o composto foi estabilizado. Por outro lado, um composto humificado apresenta uma reação alcalina. Valores de pH muito baixos ou muito altos podem reduzir ou até mesmo inibir a atividade microbiana (Berticelli; Pandolfo; Korf, 2016).

### **2.5.8 Relação C/N**

O processo de degradação biológica requer nitrogênio, então a relação C/N atua como uma indicação da disponibilidade total de nitrogênio (Tiquia; Tam; Hodgkiss,1996). Um suprimento de nutrientes que consiste principalmente em carbono e nitrogênio é muito essencial para a decomposição dos resíduos pelos microrganismos. Os próprios resíduos são os principais fornecedores desses nutrientes, mas que devem estar presentes na proporção correta para a eficiência do processo (Mahapatra; Ali; Samal,2022). Ainda segundo esses autores, à medida que o processo de compostagem avança, observa-se um declínio no C/N.

Essa queda na relação C/N deve-se principalmente à emissão de CO<sub>2</sub> ao longo do andamento da compostagem. A faixa ótima de relação C/N varia de 20 a 25, o que é muito essencial para a eficiência do processo (Fourti,2013). Se houver excesso do conteúdo de carbono, este é convertido em CO<sub>2</sub> e, se houver excesso de nitrogênio, este é convertido em amônia até que o equilíbrio correto seja restaurado (Mahapatra; Ali; Samal,2022).

### 3.OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi investigar o potencial dos subprodutos do baru (*Dipteryx alata Vog.*) como matéria prima para o desenvolvimento de novos produtos e processos, visando a promoção da sustentabilidade e o desenvolvimento de alternativas inovadoras na gestão de resíduos agroalimentares.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar experimentos utilizando biodigestor aeróbio, para entender de forma teórica e prática o processo de biodigestão aeróbia de resíduos alimentares, e casca de baru para obtenção dos pellets;
- ✓ Caracterizar o material biodigerido, quanto ao poder calorífico, estabilidade térmica e grupos funcionais;
- ✓ Avaliar o poder de combustão dos pellets;
- ✓ Elaborar biscoitos com subprodutos de baru (casca e torta desengorduram) em substituição parcial de farinha de trigo.
- ✓ Caracterizar as farinhas, com relação a composição centesimal, compostos fenólicos totais, Flavonoides totais, atividade antioxidante pelo método ABTS e análise microbiológica;
- ✓ Analisar os constituintes ativos das farinhas do subproduto de baru por CG/MS;
- ✓ Caracterizar os biscoitos quanto a composição centesimal, atividade de água, textura, cor, pH, acidez total, e dureza.

## REFERÊNCIAS

- AJMAL, M.; AIPING, S.; AWAIS, M.; ULLAH, M. S.; SAEED, R.; UDDIN, S.; ZIHAO, X. Optimization of pilot-scale in-vessel composting process for various agricultural wastes on elevated temperature by using Taguchi technique and compost quality assessment. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 140, p. 34-45, 2020.
- ALMEIDA, S. P.; PROENÇA, C. E. B.; SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F. Cerrado: espécies vegetais úteis. Planaltina: Embrapa, cerconota anonella em pomar de gravioleira. **Scientia Agricola**, v.57, n. 3, p. 557-559, 1998.
- ALVES-SANTOS, A. M., FERNANDES, D. C., NAVES, M. M. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.) fruit as an option of nut and pulp with advantageous nutritional and functional properties: A comprehensive review. **NFS Journal**, v. 24, p. 26-36, 2021.
- ANDRADE, G.; MARRA, E.; CHIMATTI, W.; MENDES, M.; PEREIRA, C. Avaliação da simulação do processo de produção de ração animal a partir do resíduo de mamão e laranja, In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em <https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobecic2019/ETA61.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2023.
- ARACAVALA, K. K.; CAPELLINI, M. C.; GONÇALVES, D.; SOARES, I. D.; MARGOTO, C. M.; RODRIGUES, C. E. Valorization of the baru (*Dipteryx alata* Vog.) processing chain: Technological properties of defatted nut flour and oil solubility in ethanol and isopropanol. **Food chemistry**, v.383, p. 132587, 2022.
- ARAÚJO, E.C.G.; DAS CHAGAS, K.P. T.; DA SILVA, T.R.L.; DE CARVALHO CHAVES, L. F. **Compostagem: guia prático de revisão e produção**, Belo Horizonte: Uniedusul Editora, 2020, Ebook. Disponível em [https://www.researchgate.net/publication/341215303\\_Compostagem\\_guia\\_pratico\\_de\\_revisao\\_e\\_producao](https://www.researchgate.net/publication/341215303_Compostagem_guia_pratico_de_revisao_e_producao). Acesso em 17 de Janeiro de 2023.
- AVCIOĞLU, A. O.; DAYIOĞLU, M. A.; TÜRKER, U. J. R. E. Assessment of the energy potential of agricultural biomass residues in Turkey. **Renewable Energy**, v. 138, p. 610-619, 2019.
- AWASTHI, M. K.; SINGH, E.; BINOD, P.; SINDHU, R.; SARSAIYA, S.; KUMAR, A.; ZHANG, Z. biotechnological strategies for bio-transforming biosolid into resources toward circular bio-economy: a review. **renewable and sustainable energy reviews**, v. 156, p. 111987, 2022.

BATISTA, A.C.F., DE SOUZA RODRIGUES, H., PEREIRA, N.R., HERNANDEZ-TERRONES, M.G., VIEIRA, A.T., DE OLIVEIRA, M.F. Use of baru oil (*Dipteryx alata* Vog.) to produce biodiesel and study of the physical and chemical characteristics of biodiesel/petroleum diesel fuel blends. **Chem. Technol. Fuels Oils**, v.48, n. 1, p. 13–16,2012.

BELLEMARE, M. F.; ÇAKIR, M.;PETERSON, H. H.; NOVAK, L.; Rudi, J. On the measurement of food waste.V. 99 ,n. 5 p. 1148-1158,2017.

BERNAL, M. P.; ALBURQUERQUE, J. A.; MORAL, R. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. **Bioresource technology**, v. 100, n. 22, p. 5444-5453, 2009.

BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. **Revista gestão & sustentabilidade ambiental**, v. 5, n. 2, p. 711-744, 2016.

BIAN, B.; HU, X.; ZHANG, S.; LV, C.; YANG, Z.; YANG, W.; ZHANG, L. Pilot-scale composting of typical multiple agricultural wastes: Parameter optimization and mechanisms. **Bioresource Technology**, v. 287, p.12148,2019.

BLAMEY, J. M.; FISCHER, F.; MEYER, H. P.; SARMIENTO, F., ZINN, M. Enzymatic biocatalysis in chemical transformations: a promising and emerging field in green chemistry practice. *Biotechnology of Microbial Enzymes*, Cap.14, p. 347-403, 2017.

BORA, P.; RAGAEI, S.; ABDEL-AAL, E. S. M. Effect of incorporation of goji berry by-product on biochemical, physical and sensory properties of selected bakery products. **LWT**, v.112, p.108225,2019

BRASIL, B. S. A. F.; SILVA, F. C. P.; SIQUEIRA, F. G. Microalgae biorefineries: The Brazilian scenario in perspective. **New Biotechnology**, v.39, p.90-98,2017.

CARRAZA, L.R.; ÁVILA, J.C.C.E. Aproveitamento integral do fruto do baru (*Dipteryx alata*). 2. ed. Brasília: ISPN, 56.p,2010.

CHAN, M. T.; SELVAM, A.; WONG, J. W. Reducing nitrogen loss and salinity during ‘struvite’ food waste composting by zeolite amendment. **Bioresource technology**, v. 200, p. 838-844, 2016.

CHEN, Z.; ZHANG, S.; WEN, Q.; ZHENG, J. Effect of aeration rate on composting of penicillin mycelial dreg. **Journal of Environmental Sciences**, v. 37, p. 172-178, 2015.

COMAN, V.; TELEKY, B. E.; MITREA, L., MARTĂU, G. A., SZABO, K.; CĂLINOIU, L. F.; VODNAR, D. C. Bioactive potential of fruit and vegetable wastes. **Advances in food and nutrition research**, v.91, p.157-225,2020.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Série histórica de Custos do Baru. Política de Garantia de Preços Mínimos para Produtos da Socio biodiversidade (PGPM-Bio). Normas específicas de comercialização da amêndoa do baru extrativista-safra2022. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/custosdeproducao/planilhasdecustodeproducao/item/16321seriehistoricacustosbaru2010a2020>. <https://www.conab.gov.br/40-roper-minimos/pgpm-bio/>. Acesso em: 15 de abril de 2023.

CORRÊA, G. DE C.; NAVES, R. V.; ROCHA, M. R. DA, ZICA, L. F. Caracterização física de frutos de baru (*Dipteryx alata* Vog.) em três populações nos cerrados do Estado de Goiás. **Pesquisa Agropectária Trop**, v. 30, n.2, p.5–11, 2000.

CORREDDU, F.; LUNESU, M. F.; BUFFA, G.; ATZORI, A. S.; NUDDA, A.; BATTACONE, G.; PULINA, G. Can agro-industrial by-products rich in polyphenols be advantageously used in the feeding and nutrition of dairy small ruminants?. **Animals**, v. 10, n. 1, p. 131, 2020.

CUSENZA, M. A.; LONGO, S.; CELLURA, M.; GUARINO, F.; MESSINEO, A.; MISTRETTA, M.; VOLPE, M. Environmental assessment of a waste-to-energy practice: The pyrolysis of agro-industrial biomass residues. **Sustainable Production and Consumption**, v. 28, p. 866-876, 2021.

DE ANDA-TRASVIÑA, A.; NIETO-GARIBAY, A.; GUTIÉRREZ, J. Natural language report of the composting process status using linguistic perception. **Applied Soft Computing**, v. 127, p. 109357, 2022.

DE MATOS TEIXEIRA, H.; DOS SANTOS, S. B.; DE ARAUJO, N. C. C., SILVA, T. A. A.; ALVES, N. M. C. Propriedades energéticas do endocarpo de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72110-72119, 2020.

DE MIRANDA MONTEIRO, G.; CARVALHO, E. E. N.; BOAS, E. B. V. Baru (*Dipteryx alata* Vog.): fruit or almond? A review on applicability in food science and technology. **Food Chemistry Advances**, p. 100103, 2022.

DE MORAES, S. L.; MASSOLA, C. P.; SACCOCCIO, E. M.; DA SILVA, D. P.; GUIMARÃES, Y. B. T. Cenário brasileiro da geração e uso de biomassa adensada. Revista: **Tecnologia e Inovação**, v. 1, n. 4, p.58-73, 2017.

DE OLIVEIRA GONÇALVES, T.; FILBIDO, G. S.; DE OLIVEIRA PINHEIRO, A. P.; PIERETI, P. D. P., DALLA VILLA, R.; DE OLIVEIRA, A. P. In vitro bioaccessibility of the Cu, Fe, Mn and Zn in the baru almond and bociáúva pulp and, macronutrients characterization. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 86, p. 103356, 2020.

DE OLIVEIRA PINELI, L. D. L.; DE CARVALHO, M. V.; DE AGUIAR, L. A.; DE OLIVEIRA, G. T.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n. 1, p. 50-55, 2015.

DE SOUZA, F. G.; DE ARAÚJO, F. F.; ORLANDO, E. A.; RODRIGUES, F. M.; CHÁVEZ, D. W. H., PALLONE, J. A. L.; PASTORE, G. M. Characterization of Buritirana (*Mauritiella armata*) Fruits from the Brazilian Cerrado: Biometric and Physicochemical Attributes, Chemical Composition and Antioxidant and Antibacterial Potential. **Foods**, v.11, n.6, p. 786,2022.

DWIVEDI, D.; RATHOUR, R. K.; SHARMA, V.; RANA, N.; BHATT, A. K.; BHATIA, R. K. Co-fermentation of forest pine needle waste biomass hydrolysate into bioethanol. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.14, p.8829-8841,2022

EGEA, M. B.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; CAMPOS, S. B.; LEMES, A. C. The potential of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and its fractions for the alternative protein market. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p.1148291,2023.

EGEA, M. B.; TAKEUCHI, K. P. Bioactive compounds in Baru almond (*Dipteryx alata* Vogel): nutritional composition and health effects. **Bioactive compounds in underutilized fruits and nuts**, v.1, n.1, p.289-302,2020.

EL-HOUSSEINI, M.; FAHMY SOHEIR, S.; ALLAM, E. H. Co-compost production from agricultural wastes and sewage sludge. In: **17. World congress of soil science, Bangkok (Thailand)**, 2002.

FERREIRA, B.T. H.; FLORIZO, M. G. K.; ARGONDOÑA, S. E. J. Shelf life of cookies made from baru (*Dipteryx alata* Vog.) pulp under different storage conditions. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n.9, p.e14702,2020.

FREITAS, L. C.; BARBOSA, J. R.; DA COSTA, A. L. C.; BEZERRA, F. W. F.; PINTO, R. H. H.; DE CARVALHO JUNIOR, R. N. From waste to sustainable industry: How can agro-industrial wastes help in the development of new products?. **Resources, Conservation and Recycling**, v.169, p.105466,2021.

GE, M., ZHOU, H.; SHEN, Y.; MENG, H.; LI, R., ZHOU, J.; WANG, J. Effect of aeration rates on enzymatic activity and bacterial community succession during cattle manure composting. **Bioresource technology**, v. 304, p. 122928, 2020.

GIONGO, M.; SANTOS, M. M.; DA SILVA, D. B.; CACHOEIRA, J. N.; SANTOPUOLI, G. Climate-Smart Forestry in Brazil. **Climate-Smart Forestry in Mountain Regions**, v.40, n.1, p.545-570, 2022.

GRIZZETTI, B.; PRETATO, U.; LASSALETTA, L.; BILLEN, G.; GARNIER, J. The contribution of food waste to global and European nitrogen pollution. **Environmental Science & Policy**, v. 33, p. 186-195, 2013.

HAMEED, B. H.; EL-KHAIARY, M. I. Sorption kinetics and isotherm studies of a cationic dye using agricultural waste: broad bean peels. **Journal of hazardous materials**, v. 154, n. 1-3, p. 639-648, 2008.

IBRAHIM, S. A.; FIDAN, H.; ALJALOU, S. O.; STANKOV, S.; IVANOV, G. Application of date (*Phoenix dactylifera* L.) fruit in the composition of a novel snack bar. **Foods**, v.10, n.5, p.918,2021.

KADERIDES, K.; MOURTZINOS, I.; GOULA, AM. Stability of pomegranate peel polyphenols encapsulated in orange juice industry by-product and their incorporation in cookies. **Food Chemistry**, v.310, p.125849,2020.

KALAMDHAD, A. S.; KAZMI, A. A. Effects of turning frequency on compost stability and some chemical characteristics in a rotary drum composter. **Chemosphere**, v. 74, n. 10, p. 1327-1334, 2009.

KARMEE, S. K.; LINARDI, D.; LEE, J.; LIN, C. S. K. Conversion of lipid from food waste to biodiesel. **Waste Management**, v .41, p.169-173,2015.

KAZA, S.; YAO, L.; BHADA-TATA, P.; VAN WOERDEN, F. *Que desperdício 2.0: um retrato global da gestão de resíduos sólidos até 2050*. Publicações do Banco Mundial,2018

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. p.492.

KRAIEM, N.; LAJILI, M., LIMOUSY, L.; SAID, R.; JEGUIRIM, M. Energy recovery from Tunisian agri-food wastes: Evaluation of combustion performance and emissions characteristics of green pellets prepared from tomato residues and grape marc. **Energy**, v.107, p. 409-418,2016

KUMAR, A.; SAMADDER, S. R. A review on technological options of waste to energy for effective management of municipal solid waste. **Waste Management**, v. 69, p. 407-422, 2017.

LAI, K. C.; YEAP, K. H.; LIM, S. K.; TEH, P. C.; NISAR, H. An investigation on food waste recovery: a preliminary step of waste-to-energy (WtE) development. **Energy Procedia**, v. 138, p. 169-174, 2017.

LANCEFIELD, C. S.; PANOVIC, I., DEUSS, P. J.; BARTA, K., WESTWOOD, N. J. Pre-treatment of lignocellulosic feed stocks using biorenewable alcohols: towards complete biomass valorisation. **Green Chemistry**, v. 19, n. 1, p. 202-214, 2017.

LIMA, D. S., EGEEA, M. B.; CABASSA, I. D. C. C.; DE ALMEIDA, A. B.; DE SOUSA, T. L.; DE LIMA, T. M.; TAKEUCHI, K. P. Technological quality and sensory acceptability of nutritive bars produced with Brazil nut and baru almond coproducts. **LWT**, v. 137, p. 110467, 2021.

LIN, T. Y.; CHIU, Y. H.; LIN, Y. N.; CHANG, T. H.; LIN, P. Y. Greenhouse gas emission indicators, energy consumption efficiency, and optimal carbon emission allowance allocation of the EU countries in 2030. **Gas Science and Engineering**, v. 110, p. 204-902, 2023.

LIU, X.; ZHANG, S.; BAE, J. JUNGHAN. The nexus of renewable energy-agriculture-environment in BRICS. **Applied energy**, v. 204, p. 489-496, 2017.

MAGALHÃES, R.M. A cadeia produtiva da amêndoa do baru (*Dipteryx alata* vog.) no Cerrado: uma análise da sustentabilidade da sua exploração. **Ciencia Florestal**, v. 24, n. 3, p. 665–676, 2014.

MAHAPATRA, S.; ALI, M. H.; SAMAL, K. Assessment of compost maturity-stability indices and recent development of composting bin. **Energy Nexus**, v. 6, p. 100062, 2022.

MAKAN, A.; ASSOBBHEI, O.; MOUNTADAR, M. Effect of initial moisture content on the in-vessel composting under air pressure of organic fraction of municipal solid waste in Morocco. **Iranian journal of environmental health science & engineering**, v. 10, p. 1-9, 2013.

MARTINS, B. D. A.; FERRAZ, A. D. O.; SCHMIDT, F. L Physical characteristics of baru tree fruit aimed at kernel extraction. *Semina: Ciências Agrárias (Londrina)*, v.38, n.4, p.1865-1873, 2017.

MOHAMMAD, N.; ALAM, M. Z.; KABBASHI, N. A.; AHSAN, A. Effective composting of oil palm industrial waste by filamentous fungi: A review. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 58, p. 69-78, 2012.

MOHANTY, S. S.; KOUL, Y.; VARJANI, S.; PANDEY, A.; NGO, H. H., CHANG, J. S.; BUI, X. T. A critical review on various feedstocks as sustainable substrates for biosurfactants production: a way towards cleaner production. **Microbial cell factories**, v.20, n.1, p. 1-13, 2021.

MORAIS, F. A.; BELISÁRIO, C. M.; FAVARETO, R., MAIA, G. P. A. G.; CARVALHO, V. D. F. influência das temperaturas de secagem nas características físico-químicas da polpa do baru. **Agrarian**, v. 14, n.51, p. 119-12, 2021.

MORSINK-GEORGALI, P. Z.; KYLILI, A.; FOKAIDES, P. A.; PAPADOPOULOS, A. M. Compost versus biogas treatment of sewage sludge dilemma assessment using life cycle analysis. **Journal of Cleaner Production**, v. 350, p. 131490, 2022.

MOSQUETTA, R.; RIBEIRO, G.C.; MUNOZ, R.A.A.; COELHO, N.M.M.; COELHO, L.M. Uso de amêndoas de baru (*Dypteryx alata*) para remoção de Ni(ii) em etanol combustível. **Química Nova**, v.34, n.6, p. 923–927, 2011.

NEPOMUCENO, D. L. M. G. **O extrativismo de baru (*Dipteryx alata* Vog) em Pirenópolis (GO) e sua sustentabilidade.** Dissertação submetida ao Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável, para obtenção do título de Mestre em Ecologia e Produção Sustentável. Goiânia, 2006.

NIEDACK, L. O. C.; DA SILVA DE SOUZA, L. G.; DE OLIVEIRA ALVES, L. E.; DAMIANI, C. R. Baru (*Dipteryx alata* Vogel), a woody species characteristic of Cerrado and its phytoremediation potential. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n.41, p.57798-57806, 2021.

OGUNWANDE, G. A.; OSUNADE, J. A.; ADEKALU, K. O.; OGUNJIMI, L. A. O. Nitrogen loss in chicken litter compost as affected by carbon to nitrogen ratio and turning frequency. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 16, p. 7495-7503, 2008

PEREIRA-NETO, J. T. **Manual de Compostagem: Processo de baixo custo.** 3ªEd. Editora UFV, p.81, 2007.

PETRIC, I.; HELIĆ, A.; AVDIĆ, E. A. Evolution of process parameters and determination of kinetics for co-composting of organic fraction of municipal solid waste with poultry manure. **Bioresource technology**, v. 117, p. 107-116, 2012.

PRASAD, S., MALAV, M. K.; KUMAR, S.; SINGH, A.; PANT, D.; RADHAKRISHNAN, S. Enhancement of bio-ethanol production potential of wheat straw by reducing furfural and 5-hydroxymethylfurfural (HMF). **Bioresource Technology Reports**, v.4, p.50-56, 2018

PRIMAVESI, A. O manejo ecológico do solo: **agricultura em regiões tropicais.** Nobel. São Paulo. 535 p, 1981.

QIAN, H.; YIN, D.; QIN, B., LI, L.; ZHU, J.; MU, L.; LU, X. Synthesis of biogas-residue-based mesoporous carbons via one-step template-free method for organic and inorganic pollutants removal. **Fuel**, v. 311, p. 122516, 2022

RAMBO, M. K. D.; RAMBO, M. C. D.; MELO, P. M.; OLIVEIRA, N. M. L.; NEMET, Y. K. S.; SCAPIN, E.; VIANA, G. C. C.; BERTUOL, D. A. Sustainability of biorefinery processes based on Baru biomass waste. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 2, p. 273-279, 2020.

RAMBO, M. K.; NEMET, Y. K.; JÚNIOR, C. C.; PEDROZA, M. M.; RAMBO, M. C. Comparative study of the products from the pyrolysis of raw and hydrolyzed baru wastes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, V.11, p. 1943-1953, 2021.

RAME, R.; PURWANTO, P.; SUDARNO, S. Biotechnological approaches in utilizing agro-waste for biofuel production: An extensive review on techniques and challenges. *Bioresource Technology Reports*, v.24, p. 101662,2023

RANI, G. M.; PATHANIA, D.; UMAPATHI, R.; RUSTAGI, S.; HUH, Y. S.; GUPTA, V. K. Agro-waste to sustainable energy: A green strategy of converting agricultural waste to nano-enabled energy applications. *Science of The Total Environment*, v. 875, p. 162667, 2023.

