



Instituto Politécnico  
de Castelo Branco  
Escola Superior  
Agrária



Instituto Nacional de  
Investigação Agrária e  
Veterinária, I.P.

# Estudo comparativo das características físico-químicas, bioativas e funcionais de farinhas de leguminosas

Maria do Carmo Robalo Moreira

## Orientadores

Elsa Margarida Gonçalves

Maria de Fátima Pratas Peres

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Castelo Branco para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Inovação e Qualidade na Produção Alimentar, realizada sob a orientação científica da Doutora Elsa Margarida Gonçalves do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) | UTI · Unidade de Tecnologia e Inovação e da Professora Doutora Maria de Fátima Pratas Peres, do Instituto Politécnico de Castelo Branco.

Março de 2024



## Composição do júri

### Presidente do júri

Doutor, Paulo Alexandre Justo Fernandez

Professor Adjunto da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

### Vogais

Doutora, Elsa Margarida Gonçalves

Investigadora no INIAV, IP - Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária

Doutora, Maria de Fátima Pratas Peres

Professora Coordenadora da Escola Superior Agrária de Castelo Branco.

Doutora, Maria Luísa Louro Martins

Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia.



## Dedicatória

À minha filha Kécia Furtado, razão de toda a minha luta.



## Agradecimentos

O presente relatório de mestrado foi, certamente, um dos maiores desafios que enfrentei durante o meu percurso académico. Requereu muito trabalho, esforço, vontade e dedicação, especialmente devido à condição de trabalhadora-estudante, o que tornou o processo mais complicado e prolongado. No entanto, acreditamos que nada é impossível e este projeto foi, definitivamente, mais um objetivo alcançado.

Gostaria de expressar a minha profunda gratidão a todas as pessoas e instituições que contribuíram de maneira significativa para a realização deste projeto. A jornada foi desafiadora, mas o apoio generoso de muitos tornou possível alcançar este marco.

Agradeço ao INIAV pelo apoio e oportunidade de realizar o meu estágio. Agradeço à instituição por fornecer recursos e ambiente propício à pesquisa, contribuindo assim para o desenvolvimento deste trabalho.

Expresso o meu apreço ao IPCB pelo acolhimento e suporte ao longo deste percurso académico. Agradeço pela formação académica de qualidade e pelo ambiente favorável à aprendizagem.

Às minhas orientadoras, doutoras, Elsa Gonçalves e Fátima Peres, agradeço pelo profissionalismo, orientação cuidadosa e dedicação. As vossas orientações foram fundamentais para o sucesso deste estudo, e estou imensamente grato pelo vosso apoio constante.

Um agradecimento especial a Dr. Graça Pereira do INIAV (Elvas) por facultar as diferentes variedades de leguminosas e a todos os colaboradores (Andreia Soares, Jaime Fernandes, Nelson Pereira e Maria Manuela Lageiro) da UTI do INIAV. A colaboração e partilha de conhecimento foram cruciais para a condução das experiências e análises necessárias para este trabalho.

Agradeço a todos os meus amigos, em especial ao Cláudio Pina, Guaby David e Mara Martinho pela compreensão, incentivo e momentos de descontração ao longo deste percurso. A vossa amizade foi uma fonte valiosa de apoio emocional.

À minha família, expresso a minha gratidão pelo amor incondicional, encorajamento e compreensão ao longo dos anos. O vosso apoio foi a base sólida que me permitiu concentrar-me nos estudos.

Esta tese é o resultado de um esforço coletivo e do apoio generoso de muitos. A todos os que contribuíram direta ou indiretamente, o meu sincero agradecimento.



## Resumo

No contexto atual de crescente interesse em alimentos que promovam saúde e bem-estar, as leguminosas têm conquistado reconhecimento pelo seu valor nutricional e propriedades benéficas. As farinhas de leguminosas têm-se destacado como ingredientes valiosos na indústria alimentar devido à sua riqueza nutricional e versatilidade em aplicações culinárias. O objectivo deste estudo foi investigar as características físico-químicas, bioativas e funcionais das farinhas provenientes de cinco espécies de leguminosas: *Vicia faba*, *L. luteus*, *L. albus*, *P. sativum* (Eribel), e *P. sativum* (Grisel) e explorar sua aplicação em massas panificáveis.

Os resultados da caracterização biométrica dos grãos evidenciam variações distintas entre as amostras. Notavelmente, *Vicia faba* apresenta-se como esfericamente achatada, enquanto *Lupinus luteus* e *Lupinus albus* exibem uma forma mais achatada. As variações nas propriedades físico-químicas ressaltaram a diversidade nutricional entre as amostras. *P. sativum* (Grisel) destaca-se por apresentar o maior teor de humidade (11,29 %) em comparação com as demais amostras. *L. luteus* destaca-se pela maior acidez (1,72 g ácido cítrico/100g). *L. luteus* e *L. albus* apresentaram maiores teores de gordura, proteína e fibra total (5,13 e 8,49%, 37,90 e 36,11%, 48,78 e 56,32%, respectivamente). As variações nas propriedades funcionais entre as amostras refletem-se nas diferentes capacidades de absorção de água (IAA), solubilidade em água (ISA) e absorção de óleo (IAO). *L. albus* apresentou um IAA mais alto (4,52 %), indicando uma capacidade significativamente maior de absorção de água em comparação com as outras leguminosas. As farinhas de *L. luteus* e *L. albus*, demonstraram um ISA mais elevado (12,86 e 16,92%, respectivamente).

Ao explorar as propriedades bioativas, destacou-se a presença de compostos fenólicos, ressaltada pela elevada atividade antioxidante de *Vicia Faba*. A torrefação (150°C, 1h) influenciou positivamente o teor de CFT, mas reduziu a capacidade antioxidante medida pelo FRAP. A correlação positiva entre o conteúdo fenólico total e a capacidade antioxidante, medida por DPPH e FRAP, sublinha o potencial terapêutico dessas farinhas na promoção da saúde. A avaliação do perfil fenólico das farinhas de leguminosas revela uma riqueza de compostos bioativos, cujas propriedades podem ter implicações para a saúde humana. Identificaram-se diversos ácidos fenólicos nomeadamente: clorogénico, cafeico, vanílico, protocatéquico, gálico, hidroxibenzóico e ferúlico. A presença de flavonoides, como rutina, quercetina, naringina, apigenina-7-glucósido, miricetina e resveratrol, revela a diversidade desses compostos nas amostras estudadas. É de salientar a presença de três compostos comuns a todas as espécies: catequina, ácido ferúlico (com teores variados) e rutina (com teores semelhantes).