RAȚU, R. N.; VELEȘCU, I. D.; STOICA, F.; USTUROI, A.; ARSENOAIA, V. N.; CRIVEI, I. C.; BRUMĂ, I. S. Application of Agri-Food By-Products in the Food Industry. *Agriculture*, v.13, n.8, p. 1559,2023

RAVINDRAN, R. HASSAN, S. S.; WILLIAMS, G. A.; JAISWAL, A. K. A review on bioconversion of agro-industrial wastes to industrially important enzymes. *Bioengineering*, v.5, n.4, p.93,2018

ROMANO, P.; MARTINEZ, M.; PANTOJA, A. Manual de compostagem do agricultor, experiências na América Latina. **Organização para Alimentação e Agricultura do Escritório Regional das Nações Unidas para a América Latina e o Caribe. FAO. Santiago do Chile,2013.** Disponível em <<http://www.fao.org/3/a-i3388s>>. Acesso em 10/5/2023.

ROUNTREE, V. Nevada's experience with the Renewable Portfolio Standard. *Energy Policy*, v. 129, p. 279-291, 2019.

SANO, S. M.; RIBEIRO, J. F.; DE BRITO, M. A. Baru: biologia e uso. Documentos, **Embrapa cerrados**, v.116, n. 62, p.1-57,2004.

Santagata, R.; Zucaro, A.; Viglia, S.; Ripa, M.; Tian, X.; Ulgiati, S. Assessing the sustainability of urban eco-systems through Emergy-based circular economy indicators. *Ecological indicators*, v.109, p.105859,2020.

SANTIAGO, G. L.; OLIVEIRA, I. G.; HORST, M. A.; NAVES, M. M. V.; SILVA, M. R. Peel and pulp of baru (*Dipteryx Alata* Vog.) provide high fiber, phenolic content and antioxidant capacity. *Food Science and Technology*, v.38, n.2, p. 244–249,2018.

SANTOS, G. G., SILVA, M. R.; LACERDA, D. B. C. L.; MARTINS, D. M. D. O.; ALMEIDA, R. D. A. Aceitabilidade e qualidade físico-química de paçocas elaboradas com amêndoa de baru. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 42, n.2, p. 159-165, 2012.

SCHATZ ,R.D. Como a Barukas quer usar a castanha de baru para reflorestar o cerrado.Disponível em <https://forbes.com.br/negocios/2019/10/como-a-barukas-quer-usar-a-castanha-de-baru-para-reflorestar-o-cerrado/>Acesso em: 10/03/2023.

SEPA. Scottish, Environment Protection Agency, Technical Guidance, BAT for Composting, 2015. Disponível em 12 de dezembro de 2022.

SHAHBAZ, M.; RIZVI, S. K. A.; DONG, K.; VO, X. V. Fiscal decentralization as new determinant of renewable energy demand in China: The role of income inequality and urbanization. **Renewable Energy**, v. 187, p. 68-80, 2022

SREENA, C. P.; SEBASTIAN, D. Jackfruit outer rind: a sustainable feedstock for fermentable sugar production using recombinant endoglucanase from *Bacillus subtilis* MU S1. **Environmental Technology & Innovation**, v. 16, p. 100448, 2019.

SUDHARSAN, V. V.; KALAMDHAD, A. S. Evolution of chemical and biological characterization during thermophilic composting of vegetable waste using rotary drum composter. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v.12, p.1-10,2015

TIQUIA, S. M.; TAM, N. F. Y.; HODGKISS, I. J. Effects of composting on phytotoxicity of spent pig-manure sawdust litter. **Environmental pollution**, v. 93, n. 3, p. 249-256, 1996.

TURAN, N. G. The effects of natural zeolite on salinity level of poultry litter compost. **Bioresource technology**, v. 99, n. 7, p. 2097-2101, 2008.

TURAN, N. G. The effects of natural zeolite on salinity level of poultry litter compost. **Bioresource technology**, v. 99, n. 7, p. 2097-2101, 2008.

VALE, A.T.; OLSEN, L.B. Produção de carvão vegetal de casca de baru (*Dipteryx alata*) utilizando células de carbonização. **Floresta**, v. 43, n. 1, p. 117–124, 2013.

VANHAM, D.; BOURAOUI, F.; LEIP, A.; GRIZZETTI, B.; BIDOGLIO, G. Lost water and nitrogen resources due to EU consumer food waste. **Environmental Research Letters**, v. 10, n. 8, p. 084008, 2015.

WANG, N.; ZHAO, K.; LI, F.; PENG, H.; LU, Y.; ZHANG, L.; ZHANG, J. Characteristics of carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur cycling genes, microbial community metabolism and key influencing factors during composting process supplemented with biochar and biogas residue. **Bioresource Technology**, 366, p.128224, 2022.

XIE, S.; TRAN, H. T.; PU, M.; ZHANG, T. Transformation characteristics of organic matter and phosphorus in composting processes of agricultural organic waste: research trends. **Materials Science for Energy Technologies**, v. 6, p.331-34, 2023.

YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. **Bioresource Technology**, v. 343, p. 126126, 2022.

YAFETTO, L. Application of solid-state fermentation by microbial biotechnology for bioprocessing of agro-industrial wastes from 1970 to 2020: A review and bibliometric analysis. **Heliyon**, v.8, n. 3, p. e09173, 2022.

ZABANIOTOU, A.; KAMATEROU. Food waste valorization advocating Circular Bioeconomy-A critical review of potentialities and perspectives of spent coffee grounds biorefinery. **Journal of cleaner production**, v. 211, p. 1553-1566, 2019.

ZHANG, L.; SUN, X. Changes in physical, chemical, and microbiological properties during the two-stage co-composting of green waste with spent mushroom compost and biochar. **Bioresource technology**, v. 171, p. 274-284, 2014

ZUCHI, J.; CAMELO, G. N.; SILVA, G. P.; GAVAZZA, M. I. A. G.; SALES, J. F. Testes e métodos para avaliação do potencial fisiológico de sementes de baru. **Global Science and Technology**, v.9, p.31-38, 2016

## **CAPITULO II**

**APROVEITAMENTO DO RESIDUO DO BARU (*Dipteryx alata vog.*) PARA  
GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA A PARTIR DA BIODIGESTÃO AERÓBIA,  
VISANDO A ELABORAÇÃO DE PELLETS.**

**APROVEITAMENTO DO RESÍDUO DO BARU (*Dipteryx alata vog.*) PARA  
GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA A PARTIR DA BIODIGESTÃO AERÓBIA,  
VISANDO A ELABORAÇÃO DE PELLETS.**

**RESUMO**

O baru (*Dipteryx alata Vog*) destaca-se como um fruto de grande importância no cerrado brasileiro. A geração de subprodutos, como a casca de baru, desperta interesse em pesquisas voltadas para seu aproveitamento. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi estudar o potencial da casca de baru para a geração de energia térmica por meio do processo de biodigestão aeróbia, visando a produção de pellets. Para o processo de biodigestão aeróbia, foram realizados cinco tratamentos, variando as porcentagens da casca de baru entre 10%, 13%, 15% e 18%. No tratamento branco, adicionou-se 7% de folhas de mangueira secas. A massa dos resíduos alimentares usados para o processo de biodigestão aeróbia foi constante em todos os tratamentos. Os resultados demonstraram que o material biodigerido atingiu a maturação aos 85 dias do processo de biodigestão aeróbia, aproximando-se do tempo estabelecido para compostagem, de 120 dias. Foram alcançados bons níveis de poder calorífico, variando entre 3.686,60 e 4.048,56 kcal/kg, confirmando as expectativas para o uso da casca de baru na geração de energia térmica. Embora os resultados dos testes de combustão dos pellets tenham sido satisfatórios, observou-se que as variáveis gordura suína e porcentagem de baru foram as que mais interferiram no processo de combustão, enquanto que a gordura bovina teve menor interferência na combustão. Os resultados desta pesquisa sugerem que o reaproveitamento do resíduo de baru e resíduos alimentares para geração de energia térmica pode representar uma nova fonte de energia renovável.

**Palavra-chave:** Sustentabilidade, resíduos agroalimentares, biodigestão aeróbia, energia térmica.

## **USE OF BARU WASTE (*Dipteryx alata vog.*) TO GENERATE THERMAL ENERGY FROM AEROBIC BIODIGESTION, WITH AIM FOR THE PREPARATION OF PELLETS**

### **ABSTRACT**

The baru (*Dipteryx alata Vog*) stands out as a fruit of great importance in the Brazilian cerrado. The generation of by-products, such as baru bark, arouses interest in research aimed at their use. In this context, the objective of this work was to study the potential of baru bark for generating thermal energy through the aerobic biodigestion process, aiming to produce pellets. For the aerobic biodigestion process, five treatments were carried out, varying the percentages of baru peel between 10%, 13%, 15% and 18%. In the white treatment, 7% dried mango leaves were added. The mass of food waste used for the aerobic biodigestion process was constant in all treatments. The results demonstrated that the biodigested material reached maturation after 85 days of the aerobic biodigestion process, approaching the time established for composting, 120 days. Good levels of calorific value were achieved, varying between 3,686.60 and 4,048.56 kcal/kg, confirming expectations for the use of baru bark in generating thermal energy. Although the results of the pellet combustion tests were satisfactory, it was observed that the variables pork fat and percentage of baru were those that most interfered in the combustion process, while beef fat had less interference in combustion. The results of this research suggest that the reuse of baru waste and food waste to generate thermal energy may represent a new source of renewable energy.

**Key-words:** Sustainability, agri-food waste, aerobic biodigestion, thermal energy

## 1. INTRODUÇÃO

À medida que as preocupações em torno da crise energética se agravam devido à contínua dependência de combustíveis fósseis, torna-se cada vez mais imperativo buscar alternativas de energia renovável e limpa. Atualmente, os resíduos agroalimentares são reconhecidos como fontes promissoras de energia alternativa, com o propósito de otimizar os resíduos e enfrentar a crise energética global, a conversão desses resíduos em energia tornou-se uma prática indispensável (Nasir; Hajinezhad; Kianmeher, 2023).

A transformação dos resíduos agroalimentares em energia pode ser realizada por meio de diversos processos, cuja escolha deve levar em consideração a forma de energia desejada, o tipo e quantidade de material disponível, os requisitos ambientais e as condições econômicas, entre outros fatores (Czekała,2018; Yub;Parvez;Afzal,2018).Os resíduos agroalimentares, podem ser submetidos à aglomeração sob pressão, como peletização e granulação, adquirindo uma forma geométrica na forma de grânulos (por exemplo, pellets e aglomerados) ou briquetes (Obidzinski;Joka; Fijoł,2017).Os pellets, definidos como pequenos blocos ou esferas cilíndricas, compactados e densos, resultantes da aglomeração de material lignocelulósico, são amplamente utilizados na geração de energia, seja na forma de calor ou eletricidade (Dias et al., 2012; Garcia; Caraschi; Ventorim, 2013).

A demanda global por pellets teve um crescimento significativo na última década, especialmente na Europa, Estados Unidos, Canadá, Japão e Coreia do Sul. Prevê-se que a procura global por pellets alcance 67 milhões de toneladas em 2027, sendo a Europa o maior consumidor mundial (Strauss, 2020).

O desenvolvimento de pellets a partir de resíduos agroalimentares e outras biomassas têm recebido atenção nos últimos tempos (Mathews Mcdermott, 2015). O interesse no aproveitamento de resíduos agroindustriais tem crescido, dado o seu amplo volume disponível e os desafios associados à sua gestão. Em muitos casos, esses resíduos não são utilizados para produzir produtos de valor agregado, o que realça a importância da produção de pellets a partir desses materiais na comunidade científica (Ríos-Badrán et al., 2020). Durante o processamento da castanha do baru (*Dipteryx alata* Vog.), uma espécie de suma relevância no cerrado brasileiro, estima-se que anualmente sejam geradas cerca de 2.200 toneladas de subprodutos (Egea et al., 2023).

Há um interesse econômico e ambiental, uma vez que, ao extrair a amêndoa, as cascas residuais (mesocarpo e endocarpo) são descartadas (Rambo et al., 2020). Entretanto, nos últimos anos, o epicarpo (casca), o mesocarpo (polpa) e o endocarpo têm despertado grande interesse científico, principalmente em pesquisas voltadas para o reaproveitamento e transformação de resíduos em subprodutos de valor agregado (Rambo et al., 2021).

Nesse âmbito, incentivar a utilização desses resíduos na fabricação de biocombustíveis sólidos, como os pellets, emerge como uma alternativa crucial para promover o uso sustentável de novas fontes de energia, alinhando-se ao objetivo número sete estabelecidos pela ONU sobre energia acessível e limpa. A exploração energética dos resíduos do baru têm sido pouco abordada na literatura. No entanto, um estudo recente realizado por De Matos Teixeira et al. (2020), trouxe importantes descobertas sobre as propriedades energéticas do endocarpo do baru. Nesse estudo, os autores obtiveram um potencial energético significativo nesse material, destacado pelo seu poder calorífico. Até o momento, as pesquisas sobre o desenvolvimento de pellets a partir da casca do baru e restos orgânicos alimentares, utilizando o processo de biodigestão aeróbia, são limitadas. Um estudo recente conduzido por Moreira (2021), abordou sobre o reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos para a geração de energia elétrica por meio da biodigestão aeróbia. Os resultados revelaram um produto final com bons níveis de poder calorífico após 14 dias do processo de digestão aeróbia.

Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver pellets a partir da casca de baru e resíduos orgânicos alimentares através do processo de digestão aeróbia, visando à sua conversão em energia térmica como uma promissora abordagem para a geração e valorização dos resíduos na área energética.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 COLETA E PREPARAÇÃO DA AMOSTRA**

A casca de baru (*Dipteryx alata* Vog.) utilizado neste estudo foi fornecido pela cooperativa de Caxambú distribuidora de castanha de baru localizada em Pirenópolis, no Estado de Goiás. A matéria prima foi armazenada em sacos plásticos e transportadas até ao Laboratório de controle e qualidade de alimentos - LabFood, na Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, em Goiânia - GO, sob temperatura de -18 °C.

Os resíduos alimentares foram fornecidos pelo restaurante universitário da Universidade Federal de Goiás, localizado no câmpus Samambaia. Os resíduos alimentares

eram compostos principalmente por arroz, cascas de frutas, macarrão e uma grande variedade de legumes.

A casca do baru foi lavada para remoção da sujeira, em seguida foi seco em estufa a  $70 \pm 2$  °C por 72 horas. Após o processo da secagem, a casca do baru foi moída em moinho de facas e passado em peneira de malha 0,75 mesh.



**Figura 1.**a Resíduo de baru *in natura*. b. Resíduo de baru após a secagem

Fonte: própria, 2023.

## 2.2. MONTAGEM E DESCRIÇÃO DO BIODIGESTOR

A pesquisa foi realizada no laboratório de Engenharia de Alimentos da Universidade Federal de Goiás. Os biodigestores, em escala laboratorial foram montados, utilizando-se recipientes de alumínio com capacidade de três litros, configurado como um biodigestor fechado, com abertura para entrada das mangueiras, que por sua vez estava conectada a um compressor de ar eletromagnético modelo resum Aco-002, com capacidade de 40 L/min. O compressor de ar foi responsável por bombear o ar, que era então distribuído através da mangueira até o recipiente.



**Figura 2.** Montagem do biodigestor.

Fonte: própria, 2023.

Foram construídos cinco biodigestores, utilizando recipientes de alumínio, três compressores de ar e mangueiras para conduzir os ensaios. Cinco tratamentos distintos foram conduzidos, (Tabela 1) variando as porcentagens de casca do baru e folhas de mangueira, com massa constante de resíduo alimentar de 1910 g em todos os tratamentos. Ensaios foram codificados por resíduo alimentar folhas de mangueira RAFM e resíduo alimentar resíduo de baru RARB. Foram utilizados cerca de 1.100 g de casca do baru para o processo de biodigestão aeróbia.

**Tabela 1.** Detalhamento dos tratamentos e a porcentagem de resíduo do baru

Tratamento	% dos resíduos
RAFM 1	7 %
RARB2	10%
RARB3	13%
RARB4	15%
RARB5	18%

RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo baru).

No total, aproximadamente 9.550 g de resíduo alimentares foram utilizados, sendo segregados individualmente e, posteriormente, triturados em um liquidificador (Arnofacilic pulse autoclean). Essa etapa foi realizada com o objetivo de reduzir o tamanho das partículas e garantir a homogeneidade das amostras, o que contribuiu para uma maior reatividade dos microrganismos e acelerar o tempo do processo de biodigestão.

### 2.2.1 Acondicionamento da amostra para o processo de biodigestão aeróbia

As amostras trituradas foram inseridas no biodigestor, conforme ilustrado na Figura 3. Ao longo de todo o processo de biodigestão, os parâmetros umidade, pH e temperatura foram monitorados todos os dias, por meio de um testador de solo multifuncional três em um, modelo Aicevoos AS-PH3. Esse equipamento permitiu a medição da umidade, temperatura e pH durante o experimento.



**Figura 3.** Primeiro dia do processo da biodigestão aeróbia

Fonte: Própria, 2023.

A monitorização foi realizada em triplicata, incorporando um regime de viragem do composto. Essa otimização envolveu duas viragens diárias no material, buscando torná-lo mais acessível aos microrganismos envolvidos no processo.

Na etapa seguinte ao processo de biodigestão do resíduo orgânico, deu-se início à confecção dos pellets. Primeiramente, o material biodigerido foi triturado para aumentar a área de contato e promover uma distribuição mais eficiente dos componentes da matéria orgânica.

Para a confecção, a amostra com 9 % de umidade foi pesada e misturada com gordura animal (suína e bovina), que serviu como aglutinante, facilitando a compactação do material. Posteriormente, a biomassa aglutinada foi prensada, conforme mostrado na Figura 4, usando uma prensa mecânica. Após a prensagem dos pellets, eles foram deixados para secar à temperatura ambiente até adquirirem uma textura firme, para serem utilizados em testes de combustão.



**Figura 4.** Confecção de pellets a partir da biomassa biodigerida e gordura animal

Fonte: Própria, 2023.

### 2.2.2 Planejamento Experimental

Os ensaios foram conduzidos seguindo o delineamento experimental fatorial  $2^3$ , para a confecção dos pellets e o subsequente teste de combustão. As variáveis analisadas foram de gordura bovina, gordura suína e a porcentagem de baru na amostra.

**Tabela 2.** Definição dos níveis dos fatores para o planejamento fatorial  $2^3$  dos experimentos

Variáveis	Nível Baixo (-)	Nível Alto (+)
Gordura Bovina	2 (g)	4 (g)
Gordura Suína	2 (g)	4 (g)
Porcentagem Baru	10%	18%

A partir deste ponto, foi proposto uma matriz que continha 8 tratamentos diferentes baseados na combinação entre as variáveis: gordura bovina (GB), gordura suína (GS) e porcentagem de baru na amostra (PB). Sendo utilizada para este fim a equação  $n = N^k$ , onde n: número de experimentos; N: quantidade de níveis; k: quantidade de fatores.

**Tabela 3.** Matriz Experimental

Experimento	Gordura Bovina	Gordura Suína	Porcentagem Baru	Resultados
1	-	-	-	y1
2	+	-	-	y2
3	-	+	-	y3
4	+	+	-	y4
5	-	-	+	y5
6	+	-	+	y6
7	-	+	+	y7
8	+	+	+	y8

Fonte: Neto; Scarminio; e Bruns (2007).

Utilizando os resultados obtidos nestes experimentos, pôde-se calcular os efeitos de cada variável no processo de combustão. Estes são interpretados como as influências exercidas pelos fatores em relação à resposta, sendo classificados em principais ou de 1ª ordem (efeitos simples) e efeitos de 2ª ordem (efeitos combinados). Os efeitos principais foram calculados a

partir das Equações 3, 4 e 5 (Neto; Scarminio; Bruns, 2007), tendo como base a matriz experimental mostrada na Tabela 2.

$$\circ \quad EP(GB) = (y_2 + y_4 + y_6 + y_8)/4 - (y_1 + y_3 + y_5 + y_7)/4 \quad (3)$$

$$\circ \quad EP(GS) = (y_3 + y_4 + y_7 + y_8)/4 - (y_1 + y_2 + y_5 + y_6)/4 \quad (4)$$

$$\circ \quad EP(PB) = (y_5 + y_6 + y_7 + y_8)/4 - (y_1 + y_2 + y_3 + y_4)/4 \quad (5)$$

E para os efeitos combinados foram utilizadas as Equações 6, 7 e 8 (Neto; Scarminio; e Bruns, 2007), conforme a matriz experimental da Tabela 2.

$$\circ \quad EP(GB/GS) = (y_1 + y_4 + y_5 + y_8)/4 - (y_2 + y_3 + y_6 + y_7)/4 \quad (6)$$

$$\circ \quad EP(GS/PB) = (y_1 + y_2 + y_7 + y_8)/4 - (y_3 + y_4 + y_5 + y_6)/4 \quad (7)$$

$$\circ \quad EP(PB/GB) = (y_1 + y_3 + y_6 + y_8)/4 - (y_2 + y_4 + y_5 + y_7)/4 \quad (8)$$

## 2.3 CARACTERIZAÇÕES FÍSICO-QUÍMICA DO MATERIAL BIODIGERIDO

Nesta etapa do estudo, realizou-se a caracterização do composto biodigerido por meio de algumas técnicas analíticas. Foram obtidos o poder calorífico superior, o espectro de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR), e o comportamento térmico através da termogravimetria (TG) e termogravimetria derivada (DTA).

### 2.3.1 Poder Calorífico Superior (PCS)

A determinação do Poder Calorífico Superior (PCS) neste experimento foi realizada no laboratório de Instituto Federal Goiano em Inhumas, por meio do calorímetro C 200 da marca IKA, seguindo várias etapas. Inicialmente, aproximadamente 0,5 g da amostra sólida com 9 % de umidade foi inserido no cadinho de vidro, utilizando uma balança analítica com resolução de 0,0001 g. A massa da amostra foi então registrada, e o cadinho foi transferido para o suporte no equipamento. Com o auxílio de uma pinça, o cotton (fio de algodão) foi posicionado sobre a amostra para facilitar a ignição. Posteriormente, o suporte do cadinho foi inserido no vaso do calorímetro, seguido pelo fechamento da tampa, rosqueando-a até alcançar o travamento total. O vaso foi então preenchido com 30 bar de oxigênio. O processo foi iniciado ao pressionar o botão "Start" no equipamento, aguardando-se até que a bomba calorimétrica completasse a combustão, resultando na impressão automática dos resultados obtidos.

### 2.3.2 Espectroscopia na Região do Infravermelho com Transformada De Fourier (FT-IR)

Os espectros foram obtidos por meio da Espectroscopia Infravermelha com Transformada de Fourier com Reflectância Total Atenuada (ATR/FTIR Vertex 70; *Bruker, Ettlingen, Germany*) na faixa espectral de 400 – 4.000  $\text{cm}^{-1}$ . As análises foram realizadas no Centro Regional para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação da Universidade Federal de Goiás – Goiânia, Dois microlitros das amostras foram inseridos diretamente no cristal e, após, protocolo de secagem (jato de ar por 3 minutos), foi realizada a aquisição dos espectros em temperatura de  $22 \pm 2$  °C e umidade controlada. A aquisição dos espectros foi realizada por meio de 64 escaneamentos com uma resolução de 4  $\text{cm}^{-1}$ . Os espectros de referência (*background*) foram adquiridos de cada amostra para garantir a qualidade do espectro em relação a variação de  $\text{CO}_2$ , vapores de água presentes na análise e possíveis variações na linha de base. Os dados foram normalizados pelo método do vetor, tiveram as suas linhas de base corrigidas e posteriormente realizou-se a análise da área das bandas obtidas no espectro por meio do programa Opus 6.5 (*Bruker, Ettlingen, Germany*). Após a análise, os dados foram salvos em formato .txt e os gráficos foram plotados no programa Origin Pro.

### 2.3.3 Termogravimetria e Termogravimetria Diferencial (TG e DTA)

Os dados da análise térmica (TG e DTA) das amostras foram obtidos através de um sistema de termo balança, marca *Shimadzu - DTG-60H*, no intervalo de temperatura entre 25 °C e 900 °C, fluxo de oxigênio de 100 mL/min, utilizando-se um cadinho de platina (70  $\mu\text{L}$ ) para acondicionamento das amostras, com razão de aquecimento de 10 °C/min. Foram tomadas amostras com massa média de  $5,4 \pm 0,13$  mg, após a passagem das amostras bruta, em uma peneira de 200 mesh, para uma melhor reprodutibilidade e uniformidade dos resultados. Os dados foram registrados e sofreram um tratamento matemático no *software TasyS for Windows*, fornecido pelo fabricante do termo balança.

### 2.3.4 Teste de combustão dos pellets

Os testes foram realizados a partir da combustão de oito amostras de pellets, confeccionados de acordo ao previsto no planejamento experimental, seguindo a matriz que continha 8 tratamentos diferentes baseados na combinação entre parâmetros: massa do sebo de vaca, massa da banha de porco e porcentagem de baru na amostra. A combustão das amostras foi realizada no interior de uma câmara de combustão no Instituto Federal Goiano em Inhumas utilizando-se de um suporte para sustentação das amostras e fósforo para ignição.

Foram realizadas medidas da massa de resíduo após a combustão (cinzas), utilizando balança analítica, marca Shimadzu, para posterior identificação da eficiência do processo. O cálculo da eficiência do processo de combustão foi realizado pela diferença de massas das amostras antes e após a combustão.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 CARACTERIZAÇÃO DO COMPOSTO BIODIGERIDO**

O composto biodigerido obtido do processo de biodigestão aeróbia atingiu o tempo de maturação aos 85 dias. No entanto, os tratamentos RARB2 e RARB5 foram os primeiros a estabilizar, alcançando maturação aos 60 dias de monitoramento, seguidos pelos tratamentos RARB 3 e RARB 4, que atingiram a maturação aos 75 dias. Por sua vez, o tratamento RAFM1 levou 85 dias para alcançar a maturação do composto. Neste estudo, o tempo necessário para a maturação do composto biodigerido foi próximo ao intervalo de tempo recomendado por Oliveira et al., (2005), em processo da compostagem que variam entre 60 a 110 dias. Entretanto, esse período foi mais longo em comparação ao tempo observado no estudo conduzido por Moreira, (2021), sobre o potencial energético da biodigestão aeróbia de resíduos sólidos orgânicos. Nesse estudo, a autora obteve resultado após uma média de 14 dias de monitoramento do processo.

A autora utilizou serragem de pinus em seu experimento, o que pode ter influenciado no tempo do processo da biodigestão aeróbia. O emprego da serragem em processos de biodigestão aeróbia oferece benefícios significativos, pois permite a absorção de umidade da massa de resíduos orgânicos, e também pela sua ótima relação de carbono e nitrogênio. Além disso, suas propriedades ajudam a evitar a compactação da massa, melhorando a aeração e, por conseguinte, reduzindo o tempo de retenção necessário para a estabilização do produto (Maragno; Trombin; Viana, 2007). No presente estudo, substituiu-se a serragem de pinus por casca de baru e folhas de mangueira, o que pode ter impactado no tempo mais extenso do processo.

Em relação às características físicas e visuais do material biodigerido, observou-se uma excelente qualidade, apresentando uma textura granular nas amostras adicionadas a casca de baru (Figura 5). Quanto ao material biodigerido com folhas de mangueira, exibiu características de palha, com uma tonalidade marrom mais intensa. Ambas as amostras

apresentaram um odor característico de terra, semelhante à matéria orgânica resultante do processo da compostagem.



**Figura 5.** c. Material biodigerido com folhas de mangueira; d. Material biodigerido com resíduo de baru.

Fonte: Própria,2023

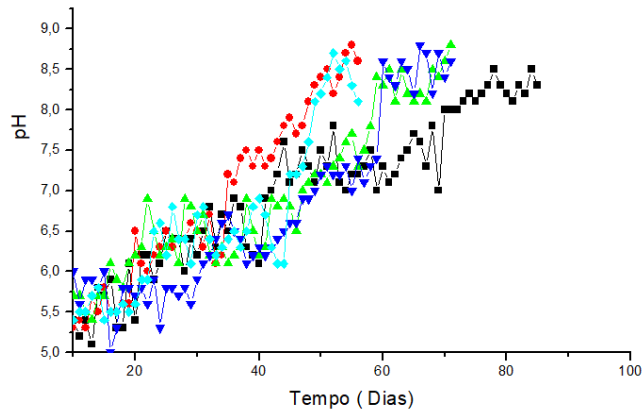
No início do experimento, uma quantidade inicial de 1.910 g de resíduos alimentares foi adicionada em cada biodigestor, com variações nas porcentagens da casca de baru e folhas de mangueira secas, após transcorrer o período de 85 dias do processo de digestão aeróbia, a etapa de pesagem do composto biodigerido foi realizada individualmente em cada tratamento. Os resultados foram os seguintes: no tratamento RAFM1, a massa final do composto foi de 225,31 g; no tratamento RARB2 a massa foi de 302,90 g; e nos tratamentos RARB3, RARB4 e RARB5, as massas finais foram 318,50 g, 328,85 g e 373,04 g, respectivamente. A partir desse resultado, ficou evidente que ocorreu uma redução média de 85% na massa da matéria inicial durante o processo de biodigestão aeróbia. Essa diminuição pode ser atribuída à degradação da matéria orgânica complexa em substâncias mais simples, o que não apenas reduz o volume do composto inicial, mas também este processo de biodigestão aeróbia tem potencial de oferecer benefícios ambientais quando pode reduzir quantidade significativas de resíduos descartados nos ambientes e transformá-lo em produto com valor agregado.

### 3.2 EVOLUÇÃO DOS PARÂMETROS DURANTE A BIODIGESTÃO AERÓBIA

O processo de biodigestão aeróbia geralmente, é considerado completo quando ocorre a estabilização de determinados parâmetros como pH, temperatura, a diminuição da umidade, ausência de odores desagradáveis, e a conversão da matéria orgânica em resíduo mais homogêneo. A análise da evolução dos parâmetros que influencia o processo de biodigestão aeróbia é descrita a seguir:

### 3.2.1 pH

Os resultados da evolução do pH em função do tempo dos cinco tratamentos estão apresentados na Figura 7.



**Figura 6.** Variação do pH durante o processo da biodigestão aeróbia, RAFM1- (■); RARB2- (●); RARB3-(▲), RARB4-(►); RARB 5- (◆); RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangaueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).  
Fonte:Própria,2023

O pH é um parâmetro que desempenha um papel de grande importância em processos de digestão aeróbia, uma vez que influencia as espécies de microrganismos capazes de prosperar e decompor a matéria orgânica (Margaritis et al., 2023).

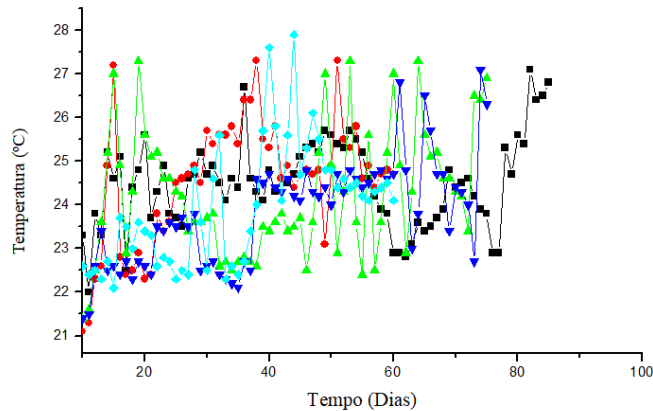
De forma geral, o pH teve um início ácido entre 5,2 a 5,6 nos primeiros 28 dias do processo em todos os tratamentos. Posteriormente, atingiu valores alcalinos de pH 8,3 e 8,1 aos 49 dias para os tratamentos RARB2 e RARB5.No caso dos tratamentos RAFM 1, RARB 4 e RARB3, verificou-se uma transição para valores alcalinos, atingindo pH de 8,2, 8,4 e 8,2 nos dias 71, 59 e 60, respectivamente. Estes níveis de pH permaneceram dentro dessa faixa oscilando entre 8,1 a 8,6 até o término do processo de biodigestão aeróbia.

Os níveis de pH no processo de biodigestão aeróbia deste estudo seguiu o padrão descrito por (Kehl, 2002). De acordo com o autor, durante a biodegradação aeróbia, o pH inicial é ácido, tornando-se alcalino quando atinge valores próximos a 9,0. Ele permanece alcalino enquanto há presença de nitrogênio amoniacal, diminuindo ligeiramente após a conversão para a forma de nitrato (Maragno; Trombin; Viana, 2007).

### 3.2.2 Temperatura

Os resultados da evolução da temperatura em função do tempo dos cinco tratamentos estão apresentados na Figura 8. A biodigestão aeróbia é um processo marcado pela

decomposição ativa de substâncias orgânicas, realizada por várias espécies microbianas em condições aeróbias. Essa reação bioquímica é de caráter exotérmica, gerando calor como resultado (Li et al.,2023).



**Figura 7.** Variação da temperatura durante o processo da biodigestão aeróbia, RAFM1- (■); RARB2- (●); RARB3- (▲), RARB4-(▶); RARB 5- (◆); RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).

Fonte: Própria,2023

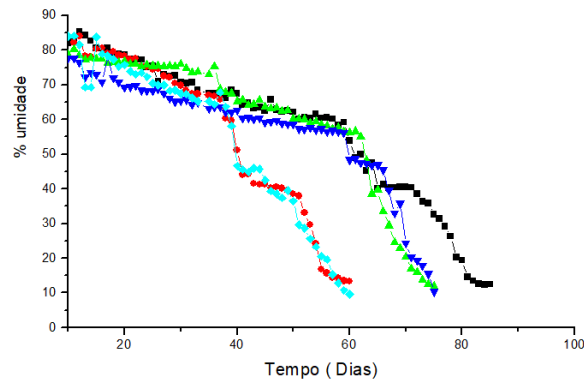
A temperatura é um parâmetro associado a eficiência da biodigestão aeróbia, no presente estudo observou-se que, em todos os tratamentos, a temperatura inicial variou entre 22 a 24 °C nas primeiras quatro semanas do processo de biodigestão aeróbia, durante este período a temperatura permaneceu na fase mesófila (<40 °C).

Manios (2004), destaca que no início o processo de digestão aeróbia passa por uma fase mesófila, na qual os compostos orgânicos solúveis e facilmente degradáveis são fraturados rapidamente. A atividade microbiana na temperatura na fase mesófila libera quantidades significativas de calor e a temperatura do material degradado aumenta rapidamente, o composto retém melhor o calor produzido-excedendo o limite de 40 °C (Margaritis et al.,2023).

É importante enfatizar que, ao longo deste estudo, esse parâmetro manteve-se abaixo de 30 °C, com temperaturas máximas registrados de 27 °C. No entanto, nos tratamentos RARB2 e RARB5, a temperatura estabilizou se entorno de 24 °C e 25°C e permaneceu nessa faixa de temperatura até ao fim do processo. De forma notória, os tratamentos RAFM1, RARB3 e RARB4 a temperatura de estabilização variou entre 24°C e 26 °C. A vigilância da temperatura desempenha um papel fundamental na garantia da eficaz remoção de patógenos, simultaneamente preservando a comunidade microbiana em condições ideais.

### 3.2.3 Umidade

Os resultados da evolução da umidade em função do tempo dos cinco tratamentos estão apresentados na Figura 9.



**Figura 8.** Variação da umidade durante o processo da biodigestão aeróbia, RAFM1- (■); RARB2- (●); RARB3- (▲), RARB4-(▶); RARB 5- (◆); RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).

Fonte: Própria,2023

A umidade do composto é um fator de extrema importância para a vida e eficiência dos microrganismos em processo de biodigestão aeróbia. O teor ideal de umidade de 60 % mantém as atividades microbianas e promove a decomposição da matéria orgânica (Wan et al.,2020). Os microrganismos apenas conseguem assimilar nutrientes através das suas paredes celulares quando estes se encontram na forma dissolvida.

No primeiro dia do experimento, a umidade do composto variou entre 55% e 72%. Os tratamentos RAFM1 e RARB3 registraram umidade média de 72%, seguidos pelos tratamentos RARB2 e RARB4, com umidade média de 64% e 61%, respectivamente. O tratamento RARB5 apresentou a umidade mais baixa no início do processo de biodigestão aeróbica, com 55%. À medida que o processo progredia, os valores de umidade aumentaram consideravelmente, chegando a 80 % nas primeiras duas semanas.

Quantidade excessiva de umidade (> 65 %) geralmente leva a condições anaeróbias, pois, elevada umidade diminui a porosidade dificultando a circulação do ar dentro do composto (Lazarei et al., 2006; Tiquia; Richard; Honeyman, 2002).

Com o objetivo de controlar o excesso de umidade e evitar as condições anaeróbias, adicionou se 50 g de resíduo de baru nos tratamentos RARB2, RARB3, RARB4 e RARB5, e 50 g de folhas de mangueira secas no tratamento RAFM1. Após adição dos resíduos, observou-

se que a partir do dia 25 houve uma redução significativa da umidade, ao final do processo os valores da umidade atingidos variaram entre 9,2 % a 13,3 %.

Os limites ideais para a umidade do composto durante a biodigestão aeróbia, nos quais os microrganismos decompositores são capazes de desenvolver suas funções, são acima de 40% e abaixo de 60% (Cooper et al.,2010). O baixo teor de umidade (35–40 %) e a desidratação prematura dificultam os processos biológicos de degradação da matéria orgânica (Margaritis et al.,2023).

### 3.3 PODER CALORÍFICO SUPERIOR (PCS)

Os valores de PCS para as amostras biodigeridas estão apresentados na Tabela 3 observa-se que os resultados encontrados para todas as amostras não apresentam diferenças significativa.

**Tabela 4.** Resultados de PCS das amostras biodigeridas.

Amostras	PCS (kcal/kg)	PCS (kJ/kg)
RAFM 1	3.852,39	16.103,00
RARB 2	3.686,60	15.410,00
RARB 3	4.048,56	16.923,00
RARB 4	3.815,07	15.947,00
RARB 5	3.691,87	15.432,00

RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).

Fonte: Própria, 2023

Os valores do poder calorífico superior das amostras biodigerido variaram entre 15.410 a 16.923 (kJ/kg), não se observou uma tendência clara de aumento ou diminuição do poder calorífico superior com a adição da casca do baru.

O poder calorífico representa um parâmetro essencial na avaliação da potencialidade energética dos combustíveis de biomassa (George; Dennison; Yusuf, 2023). Essa grandeza é definida como a quantidade de energia liberada durante a combustão completa de uma unidade de massa do material combustível e apresenta significativa dependência da constituição química elementar e mineral da biomassa (Caraschi et al., 2019).

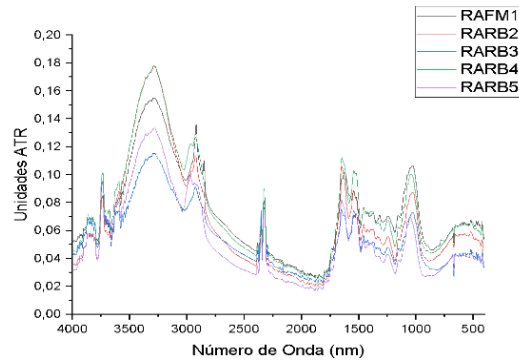
É relevante ressaltar que o tratamento RARB3 com 13% da casca do baru, apresentou o maior PCS, com 16.923 (kJ/kg) Por sua vez, o menor valor de PCS de 15.410 (kJ/kg) foi obtido no tratamento RARB2, que recebeu a menor quantidade do resíduo de baru, equivalente a 10%. O tratamento RAFM1 adicionado as folhas de mangueiras secas obteve um poder PCS ligeiramente superior em comparação com os tratamentos que foram adicionadas a casca do baru, com exceção do tratamento RARB3. Os resultados do PCS neste estudo foram inferiores aos obtidos por De Matos Texeira et al. (2020), de 13,96 (kJ/kg) para o endocarpo sem polpa de resíduo de baru, mais foi superior ao PCS relato por 17,77 kJ/kg (Duca et al., 2016) e 18,7 kJ/kg (Spinelli et al., 2012) para resíduo de poda de vinho.

O valor de PCS de uma determinada biomassa pode ser influenciados por diversos fatores, tais como a composição química da substância, o teor de umidade, a pressão e temperatura durante a medição, e o estado físico da biomassa ( Lunguleasa; Spirchez; Zeleniuc, 2020). Cada um desses fatores desempenha um papel crucial na determinação do poder calorífico superior, contribuindo para uma compreensão abrangente das características energéticas de uma biomassa específica.

#### 3.4 ESPECTROSCOPIAS NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR)

Os espectros de infravermelho com transformada de Fourier das amostras biodigeridas dos cinco tratamentos estão ilustrados na Figura 9. Os resultados de absorção foram comparados com referências que detalham estudos de materiais por meio de FT-IR utilizando tabelas que indicam os valores característicos de transmitância para cada grupo funcional. Os resultados do FTIR não indicaram diferenças entre os cinco tratamentos; as amostras demonstraram espectros de infravermelhos muito semelhantes.

Foram identificadas bandas de absorção na região do infravermelho em todas as amostras, na banda larga  $3200\text{ cm}^{-1}$  é atribuída à vibração de estiramento das hidroxilas (OH) presentes na água, álcoois, fenóis ou ácidos carboxílicos e a vibração de hidrogênio das funções das amidas N – H; bandas na faixa de  $2900$  e  $2730\text{ cm}^{-1}$ , pode estar ligado ao estiramento C-H de grupos metilenos de ácidos graxos e vários componentes alifáticos (Grube et al. 2006).



**Figura 9.** Espectro de Absorção na Região do Infravermelho para os compostos biodigerido, RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).

Fonte: Própria,2023

Absorção na faixa de  $1720\text{ cm}^{-1}$  possivelmente associada às vibrações C=C de estruturas aromáticas e grupos C=Os conjugados a anéis aromáticos de origem proteica, conforme descrito por (Ravindran et al ,2013), espectros de infravermelho na região de  $1525\text{ cm}^{-1}$  indicam a presença de amidas secundárias, a presença da banda em  $1430\text{ cm}^{-1}$  indica a absorção de estruturas alifáticas, grupos OH fenólicos, grupos COO-, além de vibrações de anéis aromáticos e carbonatos. Foram identificadas bandas nas regiões de  $1364\text{ cm}^{-1}$  e  $1260\text{ cm}^{-1}$ , possivelmente relacionadas à formação de nitrato e amida II e III, respectivamente (Ravindran et al., 2013).

A banda observada na região de  $1364\text{ cm}^{-1}$  corresponde ao grupo nitrato, surgindo no estágio final do processo de degradação quando o material está completamente decomposto. Esta presença indica que o nitrogênio inicialmente presente no material foi completamente oxidado, (Grube et al.,2006).

### 3.5 TERMOGRAVIMETRIA E TERMOGRAVIMETRIA DIFERENCIAL (TG E DTA)

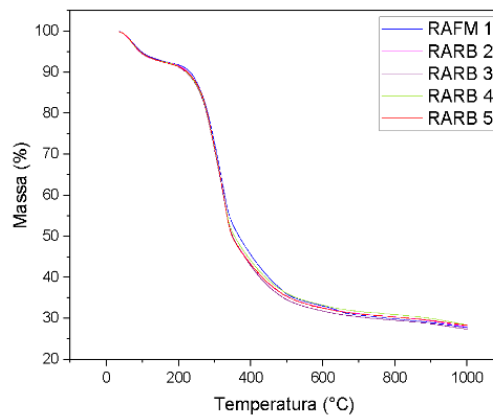
A termogravimétrica é uma ferramenta versátil que pode ser utilizada de diversas maneiras para estudar biomassa e seus resíduos (García et al.,2015). Um dos usos mais comuns para o perfil de queima de uma amostra, que relaciona perda da massa e temperatura, é determinar pontos característicos: ponto de ignição, quando um combustível começa a reagir, e ponto de pico, quando a velocidade e de perda de massa é maior na amostra, relacionada com sua reatividade (García et al.,2015).

Para compreender o comportamento do composto biodigerido diante das variações de temperatura, foram realizadas análises de TG e DTA em todos os tratamentos das amostras biodigeridas. Os resultados das análises térmicas estão apresentados na Figura 10, exibindo as

curvas de perda de massa em relação à variação da temperatura. O comportamento dinâmico frente ao aumento de temperatura foi semelhante em todas as amostras biodigeridas.