A avaliação sensorial de pães com adição de farinhas de leguminosas revelou que o pão feito apenas com farinha de trigo foi o preferido. Os pães com 25% de farinha de

grão-de-bico foram bem aceites, mas a aceitação diminuiu com maior quantidade de farinha de grão-de-bico. A substituição total da farinha de trigo foi rejeitada devido à cor mais escura e à textura mais densa, que afetaram negativamente a aceitação.

## **Palavras-chave**

Atividade antioxidante; Compostos fenólicos; Índice de absorção de óleo; Índice de solubilidade e absorção de água.

## Abstract

In the current context of growing interest in foods that promote health and well-being, legumes have gained recognition for their nutritional value and beneficial properties. Legume flours have emerged as valuable ingredients in the food industry due to their nutritional richness and versatility in culinary applications. The aim of this study was to investigate the physicochemical, bioactive, and functional characteristics of flours from five species of legumes: *Vicia faba*, *L. luteus*, *L. albus*, *P. sativum* (Eribel), and *P. sativum* (Grisel) and explore their application in bread doughs.

The results of the biometric characterization of the grains show distinct variations among the samples. Notably, *Vicia faba* is presented as spherically flattened, while *Lupinus luteus* and *Lupinus albus* exhibit a more flattened shape. Variations in physicochemical properties highlighted the nutritional diversity among the samples. *P. sativum* (Grisel) stands out for having the highest moisture content (11.29%) compared to the other samples. *L. luteus* stands out for its higher acidity (1.72 g citric acid/100g). *L. luteus* and *L. albus* presented higher fat, protein, and total fiber contents (5.13 and 8.49%, 37.90 and 36.11%, 48.78 and 56.32%, respectively). Variations in functional properties among the samples are reflected in different water absorption capacities (WAC), water solubility index (WSI), and oil absorption capacities (OAC). *L. albus* exhibited a higher WAC (4.52%), indicating a significantly greater water absorption capacity compared to the other legumes. *L. luteus* and *L. albus* flours demonstrated a higher WSI (12.86 and 16.92%, respectively).

Exploring the bioactive properties, the presence of phenolic compounds was highlighted by the high antioxidant activity of *Vicia faba*. Roasting (150°C, 1h) positively influenced the TPC content but reduced the antioxidant capacity measured by FRAP. The positive correlation between total phenolic content and antioxidant capacity, as measured by DPPH and FRAP, underlines the therapeutic potential of these flours in promoting health. The evaluation of the phenolic profile of legume flours reveals a richness of bioactive compounds, whose properties may have implications for human health. Various phenolic acids were identified, namely: chlorogenic, caffeic, vanillic, protocatechuic, gallic, hydroxybenzoic, and ferulic acids. The presence of flavonoids, such as rutin, quercetin, naringin, apigenin-7-glucoside, myricetin, and resveratrol, reveals the diversity of these compounds in the samples studied. It is noteworthy the presence of three compounds common to all species: catechin, ferulic acid (with varying levels), and rutin (with similar levels).

The sensory evaluation of breads with the addition of legume flours revealed that bread made solely with wheat flour was the preferred one. Breads with 25% chickpea flour were well accepted, but acceptance decreased with a higher amount of chickpea flour. The total replacement of wheat flour was rejected due to the darker color and denser texture, which negatively affected acceptance.

## **Keywords**

Antioxidant activity; Phenolic compounds; Oil absorption index; Water absorption and solubility index.

## Índice geral

1. Introdução .....	1
2. Revisão bibliográfica .....	2
2.1. Leguminosas.....	2
2.1.1. Categorias gerais de leguminosas.....	3
2.1.2. Composição química.....	5
2.1.3. Propriedades funcionais das proteínas de leguminosas .....	10
2.1.4. Efeitos na saúde.....	13
2.1.6. Variedades de leguminosas analisadas.....	16
2.1.7. Produção de leguminosas-grão.....	20
2.1.7.1. Produção a nível mundial .....	20
2.1.7.2. Produção em Portugal.....	22
2.1.8. Análise de mercado mundial de farinhas de leguminosas .....	26
2.2. Estudo da avaliação de diferentes tipos de farinha de leguminosas utilizados em massas panares .....	27
3. Material e métodos.....	29
3.1. Material.....	29
3.2. Caracterização físico-química .....	29
3.2.1. Caracterização biométrica dos grãos .....	29
3.2.2. Determinação do teor de humidade .....	32
3.2.3. Determinação do teor de cinza .....	32
3.2.4. pH .....	33
3.2.5. Acidez titulável (AT).....	33
3.2.6. Determinação do teor de lípidos totais.....	34
3.2.7. Determinação do teor de proteína .....	35
3.2.8. Determinação da fibra total.....	36
3.3. Determinação das propriedades funcionais .....	38
3.3.1. Índice de absorção e solubilidade em água .....	38
3.3.2. Índice de absorção de óleo .....	38
3.4. Caracterização bioativa das farinhas.....	39
3.4.1. Preparação de extratos metanólicos .....	39
3.4.2. Determinação do teor dos Compostos Fenólicos Totais (CFT) .....	39

3.4.3. Determinação da Atividade antioxidante (Aox).....	40
3.4.4. Perfil fenólico por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC) ..	42
3.5. Desenvolvimento de pães com farinhas alternativas.....	43
3.5.1. Produção dos pães .....	43
3.5.2. Análise sensorial.....	44
3.6. Análise estatística .....	44
4. Resultados e discussão .....	45
4.1. Caracterização biométrica dos grãos.....	45
4.2. Composição físico-química.....	47
4.3. Propriedades funcionais .....	50
4.4. Composição bioativa das farinhas.....	53
4.5. Análise sensorial .....	60
6. Considerações finais.....	63
Referências bibliográficas .....	65