A análise térmica evidenciou que, o aumento da temperatura resultou na degradação térmica gradual dos componentes lignocelulósicos das amostras, com deslocamento dos gráficos para a direita conforme reportado por Nyakuma, Wong e Oleadou (2021), em seu estudo sobre decomposição térmica não oxidativa de pellets de dendê.

Conforme evidenciado nos gráficos, o formato das curvas de degradação foi muito semelhante ao obtido por Hoffmann et al. (2021), na degradação térmica de palha de arroz e arundo, não havendo diferenças significativas entre as curvas, apresentando três estágios de degradação térmica nomeadamente, estágio I (25-100 °C), estágio II (100- 350°C) e estágio III (350-600°C). O primeiro estágio é caracterizado pela perda de 10% da massa, em consequência da liberação da água e alguns compostos voláteis aderidas a amostra.



**Figura 10.** Curvas de TG e DTA para os compostos biodigerido, RAFM (resíduo alimentar e folhas de mangueira), RARB (resíduo alimentar e resíduo de baru).

Fonte: Própria,2023

O segundo estágio de decomposição ocorreu na segunda temperatura alta registra entre 100 °C e 350 °C, considerado a região mais ativo desse processo térmico, com perdas de aproximadamente de 50% de peso da massa. Jagtap e Kalbande (2023), constataram em seu estudo sobre efeito de variáveis independentes nas propriedades físico-químicas de pellets de palha de soja uma perda de massa significativa de 43,5% durante o segundo estágio da decomposição térmica, ocorrida na faixa de temperatura entre 180 a 350 °C. Esse fenômeno pode ser atribuído à decomposição de carboidratos ou mesmo de estruturas alifáticas como as cadeias laterais da molécula de lignina, (Sacco, 2008).

No terceiro estágio de degradação, entre 350 °C e 600 °C, há uma perda de massa de aproximadamente 30%. Essa taxa de perda de massa mais lenta está relacionada à

decomposição das estruturas aromáticas, incluindo o esqueleto aromático das macromoléculas de lignina (Sacco, 2008; Souza; Moreira; Teixeira, 2009).

Nas análises termogravimétricas, observa-se uma perda total de massa superior a 95%. Conforme amplamente conhecido, a degradação térmica da maioria dos materiais de biomassa geralmente ocorre em três estágios distintos (Thakur; Varma; Mondal, 2018).

De maneira análoga, este estudo aderiu a esse padrão, evidenciando uma perda gradual de massa entre a temperatura 25 °C e 100 °C, seguida por uma queda abrupta na faixa de 100-350 °C e, posteriormente, uma perda de massa constante entre 350 e 800 °C.

### 3.6 TESTE DE COMBUSTÃO DOS PELLETS

Os valores obtidos nos cálculos dos efeitos principais em relação às variáveis estudadas, quantidade de gordura bovina (GB), quantidade de gordura suína (GS) e porcentagem de baru na amostra (PB), estão apresentados na Tabela 5.

É importante ressaltar que esta influência é positiva, pois o valor calculado para esse efeito é de +3,632. Isso significa que aumentando a quantidade de gordura suína da amostra haverá um aumento da eficiência de combustão.

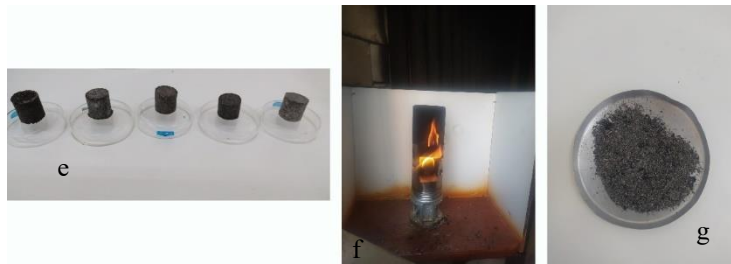
Para o efeito de primeira ordem da variável quantidade de baru na amostra, foi obtido o valor de +3,243, mostrando ser a segunda variável que mais influencia o processo de combustão, com 34,62%. Como o valor do efeito é, também, positivo, significa que o aumento da quantidade desta variável provocará um aumento da eficiência de combustão. A variável que menos interfere no processo, com 4,92%, é a quantidade de gordura bovina.

**Tabela 5.** Matriz experimental para a combustão de pellets

Experimento	Gordura Bovina (g)	Gordura Suína (g)	Porcentagem Baru (%)	Eficiência Combustão (%)	Variável Resposta
1	2,03	2,01	10	86,74	y1
2	4,04	2,05	10	86,07	y2
3	2,08	4,03	10	90,94	y3
4	4,09	4,03	10	92,16	y4
5	2,08	2,09	18	90,95	y5
6	4,07	2,04	18	91,37	y6
7	2,04	4,09	18	91,32	y7
8	4,05	4,02	18	95,24	y8

Fonte:Própria,2023

A eficiência de combustão dos pellets neste estudo foi superior a 70%, semelhante ao observado por Jach-Nocon et al. (2021), em seu estudo sobre a avaliação da eficiência e das emissões de pellets de diferentes tipos de biomassas. A eficiência de combustão foi calculada a partir das cinzas proveniente da combustão dos pellets Figura 11.



**Figura.11** e. Pellets compactados; f. Combustão dos pellets; g. Resíduo após a combustão dos pellets.

Fonte:Própria,2024

Diversos estudos têm destacado as cinzas como um componente relevante para a predição do Poder Calorífico Superior (PCS), associando seu teor elevado com uma menor capacidade energética do material (Hansted et al., 2022).



**Figura 12.** Contribuição de cada efeito no processo.

Fonte: Própria.2023

Analisando a Figura 12, os valores de influência no processo para as diferentes combinações de fatores, observa-se que a combinação dos fatores gordura bovina e porcentagem de baru é a que resulta em menor influência no processo de combustão, com apenas 2,96%. Sendo a combinação gordura suína e porcentagem de baru a que mais influência

no processo (7,53%). Dessa forma, é possível perceber que não existe uma sinergia, estatisticamente significativa, para a combinação desses fatores no processo. Sendo possível inferir que, para a faixa de valores utilizada neste estudo, os fatores são independentes entre si em relação ao processo de combustão. Não foram encontrados outros estudos na literatura que abordem essas variáveis específicas para a casca de baru.

Portanto, para um melhor entendimento da influência dos dois fatores que mais interferiram no processo, quantidade de gordura suína e porcentagem de baru, será necessária uma abordagem estatística mais detalhada.

#### **4. CONCLUSÃO**

Os resultados desta pesquisa revelam que a utilização da casca de baru e resíduos alimentares conduziu à produção de um biocomposto de alta qualidade através do processo de biodigestão aeróbia, dispensando a necessidade de incorporar serragem. O material resultante da biodigestão aeróbia demonstrou um potencial para aplicação energética. Embora o aumento da porcentagem da casca de baru não tenha afetado o poder calorífico do biocomposto, foi registrado um ótimo poder calorífico superior em todos os tratamentos

Os testes de combustão dos pellets foram observados que as variáveis gordura suína e porcentagem do baru foram as que interferiram no processo da combustão, enquanto que a variável que menos interferiu foi a gordura bovina. É crucial uma abordagem mais detalhada do processo de combustão, levando em conta suas variáveis. Além disso, torna-se imprescindível conduzir análises futuras de emissão de gases, especialmente para elementos como O<sub>2</sub>, CO e Nox, a fim de avaliar seus impactos ambientais de maneira abrangente. O reaproveitamento da casca de baru no contexto energético pode representar uma nova e promissora fontes de energia renovável.

#### **AGRADECIMENTOS**

A cooperativa produtora da castanha de baru (caxambú) de Pirenópolis-GO pela doação das amostras, Indústria de Produtos Naturais Florir de Sal, localizada em Goiânia/GO e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida, e ao Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 - Faixa B - Grupos Consolidados (Processo: 405842/2021-0).

## REFERÊNCIAS

- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. Como fazer experimentos: pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria. 3a Edição. Campinas, SP: Editora UNICAMP, 2007.
- CARASCHI, J. C.; GOVEIA, D.; DEZAJACOMO, G.; PRATES, G. A. Evaluation of Biomass Properties for the Production of Solid Biofuels. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n.2, p. e20180433, 2019.
- COOPER, M.; ZANON, A.R.; REIA, M.Y.; MORATO, R.W. **Compostagem e reaproveitamento de resíduos orgânicos agroindustriais: teórico e prático**. Piracicaba: ESALQ – Divisão de biblioteca, 2010. 35p: il. (Série Produtor Rural, Edição Especial
- CZEKAŁA, W. Agricultural biogas plants as a chance for the development of the agri-food sector. **Journal of Ecological Engineering**, v. 19, n. 2, 2018.
- DE MATOS TEIXEIRA, H.; DOS SANTOS, S. B.; DE ARAUJO, N. C. C.; SILVA, T. A. A.; ALVES, N. M. C. Propriedades energéticas do endocarpo de baru (*Dipteryx alata* Vog.). **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 9, p. 72110-72119, 2020.
- DIAS, J. M. C. S.; SOUZA, D.T.S.; BRAGA, M.; ONOYAMA, M.M.; MIRANDA, C.H.B.; BARBOSA, P.F.D.; ROCHA, J.D. **Produção de briquetes e pellets a partir de resíduos agrícolas, agroindustriais e florestais**. 1ª ed. Brasília:Embrapa Agroenergia, p. 132,2012.
- DUCA, D.; TOSCANO, G.; PIZZI, A.; ROSSINI, G.; FABRIZI, S.; LUCESOLI, G.; MENGARELLI, C. Evaluation of the characteristics of vineyard pruning residues for energy applications: effect of different copper-based treatments. **Journal of Agricultural Engineering**, v.47, n.1, p.22-27,2016.
- EGEA, M. B.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; CAMPOS, S. B.; LEMES, A. C. The potential of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and its fractions for the alternative protein market. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v.7, p.1148291,2023
- GARCIA, D. P.; CARASCHI, J. C.; VENTORIM, G. Caracterização energética de pellets de madeira. **Revista da Madeira**, v. 135, n. 2, p. 14–18, 2013.
- GARCÍA, R.; PIZARRO, C.; ÁLVAREZ, A.; LAVÍN, A. G.; BUENO, J. L. Study of biomass combustion wastes. **Fuel**, v. 148, p152-159.,2015.

GEORGE, O. S.; DENNISON, M. S.; YUSUF, A. A. Characterization and energy recovery from biomass wastes. **Sustainable Energy Technologies and Assessments**, v. 58, p. 103346, 2023.

GRUBE, M.; LIN, J. G.; LEE, P. H.; KOKOREVICH, S. (2006). Evaluation of sewage sludge-based compost by FT-IR spectroscopy. **Geoderma**, v.130, n 3-4, p. 324-333,2006

HABITZREITER, T. L.; ADAMI, P. F.; BRUN, E. J.; BATISTA, V. V.; FERREIRA, M. L. GIACOMEL, C. L. Poder calorífico e análise econômica do uso total ou parcial da biomassa de eucaliptos. **Scientia Agraria Paranaensis**, v.18, n.3 p.282-288,2019.

HANSTED, A. L. S.; HANSTED, F. A. S.; TOMELERI, J. O. P.; CACURO, T. A.; SETTE JR., C. R.; YAMAJI, F. M.; COSTA, V. E. Biomass in an industrial boiler: characterizing and reducing waste from the burning process. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, p. e45511931948,2022.

HOFFMANN, L. P. M.; LEMÕES, J. S.; DA SILVA MANETTI, A. G.; SCHMITT, P. O.; LEMONS, C. F. Comportamento térmico de lignina residual de pré-tratamento de biomassa lignocelulósica. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.4, p.353-363,2021.

JACH-NOCON, M.; PELKA, G.; LUBON, W.; MIROWSKI, T.; NOCON, A.; PACHYTEL, P. Uma avaliação da eficiência e das emissões de uma caldeira a pellets que queima vários tipos de pellets. **Energias**, v.14, n. 15, p.4465,2021

JAGTAP, A.; KALBANDE, S. Multiparametric optimization and statistical modelling of pelletization process: Effect of independent variables on physicochemical properties of soybean straw pellets. **Bioresource Technology Reports**, v. 23, p. 101527, 2023.

LASARIDI, K.; PROTOPAPA, I.; KOTSOU, M.; PILIDIS, G.; MANIOS, T.; KYRIACOU, A. Quality assessment of composts in the Greek market: The need for standards and quality assurance. **Journal of environmental management**, V.80, n.1, p.58-65,2006

LI, D.; MANU, M. K.; VARJANI, S.; WONG, J. W. Role of tobacco and bamboo biochar on food waste digestate co-composting: nitrogen conservation, greenhouse gas emissions, and compost quality. **Waste Management**, v.156, p. 44-54,2023

LIM, S. L.; WU, T. Y.; SIM, E. Y. S.; LIM, P. N.; CLARKE, C. Biotransformation of rice husk into organic fertilizer through vermicomposting. **Ecological Engineering**, v.41, p.60-64,2012.

LUNGULEASA, A.; SPIRCHEZ, C.; ZELENIU, O. Evaluation of the calorific values of wastes from some tropical wood species. **Maderas. Ciencia y tecnología**, v. 22, n. 3, p. 269-280, 2020

MANIOS, T. O potencial de compostagem de diferentes resíduos sólidos orgânicos: experiência da ilha de Creta. **Meio ambiente internacional**, v. 29, n. 8, p. 1079-1089, 2004.

MARGARITIS, M.; DIMOS, V., MALAMIS, D.; LOIZIDOU, M. An experimental investigation of the composting process in an innovative home composting System: The influence of additives. **Cleaner Materials**, v. 8, p. 100185, 2023.

MATHEWS MCDERMOTT F.- Global wood pellet market outlook.**WPAC Annual Conference, Halifax**. 2015.

MOREIRA, L.L.K. **Reaproveitamento de resíduos sólidos urbanos para a geração de energia elétrica a partir da biodigestão aeróbia: o processo de urbanização em consonância com a eficiência energética**, Dissertação (Mestrado). Instituto Federal De Educação, Ciência E Tecnologia De Goiás – Campus Goiânia,2021

NASIRI, S.; HAJINEZHAD, A.; KIANMEHR, M. H. Increasing the efficiency of municipal solid waste energy by investigating the effect of the temperatures and retention time on the produced pellets: A case study of Kahrizak, Iran. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 173, p. 131-142, 2023

NYAKUMA, B. B.; WONG, S.; OLADOKUN, O. Non-oxidative thermal decomposition of oil palm empty fruit bunch pellets: fuel characterisation, thermogravimetric, kinetic, and thermodynamic analyses. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v. 11, p. 1273-1292, 2021.

OBIDZIŃSKI, S.; JOKA, M.; FIJOŁ, O Two-stage agglomeration of fine-grained herbal nettle waste. **International Agrophysics**, v.31, n.4.p.516-523,2017

OLIVEIRA, A. M. G.; AQUINO, A. M. de; CASTRO NETO, M. T. **Compostagem caseira de lixo orgânico doméstico**. Cruz das Almas: EMBRAPA, 2005.

RAMBO, M. K. D.; RAMBO, M. C. D.; MELO, P. M.; OLIVEIRA, N. M. L.; NEMET, Y. K. S.; SCAPIN, E.; VIANA, G. C. C.; BERTUOL, D. A. Sustainability of biorefinery processes based on Baru biomass waste. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 31, n. 2, p. 273-279, 2020.

PARIKH, J.; CHANNIWALA, S. A.; GHOSAL, G. K. A correlation for calculating HHV from proximate analysis of solid fuels. **Fuel**, London, GB, v. 84, n. 5, p. 487–494, 2005.

RAMBO, M. K.; NEMET, Y. K.; JÚNIOR, C. C.; PEDROZA, M. M.; RAMBO, M. C. Comparative study of the products from the pyrolysis of raw and hydrolyzed baru wastes. **Biomass Conversion and Biorefinery**, V.11, p. 1943-1953,2021.

RAVINDRAN, B.; SRAVANI, R.; MANDAL, A. B.; CONTRERAS-RAMOS, S. M.; SEKARAN, G. Instrumental evidence for biodegradation of tannery waste during vermicomposting process using *Eudrilus eugeniae*. **Journal of thermal analysis and calorimetry**, v.111, p.1675-1684,2013

RÍOS-BADRÁN, I. M.; LUZARDO-OCAMPO, I.; GARCÍA-TREJO, J. F.; SANTOS-CRUZ, J.; GUTIÉRREZ-ANTONIO, C. Production and characterization of fuel pellets from rice husk and wheat straw. **Renewable Energy**, v. 145, p. 500-507, 2020.

SACCO, A. P. **Caracterização e estudo do comportamento térmico de ligninas extraídas de bagaço de cana-de-açúcar e dos resíduos sólidos urbanos**. Tese apresentada ao Instituto de Química da Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos à obtenção do título de Doutor em Química. Araraquara, 2008.

SANTOS, L. R. O. VARANDA, L. D.; HANSTED, A. L. S.; RÓZ, A.; YAMAMOTO, H.; YAMAJI, F. M. Different types of lignocellulosic materials for energy generation in the ceramic industry. **Floresta e Ambiente**, v. 26, p. e20180440, 2019.

SHAK, K. P. Y.; WU, T. Y.; LIM, S. L.; LEE, C. A. Sustainable reuse of rice residues as feedstocks in vermicomposting for organic fertilizer production. **Environmental Science and Pollution Research**, v.21, p.1349-1359,2014

SILVA, M. F. F.; SANTOS DA SILVA, N.; SILVA, J.V.F.; CARASCHI, J.C.; LUNA, C.M.R.; CAMPOS, C.I.; VIANA, R.S. Avaliação do Potencial Energético de Resíduos Agroindustriais. **Revista Virtual de Química**, v. 14, n. 1, p.46-49, 2022.

SPINELLI, R.; NATI, C.; PARI, L.; MESCALCHIN, E.; MAGAGNOTTI, N. Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. *Applied Energy*, v.89, n.1, p.374-379,2012

SOUZA. B.; MOREIRA. A.; TEIXEIRA. A.F. TG-FTIR coupling to monitor the pyrolysis products from agricultural residues, *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v.97, n.2, p. 637-642,2009.

STRAUSS. Global pellet markets outlook. Can Biomass Mag 2020.Disponível em <https://www.canadianbiomassmagazine.ca/2020-global-pellet-markets-outlook/>Acesso em 8/02/2023.

THAKUR, L. S.; VARMA, A. K.; MONDAL, P. Analysis of thermal behavior and pyrolytic characteristics of vetiver grass after phytoremediation through thermogravimetric analysis. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, v.131, p. 3053-3064,2018.

TIQUIA, S. M.; RICHARD, T. L.; HONEYMAN, M. S. Effect of windrow turning and seasonal temperatures on composting of hog manure from hoop structures. *Environmental Technology*, v. 21, n. 9, p. 1037-1046, 2000.

WAN, L.; WANG, X.; CONG, C.; LI, J.; XU, Y.; LI, X.; WANG, L. Effect of inoculating microorganisms in chicken manure composting with maize straw. *Bioresourcetechnology*, v.301, p.122730,2020

YUB, H. N.; PARVEZ, A. M.; AFZAL, M. T. Process and energy analysis of pelleting agricultural and woody biomass blends. *Sustainability*, v.10, n.6, p.1770,2018.

### **CAPÍTULO III**

#### **ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS PARA CÃO COM SUBSTITUIÇÃO DAS FARINHAS DE SUBPRODUTOS DO BARU (*Dipteryx alata* *vog*)**

## ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE BISCOITOS PARA CÃO COM ADIÇÃO DE FARINHAS DE SUBPRODUTOS DE BARU (*Dipteryx alata vog*)

### RESUMO

Este estudo teve como objetivo desenvolver biscoitos para cão utilizando farinha de subprodutos de baru, nomeadamente casca e torta desengordurada. Foi realizada uma caracterização completa das farinhas dos subprodutos e dos biscoitos para cães elaborados com 05 formulações (0%, 5%, 10%, 15% e 20%) de substituição de farinha de trigo pelas farinhas de subprodutos de baru. A análise da composição centesimal das farinhas revelou que a torta desengordurada possui altos teores de proteína (25,93 g 100 g<sup>-1</sup>) e lipídios (24,89 g 100 g<sup>-1</sup>), mas baixo em teor de fibras (6,15 g 100 g<sup>-1</sup>). Contudo, a casca do baru exibiu baixos teores de lipídios (1,00 g 100 g<sup>-1</sup>) e proteína (5,34 g 100 g<sup>-1</sup>), mas apresentou alto conteúdo de fibras totais (59,67 g 100 g<sup>-1</sup>). A casca e a torta desengordurada de baru, apresentaram teores de compostos fenólicos totais (14525 mg EAG/100 g, e 12532 mg EAG/100 g) e flavonoides totais (442,72 mg CE g 100 g<sup>-1</sup> e 1751,45 mg CE g 100 g<sup>-1</sup>) respetivamente. Em seguida, os biscoitos foram avaliados sob o ponto de vista físico-químico, em todos os biscoitos os nutrientes predominantes foram carboidratos (56,49 a 51,20 g 100 g<sup>-1</sup> para BCB e 52,78 a 49,62 g 100 g<sup>-1</sup> para BTDB, seguido pelos lipídios (21,67-23,53 g 100 g<sup>-1</sup> para BTDB e 19,05 -22,33 g 100 g<sup>-1</sup> para BCB) e proteína (12,10-15,06 para BTDB g 100 g<sup>-1</sup> e 11,23 e 12,19 para BCB g 100 g<sup>-1</sup>). A substituição parcial da farinha de trigo pelas farinhas de subproduto de baru mostrou influência nos parâmetros de atividade de água, cor e dureza. Em particular, nos biscoitos elaborados com 10%, 15% e 20% dessas farinhas. Desta forma, o estudo destaca a importância da utilização integral de resíduos vegetais no desenvolvimento de produtos alimentícios para cães, ricos em proteínas, e lipídios.

**Palavras-chave:** *Dipteryx alata*, subprodutos, formulação alimentar, tecnologia dos alimentos, aproveitamento integral.

**PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF DOG BISCUITS WITH THE  
ADDITION OF BARU BY-PRODUCT FLOURS (*Dipteryx alata vog*)**

**ABSTRACT**

This study aimed to develop dog biscuits using baru by-product flour, namely bark and defatted cake. A complete characterization of the by-product flours and dog biscuits made with 05 formulations (0%, 5%, 10%, 15% and 20%) replacing wheat flour with baru by-product flour was carried out. The analysis of the proximate composition of the flours revealed that the defatted cake has high levels of protein (25.93 g 100 g<sup>-1</sup>) and lipids (24.89 g 100 g<sup>-1</sup>), but low in fiber content (6.15 g 100 g<sup>-1</sup>). However, the baru peel exhibited low levels of lipids (1.00 g 100 g<sup>-1</sup>) and protein (5.34 g 100 g<sup>-1</sup>), but had a high content of total fiber (59.67 g 100 g<sup>-1</sup>). Baru peel and defatted cake presented levels of total phenolic compounds (14525 mg EAG/100 g, and 12532 mg EAG/100 g) and total flavonoids (442.72 mg EC g 100 g<sup>-1</sup> and 1751.45 mg EC g 100 g<sup>-1</sup>) respectively. Then, the cookies were evaluated from a physical-chemical point of view, in all cookies the predominant nutrients were carbohydrates (56.49 to 51.20 g 100 g<sup>-1</sup> for BCB and 52.78 to 49.62 g 100 g<sup>-1</sup> for BTDB, followed by lipids (21.67-23.53 g 100 g<sup>-1</sup> for BTDB and 19.05 -22.33 g 100 g<sup>-1</sup> for BCB) and protein (12.10-15.06 for BTDB g 100 g<sup>-1</sup> and 11.23 and 12.19 for BCB g 100 g<sup>-1</sup>). The partial replacement of wheat flour by baru by-product flours showed influence on the parameters of water activity, color and hardness. In particular, in biscuits made with 10%, 15% and 20% of these flours.

**Keywords:** *Dipteryx alata* Vog; by-products, food formulation, food technology, full utilization.

## 1.INTRODUÇÃO

O Brasil, destaca-se como líder mundial em população canina, abriga aproximadamente 57 milhões de cães como animais de estimação, segundo dados da Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2022). Durante a pandemia da COVID-19, observou-se um aumento expressivo de 30% na compra e adoção de animais de estimação no Brasil, conforme relatório da Comissão de Animais de Companhia (COMAC, 2021). Como resultado direto desse fenômeno, o mercado alimentício destinado a pets também experimentou um crescimento significativo, registrando um aumento de 24% entre 2019 e 2020 (ABINPET, 2021).

Esse cenário em expansão despertou o interesse dos fabricantes, que visam fornecer produtos enriquecidos com nutrientes para promover uma alimentação saudável aos animais. Atualmente, estão sendo investigadas novas fontes alternativas naturais, notadamente aquelas ricas em minerais, ácidos graxos e proteínas (Lirio; Rigatti; Vargas, 2018).

O aumento na produção de alimentos tem resultado em uma maior geração de resíduos agroalimentares. Esses resíduos, conforme apontado por Freitas et al. (2021), representam uma valiosa fonte de diversos nutrientes essenciais à saúde. A inclusão desses resíduos na formulação de alimentos para animais de estimação não apenas promove a sustentabilidade ambiental, mas também contribui para a sustentabilidade econômica, ampliando o número de ingredientes com preços competitivos disponíveis para os formuladores de alimentos para animais de estimação (Acuff et al., 2021).

Apesar do crescente interesse nesse campo, a literatura ainda carece de estudos abrangentes sobre o emprego desses resíduos na alimentação de animais, tornando imperativas investigações mais aprofundadas. A correta utilização desses resíduos nas formulações de dietas para cães e gatos depende do conhecimento de seus benefícios, sendo necessários estudos que avaliem a composição química, a disponibilidade de nutrientes e os efeitos no metabolismo animal (Abud; Narain, 2009).

Os biscoitos, considerados de petiscos destinados a animais domésticos, têm a função de agradar ou recompensar, podendo apresentar características específicas (Brasil, 2009). Frequentemente, esses biscoitos são confeccionados a partir de resíduos provenientes do processamento de carne, como vísceras e ossos, associados a cereais como farelo e casca de soja. Diante desse contexto, torna-se imperativo impulsionar pesquisas que explorem o aproveitamento dos resíduos agroalimentares na formulação de alimentos para cães. Um estudo

conduzido por Andrade et al. (2019), que investigou a produção de ração utilizando resíduos de mamão e laranja, obteve resultados satisfatórios em relação à biomassa. No entanto, constatou-se que uma pequena parte das necessidades nutricionais foi suprida, sendo necessária a suplementação com outros produtos.

Os subprodutos de baru (*Dipteryx alata vog.*), como a casca do baru e a torta desengordurada, despertam interesse como ingredientes na formulação de novos produtos na indústria alimentícia. A casca residual, principalmente a polpa (mesocarpo) de baru, apresenta alto teor de fibras, mas menor teor de proteínas (Egea et al., 2023).

Por outro lado, a torta desengordurada, devido à sua composição, que inclui a presença de proteínas, minerais, aminoácidos, ácidos graxos e compostos fenólicos provenientes da amêndoa, tem sido objeto de diversos estudos para avaliar possíveis efeitos benéficos do baru na saúde e no desenvolvimento de novos produtos (Lima et al., 2022).

A inclusão dos subprodutos do baru na formulação de alimentos para cães emerge como uma fonte valiosa para o desenvolvimento sustentável e principalmente na redução de resíduos de origem animal. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi elaborar e caracterizar biscoitos para cães com substituição parcial de farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata vog.*).

## 2.MATERIAL E MÉTODOS

Para a concepção das formulações dos biscoitos, foram empregados ingredientes de relevância do Cerrado, particularmente provenientes do estado de Goiás. O subproduto casca de baru (*Dipteryx alata Vog*) utilizado neste estudo foi fornecido por produtores de castanha de baru da comunidade de Caxumba de Pirenópolis-GO. A torta parcialmente desengordurada foi adquirida em colaboração com a Indústria de Produtos Naturais Florir de Sal, estabelecida em Goiânia/GO.

2.1 REPARAÇÃO DAS FARINHAS A casca de baru foi submetida a secagem, como descrito no capítulo 2, em seguida foi triturado novamente em liquidificador (marca arno eaciclic pulse autoclean), e passado em peneira de mesh 0,25. A torta desengordurada foi torrado em estufa (marca Tecnal, modelo TE-395), a 120°C por 20 minutos, a torta foi triturada em liquidificador Figura 1 (marca *Mondial*, modelo L66 – 10 velocidades) (Coutinho,2020).



**Figura 1** Farinha de casca de baru (a), Farinha de torta desengordurada de baru (b).

Fonte: Própria,2023

## 2.2 PREPARAÇÃO DOS BISCOITOS A PARTIR DE SUBPRODUTOS DE BARU (*DIPTERYX ALATA VOG*)

Os biscoitos foram desenvolvidos no laboratório de panificação na Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia (UFG). O processamento dos biscoitos foi realizado de acordo com a metodologia de Abud e Narain (2009). Inicialmente, foi preparada uma formulação de referência de biscoito composta integralmente por farinha de trigo, conforme descrito na Tabela 1. Posteriormente, as demais formulações foram desenvolvidas, incorporando parcialmente as farinhas de subprodutos de baru, a casca de baru e a torta desengordurada, nas concentrações variadas de 0,0%, 5%, 10%, 15% e 20% em relação ao peso inicial da farinha de trigo.

A seleção dos ingredientes, homogeneização, mistura e formação da massa foram conduzidas em conformidade com as normas de Boas Práticas de Fabricação – BPF, conforme estabelecido na RDC nº 216/04 (BRASIL, 2004).

Os ingredientes foram pesados de forma individualizada, dando início à primeira etapa da mistura, que envolveu o ovo, a manteiga e o leite. Em seguida, a essência de baunilha foi adicionada na composição, sendo manualmente misturada por um período de 5 minutos. Posteriormente, realizou-se a adição gradual de fígado, sal, bicarbonato e farinha, com o objetivo de alcançar uma homogeneidade na massa. Após a conclusão do processo de mistura, a massa resultante foi disposta sobre uma bancada de alumínio. Para o processo de moldagem dos biscoitos, utilizou-se um molde de metal inoxidável no formato de osso. Em seguida, os biscoitos foram colocados em bandejas de alumínio previamente revestidas com manteiga e farinha, a fim de evitar a aderência. Essas medidas visaram garantir a forma e a textura desejadas durante o cozimento.

**Tabela.1** Ingredientes utilizadas na formulação dos biscoitos para cão com adição de farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata vog*)

Ingredientes	Nível percentual de substituição da farinha de trigo por farinha de subproduto de baru									
	FC		FCB1				FTDB2			
	0	5%	10%	15%	20%	5%	10%	15%	20%	
Farinha de trigo (g)	130	123	117	110	104	123	117	110	104	
Ovo (g)	51	51	51	51	51	51	51	51	51	
Manteiga (g)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Leite (mL)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	
Fígado bovino (g)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	
Essência de baunilha (g)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Sal (g)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
Bicarbonato (g)	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	
FCB (g)	-	7	13	20	26	-	-	-	-	
FTDB(g)	-	-	-	-	-	7	13	20	26	

Legenda; FCB, farinha de casca de baru; FTDB; Farinha torta desengordurada de baru; FC formulação controle (sem adição de farinha de subproduto de baru); FCB, formulação casca de baru; FTDB, formulação torta desengordurada de Baru.

Após a conclusão do processo de mistura, a massa resultante foi disposta sobre uma bancada de alumínio. Para o processo de moldagem dos biscoitos, utilizou-se um molde de metal inoxidável no formato de osso. Em seguida, os biscoitos foram colocados em bandejas de alumínio previamente revestidas com manteiga e farinha, a fim de evitar a aderência. Essas medidas visaram garantir a forma e a textura desejadas durante o cozimento.

Os biscoitos foram então colocados em um forno elétrico pré-aquecido a 120 °C. À medida que a temperatura interna atingiu 150 °C, os biscoitos foram assados por um período de 25 minutos, assegurando a obtenção da textura desejada e a coloração apropriada. Ao término do processo de cocção, os biscoitos foram deixados para resfriar à temperatura ambiente durante 10 minutos, antes de serem acondicionados em embalagens de plástico, visando à preservação de suas propriedades organolépticas e à manutenção da qualidade.

## 2.3 CARACTERIZAÇÕES DAS FARINHAS E DOS BISCOITOS

### 2.3.1 Composição centesimal e Valor energético Total

A composição proximal da amostra foi determinada conforme preconizado pela AOAC (2016). O conteúdo de umidade foi quantificado utilizando o método de secagem em estufa e foi calculado com base na perda de massa após peso constante (método 925.45b). Os lipídeos foram quantificados pela extração com éter de petróleo com base na massa após evaporação do solvente (método 920.39).

O teor de nitrogênio foi determinado pela digestão, destilação e titulação da amostra, e para transformação do nitrogênio em proteína bruta utilizou-se o fator de conversão de 6,25 (método 921.20). O resíduo mineral fixo foi determinado pela completa carbonização da amostra em mufla e calculado com base na massa após carbonização (método 923.03). A determinação dos carboidratos foi realizada por diferença, levando em consideração os valores dos componentes previamente determinados. A determinação da fibra total foi realizada conforme a norma AOAC 985.29, utilizando uma combinação de métodos enzimáticos e gravimétricos. Todos os ensaios foram realizados em triplicata e os resultados expressos em base seca. O valor energético total foi calculado, utilizando-se os coeficientes de Atwater (1896), onde carboidratos possuem 4,0 kcal g<sup>-1</sup>, os lipídeos 9,0 kcal g<sup>-1</sup> e a proteína 4,0 kcal g<sup>-1</sup>. O valor energético total (VET) foi calculado pela seguinte Equação 1:

$$\text{VET kcal} = 4 \times \text{carboidratos} + 4 \times \text{proteínas} + 9 \times \text{lipídios} \quad (\text{Eq. 1}).$$

### 2.3.2 Determinação da cor

A cor das amostras foi avaliada pela determinação dos parâmetros Celam (L\*, a\* e b\*) utilizando colorímetro Color Quest II (Hunter-Lab, Reston, Virginia, EUA) segundo método descrito por Paucar-Menacho et al. (2008), onde L\* define a luminosidade (L\*=0 preto e L\*=100 branco), a\* e b\* definem cromaticidade (+a\* vermelho e -a\* verde, +b\* amarelo e -b\*

azul). Foram realizadas 50 repetições de análise de cor por amostra. O colorímetro foi padronizado usando placa de calibração branca.

## 2.4 CARACTERIZAÇÃO DOS COMPOSTOS BIOATIVOS DAS FARINHAS

### 2.4.1 Preparação dos extratos

Os extratos foram preparados a partir de 2,5g g das amostras da casca residual e da torta de baru e da torta desengordurada. Adicionou-se 40 mL do etanol. As amostras foram colocadas em agitador magnético (SL-91/A) a temperatura ambiente ( $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) por 1 h, de acordo com metodologia proposta por Tabart et al. (2007) adaptada por Michiels et al. (2012) com alterações. Em seguida, a mistura foi filtrada com papel Filtro Qualitativo de 12 cm de diâmetro e realizada uma segunda extração com o resíduo, sob as mesmas condições. O extrato foi filtrado e armazenado em frascos âmbar sob refrigeração até o uso. Os extratos foram caracterizados quanto ao conteúdo total de fenólicos (CFT) e sua atividade antioxidante (AA) e flavonoide total.

### 2.4.2 Determinação de compostos fenólicos total

Os compostos fenólicos totais foram determinados de acordo com o método proposto por Zielinski e Kozłowski, (2000) com modificações. Em tubos de ensaio cobertos com papel alumínio, adicionou-se 2,0 ml da solução intermediária dos extratos (triplicata), 1,0 mL do reagente de Folin-Ciocalteu 1N e 1,0 mL de solução de bicarbonato de sódio (25 % p/v). As amostras permaneceram em repouso por 30 minutos, ao abrigo da luz e à temperatura ambiente. Em seguida, foi feita a leitura em espectrofotômetro (BEL SP 2000 UV Photonics), no comprimento de onda de 760 nm. Uma curva padrão de ácido gálico foi construída ( $y = 0,9665x + 0,0131$ ,  $R^2 = 0,9993$ ) e o conteúdo de fenólicos totais foi expresso como mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por 100 gramas de material.

Os cálculos de compostos fenólicos totais foram calculados a partir da equação seguinte:

$$\text{Ácido gálico mg100g} = (\text{AG} \times \text{D} \times 100) / (\text{V} \times \text{P}) \quad (\text{Eq.2}).$$

Onde:

AG: valor de ácido gálico (mg) encontrados ao substituir absorvência da amostra curva padrão;

D:diluição final da amostra no preparo da amostra (mL);

V:Volume de extrato utilizado no ensaio (mL);

P:peso da amostra utilizado no preparo do extrato (g).

### 2.4.3 Determinação de flavonoides totais

Os flavonoides totais foram determinados de acordo com a metodologia proposta por Kim; Jeong e Lee (2003), com modificações, uma alíquota de 1 ml do extrato foi adicionada ao frasco de âmbar contendo 4 mL de água destilada. No tempo zero, 0,3 mL de  $\text{NaNO}_2$  a 5 % foi adicionado ao frasco. Após 5 min, foram adicionados 0,3 mL de  $\text{AlCl}_3$  a 10%. Aos 6 min, 2 mL de NaOH 1 M foram adicionados à mistura. Imediatamente, o frasco da reação foi diluído com a adição de 2,4 ml de água e bem misturado. A absorvância da mistura, foi determinada a 510 nm, o etanol foi utilizado para calibrar o equipamento. Os resultados dos flavonoides totais foram expressos com base no peso fresco em mg/100 g de equivalentes de catequina (CE). As amostras foram analisadas em triplicadas.

### 2.4.4 Determinação da capacidade antioxidante- Poder antioxidante do radical livre $\text{ABTS}^+$

A determinação da capacidade antioxidante pelo método de eliminação do radical  $\text{ABTS}^+$  foi realizada de acordo com a metodologia descrito por Rufino et al. (2007), com modificações. Foi preparada a partir da reação de 5 mL da solução reagente ABTS 7 mM com 88  $\mu\text{L}$  da solução de persulfato de potássio 140 mM. Mantida no escuro por 16 horas. Em seguida, 1 mL desta mistura foi diluído em álcool etílico até atingir a absorvância de  $0,7 \text{ nm} \pm 0,05 \text{ nm}$  a 734 nm. 30  $\mu\text{L}$  de cada diluição do extrato foram transferidos para frasco de âmbar em 3 mL do  $\text{ABTS}^+$  radical e homogeneizado em um agitador vórtex. Para o controle negativo foi utilizado álcool etílico e, para o controle positivo, foi utilizado o antioxidante Trolox 2 mM. Após 6 minutos no escuro, foi realizada a leitura em 734 nm.

A porcentagem de inibição (%) do trolox em relação aos radicais livres  $\text{ABTS}^+$  foi calculada utilizando a expressão abaixo; (% inibição= (Abs controle-Abs final da mistura Trolox+ABTS/Abs controle) (Eq.3).

## 2.5 ANÁLISE CG-MS DAS FARINHAS DO SUBPRODUTO DE BARU (*DIPTERYX ALATA VOG*)

As farinhas dos subprodutos de baru (*Dipteryx alata Vog*) foram analisadas com o Headspace-HRGC-MS para identificação dos compostos químicos, as análises foram realizadas em cromatógrafo gasoso acoplado a espectrômetro de massas (Shimadzu Nexis GC2030), equipado com coluna capilar, SH-Stabilwax-ms (30m, 250µm id, 0,25µm). As amostras foram previamente aquecidas via headspace (amostrador automático AOC-6000) a 80°C por 45 minutos e um volume de 2,0 mL foi injetado no cromatógrafo. O modo Split foi empregado com uma razão de 10:1 com tempo de equilíbrio de 3 minutos. A programação da temperatura do forno, inicialmente foi de 40°C, mantida por 1 minuto, a rampa de aquecimento foi de 5°C/min até 160°C, depois foi aumentada para 10°C/min até 250°C e mantida por 15 min. O tempo total para as análises foi de 49 minutos. Como gás de arraste foi utilizado Hélio 5.0, com pressão de 4,7 psi, vazão de 0,79 mL/min e velocidade linear de 32,4 cm/s. A temperatura do injetor, interface e fonte de íons foi mantida em 250°C. O espectrômetro de massa operou no modo de varredura registrando íons na faixa de 20 a 400 m/z com um tempo de varredura de 150 ms e foram comparados com os compostos de referência da biblioteca NIST 17.

## 2.6 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA DAS FARINHAS

As farinhas foram submetidas a análise microbiológicas de presença de *salmonella* spp, *Bacillus cereus* e *Escherichia coli*, segundo a metodologia da American Public Association (APHA,2001), e obedecendo os padrões estabelecidos pela legislação brasileira através da Resolução de Diretoria Colegiada - RDC nº 724, e Instrução Normativa- IN nº 161, de 1º de julho de 2022, ao qual estabelece padrão microbiológico para farinhas, indicado no item 19, estabelece contagem máxima para *Bacillus cereus* <10<sup>3</sup> UFC/g, *Escherichia coli* <10<sup>2</sup>UFC/g e ausência de *salmonella* spp em 25 g do produto.

## 2.7 PERFIL DE TEXTURA

A dureza dos biscoitos foi avaliada em *Texturômetro TA-XT2 Texture Technologies Corp software (Exponent Stable Micro Systems)*, utilizando lâmina de aço retangular (*Warner Bratzler*, reversible, probe HDP/BSK) e plataforma HDP/90, na qual os biscoitos foram dispostos horizontalmente e cortados ao meio. A análise foi realizada com doze amostras de biscoitos de cada formulação, e os resultados foram expressos em Newton (N) e representaram a média aritmética de doze determinações de força de ruptura para amostras provenientes de um mesmo ensaio. Os parâmetros utilizados nos testes foram: velocidade pré-teste = 1,5 mm s-

1; velocidade de teste = 2,0 mm s<sup>-1</sup>; velocidade pós-teste = 2,0 mm s<sup>-1</sup>; força de contato = 20 g e distância 30,0 mm, Data Acquisition Rate de 400 pps.

## 2.8 ATIVIDADE DE ÁGUA (AW), PH, ACIDEZ TOTAL

A atividade de água dos biscoitos e das farinhas foram avaliadas conforme as instruções do equipamento *AquaLab*® (Série 3TE, Pullman, WA). Para a análise de pH, 5g da amostra foram pesados e diluídos em 50 mL de água. A determinação do pH foi realizada por meio de um potenciômetro, seguindo o método n° 943.71 da AOAC (2016). A acidez total foi medida por volumetria potenciométrica, de acordo com o método n° 937.05 da AOAC (2016). Para isso, 2 g da amostra dos biscoitos foram pesados, diluídos em 50 mL de água destilada e fenolftaleína foi utilizada como indicador. A titulação foi conduzida com solução de hidróxido de sódio 0,1 N e calculada de acordo com a equação 4.

$$\text{Acidez total} = \frac{VXFfX100}{PXC}$$

Em que: v e o volume de mL da solução de hidróxido de sódio 0,1 N gasto na titulação, f e o fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1 N e P e o número de g da amostra, c e a correção para a solução de hidróxido de sódio 0,1 N.

## 2.9 ANALISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). Foi aplicado o teste Fisher para comparação múltipla entre as médias, ao nível de significância de 5%, usando o software *statgraphics centurion* versão 19.06.01.

## 3.RESULTADOS E DISCUSÃO

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS FARINHAS DE SUBPRODUTOS DE BARU (*DIPTERYX ALATA VOG*)

#### 3.1.1 Composição centesimal e análise microbiológica

A Tabela 2 apresenta os resultados da composição centesimal das farinhas de subproduto de baru, as quais foram empregadas como matéria-prima na produção dos biscoitos destinados a cão. Ao analisar os resultados da caracterização físico-químicas das duas farinhas, observou-se que há diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) entre elas, especialmente em relação aos teores de umidade, cinzas, proteínas, fibras e lipídeos.

Segundo as diretrizes da Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) n° 711, datada de 1º de julho de 2022, emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que estipula 15 g 100 g<sup>-1</sup> como o valor máximo permitido nos materiais farináceos (Brasil, 2022). Os teores de umidade apresentados neste trabalho estão em plena conformidade com as normas legais vigentes.

**Tabela.2** Composição centesimal e microbiológica das farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata Vog*) utilizada na formulação de biscoitos para cão.