## Índice de figuras

<b>Figura 1:</b> Sub-famílias da família fabaceae: <i>Mimosoideae</i> (a), <i>Caesalpiinoidea</i> (b) e <i>Faboideae</i> (c).....	2
<b>Figura 2:</b> leguminosas forrageiras populares: trevo(a) e luzerna(b). ....	4
<b>Figura 3:</b> leguminosa ornamental: (a) Gallomba ( <i>Spartium junceum</i> ) e (b) acácia falsa ( <i>Robinia pseudoacácia</i> )......	4
<b>Figura 4:</b> Semente de diversas leguminosas-grão mais comuns.....	5
<b>Figura 5:</b> Estruturas básicas de compostos fenólicos flavonoides e não flavonoides.....	9
<b>Figura 6:</b> Flores de Tremoço branco ( <i>Lupinus albus</i> ), tremoço azul ( <i>Lupinus angustifolius</i> ) e tremoço amarelo ( <i>Lupinus luteus</i> ). ....	17
<b>Figura 7:</b> Planta <i>Vicia fava</i> com vagem e sementes .....	18
<b>Figura 8:</b> Planta de ervilha ( <i>Pisum sativum</i> ) com vagem. ....	19
<b>Figura 9:</b> Principais países produtores de leguminosas em 1997, 2007 e 2017 e colheita de 2017 (kg/ha). ....	20
<b>Figura 10:</b> Produção de leguminosas secas no mundo - países em desenvolvimento e países desenvolvidos, 1990-2030. ....	21
<b>Figura 11:</b> Consumo de leguminosas secas no mundo - países em desenvolvimento e países desenvolvidos, 1990-230. ....	22
<b>Figura 12:</b> Produção de leguminosas-grão em Portugal.....	23
<b>Figura 13:</b> Disponibilidades diárias per capita de leguminosas secas.....	24
<b>Figura 14:</b> Importação de leguminosas-grão para alimentação humana em Portugal. ....	24
<b>Figura 15:</b> Disponibilidades, produção e saldo comercial de leguminosas secas. 25	
<b>Figura 16:</b> Dimensão do mercado mundial de farinha de leguminosas .....	27
<b>Figura 17:</b> Variedades de leguminosas grãos analisadas: 1- <i>Vicia Fava</i> ; 2- <i>Lupinus luteus</i> ; 3- <i>Lupinus albus</i> ; 4- <i>Pisum sativum</i> (Grisel) e 5- <i>Pisum sativum</i> (Eribel). ....	29
<b>Figura 18-</b> Balança e contador de grão automático .....	30
<b>Figura 19-</b> Representação das dimensões no grão.....	31
<b>Figura 20:</b> Titulador automático usado para determinar a acidez titulável. 33	
<b>Figura 21:</b> Extrator de Soxhlet e evaporador rotativo .....	34
<b>Figura 22:</b> Digestor e equipamento Kjeltec TM 2200 da FOSS® .....	35

<b>Figura 23:</b> Kit da Megazyme usado para a terminação da fibra alimentar total	37
<b>Figura 24:</b> Reação do reagente Folin-Ciocalteu com o extrato metanólico.	39
<b>Figura 25:</b> Capacidade de absorção e solubilidade em água das farinhas ...	51
<b>Figura 26:</b> Capacidade de absorção de óleo das farinhas.....	51
<b>Figura 27:</b> Perfil fenólico da <i>vicia faba</i> a 280, 325 e 340 nm .....	58
<b>Figura 28:</b> Perfil fenólico da <i>vicia faba</i> torrada a 280, 325 e 340 nm .....	58
<b>Figura 29:</b> Avaliação média dos atributos avaliados para as formulações de pães	60
<b>Figura 30:</b> Fotografias dos pães com diferentes formulações de FGB .....	61



## Índice de equações

<b>Equação 1:</b> Equação para a determinação da esfericidade dos grãos .....	30
<b>Equação 2:</b> Equações para determinar os coeficientes usados na classificação da forma das sementes.....	30
<b>Equação 3:</b> Equação para a determinação do teor de humidade (%) .....	32
<b>Equação 4:</b> Equação usado para determinar o teor de cinza (%) .....	32
<b>Equação 5:</b> Equação para a determinação da AT (g AL/100 g PF) .....	34
<b>Equação 6:</b> Equação para determinar o teor de gordura (%) .....	34
<b>Equação 7:</b> Equação para determinar o teor de azoto (%) .....	35
<b>Equação 8:</b> Equação para determinar o teor de Proteína (%) .....	36
<b>Equação 9:</b> conjunto de equações para determinar o teor de fibra total (%) 37	
<b>Equação 10:</b> Equação para determinar o índice de absorção de água (%) ...	38
<b>Equação 11:</b> Equação para determinar o Índice de solubilidade em água (%)	38
<b>Equação 12:</b> Equação para determinar a capacidade de retenção de óleo (%) 39	
<b>Equação 13:</b> Equação para a determinação do CFT (mg EAG/100 g PF) ....	40
<b>Equação 14:</b> Equação para a determinação da AOx pelo método FRAP (mmol FeSO <sub>4</sub> •7H <sub>2</sub> O /100 g PF) .....	41
<b>Equação 15:</b> Conjunto de equações para a determinação da AOx pelo método DPPH (µM ET/100 g PF).....	42



## Índice de tabelas

<b>Tabela 1:</b> Características morfológicas gerais das Leguminosas .....	2
<b>Tabela 2:</b> Classificação da forma da semente segundo os coeficientes J e H. 31	
<b>Tabela 3:</b> Volume (mL) e contagem de 100 g de grãos .....	45
<b>Tabela 4:</b> Parâmetros morfológicos das sementes de <i>Vicia faba</i> , <i>L. lueus</i> e <i>L. albus</i> 46	
<b>Tabela 5:</b> Diâmetro e índice de esfericidade de <i>Pisum sativum</i> Grisel e Eribel e respectiva classificação .....	47
<b>Tabela 6:</b> Teor de humidade, cinza, pH e acidez total das farinhas de leguminosas .....	48
<b>Tabela 7:</b> Teor de gordura, proteína e fibra das farinhas .....	49
<b>Tabela 8:</b> Variação do CTF e da Aox (DPPH e FRAP) das diferentes farinhas de leguminosas .....	54
<b>Tabela 9:</b> Matriz de correlação de Contéudo Fenólico Total (CFT), e Capacidade antioxidante (Aox) (FRAP eDPPH) .....	55
<b>Tabela 10:</b> Perfil dos compostos fenólicos das farinhas .....	57



## Lista de abreviaturas, siglas e acrónimos

AOAC - Association of Official Analytical Chemists Internationa  
Aox- Atividade antioxidante  
AT- Acidez titulável  
CAGR- Taxa de Crescimento Anual Composta  
CFT- Compostos fenólicos totais  
CMG- Concentração mínima de gelificação  
DCV- Doenças cardiovasculares  
DPPH- Radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo  
EAG- Equivalente ácido gálico  
ET- Equivalente Trolox  
FAN- Fatores anti nutricionais  
FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura  
FC- Índice de Formação da espuma  
FGB- Farinha de grão-de -bico  
FRAP- Poder antioxidante por redução do ião férrico  
FS- Índice de estabilidade da espuma  
GEE- Gases de Efeito Estufa  
HPLC – Cromatografia líquida de alta eficiência  
IAA- Índice de absorção de água  
IAE- Índice da atividade da emulsão  
IEE- Índice de estabilidade da emulsão  
INE- Instituto Nacional de Estatística  
INIAV- Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária  
ISA- Índice de solubilidade em água  
LDL-Low Density Lipoprotein / Lipoproteína de baixa densidade  
NSP – polissacarídeos não-amiláceos  
PF- Produto fresco  
TE- Transferência de eletrão  
THA- Transferência de átomos de hidrogénio  
TPTZ- complexo férrico 2,4,6 - tripiridil-s-triazina





# 1. Introdução

No panorama atual da nutrição e saúde, há um crescente interesse por fontes alimentares que contribuam para o bem-estar humano e proporcionem benefícios significativos à saúde (Guan et al., 2023). Nesse contexto, as leguminosas têm-se destacado como protagonistas essenciais, ganhando uma reputação crescente devido à sua riqueza nutricional e potencial terapêutico. Investigadores, profissionais de saúde e consumidores estão cada vez mais focados nas propriedades benéficas das leguminosas, reconhecendo seu papel vital na promoção de uma dieta saudável e equilibrada (Bouchenak & Lamri-Senhadj, 2013).

A farinha, derivada dessas leguminosas, representa um componente crucial nas dietas de diversas comunidades, sendo amplamente utilizada na produção de alimentos. Contudo, a variação nas propriedades nutricionais e funcionais entre diferentes variedades de farinhas de leguminosas ainda é uma área de investigação pouco explorada.

O objectivo deste estudo foi investigar as características físico-químicas, bioativas e funcionais das farinhas provenientes de cinco espécies de leguminosas: *Vicia faba*, *L. luteus*, *L. albus*, *P. sativum* (Eribel), e *P. sativum* (Grisel) e investigar o impacto da substituição da farinha de trigo por farinha de grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na qualidade do pão.

Ao analisar os aspetos físico-químicos, como composição nutricional e propriedades funcionais, pretendemos destacar não apenas as variações intra e interespecíficas, mas também compreender como essas diferenças podem influenciar a qualidade nutricional e tecnológica dessas farinhas. Os resultados esperados poderão influenciar diretamente escolhas alimentares e estratégias de formulação de alimentos, contribuindo para a promoção de dietas mais saudáveis e sustentáveis.

Portanto, ao analisar as características físico-químicas, bioativas e funcionais das farinhas de tremçoço, ervilha e fava, este estudo pretende evidenciar novas perspectivas e possíveis aplicações destes alimentos na promoção da saúde e no desenvolvimento de alimentos inovadores.

## 2. Revisão bibliográfica

### 2.1. Leguminosas

As leguminosas têm sido uma componente importante na dieta do ser humano durante vários milénios e são utilizadas em todo o mundo. São um grupo diversificado de plantas que pertencem à Família *Fabaceae* (por vezes também referida como *Leguminosae*) e estima-se que inclua aproximadamente 20 000 espécies em 700 géneros, estando dividida em três subfamílias – *Faboideae*, *Caesalpinioideae* e *Mimosoideae* (Figura 1) (Howieson et al., 2008).



Figura 1: Sub-famílias da família fabaceae: *Mimosoideae* (a), *Caesalpinioideae* (b) e *Faboideae* (c)

Fonte: (Maestro Virtual, 2024).

As características morfológicas gerais da família *Fabaceae* (*Leguminosae*) encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1: Características morfológicas gerais das Leguminosas

<b>Taxonomia</b>	Família <i>Fabaceae</i> ; Forbs anuais, arbustos, plantas lenhosas perenes; Ordem <i>Fabales</i> .
<b>Distribuição</b>	Cosmopolita.
<b>Número de Espécies</b>	Aproximadamente 19,500 espécies.
<b>Subfamílias</b>	<i>Caesalpinioideae</i> , <i>Mimosoideae</i> , <i>Papilionoideae</i> (ou <i>Faboideae</i> ).
<b>Características Evolutivas</b>	Folhas compostas, nódulos associados a bactérias nitrificantes, frutas ou legumes secos unicarpelares.
<b>Adaptação Climática</b>	Maioria em climas temperados; algumas adaptadas a climas quentes. Ervilhas e feijões preferem climas frios; feijão, feijão e soja verde em climas quentes.
<b>Morfologia Geral</b>	Ervas, trepadeiras lenhosas, alpinistas, arbustos ou árvores semi-lenhosas. Folhas geralmente compostas, ocasionalmente simples, alternadas e estipuladas.
<b>Flores</b>	Hermafroditas; Regulares (actinomórficas) ou irregulares (zigomórficas); Dispostas em inflorescências terminais ou axilares (espigas, glómérulos, panículas ou aglomerados).
<b>Órgãos Florais</b>	Cálice com cinco sépalas soldadas; Corola com cinco pétalas modificadas.
<b>Estames e Anteras</b>	Numerosos estames (nunca menos que cinco); Monadelfos, didelfos ou livres; Anteras com duas tecas deiscentes ou um poro apical.
<b>Pistilos</b>	Pistilos unicarpelares ou uniloculares; Ovários sésseis, superiores ou estipitados.
<b>Fruta</b>	leguminosa deiscente, às vezes folicular ou com modificações. Sementes com formato de rim.

Adaptado: (Monika et al., 2006)

- **Leguminosas e sustentabilidade**

As culturas de leguminosas desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade, oferecendo diversos benefícios em consonância com os princípios sustentáveis. Além de serem fontes essenciais de alimentos e rações de alta qualidade à escala global, as leguminosas contribuem para a redução das emissões de gases de efeito estufa, libertando 5 a 7 vezes menos Gases de Efeito Estufa (GEE) por unidade de área em comparação com outras culturas (Stagnari et al., 2017).

Uma característica notável das leguminosas é sua capacidade de fixar o azoto atmosférico, liberar matéria orgânica de alta qualidade e facilitar a circulação e retenção de água e nutrientes no solo (Mathesius, 2022; Oliveira et al., 2017).