Parâmetros (g 100 g <sup>-1</sup> )	FCB1 (b.s.)	FTDB2 (b.s.)
Umidade	10,50±0,15 <sup>A</sup>	3,68±0,09 <sup>B</sup>
Cinzas	3,92±0,29 <sup>A</sup>	4,11±0,01 <sup>B</sup>
Lipídios	1,00±0,06 <sup>A</sup>	24,89±0,60 <sup>B</sup>
Proteínas	5,34±0,5 <sup>A</sup>	25,93±0,04 <sup>A</sup>
Carboidratos	79,72 <sup>A</sup>	41,39 <sup>B</sup>
Fibras total	59,67 <sup>A</sup>	6,15 <sup>B</sup>
Valor energético total (kcal g 100 g <sup>-1</sup> )	349,24 <sup>A</sup>	498,49 <sup>B</sup>
Atividade da água (Aw)	0,470±0,004 <sup>B</sup>	0,44±0,02 <sup>A</sup>
Análise microbiológica		
E. coli	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Bacillus cereus	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Salmonella spp	Ausência em 25 g	Ausência em 25g

Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças (p<0,05) medidas pelo teste de LSD de Fisher<sup>1</sup> FCB; farinha de casca de baru, <sup>2</sup>FTDB, farinha de torta desengordura de baru, UFC; unidade formadora de colônia.

Quanto ao conteúdo das cinzas, o valor foi mais expressivo na farinha da CB (3,50 g 100 g<sup>-1</sup>), inferior ao encontrado por Abud e Narain (2009), na farinha de resíduos de processamento da polpa de umbu (*Spondias tuberosa Arruda Câmara*) e maracujá (*Passiflora edulis*), com 12,50 e 4,41g100 g<sup>-1</sup> respectivamente. O conteúdo mineral da farinha TDB foi inferior ao relado por Moreira et al. (2022), para farinha da torta de baru (3,54 g 100 g<sup>-1</sup>), mais superior ao obtido por Borges et al. (2019), para farinha de castanha doce Europeia (*Castanea sativa* Mill) 1,67 g100 g<sup>-1</sup>.

No que se refere aos teores de proteínas e lipídios, é notável que a farinha de TDB apresentou cerca de oito vezes mais superior em ambos os parâmetros que a farinha de CB. Em uma análise da composição centesimal da farinha de baru (*Dipteryx alata Vog*) parcialmente desengordurada realizada por Caetano et al. (2017), foram constatados teores significativamente altos de lipídios. No entanto, é importante ressaltar que o teor de proteína nesta farinha foi relativamente baixo do valor relatado neste estudo, com (56,12 e 12,67 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente), o que difere um pouco dos valores de Borges et al., (2022), que obtiveram teores elevados de lipídios e proteínas 25,12 e 34,42 g 100 g<sup>-1</sup>. Moreira et al. (2022), justificam o alto teor de lipídios na farinha da torta de baru pode ser atribuído ao sistema de prensagem mecânica, que não foi capaz de remover todo o teor de óleo presente na amêndoa.

O conteúdo proteico e lipídico da farinha de CB revelou-se inferior em comparação com os resultados obtidos por Viana et al. (2023), os quais apresentaram níveis substanciais de proteínas e lipídios, entre 10,05 e 1,79 g 100 g<sup>-1</sup> para farinha de polpa de baru. Adicionalmente, a farinha de CB também demonstrou teores inferior destes parâmetros em relação com a farinha de cascas de banana maçã e prata (*musa spp*), que obtiveram teores de proteína de 9,97 e 7,10 g 100 g<sup>-1</sup>, e de lipídios de 8,49 e 11,67 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente (Castilho; Alcantara; Clemente, 2014).

A análise centesimal das farinhas revela diferenças estatísticas significativas ( $p < 0,05$ ) nos teores de carboidratos e fibras, conforme demonstrado na (Tabela 2). A farinha de CB se destacou pelos teores elevados de carboidratos e fibras (79,72 e 59,67 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente), superiores aos reportados por Santiago et al. (2018), para a casca de baru 51,05 e 24,1 g 100 g<sup>-1</sup>, e farinha de bagaço de azeitona (*Olea europaea L.*) 11,71 e 43,75 g 100 g<sup>-1</sup> (Trindade et al., 2023). Enquanto que a farinha de TDB apresentou teores baixos para esses parâmetros, (41,39 e 6,15 g 100 g<sup>-1</sup>), Pagliarini et al. (2018), obtiveram baixos teores de carboidratos e uma quantidade significativamente elevada de fibras na farinha de amêndoa de baru, com valores de 18,51 g e 15,68 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Em contrapartida, Clerici, Oliveira e Nabeshema (2013), reportaram teores elevados de carboidratos e fibras na farinha

desengordurada de gergelim (*Sesamum indicum*), com valores de 37,26 e 32,41 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente. Os carboidratos fornecem energia e ajudam na digestão e assimilação de outros nutrientes, Ehiabhi et al., (2012) e podem ser correlacionados com o conteúdo de fibra alimentar, o consumo da fibra que têm sido associadas a efeitos benéficos para a saúde humana e animal, por vezes consideradas úteis para a prevenção da obesidade devido à indução de uma boa digestão intestinal (Borges et al., 2008; Fustier et al., 2009).

O Valor energético total da farinha de CB revelou-se significativamente inferior quando comparado com o da farinha de TDB (349,24 g e 498,49 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente). Esta disparidade pode ser atribuída ao baixo teor de lipídios e proteínas na farinha de CB, confirmando a vantagem desta farinha de baixo valor energético como um potencial redutor de riscos associados à obesidade e a doenças crônicas, tais como hipertensão, diabetes e doença metabólica. Que pode ser utilizada para o desenvolvimento de novos produtos alimentares que promovam a saúde.

Os valores de atividade de água obtidos nas farinhas dos subprodutos do baru foi abaixo de 0,60, demonstram a capacidade de retardar ações indesejáveis de microrganismos e enzimas. No âmbito da análise microbiológica da farinha, foi realizada obedecendo os padrões estabelecidos pela legislação brasileira, por meio da Resolução de Diretoria Colegiada - RDC n° 724, e Instrução Normativa- IN n° 161, de 1° de julho de 2022, e apresentaram valores <10 UFC/g para *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* e ausência para *salmonella* spp em 25 g para as farinhas do subproduto de baru. Esses resultados atestam uma qualidade satisfatória, tornando as farinhas derivadas dos subprodutos adequadas para serem incorporadas em formulações alimentares.

### 3.1.2 Compostos fenólicos totais, flavonoides totais e capacidade antioxidante das farinhas de subprodutos do baru

Na Tabela 3 estão apresentados os resultados dos compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante pelo ensaio de ABTS<sup>+</sup> das farinhas de subprodutos de baru.

**Tabela.3** Compostos fenólicos totais (CFT), flavonoides totais e atividade antioxidante das farinhas casca (FCB) e torta desengordurada de baru (FTDB).

Compostos bioativos	FCB	FTDB
<sup>1</sup> CFT	14525±,1114 <sup>A</sup>	12532 ±, 2049 <sup>B</sup>
<sup>2</sup> FT	442,72±12,86 <sup>B</sup>	1751,45±19,23 <sup>A</sup>
<sup>3</sup> ABTS <sup>+</sup>	2,173±0,07 <sup>A</sup>	1,885±0,15 <sup>B</sup>

Dados expresso média  $\pm$  DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) medidas pelo teste de LSD de Fisher.<sup>1</sup> mg EAG 100 g<sup>-1</sup>; <sup>2</sup>mg CE 100 g<sup>-1</sup>; <sup>3</sup> Trolex  $\mu\text{mol L}^{-1}$

Os compostos fenólicos e a atividade antioxidante das farinhas dos subprodutos de baru foram analisados para explorar suas propriedades benéficas, com o intuito de aplicá-los de maneira otimizada na produção de biscoitos para cão.

Foram identificadas diferenças estatísticas entre as farinhas dos subprodutos de baru analisados neste estudo ( $p < 0,05$ ). Todas as amostras revelaram quantidades significativas de compostos fenólicos, com os extratos das farinhas variando entre 12532 e 14525 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>. Destaca-se que a farinha de CB apresentou um teor elevado de compostos fenólicos totais, 14525 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, aproximadamente o dobro em comparação com a farinha de TDB, superior ao teor de compostos fenólicos totais obtidos no pó da casca de lichia (*Litchi chinensis*) 1578 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> por Vinha; Ferchal e Sousa (2021), Omena et al., (2012) encontraram teores inferiores de compostos fenólicos para farinha de casca de umbum (*Spondias tuberosa L*) 5250,0 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, mais também superior ao relatados para farinha das cascas de banana Cavendish em diferentes estágios de maturação (*Musa AAA*), (590 -2900 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>) (Khawas; Deka, 2016; Rebello et al., 2014).

O conteúdo de CFT encontrado para a farinha de TDB foi de 12532 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, dez vezes superior ao obtido por Burbano e Correa, (2021) para a farinha desengordurada de noz (*Juglans regia L.*) 10,9 mg EAG 100 g<sup>-1</sup>, farinha de torta parcialmente desengordura de baru 121,34 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> observados por De Oliveira Pineli et al. (2015), Kornsteiner; Wagne; e Elmadf, (2006); Yang; Liu; e Halim (2009), relataram teores inferiores de CFT para farinha de amêndoa (*Prunus dulcis Mill*) de 130 a 459 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> e de 326 a 552 mg EAG 100 g<sup>-1</sup> para amendoim (*Arachis hypogaea L.*). Os compostos fenólicos são metabólitos secundários encontrados em plantas, desempenhando um papel crucial como mecanismo de defesa contra predadores. Eles tendem a ser produzidos em maior quantidade nas partes aéreas das plantas, como folhas e cascas. Isso pode explicar por que a farinha derivada da casca de baru apresentou um teor mais elevado desses compostos.

O consumo de alimentos ricos em compostos fenólicos pode auxiliar no tratamento ou prevenção de diferentes doenças crônicas em animais e humanos. Doenças como diabetes, doenças cardiovasculares e doenças neurodegenerativas (Garcia-Conesa; Larosa, 2020; Luca et al. 2020).

Relativamente ao teor de flavonoides totais, os resultados mostraram se contrário aos compostos fenólicos totais, a farinha de TDB apresentou alto teor de flavonoides totais

1751,45 mg CE 100 g<sup>-1</sup>, Carochó et al. (2012), encontraram teores inferior de flavonoides totais de 234 mg CE 100 g<sup>-1</sup> para farinha de castanhas liofilizadas de Portugal (*Castanea sativa Mil*), Yang et al.(2009), também obtiveram conteúdo inferior de flavonoide total para Castanha do Pará e macadâmias com 107 e 140 mg CE 100 g<sup>-1</sup> respectivamente.

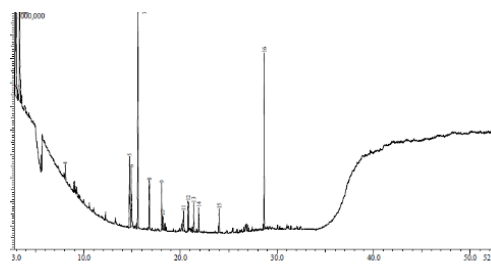
Os resultados de flavonoides totais da farinha de CB foram superiores ao obtidos por Vella; Cautela e Laratta (2019), para farinha de casca de melão (*Cucumis melo L*) 15,19 mg CE 100 g<sup>-1</sup>, mais inferior ao relatado por Correira et al. (2012), para pó de acerola (*Malpighia emarginata*), Jambolão (*Syzygium cominho*), Pitanga (*Eugenia uniflora*) e caja-umbu (*Spondias sp*) 8839,33,7752,67, 4253,17 e 518,63 mg CE 100 g<sup>-1</sup> respectivamente. A farinha da torta desengordurada de baru apresentou um teor significativamente alto de flavonoides totais, o que pode ser atribuído ao processo de prensagem. Esse método pode influenciar a degradação dos compostos presentes no óleo e na própria torta desengordurada de baru, ou até mesmo facilitar sua volatilização (Savoire; Lanoisellé; Varobiev, 2013).

Ao avaliar a capacidade de eliminação de radicais pelo ensaio ABTS, o extrato da farinha de TDB obteve uma capacidade de antioxidante de 1,885 Trolox  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , ligeiramente superior ao obtido por Ramos et al. (2021), nos extratos de amêndoa de pequi (*Caryocar brasiliense Camb*) 1,59 Trolox  $\mu\text{mol L}^{-1}$ , mais cinco vezes inferior ao observado nos extratos da noz maya (*Brosimum alicastrum*) 92,55 Trolox  $\mu\text{mol L}^{-1}$  e noz (*Juglans regia L*) 92,1 Trolox  $\mu\text{mol L}^{-1}$  (Ozer,2017).

### 3.1.3 Análise CG-MS das farinhas do subproduto de baru (*Dipteryx alata Vog*).

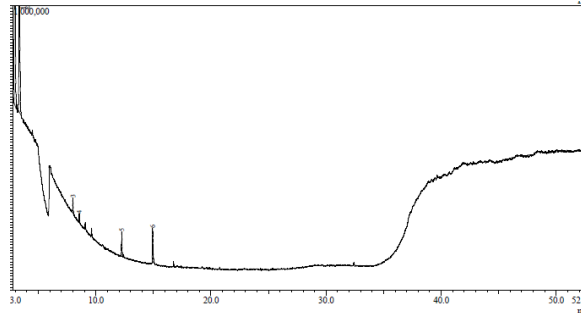
São apresentados os resultados da caracterização e identificação dos compostos bioativos presentes nas farinhas dos subprodutos de baru (*Dipteryx alata Vog*) determinados pela análise de CG/MS (Figura 2, e 3) e (Tabela 4).

Foram identificados um total de dezoito picos, correspondente a diversas classes de compostos orgânicos, (Tabela 4). O composto majoritário detectado foi o etanol, presente em concentrações de (49,1%) na farinha TDB e (21,53%) na farinha CB.



**Figura2:** Cromatograma da farinha da casca de baru (*Dipteryx alata* Vog)

Fonte: Própria,2023

**Figura3:** Cromatograma da farinha da torta desengordura de baru (*Dipteryx alata* Vog)

Fonte: Própria,2023

A presença de etanol em alimentos é comumente associada à fermentação, um processo que ocorre frequentemente em frutos durante o seu processo de deterioração. No entanto, observou-se que essa substância já foi identificada previamente em frutos frescos (Zhu; Park; Baker, 2003).

O segundo composto predominante foi o metanol, com concentrações de 39,9% na farinha TDB e 14,83% na farinha CB. O metanol é conhecido por ser um composto odorífero e tóxico, afetando o sistema nervoso central. As plantas geram metanol intracelularmente através da reação de desmetilação de macromoléculas como DNA, RNA e proteínas (Dorokhov et al., 2018).

Estimativas de derivados alimentares indicam a presença de metanol em humanos, sendo 7,9 mg/kg em feijões, lentilhas e ervilhas (National Toxicology Program, 2003). Contudo, um estudo de Gürler et al. (2022), revelou teores elevados de metanol, atingindo 150 mg/kg em vegetais como tomate, berinjela e picles, e 130-390 mg/kg em leguminosas como feijão, milho e ervilha, possivelmente devido ao processamento alimentar. A presença de álcoois em frutos está associada ao aroma, podendo resultar em off flavors, relacionados a notas de ardência e pungência (Senesi et al., 2005).

O terceiro composto majoritário foi o copaene, também conhecido como  $\alpha$ -Copaene, um sesquiterpeno não oxigenado presente predominantemente na farinha da CB, com uma concentração de 19,0%. Este composto é reconhecido por ser um dos constituintes principais do óleo de copaíba, conhecido por suas propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e

cicatrizantes (Brito et al., 2005). Estudos demonstraram que o óleo de copaíba pode inibir o crescimento de bactérias e fungos (Veiga; Pinto, 2002).

**Tabela.4** Lista dos constituintes ativos das farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata* Vog).

No.	Nome dos compostos	Formula molecular	% Relativo de cada farinha	
			FCB	FTDB
1	Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH	6.15	5.16
2	Methyl Alcohol	CH <sub>3</sub> OH	14.83	39.92
3	Alpha. -Cubebene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	6.08	-
4	Butanal, 3-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> O	1.23	-
5	1- Butanol, 3-methyl-	C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> O	-	1.09
6	Copaene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	19.00	-
7	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-methylethenyl	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	3.85	-
8	Caryophyllene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.07	-
9	Gamma. -Muurolene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	1.64	-
10	D-Limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.08	1.72
11	Ethanol	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	21.53	49.1
12	Germacrene D	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.46	-
13	1-Hexanol	C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> O	-	2.96
14	Hexanoic acid	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>2</sub>	1.93	-
15	1S,2E,6E,10R)-3,7,11,11-Tetramethylbicyclo	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	3.88	-
16	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1,7	C <sub>22</sub> H <sub>8</sub> O	10.50	-
17	1R,2S,6S,7S,8S)-8-Isopropyl-1-methyl-3-methy	C <sub>15</sub> H <sub>22</sub>	2.27	-
18	Naphthalene, 1,2,4a,5,8,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	2.48	-

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS BISCOITOS

### 3.2.1 Composição centesimal dos Biscoitos

Na Tabela 5, estão apresentados os resultados da análise de composição centesimal dos biscoitos elaborados com as farinhas de casca de baru (CB) e torta desengordurada de baru (TDB). Em todos os biscoitos analisados, o componente predominante foi o carboidrato, seguido por lipídios, proteína e umidade.

**Tabela 5.** Composição centesimal, (b.s.) e valor energético total dos biscoitos elaborados com substituição da farinha de casca de baru (CB) e torta desengordura de baru (TDB) em diferentes concentrações (%).

Parâmetro (g 100 g <sup>-1</sup> )	Biscoitos	Níveis de substituição da farinha de trigo por farinhas de baru				
		0,0	5%	10%	15%	20%
Umidade	CB1	9,11±0,07 <sup>C</sup>	10,48±0,05 <sup>B</sup>	13,10±0,09 <sup>A</sup>	13,34±0,18 <sup>A</sup>	11,81±0,16 <sup>E</sup>
	TDB2	9,10±0,07 <sup>C</sup>	12,21±0,004 <sup>F</sup>	13,37±0,12 <sup>A</sup>	9,49±0,40 <sup>D</sup>	10,48±0,10 <sup>B</sup>
Cinzas	CB	1,37±0,08 <sup>D</sup>	2,75±0,05 <sup>F</sup>	2,20±0,07 <sup>E</sup>	2,50±0,05 <sup>C</sup>	2,47±0,01 <sup>C</sup>
	TDB	1,37±0,08 <sup>D</sup>	1,24±0,07 <sup>AB</sup>	1,34±0,03 <sup>A</sup>	1,21±0,03 <sup>B</sup>	1,31±0,06 <sup>A</sup>
Proteínas	CB	11,68±0,35 <sup>A</sup>	11,23 ±0,32 <sup>A</sup>	11,93±0,12 <sup>A</sup>	11,45±0,11 <sup>A</sup>	12,19±0,65 <sup>A</sup>
	TDB	11,68±0,35 <sup>A</sup>	12,10±0,02 <sup>A</sup>	13,93±0,79 <sup>B</sup>	14,05±0,70 <sup>B</sup>	15,0,6±0,09 <sup>C</sup>
Lipídios	CB	17,49±0,07 <sup>D</sup>	19,05±1,19 <sup>E</sup>	21,83±0,09 <sup>A</sup>	21,38±0,08 <sup>A</sup>	22,33±0,12 <sup>AB</sup>
	TDB	17,49±0,07 <sup>D</sup>	21,67±0,21 <sup>A</sup>	21,61±0,11 <sup>A</sup>	22,64±0,07 <sup>BC</sup>	23,53±0,37 <sup>C</sup>
Carboidratos	CB	60,38 <sup>C</sup>	56,49 <sup>B</sup>	50,94 <sup>A</sup>	51,33 <sup>A</sup>	51,2 <sup>A</sup>
	TDB	60,38 <sup>C</sup>	52,78 <sup>B</sup>	49,75 <sup>A</sup>	52,61 <sup>B</sup>	49,62 <sup>A</sup>
Valor energético total (kcal g 100 g <sup>-1</sup> )	CB	455,65 <sup>D</sup>	442,33 <sup>A</sup>	447,95 <sup>B</sup>	443,54 <sup>A</sup>	454,53 <sup>C</sup>
	TDB	455,65 <sup>D</sup>	454,55 <sup>D</sup>	449,21 <sup>B</sup>	470,40 <sup>A</sup>	470,49 <sup>A</sup>

Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) medidas pelo teste de LSD de Fisher.<sup>1</sup> Biscoitos casca de baru;<sup>2</sup> Biscoitos torta desengordura de baru.

O teor da umidade dos biscoitos elaborados com substituição das farinhas de subprodutos de baru, casca e torta desengordura, oscilaram entre 10,48 a 13,34 g 100 g<sup>-1</sup>, e de 9,49 a 13,37 g 100 g<sup>-1</sup>, enquanto que o controle foi de 9,11 g 100 g<sup>-1</sup>.

Um destaque significativo pode ser notado no aumento do teor de umidade dos biscoitos quando incorporada a farinha (CB), sobretudo nas concentrações de 10% e 15%. Esse aumento no teor da umidade pode ser atribuído a natureza da fibra presente na farinha, alimentos ricos em fibra, têm como propriedade a capacidade de absorver mais água, formando gel devido à presença de fibra solúvel em sua composição (Agama-Acevedo et al., 2012; Sangnark; Noomhorm, 2004; Cortat et al., 2015).

Em consonância com os resultados do presente estudo, Silva; Andrade; e Gomes (2019) relataram teores de umidade semelhantes em biscoitos elaborados com substituição de 10% e 20% da farinha de caroço de abacate, registrando umidades de 14,04 e 13,87 g 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Entretanto, Queiroz et al. (2017), obtiveram teores superiores de umidade em biscoitos elaborados com farinha de coco, nas concentrações de 5% e 10%, registrando umidades de 16,23 e 23,73 g 100 g<sup>-1</sup> respectivamente.

Nos biscoitos elaborados com a farinha (TDB), observou-se uma tendência de redução no teor de umidade, especialmente nos biscoitos em que houve substituição da farinha, com destaque para as concentrações de 15% e 20%, o que pode ser explicado pelo baixo teor da umidade obtido na farinha da torta desengordurada. Essas observações destacam a diversidade nos teores de umidade relacionados a diferentes fontes de substituição de farinha, sublinhando a complexidade na formulação de produtos alimentícios. Conforme estabelecido pela Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005 da ANVISA, a umidade de biscoitos e bolachas deve ser, no máximo, de 14 g 100 g<sup>-1</sup> (BRASIL, 2005). Portanto, é válido salientar que os biscoitos produzidos se encontram em conformidade com a legislação vigente.