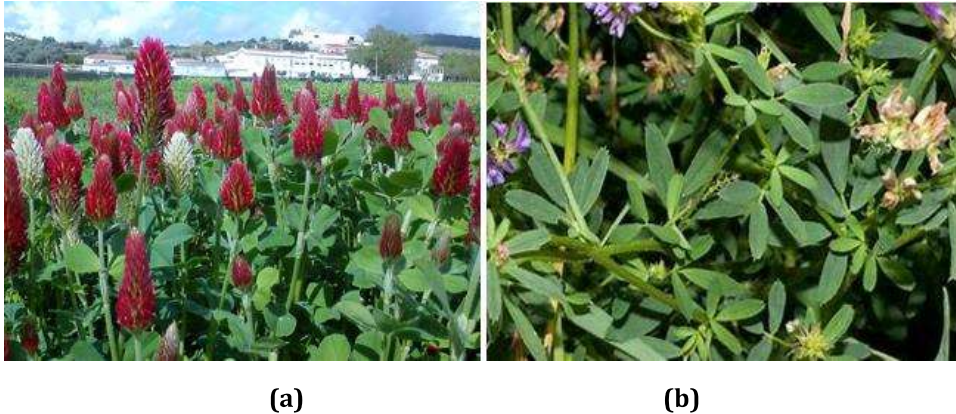
Essas plantas têm a capacidade de sequestrar carbono no solo, com estimativas de valores a partir de 7,21 g kg<sup>-1</sup> MS, proporcionando benefícios ambientais significativos. Além disso, as leguminosas induzem uma economia de energia fóssil no sistema, graças à redução da necessidade de adubação azotada, equivalente a 277 kg ha<sup>-1</sup> de CO<sub>2</sub> por ano. As leguminosas também são vistas como culturas competitivas, e, devido aos seus benefícios ambientais e socioeconómicos, podem ser integradas em sistemas de cultivo modernos para aumentar a diversidade de culturas e reduzir o uso de recursos externos (Singh et al., 2019).

Com base nessas funções múltiplas, as leguminosas apresentam um elevado potencial para a prática da agricultura de conservação, atuando tanto durante o crescimento como após a colheita como resíduo de cultura.

### **2.1.1. Categorias gerais de leguminosas**

- **Leguminosas forrageiras**

As leguminosas forrageiras (principalmente com pequenos grãos) são cultivadas e usadas como matéria-prima para animais, seja através do pastoreio da cultura ou através da produção de silagem ou feno, e para fins industriais. Essas leguminosas desempenham um papel fundamental na alimentação animal e na manutenção da saúde do solo (Beltrán & Cañas, 2018). A escolha da leguminosa forrageira depende das condições climáticas, da finalidade (pastagem, feno, cultivo de cobertura) e dos requisitos nutricionais do gado ou animais a serem alimentados. As leguminosas forrageiras populares incluem a luzerna e o trevo (Figura 2).



**Figura 2:** leguminosas forrageiras populares: trevo(a) e luzerna(b).

Fonte: (INIAV, 2024)

- **Leguminosas ornamentais**

De acordo com De & Bragança (2006), as leguminosas ornamentais são plantas pertencentes à família Fabaceae que são cultivadas principalmente pelas suas características estéticas e ornamentais. Elas são escolhidas pela sua beleza, cores vibrantes, formas interessantes ou folhagens decorativas. Existe uma grande variedade de espécies herbáceas e arbóreas com grande diversidade morfológica e florística, perfeitas para a comercialização como ornamentais. Entre as principais fabáceas ornamentais, podemos citar a espécie vassoura de perfume (*Spartium junceum*) e a acácia falsa (*Robinia pseudoacácia*) (Figura 3).



**Figura 3:** leguminosa ornamental: (a) Gallomba (*Spartium junceum*) e (b) acácia falsa (*Robinia pseudoacácia* ).

Fonte: (Maestro Virtual, 2024).

- **Leguminosas para grãos**

As leguminosas de grãos são cultivadas principalmente pelas suas sementes, ou grãos, que são colhidos na maturação e comercializados como produtos secos ricos em proteína. Mais de 40 espécies e uma infinidade de variedades de leguminosas de grãos são cultivadas em todo o mundo.

O termo "leguminosa", inclui, tipicamente, sementes dos seguintes gêneros: ervilha (*Pisum*), ervilhaca (*Vicia*), lentilha (*Lens*), fava (*Vicia*), chícharo (*Lathyrus*), feijão (*Phaseolus*) vermelho, rosa, branco, manteiga, verde, soja (*Glycine*), amendoim (*Arachys*) e tremoço (*Lupinus*) (Tiwari & Singh, 2012). Na Figura 4 apresentam-se exemplos das leguminosas grãos mais comuns.



**Figura 4:** Semente de diversas leguminosas-grão mais comuns

Fonte: Pixabay. (s.d.)

### 2.1.2. Composição química

Do ponto de vista nutricional, as leguminosas são recursos alimentares que oferecem diversos benefícios à saúde. São fonte de glúcidos complexos, proteína, fibra, vitaminas do complexo B, minerais, como o cálcio, ferro, fósforo, potássio e magnésio, e fitoquímicos como os compostos fenólicos (Derbyshire & Delange, 2020; Ferreira et al., 2021; Tripathi et al., 2020). No entanto, as leguminosas possuem diversas substâncias antinutricionais, como fitato, inibidores enzimáticos (inibidores de tripsina, inibidores de quimotripsina e inibidores de  $\alpha$ -amilase), polifenólicos (incluindo taninos), lectinas e saponinas. Esses antinutrientes representam desafios em diversas vias bioquímicas (Chichester et al., 1982).

- **Proteínas**

As sementes de leguminosas acumulam grandes quantidades de proteínas durante o seu desenvolvimento. A maioria delas não tem qualquer atividade catalítica nem desempenham qualquer papel estrutural no tecido cotiledonar. São armazenadas em

organelos ligados a membrana, os vacúolos de armazenamento ou corpos proteicos, nas células do parênquima cotiledonar, sobrevivem à dessecação na maturação das sementes e sofrem proteólise na germinação, fornecendo assim aminoácidos livres, bem como amoníaco e esqueletos de carbono para as plântulas em desenvolvimento. Estas proteínas da semente são denominadas proteínas de reserva (Duranti, 2006).

As sementes de leguminosas contêm várias proteínas comparativamente menores, incluindo inibidores de *protease* e *amilase*, lectinas, *lipoxigenase*, proteínas de defesa e outras, que por várias razões são relevantes para a qualidade nutricional/funcional da semente. Algumas delas parecem também ter adotado um papel de armazenamento em virtude da sua quantidade na semente (Guillon & Champ, 2002a).

As sementes de leguminosas estão entre as fontes alimentares mais ricas em proteínas e aminoácidos para a nutrição humana e animal, contendo aproximadamente 21–25% de proteína (Singh, 2017). Estudos realizados por Du et al., (2014), mostraram que teor de proteína dos grãos de leguminosas varia de 17 a 40 g/100g, muito superior ao dos cereais (7–3 g/100g) e aproximadamente igual ao teor proteico da carne (18–25 g/100g).

As proteínas de leguminosas foram classificadas em duas frações principais: albumina (solúveis em água) e globulina (solúveis em soluções salinas). As globulinas são as principais proteínas de reserva nas sementes de leguminosas, constituindo 35–72% da proteína total e a fração proteica restante consiste principalmente de albuminas. As globulinas apresentam teores mais elevados de glutamina, ácido aspártico, arginina e lisina (Hall et al., 2017).

As albuminas geralmente têm papel fisiológico menor do que as globulinas, constituindo apenas até 15–25% da proteína total das sementes. Apresentam teores mais elevados de cistina, metionina e lisina quando comparadas às frações globulinas (Hall et al., 2017; Lu et al., 2020)

As proteínas presentes nas leguminosas apresentam baixa digestibilidade, sendo esta a maior restrição nutricional na sua utilização em formulações de alimentos para desmame. Proteínas de alta digestibilidade são preferidas, pois fornecem mais aminoácidos para absorção na proteólise, e conseqüentemente, apresentam melhor valor nutricional. A digestibilidade das proteínas pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a presença de inibidores de *proteases*, compostos antinutricionais, e características próprias das proteínas presentes nas leguminosas. Alguns métodos de processamento, como cozimento, germinação e fermentação, podem ajudar a melhorar a sua digestibilidade proteica (Dahl et al., 2012).

- **Hidratos de carbono (Glúcidos)**

Os hidratos de carbono são compostos químicos que contêm oxigênio, hidrogênio e átomos de carbono. Podem também conter alguns elementos como o enxofre ou o azoto. Podem ser classificados de acordo com o número de unidades de açúcar

constituintes: monossacáridos (como a glucose e a frutose), dissacáridos (como a sacarose e lactose), oligossacáridos e polissacáridos (como o amido e a celulose). O teor de glúcidos nas leguminosas é de 60 a 65% e o amido constitui a principal fração (Singh, 2017).

O amido presente em leguminosas é composto por amilose e amilopectina. Os amidos de diversas leguminosas exibem diferentes propriedades físico-químicas e tecnológicas. As pastas formadas a partir destes amidos apresentam uma alta tendência para a retrogradação e são difíceis de expandir e romper durante a cozedura, quando comparadas aos amidos provenientes de cereais. A sua elevada estabilidade ao cisalhamento mecânico e ao calor torna-os úteis em diversas aplicações alimentares e são considerados uma alternativa promissora para substituir os amidos de ligação cruzada (Tiwari & Singh, 2012).

A tendência para a retrogradação nos amidos de leguminosas está diretamente relacionada ao teor de amilose. A retrogradação é um processo onde as moléculas de amido, após a gelatinização e durante o resfriamento, realinham-se e formam uma estrutura cristalina mais rígida. Este fenómeno é mais pronunciado em amidos com maior teor de amilose, uma vez que as moléculas de amilose têm uma maior tendência a reassociar-se e cristalizar (Guillon & Champ, 2002b).

Quando o amido retrograda, ele se torna menos suscetível à ação das enzimas digestivas. Isso significa que é menos provável que o amido retrogradado seja rapidamente quebrado em açúcares simples durante a digestão. Como resultado, a liberação de glucose na corrente sanguínea é mais lenta, levando a uma menor resposta glicêmica. Isso é benéfico para pessoas com diabetes, pois ajuda a manter níveis de glucose no sangue mais estáveis após as refeições. Portanto, o amido de leguminosas, devido à sua tendência de retrogradação e alta amilose, pode ser particularmente útil na formulação de alimentos destinados a diabéticos. Esses alimentos podem ajudar a controlar os níveis de glucose no sangue de maneira mais eficaz, contribuindo para uma melhor gestão da condição diabética e prevenção de picos glicêmicos (Guillon & Champ, 2002b).

As leguminosas contêm oligossacarídeos como rafinose, estaquiase, verbascose e ciceritol, que o corpo humano não consegue digerir devido à falta de enzimas hidrolíticas e glucosidases. Esses compostos passam para o intestino grosso, onde são fermentados por bactérias, produzindo gases (H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>), o que pode causar desconforto abdominal. O consumo excessivo desses oligossacarídeos pode provocar diarreia (Tiwari & Singh, 2012).

- **Fibra dietética**

A fibra alimentar é uma mistura de substâncias orgânicas complexas, incluindo compostos hidrofílicos, como polissacarídeos solúveis e insolúveis, e oligossacarídeos não digeríveis, além de compostos não fermentáveis, mais ou menos hidrofóbicos, como cutinas, suberinas e ligninas (Prosky et al., 1984).

A fibra alimentar é composta por constituintes da parede celular das plantas, como a celulose, hemicelulose e lenhina. É geralmente definida como as partes comestíveis das plantas ou hidratos de carbono análogos que são resistentes à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso. As lentilhas, as ervilhas, o feijão-marinho, o feijão-da-terra e o feijão-frade têm um teor de fibras alimentares superior a 20% (Singh, 2017).

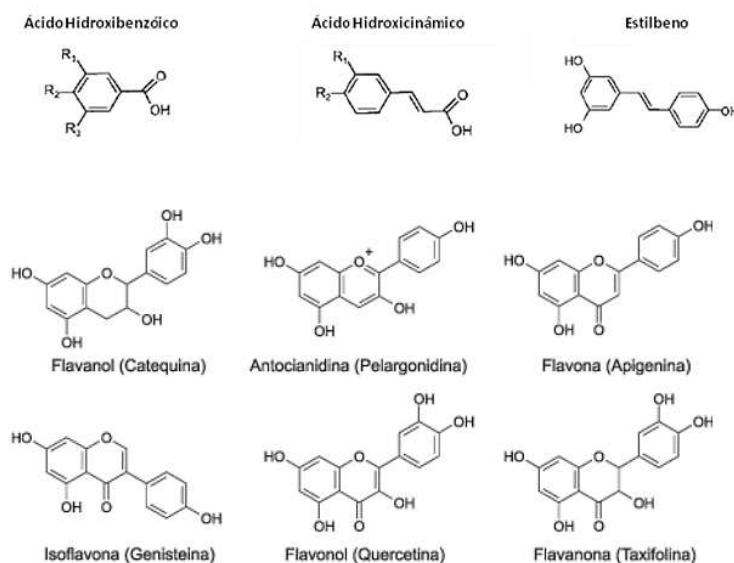
A fibra alimentar é classificada como insolúveis ou solúveis. Os principais componentes da fibra alimentar são as NSP e a lenhina. As fibras insolúveis incluem a celulose, a lenhina e algumas hemiceluloses e a fibra solúvel inclui pectinas, gomas e algumas outras fracções de hemicelulose. As leguminosas contêm quantidades apreciáveis de fibra alimentar (12,7-30,5 g/100g) (Tiwari & Singh, 2012).