O teor de cinzas nas formulações dos biscoitos variou de 1,20 a 2,75 g 100 g<sup>-1</sup>, os resultados apontam para um aumento significativo no conteúdo de cinzas, nos biscoitos elaborados com a farinha de (CB) em comparação com a formulação de controle ( $p < 0,05$ ). Esse resultado alinha-se com achados de Mariani et al. (2015), que também registrou um aumento significativo no teor de cinzas em biscoitos à medida que a concentração de farelo de arroz na formulação foi aumentada, variando de 1,56% a 4,23%.

Clerici et al. (2013), corroboraram esses resultados em seu estudo sobre biscoitos elaborados com 10% de substituição de farinha desengordurada de gergelim pela farinha de trigo, resultando em teores de cinzas de 1,83 g 100 g<sup>-1</sup>. Importante destacar que os valores apresentados na Tabela 4 estão em conformidade com a Resolução – CNNPA N° 12 de 1978

(BRASIL 1978), que estipula um teor máximo de 3,0% de cinzas para biscoitos. Portanto, os resultados evidenciam a conformidade com as regulamentações vigentes. Além disso, a literatura ressalta que um teor elevado de cinzas em alimentos para cães, como indicado por Johndon et al. (1998), pode restringir a absorção de outros nutrientes.

Observou-se um aumento significativo no teor de proteína nos biscoitos à medida que a concentração da farinha de torta desengordurada de baru (TDB) foi incrementada, atribuído à riqueza proteica dessa farinha. Os biscoitos elaborados com 20% de farinha de TDB e casca residual de baru (CB) apresentaram valores significativamente superior em comparação com as demais formulações. Melini et al. (2017), observaram teores inferior de proteína em biscoitos para animais de estimação elaborados com farinha de alfarroba e cotilédones, variando de 10,7 a 13,3 g 100 g<sup>-1</sup> de proteína. Poppi et al. (2023), reportaram teores elevados de proteínas em biscoitos para cães elaborados com diferentes farinhas de peixe e vísceras de frango, registrando valores entre 18,24 e 18,89 g 100 g<sup>-1</sup>.

No que concerne ao teor de lipídios, foram identificadas diferenças significativas entre as formulações ( $p < 0,05$ ). Foi observado um aumento no conteúdo lipídico à medida que o nível de substituição da farinha de trigo pelas farinhas de ambos os subprodutos de baru foi aumentado. Os biscoitos da formulação controle e aqueles com 5% de farinha de casca residual de baru (CB) apresentaram baixos teores lipídicos, 17,49 e 19,05 g por 100 g<sup>-1</sup>, respectivamente. Outro aspecto a considerar foi que os biscoitos adicionados com 20% de farinha de torta desengordurada de baru (TDB) exibiram teores elevados de lipídios.

Coradini et al. (2018), constataram teores inferiores de lipídios, equivalentes a 6,06%, em biscoitos para cães elaborados com farinha de peixes. Contudo, De Souza et al. (2021), obtiveram teores mais baixos de lipídios, variando de 0,52 a 1,75 g por 100 g<sup>-1</sup>, em petiscos para cães preparados com diferentes concentrações (0%, 10%, 20% e 30%) de farinha de carcaça de cabeça de tilápia. Segundo Mariani et al. (2015), afirmam que o conteúdo lipídico de alimentos pode variar conforme a quantidade e o tipo de ingredientes utilizados. Esses autores mencionaram que diferentes proporções de farinha de arroz, farinha de soja e farelo de arroz em formulação de biscoitos contribuíram significativamente para incrementos do conteúdo lipídico desses produtos. A Federação Europeia da Indústria de Alimentos para Animais de Estimação (FEDIAF, 2020), estabelecem como recomendação mínima para as necessidades nutricionais diárias um teor de 18 g de proteína e 5,5 g de lipídios por 100 g<sup>-1</sup>. A proteína destaca-se como o nutriente mais crucial, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento corporal (Cuesta et al., 2015). Essencial para o adequado funcionamento dos processos digestivos, na geração de energia, na coagulação sanguínea e na contração muscular,

a sua carência na dieta pode resultar na redução do peso corporal (Keçińska-Pacelik; Biel, 2021). Geralmente, os biscoitos são oferecidos aos animais como uma forma de agradá-los, não sendo necessário que sejam produtos com um elevado teor desses macronutrientes. No entanto, é claro que podem representar uma forma adicional de complementar a alimentação diária do animal.

O teor de carboidratos foi significativamente superior no biscoito da formulação controle, a  $60,38 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ , o menor teor de carboidratos foi observado no biscoito da formulação com maior concentração da farinha TDB, o que pode estar relacionado ao alto conteúdo de proteína e lipídio,  $15,06$  e  $23,53 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  respectivamente. Verificou-se que, à medida que o nível de substituição da farinha de trigo pelas farinhas provenientes de ambos os subprodutos de baru aumentava, observou-se uma diminuição no teor de carboidratos nos biscoitos. Osama et al. (2023), reportaram um efeito oposto, em biscoitos enriquecidos com farinha da fruta *Neolamarckia cadamba*, o teor de carboidratos aumentou de forma significativo com nível de substituição da farinha da fruta, onde apresentaram valores superior de  $56,76$  a  $59,46 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$  deste macronutriente quando comprado ao deste estudo.

Com relação ao conteúdo do valor calórico, o alto teor deste componente foi constatado nos biscoitos com máxima substituição das farinhas de subprodutos de baru  $20 \%$  com  $470,45 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$  para biscoitos adicionados farinha de TDB e  $454,53 \text{ kcal } 100 \text{ g}^{-1}$  para biscoitos confeccionados com farinha de CB, uma diferença de  $16 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1}$ . Entretanto, a substituição da farinha de TDB nas formulações, contribuiu para o aumento no valor energético dos biscoitos em comparação com os biscoitos de CB, atribuindo-se esse efeito ao elevado teor de lipídios presente na farinha de TDB.

### 3.2.2 Cor instrumental dos biscoitos

A cor dos biscoitos foi avaliada por meio dos parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , conforme o sistema de cores padronizado pela CieLab, segundo Granato e Masson (2010), o parâmetro  $L^*$ , relacionado à luminosidade, indica a claridade ou escuridão da amostra, com 0 representando totalmente escuro (preto) e 100 totalmente claro (branco). A coordenada cromática  $a^*$  define se a amostra tende à vermelhidão (valores entre 0 e 100) ou ao esverdeado (valores de -80 a 0). Por sua vez, a coordenada cromática  $b^*$  define a cor em relação ao amarelo (0 a 70) ou ao azul (-100 a 0). Os resultados da cor dos biscoitos estão apresentados na Tabela 6.

Quanto à coloração dos biscoitos, à medida que ocorreu a substituição da farinha de trigo por farinha de CB e TDB, observou-se uma diminuição nos valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Isso

resultou em biscoitos que apresentam uma inclinação para tons mais escuros, com nuances de vermelho e amarelo.

Como esperado os biscoitos do tratamento de controle apresentou maior valor de  $L^*$  e  $b^*$  (57,83 e 35,84). À medida que o nível de percentual de farinha derivada dos subprodutos do baru aumentou, o parâmetro  $L^*$  dos biscoitos tornou se mais escuro.

**Tabela.6** Cor instrumental dos biscoitos.

		Níveis de substituição da farinha de trigo por farinhas de baru				
Cor	Biscoitos	0,0	5%	10%	15%	20%
$L^*$	CB	57,83±3,30 <sup>E</sup>	52,70±0,43 <sup>CD</sup>	50,06±1,72 <sup>B</sup>	45,89±1,69 <sup>A</sup>	45,49±0,47 <sup>A</sup>
	TDB	57,83±3,30 <sup>E</sup>	54,56±2,30 <sup>D</sup>	53,10±1,90 <sup>CD</sup>	54,20±2,13 <sup>D</sup>	51,20±2,31 <sup>BC</sup>
$a^*$	CB	11,32±1,09 <sup>C</sup>	11,77±0,51 <sup>CD</sup>	11,26±0,52 <sup>C</sup>	12,49±0,84 <sup>D</sup>	11,22±0,36 <sup>C</sup>
	TDB	11,32±1,09 <sup>C</sup>	9,80±0,55 <sup>B</sup>	8,15±0,40 <sup>A</sup>	8,07±0,54 <sup>A</sup>	9,50±1,77 <sup>B</sup>
$b^*$	CB	35,84±1,20 <sup>E</sup>	33,47±0,84 <sup>D</sup>	31,45±1,12 <sup>BC</sup>	30,17±1,10 <sup>B</sup>	27,96±0,70 <sup>A</sup>
	TDB	35,84±1,20 <sup>E</sup>	31,78±1,65 <sup>CD</sup>	28,09±2,08 <sup>A</sup>	27,92±2,04 <sup>A</sup>	26,30±1,12 <sup>A</sup>

Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças ( $p < 0,05$ ) medidas pelo teste de LSD de Fisher. Luminosidade,  $a^*$  e  $b^*$  representam as coordenadas de cromaticidade ( $c^*$ ).



**Figura4.** Biscoitos com substituição de farinha trigo por da farinha da torta desengordurada de baru (c); biscoitos com substituição de farinha de trigo por da farinha da casca de baru (d).

Fonte: Própria,2023

Entretanto, a redução na luminosidade foi mais expressiva nos níveis de percentual de 15% e 20% nos biscoitos confeccionados pela farinha da CB, com valores de 45,89 e 45,49, respectivamente. Por outro lado, nos biscoitos adicionados com farinhas de TDB, o menor valor de  $L^*$  (51,20) foi observado naquele com o maior percentual dessa farinha 20%. Esse padrão

de comportamento assemelha-se ao observado por Gurram e Sharma (2019), que estudaram biscoitos preparados com farinha de trigo e milheto, fortificados com pó de casca de laranja (com substituição variando de 3% a 15%), e constataram que, à medida que aumentava a concentração do pó da casca de laranja, diminuía o valor  $L^*$ , indo de 91,57 (com 3% pó de casca de laranja) a 53,85 (com 15% de pó de casca de laranja).

Os resultados das coordenadas  $a^*$  para os biscoitos preparados com farinha de TDB e farinha de CB, revelaram uma propensão a tonalidades avermelhadas. No entanto, foi observada uma diminuição no valor de  $a^*$  à medida que a concentração de farinha de TDB aumentou. O menor valor de  $a^*$  foi registrado nos biscoitos com 10% e 15% de farinha de TDB em comparação com os biscoitos de controle, apresentando valores de 11,32, 8,15 e 8,07, respectivamente.

No que diz respeito as coordenadas  $b^*$ , que indica uma inclinação para tons amarelos, os valores foram positivos e mostraram uma tendência de diminuição. Esses valores diminuiram de 35,84 nos biscoitos da formulação de controle para 27,96 e 26,30 nos biscoitos com 20% de farinha de CB e TDB, respectivamente. Comparativamente, o estudo de Masmoudi et al. (2021), sobre biscoitos enriquecidos com farinha de jujuba (*Zizyphus lotus* L.) nas concentrações de 5%, 10% e 15% também revelou resultados semelhantes. Constatou-se um aumento nos valores da coordenada  $a^*$  e uma diminuição nos valores da coordenada  $b^*$  à medida que a concentração de farinha de jujuba aumentou. Os valores de cromaticidade  $a^*$  variaram de 5,39, 6,65 e 7,43, enquanto os valores da coordenada  $b^*$  variaram de 26,57, 24,10 e 23,23, respectivamente

A cor ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) dos biscoitos é predominantemente desenvolvida nas fases finais do processo de cozimento, sendo resultado da reação de Maillard, reação esta que ocorre entre aminoácidos ou proteínas e um carboidrato redutor, proporcionando aspecto dourado aos alimentos após o cozimento (Souza et al., 2023). Além da composição dos ingredientes, diversos fatores, como o tempo de cozimento e as condições atmosféricas, podem impactar nas características de cor (Kulthe; Thorat; Lande, 2017).

### 3.2.3 pH, Acidez total, Atividade de água (aw) e Textura

Na Tabela 7 são apresentados os resultados referentes ao pH, atividade de água, acidez total e textura dos biscoitos produzidos mediante a substituição da farinha de trigo por farinhas de subprodutos de baru.

O pH de um alimento é categorizado em três grupos: muito ácido ( $\text{pH} < 4,0$ ), ácido ( $4,0 < \text{pH} < 4,5$ ) e ligeiramente ácido ( $\text{pH} > 4,5$ ). A otimização do crescimento da maioria dos microrganismos associados a alimentos ocorre na faixa de pH entre 5 e 8, como destacado por

Azeredo et al., (2012). No âmbito do estudo em questão, a substituição das farinhas de subprodutos de baru por farinha de trigo não causou impacto significativo no pH dos biscoitos.

**Tabela.7** pH, acidez total (AT) e atividade de água (Aw) dos biscoitos elaborados com farinhas de subprodutos de baru (*Dipteryx alata* Vog) casca de baru (CB) e torta desengordurada de baru (TDB).

		Níveis de substituição da farinha de trigo por farinhas de baru				
Parâmetros	Biscoitos	0,0	5%	10%	15%	20%
<b>pH</b>	CB	6,34±0,08 <sup>C</sup>	6,32±0,04 <sup>C</sup>	6,32±0,11 <sup>BC</sup>	6,45±0,12 <sup>D</sup>	6,21±0,02 <sup>AB</sup>
	TDB	6,34±0,08 <sup>C</sup>	6,10±0,03 <sup>A</sup>	6,48±0,02 <sup>D</sup>	6,47±0,04 <sup>D</sup>	6,46±0,03 <sup>D</sup>
<b>AT<sup>1</sup></b>	CB	3,41±0,002 <sup>B</sup>	3,41±0,005 <sup>B</sup>	3,79±0,32 <sup>CD</sup>	3,97±0,001 <sup>D</sup>	3,97±0,32 <sup>D</sup>
	TDB	3,41±0,002 <sup>B</sup>	3,98±0,003 <sup>D</sup>	2,84±0,002 <sup>A</sup>	3,41±0,002 <sup>B</sup>	3,60±0,33 <sup>BC</sup>
<b>Aw</b>	CB	0,629±0,04 <sup>A</sup>	0,667±0,01 <sup>B</sup>	0,781±0,003 <sup>DE</sup>	0,792±0,001 <sup>DEF</sup>	0,723±0,03 <sup>C</sup>
	TDB	0,629±0,04 <sup>A</sup>	0,798±0,005 <sup>EF</sup>	0,807±0,005 <sup>F</sup>	0,722±0,007 <sup>C</sup>	0,771±0,01 <sup>D</sup>
<b>Dureza<sup>2</sup></b>	CB	49,40±13,9 <sup>A</sup>	51,16±11,2 <sup>A</sup>	54,46±11,96 <sup>AB</sup>	54,35±8,27 <sup>AB</sup>	57,77±10,4 <sup>AB</sup>
	TDB	49,40±13,9 <sup>A</sup>	55,77±16,12 <sup>AB</sup>	61,52±17 <sup>B</sup>	51,95±9,73 <sup>AB</sup>	52,28±10,45 <sup>AB</sup>

Dados expresso média ± DP. Diferentes letras na mesma linha indicam diferenças (p<0,05) medidas pelo teste de LSD de Fisher, <sup>1</sup>Acidez total em solução molar %(V/m) 0,1NaOH, <sup>2</sup>N.

Contudo, foi observado que o pH dos biscoitos elaborados no presente estudo se aproxima da faixa de neutralidade. Seguindo a classificação proposta por Azeredo et al. (2012), os biscoitos desenvolvidos com farinha de subprodutos de baru podem ser considerados alimentos pouco ácidos, apresentando pH entre 6,10 e 6,48. Ferreira et al. (2020), obtiveram valores semelhantes de pH de 6,25 e 6,63 para biscoitos confeccionados com 20 % de farinha de polpa de baru pré-tratada e não tratada com ácido acético respetivamente. O pH dos biscoitos neste estudo estão dentro do intervalo propício para o crescimento da maioria dos microrganismos, destacando a necessidade de um controle rigoroso durante o armazenamento para garantir a qualidade e a segurança alimentar.

No que diz respeito ao teor de acidez total (AT), é notável uma inversão de comportamento nos biscoitos elaborados com farinha de CB e TDB. Com a substituição das farinhas de subprodutos de baru, constatou-se um aumento nos níveis de AT para os biscoitos produzidos com CRB, ao passo que ocorreu uma diminuição nos valores de AT para os biscoitos confeccionados com a farinha de TDB. A determinação da acidez pode fornecer dados importantes para avaliar o estado de conservação do produto, uma vez que um processo de decomposição por hidrólise ou oxidação, muitas vezes altera as características sensoriais e nutricionais do produto (Ferreira et al.,2015).

Relativo ao parâmetro da atividade de água ( $a_w$ ) dos biscoitos verificou-se um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) à medida que os níveis de substituição das farinhas de subprodutos de baru foram progressivamente aumentados, que pode ser atribuído água ligada dos alimentos, fortemente associada a macromoléculas como carboidratos, proteínas e lipídios presente nas farinhas de subprodutos de baru, tornando-se mais desafiadora de ser removida dos alimentos.

Os teores da atividade de água foram consideravelmente altos nos biscoitos formulados com farinhas da TDB nas concentrações de (5 % e 10 %) a 0,798 e 0,807 respectivamente, seguidos dos biscoitos preparados com farinha da CB nos percentuais de (10 % e 15 %) a 0,781 e 0,792 respectivamente. Os resultados da atividade de água ( $a_w$ ) obtidos neste estudo contrastam com o observado por Hikpah; Kores; e Osman (2023), os quais relataram que biscoitos destinados ao consumo humano e com substituição da farinha da polpa de carité (*Vitellaria paradoxa*) nas concentrações de 5% e 25% apresentaram uma diminuição nos valores de atividade de água, de 0,348 para 0,185, respectivamente.

A atividade de água ( $A_w$ ) é parâmetro importante de qualidade de produtos panificados devido à sua influência na textura, vida útil do produto após o cozimento e durante o armazenamento (Korese et al., 2021; Malavi et al., 2022). Teores elevados de atividade de água nos alimentos não é desejável, pois favorece a proliferação de bolores e leveduras. Salientar que a atividade de água dos biscoitos produzidos neste estudo situa-se ligeiramente abaixo do limiar em que se torna provável a ocorrência de alterações enzimáticas (0,85) e acima do limite propício para o crescimento microbiano (0,6) (SafeFood360, 2014).

Os resultados da análise de dureza indicam que a inclusão das farinhas de subprodutos de baru nas formulações dos biscoitos não apresentou diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre elas. Os biscoitos da formulação de controle obtiveram o menor valor de dureza (49,40 N), ao passo que, o aumento dos níveis da concentração das farinhas de baru, observou-se um incremento na dureza. Biscoitos formulados com 5% e 10% de farinha (TDB) apresentaram

teores elevados de dureza (55,77 e 61,52 N), seguidos pelos biscoitos formulados com farinha de (CB) nos níveis de concentração de 10% e 20%, que obtiveram valores de dureza de 54,46 e 57,77 N, respectivamente.

O aumento na dureza dos biscoitos pode ser atribuído a interações na formação da rede de glúten, influenciadas pela presença de fibras nas farinhas dos subprodutos de baru, as quais tendem a conferir maior rigidez quando combinadas com outros ingredientes utilizados na formulação dos biscoitos (Laganà et al.,2022).

Comportamento diferente foi observado no estudo de Bick; Fogaça; e Storck (2014), que observaram que o aumento de farinha de quinoa (*Chenopodium quinoa*) nos biscoitos para consumo humano sem glúten nos níveis de percentuais de 10 % 20 % e 30 %, favorecem a diminuição significativa desse parâmetro, com valores de (12,4,10,9 e 8,5 N) ocasionado provavelmente devido ao enfraquecimento da rede de glúten.

As proteínas do glúten formam uma rede contínua dentro da estrutura da massa após a hidratação durante o amassamento. Quando aquecidos com água, os grânulos de amido incham e gelatinizam, perdendo a cristalinidade e a ordem molecular. Este fenômeno contribui para a formação da matriz da massa (Santos et al.,2021). Durante o resfriamento e armazenamento do amido gelatinizado ocorre a retrogradação, que envolve alterações como a reassociação e cristalização da molécula do amido, contribuindo para o aumento da dureza (Sasaki; yasui; kohyama, 2008).

#### 4. CONCLUSÃO

As farinhas do subproduto de baru (*Dipteryx alata Vog*) emergiram como ingredientes promissores na formulação de alimentos para cão, destacando-se por suas propriedades físico-químicas, impulsionadas pelo conteúdo de compostos bioativos, fibras, proteínas e lipídios.

Essa composição das farinhas desempenhou um papel crucial no desenvolvimento de um novo produto. Observou- que biscoitos elaborados com 15% das farinhas de subproduto de baru em comparação com os biscoitos da formulação controle 0,0 % destacaram-se pelo seu alto teor de lipídios, proteínas e baixo teor de carboidratos.

A substituição das farinhas do subproduto de baru na elaboração de biscoitos para cães revelou efeitos mensuráveis nos parâmetros de atividade de água, cor e dureza. Mais especificamente, nas concentrações de 10%, 15% e 20% para ambas as farinhas influenciaram o aumento nos teores de atividade de água e dureza dos biscoitos.

No que se refere aos resultados obtidos, vale ressaltar que, devido a alguns contratempos, não foi possível realizar algumas análises, como a de fibra alimentar, microbiológica e sensorial dos biscoitos. Sendo necessário realizar estas análises futuramente.

Estes resultados não apenas ratificam a viabilidade da inclusão dessas farinhas em produtos para animais de estimação, mas também enfatizam a influência direta dessas substituições nas características química e físicas dos biscoitos, proporcionando uma perspectiva promissora para a inovação na indústria alimentícia destinada aos animais de estimação.

## AGRADECIMENTOS

A cooperativa produtora da castanha de baru (caxambú) de Pirinópolis-GO pela doação das amostras, Indústria de Produtos Naturais Florir de Sal, localizada em Goiânia/GO e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida, e ao Chamada CNPq/MCTI/FNDCT No 18/2021 - Faixa B - Grupos Consolidados (Processo: 405842/2021-0).

## REFERÊNCIAS

ABINPET (Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação), 2022. Disponível em: [https://www.abinpet.org.br/wpcontent/uploads/2022/08/abinpet\\_folder\\_da\\_dos\\_mercado\\_2022\\_draft3\\_web.pdf](https://www.abinpet.org.br/wpcontent/uploads/2022/08/abinpet_folder_da_dos_mercado_2022_draft3_web.pdf). Acesso em 10 de novembro 2023.

ABUD, A.k.S.; NARAIN, N. Incorporação da farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício. **Brazilian Journal of food technology**, v. 12, n. 4, p. 257-265, 2009.