- **Vitaminas e minerais**

As leguminosas são uma fonte rica em vitaminas essenciais (B1, B2, B3, B6, ácido fólico, C, K e E) e minerais (ferro, zinco, cálcio, magnésio) (Singh, 2017). A deficiência de vários minerais em diferentes partes do mundo conduziu a doenças cardiovasculares e a desequilíbrios na maioria das vias biológicas das populações. As leguminosas podem fornecer os minerais adequados necessários para preencher as necessidades nutricionais. O conteúdo mineral das leguminosas é geralmente elevado em potássio, magnésio, ferro e manganês. Outros minerais de interesse para a família das leguminosas incluem o zinco, o cobre, o selénio e o cálcio. A composição mineral das leguminosas varia com base num conjunto de factores que incluem o genótipo/cultivar e o ambiente de cultivo (Oomah et al., 2008).

- **Compostos fenólicos**

Os compostos fenólicos são substâncias que possuem pelo menos um anel aromático, no qual, pelo menos um hidrogénio é substituído por um grupo hidroxilo. Podem ser divididos em dois grandes grupos: os flavonoides, subdivididos em flavonas, flavanóis, flavonóis, flavanonas, isoflavonas e antocianidinas, e os não flavonoides, que compreendem os grupos dos ácidos fenólicos, lignanas e estilbenos (Figura 5) (de la Rosa et al., 2018)



**Figura 5:** Estrutura básica de compostos fenólicos flavonoides e não flavonoides

Adaptado: (de la Rosa et al., 2018).

Os principais compostos fenólicos das leguminosas são os taninos, os ácidos fenólicos e os flavonoides. Podem transferir elétrons para remover radicais livres, quelar catalisadores metálicos, ativar enzimas e inibir oxidases. Estes compostos são conhecidos por terem propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, anti-inflamatórias e antimicrobianas que protegem os componentes celulares contra o stress oxidativo (Han & Baik, 2008).

Dentro de cada espécie, a natureza, quantidade e distribuição destes compostos depende essencialmente de dois tipos de fatores: biológicos e abióticos. Os fatores biológicos incluem a espécie botânica, o genótipo, as diferentes partes morfológicas da planta, bem como o seu estágio de desenvolvimento, enquanto os fatores abióticos incluem o estado dos nutrientes do solo, incidência solar, temperatura, pH do solo, disponibilidade da água, entre outros (Chunlong et al., 2008).

Os compostos fenólicos e a atividade antioxidante também variam entre as diferentes variedades de leguminosas. As leguminosas escuras e pigmentadas tendem a ter mais conteúdo fenólico em comparação com as variedades claras (Vázquez et al., 2008).

## • Lípidos

As leguminosas, como feijões, lentilhas, grão-de-bico e ervilhas, são notáveis não apenas por suas proteínas e glúcidos, mas também pela presença significativa de lípidos (Singh, 2017). O conteúdo de lípidos presente na maioria das leguminosas varia entre 1 e 3 %. Os lípidos das leguminosas são compostos por triacilgliceróis, fosfolípidos, ácidos gordos livres esteróis e ésteres de esteróis. Esses lípidos, compostos principalmente por ácidos gordos insaturados como ácido oleico e linoleico,

oferecem benefícios para a saúde cardiovascular devido à presença de ácidos gordos polinsaturados, como omega-3 e omega-6. Além disso, estudos indicam que essas leguminosas podem contribuir para a redução dos níveis de colesterol e possuem propriedades anti-inflamatórias (Caprioli et al., 2016).

No entanto, as espécies de leguminosas e o local de cultivo podem ter impacto na composição dos ácidos gordos. Assim, as diferenças referidas na literatura podem ser o resultado do ambiente e da espécie/cultivar da leguminosa (Foschia et al., 2017).

### **2.1.3. Propriedades funcionais das proteínas de leguminosas**

As proteínas de leguminosas possuem diversas propriedades funcionais que as tornam úteis em aplicações alimentares. As propriedades funcionais mais relevantes das proteínas leguminosas em matrizes alimentares devem-se à sua solubilidade, formação de gel, emulsificação, ligação água/gordura e formação de espuma (Foschia et al., 2017). Essas propriedades funcionais das proteínas de leguminosas são essenciais para determinar sua aplicabilidade em diferentes aplicações, destacando sua versatilidade e valor nutricional. Além dos benefícios nutricionais, há uma série de outras razões pelas quais as farinhas de leguminosas estão crescendo em popularidade. Para as pessoas que são alérgicas ao glúten ou ao próprio trigo, a farinha de leguminosas oferece uma excelente alternativa (Boukid et al., 2019; Skendi et al., 2021). As farinhas não derivadas do trigo, como as farinhas de leguminosas, oferecem sabores únicos e são eficazes em espessar misturas líquidas, como molhos e sopas. A incorporação bem-sucedida de farinhas de leguminosas como ingredientes para alimentos depende das características funcionais e qualidades sensoriais que a farinha fornece ao produto final (Fenn et al., 2022).

No sistema alimentar, as características funcionais das proteínas são influenciadas por diversos fatores. As forças não covalentes entre as cadeias laterais de aminoácidos e as ligações dissulfeto covalentes, especialmente nas cisteínas, desempenham um papel crucial na estabilização da estrutura tridimensional das proteínas. Essas ligações envolvem a formação de uma ponte covalente entre os átomos de enxofre presentes em dois resíduos de cisteína distintos. Condições como temperatura, pH, processamento alimentar, armazenamento e interações com outros componentes podem modificar a estrutura e funcionalidade das proteínas. Compreender esses fatores é crucial para garantir a qualidade e o desempenho das proteínas nos alimentos (Awuchi et al., 2019). Essas interações são responsáveis pelas funções químicas e físicas de qualquer proteína. Portanto, alterações nas propriedades físico-químicas e funcionais ocorrerão se essas interações entre moléculas proteicas e sua estrutura conformacional forem modificadas (Byanju et al., 2020).

- **Solubilidade**

A solubilidade proteica é o resultado da interação entre os grupos hidrofílicos na superfície proteica com a água (Horax et al., 2004). As proteínas da leguminosa são caracterizadas por alta solubilidade (até 80-90%) em baixos (<3) e altos (>7,5) valores de pH, mas a solubilidade diminui acentuadamente perto do ponto isoelétrico, geralmente entre pH 4 e 6 para a maioria das leguminosas. No ponto isoelétrico, não há carga líquida presente na proteína, como resultado, não há interações repulsivas ou interações proteína-proteína que neutralizam a solubilidade.

A solubilidade proteica em sistemas aquosos é geralmente um pré-requisito para outras propriedades funcionais, como gelificação, emulsificação e formação de espuma e a sua solubilidade é influenciada pela massa molecular, pelo número de cadeias laterais iônicas expostas e pela hidrofobicidade (Boye et al., 2010).