ACUFF, HL; DAINTON, NA; DHAKAL, J.; KIPROTICH, S.; ALDRICH, G. Sustentabilidade e alimentação para animais de estimação: existe um papel para o veterinário. *Clínicas Veterinárias: Clínica de Pequenos Animais*, v. 51, n. 3, p. 563-581, 2021.

AGAMA-ACEVEDO, E.; ISLAS-HERNÁNDEZ, J. J.; VARGAS, G. P.; DÍAZ, P. O.; BELLO-PÉREZ, A. Starch digestibility and glycemic index of cookies partially substituted with unripe banana flour. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 46, n. 1, p. 77-182, 2012.

ANDRADE, G.; MARRA, E.; CHIMATTI, W.; MENDES, M.; PEREIRA, C. Avaliação da simulação do processo de produção de ração animal a partir do resíduo de mamão e laranja, In: **Anais do XIII Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica**. São Paulo: Blucher, 2019. Disponível em <https://pdf.blucher.com.br/chemicalengineeringproceedings/cobecic2019/ETA61.pdf>. Acesso em 18 de novembro de 2023.

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis**, ed. 19. Gaithersburg, 2016. 3000p.

AZEREDO, H. M. C.; PINTO, G. A. S.; BRITO, E. S.; AZEREDO, R. M. C. Alterações microbiológicas em alimentos durante a estocagem. In: (editora técnica). Fundamentos de estabilidade de alimentos. Brasília: **Embrapa**, 2 ed. rev. e ampl., 2012. p. 15-38.

BICK, M. A.; FOGAÇA, A. D. O.; STORCK, C. R. Biscoitos com diferentes concentrações de farinha de quinoa em substituição parcial à farinha de trigo. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, p. 121-129, 2014.

BORGES, A.; FONSECA, C.; CARREIRA, F.; RODRIGUES, I.; HENRIQUES, M.; VELOSO, A.C.; PERES, A.M. Valorização de subprodutos congelados de castanha: desafios tecnológicos para a produção de farinha sem glúten. **Jornal de Medição e Caracterização de Alimentos**, v.13, p. 864-873, 2019.

BORGES, L. A.; SOUTO, R. N. B.; NASCIMENTO, A. L. A.; SOARES, J. F., PAIVA, C. L., BRANDI, I. V.; LIMA, J. P. Chemical characterization of baru oil and its by-product from the northwest region of Minas Gerais, Brazil. **Grasas y aceites**, v.73, n.2, p.e460-e460, 2022.

BORGES, O.; GONÇALVES, B.; DE CARVALHO, J.L.S.; CORREIA, P.; SILVA, A.P. Qualidade nutricional de cultivares de castanha (*Castanea sativa* Mill.) de Portugal. **Química Alimentar**, v.106, n.3, p.976-984, 2008.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology, Amsterdam**, v.28, p.25-30, 1995.

BRASIL, Resolução n. 12 de 1978, Ministério Da Saúde. Agência Nac. Vigilância Sanitária - **Diário Of. Da União, Poder. Executivo**. Brasília DF, 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução – RDC nº 216, de 15 de setembro de 2004. Dispõem sobre Regulamento Técnico de boas práticas de fabricação para serviços de alimentação. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 16 set. 2004.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 263, de 22 de setembro de 2005. **Diário Oficial. Poder Executivo**, Brasília, DF, 23 set. 2005. Seção 1, p. 368.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 711, de 1º de julho de 2022. **Dispõe sobre os requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães.**

BRITO, M.V.; MOREIRA, R.J.; TAVARES, M.L.; CARBALLO, M.C.; CARNEIRO, T.X.; SANTOS, A.A. Copaiba oil effect on urea and creatinine serum levels in rats submitted to kidney ischemia and reperfusion syndrome. **Acta Cirurgica Brasileira**. vol. 20, no. 3, pp. 243-246,2005.

BURBANO, J.J.; CORREA, M.J. Composição e caracterização físico-química da farinha de nozes, subproduto da extração do óleo. **Alimentos Vegetais para Nutrição Humana**, v.76, n.2, p.233-239,2021.

CAETANO, K. A.; CEOTTO, J. M.; RIBEIRO, A. P. B.; MORAIS, F. P. R. D.; FERRARI, R. A.; PACHECO, M. T. B.; CAPITANI, C. D. Effect of baru (*Dipteryx alata* Vog.) addition on the composition and nutritional quality of cookies. **Food Science and Technology**, v.37, p. 239-245,2017.

CAROCHO, M.; ANTONIO, A. L.; BARROS, L.; BENTO, A.; BOTELHO, M. L.; KALUSKA, I.; FERREIRA, I. C. Comparative effects of gamma and electron beam irradiation on the antioxidant potential of Portuguese chestnuts (*Castanea sativa* Mill.). **Food and Chemical Toxicology**, v.50, n.10, p.3452-3455,2012.

CASTILHO, L. G.; ALCANTARA, B. M.; CLEMENTE, E. The physical-chemical analysis and development of the banana peel meal, the “in natura” banana peel and the unripe banana pulp from the cultivars manzano and chunky. **E-Xacta**, Belo Horizonte, v. 7, n. 2, p. 107-114, 2014.

CHEVALLIER, S.; COLONNA, P.; DELLA VALLE, G.; LOURDIN, D. Contribuição dos principais ingredientes durante o cozimento de sistemas de massa de biscoito. **Journal of Cereal Science**, v.31, n. 3, p.241-252,2000.

CLERICI, M. T. P. S.; OLIVEIRA, M. E. D.; NABESHIMA, E. H. Qualidade física, química e sensorial de biscoitos tipo cookies elaborados com a substituição parcial da farinha de trigo por farinha desengordurada de gergelim. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, p. 139-146,2013.

COMAC. Comissão de Animais de Companhia Coletiva de imprensa: Radar 2021 mercado pet na pandemia. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://www.sindan.org.br/wpcontent/uploads/2021/07/Apresentacao-Radar-2021-Coletiva-de-Imprensa-1.pdf>. Acesso em 30 de outubro de 2023.

CORADINI, M. F.; DE SOUZA FRANCO, M. L. R.; VERDI, R.; KIMUR, K. S.; GASPARINO, E. Palito de cebola com inclusão de farinha aromatizada a partir de carcaças de tilápia-do-nilo. **Boletim do Instituto de Pesca**, v.41(especial), p. 719-728,2018.

CORREIA, R. T.; BORGES, K. C.; MEDEIROS, M. F.; GENOVESE, M. I. Bioactive compounds and phenolic-linked functionality of powdered tropical fruit residues. **Food Science and Technology International**, v.18, n.6, p.539-547,2012.

CORTAT, C. M. G.; GLIELMO, J. L. A. P.; IGLESIAS, R. A.; PEIXOTO, V. O. D. S.; FONTANIVE, R.; CITELLI, M.; ZAGO, L.; SANTANA, I. Desenvolvimento de biscoito tipo cookie isento de glúten à base de farinha de banana verde e óleo de coco. **Revista Hospital Universitário Pedro Ernesto**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 3, p. 20-26, 2015.

COUTINHO, G. S. M. **Elaboração e caracterização de produto fermentado do extrato hidrossolúvel de baru (*Dipteryx alata Vogel*) com banana verde potencialmente simbiótico**. 2020. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2020.

CUESTA, S.M.; RAHMAN, S.A.; FURNHAM, N.; THORNTON, J.M. The classification and evolution of enzyme function. **Biophys. J.**, v.109, p.1082–1086,2015.

CULETU, A.; STOICA-GUZUN, A.; DUTA, D. E. Impact of fat types on the rheological and textural properties of gluten-free oat dough and cookie. **International journal of food science & technology**, v.56, n.1, p.126-137,2021.

DE OLIVEIRA PINELI, L. D. L.; DE CARVALHO, M. V.; DE AGUIAR, L. A.; DE OLIVEIRA, G. T.; CELESTINO, S. M. C.; BOTELHO, R. B. A.; CHIARELLO, M. D. Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. **LWT-Food Science and Technology**, v. 60, n.1, p.50-55,2015.

DE SOUZA PAGLARINI, C.; DE SOUZA QUEIRÓS, M.; TUYAMA, S. S.; MOREIRA, A. C. V.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Characterization of baru nut (*Dipteryx alata* Vog) flour and its application in reduced-fat cupcakes. **Journal of food science and technology**, v. 55, p.164-172,2018.

DE SOUZA, M. L. R.; PENHA, B. G.; OLIVEIRA, G. G.; GASPARINO, E.; GRANZOTO, G. H.; CASETTA, J. Petisco tipo palito para cães com inclusão de diferentes níveis de farinha de carcaça com cabeça de tilápia Stick type snack for dogs with inclusion of different levels of carcass meal with tilapia head. **Brazilian Journal of Development**, v.8, n.4, p.29992-30010,2022.

DOROKHOV, Y. L.; SHESHUKOVA, E. V.; KOMAROVA, T. V. Methanol in plant life. **Frontiers in plant science**.v.871, p.1-6,2018.

EGEA, M. B.; DE OLIVEIRA FILHO, J. G.; CAMPOS, S. B.; LEMES, A. C. The potential of baru (*Dipteryx alata* Vog.) and its fractions for the alternative protein market. **Frontiers in Sustainable Food Systems**, v. 7, p.1148291,2023.

FEDIAF. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. **European Pet Food Industry**, 2020. Disponível em: <https://europeanpetfood.org/>, Acesso em 15 de Janeiro 2024

FERREIRA, M. S.; SANTOS, M. C.; MORO, T. M.; BASTO, G. J.; ANDRADE, R. M.; GONÇALVES, É. C. Formulation and characterization of functional foods based on fruit and vegetable residue flour. **Journal of food science and technology**, v.52, p.822-830,2015.

FERREIRA, T. H. B.; DA SILVA, S. R.; MUNHOZ, C. L.; Argandoña, E. J. S. Elaboration of biscuits type cookies with pre-treated baru (*Dipteryx alata* Vog.) pulp flour. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.14, n.6, p.3156-3162,2020.

FUSTIER, P.; CASTAIGNE, F.; TURGEON, S.L.; BILIADERIS, C.G Interações constituintes da farinha e sua influência na reologia da massa e na qualidade de biscoitos semidoces: Uma abordagem de projeto de mistura com misturas reconstituídas de glúten, solúveis em água e frações de amido. **Journal of Cereal Science**, v.48. n.1, p.144-158,2008.

GARCÍA-CONESA, M. T.; LARROSA, M. Polyphenol-rich foods for human health and disease. **Nutrients**, v.12, n.2, p.400,2020

GÜRLER, M.; MARTZ, W.; TAŞTEKIN, B.; NAJAFOVA, T. DETTMEYER, R. B. Estimates of Non-Alcoholic Food-Derived Ethanol and Methanol Exposure in Humans. **Journal of Analytical Toxicology**, v.46, n.2, p.200-211,2022.

GURRAM, S.; SHARMA, G. P. Development of orange peel powder fortified wheat bajra based biscuit: Evaluation of sensory, nutritional and physical characteristics. **Int. J. Agric. Sci**, v.11, p.8990-8995,2019.

HIKPAH, S. K.; KORESE, J. K.; OSMAN, S. Characterization of physicochemical, antioxidants and sensory properties of cookies enriched with shea (*Vitellaria paradoxa*) fruit pulp as a functional ingredient. **Food Production, Processing and Nutrition**, v. 5, n. 1, p. 44, 2023.

JOHNSON, M. L.; PARSONS, C. M.; FAHEY JR, G. C.; MERCHEN, N. R.; ALDRICH, C. G. Effects of species raw material source, ash content, and processing temperature on amino acid digestibility of animal by-product meals by cecectomized roosters and ileally cannulated dogs. **Journal of Animal Science**, v.76, n.4, p.1112-1122,1998.

KACZMARCZYK, M. M.; MILLER, M. J.; FREUND, G. G. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects for type 2 diabetes mellitus, cardiovascular disease and colon cancer. **Metabolism**, v.61, n.8, p.1058-1066,2012

KĘPIŃSKA-PACELIK, J.; BIEL, W. Estimation of major nutrients in dry dog foods and their compliance with nutritional guidelines. **Acta Scientiarum Polonorum Zootechnica**, v.20, n.1, p. 35-46,2021.

KHAWAS, P.; DEKA, S. C. Comparative nutritional, functional, morphological, and diffractogram study on culinary banana (Musa ABB) peel at various stages of development. **International Journal of Food Properties**, v. 19, p. 2832–2853, 2016.

KIM, Dae-Ok.; JEONG, S. W.; LEE, C.Y. Antioxidant capacity of phenolic phytochemicals from various cultivars of plums. **Food chemistry**, v. 81, n. 3, p. 321-326, 2003.

KORESE, J. K.; CHIKPAH, S. Understanding infrared drying behavior of shea (*Vitellaria paradoxa*) fruit by-product for the production of value-added products. **Biomass Conversion and Biorefinery**, v.13, p. 1-15,2022.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. **Food chemistry**, v. 98, n.2, p.381-387,2006.

KULTHE, A.A.; THORAT, S.S E.; LANDE, S.B. Evaluation of the physical and textural properties of biscuits made with millet flour. **International Journal of Current Microbiology and Science Aplicadas**, v. 6, n.4, p. 692-701,2017.

LAGANÀ, V.; GIUFFRÈ, A. M.; DE BRUNO, A.; POIANA, M. Formulation of biscuits fortified with a flour obtained from bergamot by-products (*Citrus bergamia*, Risso). **Foods**, v.11, n.8, p.1137,2022.

LIRIO, F. R.; RIGATTI, L.F.; VARGAS, J.V.C. Estudo energético de um processo industrial para a produção de ração animal com aplicação da biomassa de microalga como aditivo nutricional. **Gestão, Tecnologia e Inovação, Curitiba - PR**, v. 2, n. 1, p. 26-35, 2018.

LUCA, S. V.; MACOVEI, I.; BUJOR, A.; MIRON, A.; SKALICKA-WOŹNIAK, K.; APROTOSOAIIE, A. C.; TRIFAN, A. Bioactivity of dietary polyphenols: The role of metabolites. *Critical reviews in food science and nutrition*, v.60, n.4, p. 626-659,2020.

MALAVI, D.; MBOGO, D.; MOYO, M.; MWAURA, L., LOW, J.; MUZHINGI, T. Effect of orange-fleshed sweet potato purée and wheat flour blends on  $\beta$ -carotene, selected physicochemical and microbiological properties of bread. *Foods*, v.11, n.7, p.1051,2022.

MARIANI, M.; OLIVEIRA, V. R.; FACCIN, R.; RIOS, A. O.; VENKZE, J. G. Elaboração e avaliação de biscoito sem glúten a partir farelo de arroz e farinhas de arroz e de soja. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 18, n. 1, p. 70-78, 2015.

MASMOUDI, M.; YAICH, H.; BORCHANI, M., MBARKI, R.; ATTIA, H. Chemical, physical and sensory characteristics of biscuits enriched with jujube (*Zizyphus lotus* L.) flour and fiber concentrate. *Journal of Food Science and Technology*, v.58, p.1411-1419,2021.

MICHIELS, J. A.; KEVERS, C.; PINCEMAIL, J.; DEFRAIGNE, J. O.; DOMMES, J. Extraction conditions can greatly influence antioxidant capacity assays in plant food matrices. *Food Chemistry*, v. 130, n. 4, p. 986–993, 2012.

MOREIRA, M.R.; CAETANO, K.A.; MING, C.C.; RIBEIRO, A.P.B.; CAPITANI, C.D. Salgados artesanais feitos com bolo de baru e óleo (*Dipteryx alata* Vog). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 42. p.e18222,2022.

National Toxicology Program. (NTP-CERHR Monograph on the Potential Human Reproductive and Developmental Effects of Methanol. *North Carolina*: US Department of Health and Human Services,2003.

NIZER, J. V.; MUNHOZ, M. D.; PEREIRA, A. L.; BOROWSKI, J. M.; MACAGNAN, F. utilização de subprodutos da agroindústria cervejeira e vinícola como fonte de compostos bioativos e fibra alimentar no desenvolvimento de cookies. *Revista Brasileira de Agrotecnologia*, v. 11, n.2, p.821-833,2021.

OMENA, C. M. B.; VALENTIM, I. B.; GUEDES, G. D. S.; RABELO, L. A.; MANO, C. M.; BECHARA, E. J. H.; GOULART, M. O. F. Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic

activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits: antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities in fruits. **Food Research International**, v.49, n.1, p.334,2012.

OSAMA, K.; SIDDIQUI, M. H.; MAKROO, H. A.; YOUNIS, K. Development of cookies enriched with fiber and calcium-rich Neolamarckia cadamba fruit powder. **Journal of Food Measurement and Characterization**, v.17, n.1, p.765-772,2023.

OZER, H. K. Phenolic compositions and antioxidant activities of Maya nut (*Brosimum alicastrum*): Comparison with commercial nuts. **International Journal of Food Properties**. v.20, n.11, p.2772-2781,2017.

PAUCAR-MENACHO, L. M.; SILVA, L. H. D.; BARRETTO, P. A. D. A.; MAZAL, G.; FAKHOURI, F. M.; STEEL, C. J.; COLLARES-QUEIROZ, F. P. Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante. **Food Science and Technology**, v.28, p.767-778,2008.

POPPI, A. C. D. O.; OLIVEIRA, G. G.; CASSETTA, J.; GOES, E. S. D. R.; GASPARINO, E.; MARQUES, D. D. O.; SOUZA, M. L. R. D. Nutritional evaluation and palatability of pet biscuits for dogs. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.26, p. e2022132,2023.

REBELLO, L. P. G.; RAMOS, A. M.; PERTUZATTI, P. B.; BARCIA, M. T.; CASTILLO-MUÑOZ, N.; HERMOSÍN-GUTIÉRREZ, I. Flour of banana (*Musa AAA*) peel as a source of antioxidant phenolic compounds. **Food Research International**, v. 55, p.397-403,2014.

RUFINO, M. D. S. M.; ALVES, R. E.; DE BRITO, E. S.; DE MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. D. G.; PÉREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. cientific methodology: determination of total antioxidant activity in fruits by the capture of free radical ABTS<sup>•+</sup>. **Comunicado Técnico Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza**, 2007.

Safefood360. Water activity (aw) in foods2014. Disponível em <http://safefood360.com/resources/Water-Activity.pdf>. acessado em 28 de janeiro de 2024.

SANGNARK, A.; NOOMHORM, A. Chemical, physical and baking properties of dietary fiber prepared from rice straw. **Food Research International**, Oxford, v. 37, n. 1, p. 66-74, 2004.

SANTIAGO, G. D. L.; OLIVEIRA, I. G. D.; HORST, M. A.; NAVES, M. M. V.; SILVA, M. R. Peel and pulp of baru (*Dipteryx Alata Vog.*) provide high fiber, phenolic content and antioxidant capacity. **Food Science and Technology**, v.38, p. 244-249,2018.

SANTOS, M. K. R.; BAPTISTA, L. M. S.; HAUPTLI, L., LIMA, A. L. F.; NETTO, D. P.; DAHLKE, F.; MORAES, P. O. Development of baked biscuits containing propolis and pomegranate for oral health in dogs. **Animal Feed Science and Technology**, v.280, p.115056,2021.

SASAKI, T.; YASUI, T.; KOHYAMA, K. Influence of starch and gluten characteristics on rheological properties of wheat flour gel at small and large deformation. **Cereal chemistry**, v.85, n.3, p. 329-334,2008.

SAVOIRE, R.; LANOISELLÉ, J.L.; VOROBIEV, E. Expressão mecânica contínua de óleo de sementes oleaginosas: uma revisão. *Bioprocesso Alimentar*. **Tecnologia**. V.6, p.1-16,2013.

SENESI, E.; DI CESARE, L.F; PRINZIVALLI, C.; SCALZO, R.L. Influence of ripening stage on volatiles composition, physicochemical indexes and sensory evaluation in two varieties of muskmelon (*Cucumis melo L. var reticulatus* Naud). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 8, p. 1241-1251, 2005.

SILVA, I. G. D.; ANDRADE, A. P. C. D.; SILVA, L. M. R. D.; GOMES, D. S. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.22, p.e2018209,2019.

SOUZA, E.L; SANTOS, L.F.P.; DE ABREU BARRETO, G.; LEAL, I.L; OLIVEIRA, F.O; DOS SANTOS, L.M.C., MACHADO, B.A.S. (. Desenvolvimento e caracterização de panetões enriquecidos com composto bioativo em pó produzido a partir de subproduto da uva Shiraz (*Vitis vinifera L.*) e amido de araruta (*Maranta arundinaceae L.*). **Avanços na Química Alimentar** ,v. 2 , p.100220,2023

TABART, J.; KEVERS, C.; SIPEL, A.; PINCEMAIL, J.; DEFRAIGNE, J. O.; DOMMES, J. Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage. **Food Chemistry**, v. 105, n. 3, p. 1268–1275, 2007

TRINDADE, P.C.O.; DALFOLO, A.D.C.; MONTEIRO, C.S.A.; WAGNER, R.; SANTOS, B.A.D.; DALLA NORA, F.M.; ROSA, C.S.D. Desenvolvimento e caracterização de biscoitos com bagaço de azeitona. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.43, p.e99922,2023.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero copaifera L. **Química nova**, v.25, p. 273-286,2002

VELLA, F. M.; CAUTELA, D.; LARATTA, B. Characterization of polyphenolic compounds in cantaloupe melon by-products. **Foods**, v.8, n.6, p.196,2019.

VIANA, H.N.A.C.; SGANZERLA, W.G.; CASTRO, LEN.; DE LIMA VEECK, AP. Caracterização do baru (*Dipteryx alata Vog.*) e aplicação do seu subproduto agroindustrial na formulação de biscoitos. **Jornal de Pesquisa Agrícola e Alimentar**, v.12, p.100577,2023

VINHA, A., FERCHAL, C.; SOUSA, C. Cascas de frutas exóticas (Litchi Chinensis E Nephelium Lappaceum) Valorização e Sustentabilidade. **Egitania Scientia**, v.2, n.3, p.55-73,2022

YANG, J.; LIU, R. H.; HALIM, L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. **LWT-Food Science and Technology**, v.42, n.1, p.1-8,2009.

ZHU, J.; PARK, K.C.; BAKER, TC. Identificação de odores de manga muito madura que atraem moscas do vinagre, *Drosophila melanogaster*. **Jornal de ecologia química**, v.29, p.899-909,2003.

ZIELIŃSKI, H.; KOZŁOWSKA, H. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 48, n. 6, p. 2008-2016, 2000.