- **Capacidade de Absorção de água**

O índice da absorção de água (IAA) é definida como a quantidade de água que pode ser absorvida por grama de ingrediente proteico ou farinha de leguminosa. Varia de 0,6 a 2,7 g/g para proteínas de grão-de-bico, lentilha e ervilha (Boye et al., 2010). Resultados semelhantes são relatados para concentrados proteicos e isolados produzidos a partir de outras leguminosas, como feijão-fava, soja, lentilha e ervilha (Fernández et al., 1997; Lee et al., 2007).

A capacidade de retenção de água das proteínas de leguminosas é influenciada por diversos fatores: tipo e quantidade de proteína, presença de componentes não-proteicos, pH do meio e processamento/preparação. Proteínas com estruturas mais compactas tendem a reter mais água, enquanto carboidratos, fibras e lipídios podem interagir com as proteínas, afetando essa capacidade. Alterações no pH e métodos de processamento também podem modificar as propriedades das proteínas e sua interação com a água, afetando a textura e qualidade dos alimentos finais.

- **Capacidade de absorção de óleo**

A capacidade de absorção de óleo é uma propriedade funcional crucial que descreve a capacidade das proteínas, mais especificamente a cadeia lateral não polar das proteínas, de se ligarem à gordura (Sathe et al., 1982).

A capacidade de ligação de óleo e água das proteínas nos alimentos é influenciada por fatores intrínsecos, como a conformação da proteína, a composição de aminoácidos e a polaridade ou hidrofobicidade da superfície (Suresh e Samsher, 2013).

As farinhas são ingredientes versáteis que oferecem benefícios funcionais significativos, incluindo a capacidade de otimizar a absorção de óleo em alimentos, o que é importante para a produção de alimentos mais saudáveis e de alta qualidade. A capacidade de absorção de óleo dessas farinhas não apenas influencia a textura e a

palatabilidade dos alimentos, mas também contribui para melhorar o sabor global e a experiência sensorial na boca. Portanto, a compreensão e otimização da capacidade de absorção de óleo nas farinhas não apenas desempenham um papel vital na formulação de produtos alimentares, mas também destacam o seu potencial como ingredientes funcionais em diversas aplicações (Kaur & Singh, 2005).

- **Propriedades emulsionantes e espumantes**

Na formulação de alimentos, as propriedades de emulsificação e formação de espuma desempenham papéis fundamentais. (Aluko et al., 2001).

A capacidade emulsionante de uma proteína é a sua capacidade de ajudar na preparação de uma emulsão com gotículas de óleo de um tamanho relativamente pequeno, formando um filme em torno delas enquanto elas estão dispersas em um meio aquoso, evitando assim a agregação de gotículas que pode levar à separação de fases (Karaca *et al.*, 2013). As propriedades emulsificantes das proteínas são normalmente descritas por dois parâmetros: índice de atividade emulsificante (IAE) e índice de estabilidade emulsificante (IEE). IAE é a área de superfície máxima criada por unidade de proteína, e geralmente é determinada pela aplicação de turbidimetria a amostras de emulsão altamente diluídas. O IEE mede a capacidade da emulsão de manter sua estrutura durante um período definido, e é determinado pela avaliação da diminuição da turbidez com o tempo de uma emulsão diluída durante o armazenamento de curto prazo. Em geral, as farinhas e proteínas de leguminosas apresentam boa capacidade emulsionante, que geralmente é atribuída à natureza anfífila e à tendência de formar um filme na interface óleo-água de proteínas solúveis (Liu et al., 2008).

As espumas de proteínas, geralmente, consistem em gotículas de gás dispersas e envolvidas por um filme líquido fino, contendo um surfactante solúvel (proteína). A capacidade de uma proteína em formar espuma depende de uma série de fatores intrínsecos e extrínsecos: a natureza da proteína, sua massa molecular, as cargas em sua superfície, sua solubilidade, flexibilidade molecular e taxa de migração para a interface. Fatores externos, como pH, temperatura, proporção de fases imiscíveis, presença de sais, habilidade de formar filme na interface, outros constituintes alimentares e concentração de proteínas, também desempenham papel crucial. Juntos, esses fatores determinam a capacidade da proteína em formar e estabilizar espumas, influenciando a qualidade e textura dos produtos finais. (Sathe et al., 1982).

As **espumas** são formadas quando as proteínas se difundem e adsorvem à interface ar-água, reduzindo a tensão superficial, enquanto parcial ou totalmente se desdobram e formam um filme interfacial ao redor das bolhas de ar, o que ajuda a evitar que a espuma entre em colapso imediatamente após a formação e, às vezes, durante o armazenamento (Foschia et al., 2017).

As propriedades espumantes das proteínas são geralmente expressas em termos do índice de capacidade de formação de espuma (*FC*), que representa o aumento relativo no volume de uma solução proteica resultante da incorporação de ar e o índice de estabilidade da espuma (*FS*), que mede a capacidade do sistema de reter o ar na forma de bolhas. Proteínas concentradas ou isoladas de leguminosas, como feijão, tremoço e soja, apresentaram *FC* e *FS* de 22–58% e 50–90%, respectivamente (Boye et al., 2010).

- **Gelificação**

A gelificação de proteínas ocorre normalmente quando as proteínas formam uma rede tridimensional após o aquecimento a uma temperatura superior à temperatura de desnaturação da proteína, seguida de arrefecimento subsequente (Arntfield & Maskus, 2011).

A capacidade de gelificação é geralmente expressa pela concentração mínima de gelificação (*CMG*), que pode ser definida como a concentração mínima de proteína necessária para a formação de um gel autoportante. Quanto menor a *CMG*, melhor é a capacidade de formar géis. A formação de gel de proteína de leguminosa é frequentemente favorecida por interações hidrofóbicas presentes na estrutura das proteínas e, em alguns casos, a presença de pontes de dissulfureto covalentes especialmente envolvendo resíduos de cisteína, contribui para a estabilidade e estrutura tridimensional das proteínas, desempenhando um papel na formação da rede e do gel (Moure et al., 2006).

A maioria dos isolados de proteína de leguminosa, utilizando extração alcalina e precipitação isoelétrica apresentam valores de *CMG* entre 12 e 20%, enquanto o glúten de trigo apresenta menor tendência à formação de um gel, com *CMG* de 22%. No entanto, frações purificadas ou isolados com métodos alternativos de precipitação de proteínas geralmente apresentaram valores mais baixos de *CMG* (5,5–11%)(Boye et al., 2010; Kaur & Singh, 2005).

#### 2.1.4. Efeitos na saúde

- **Qualidade nutricional e benefícios para a saúde**

As leguminosas são alimentos muito ricos nutricionalmente, proporcionando elevados benefícios para a saúde de quem os consome. De um modo geral, as sementes das leguminosas têm um elevado teor proteico (cerca de 20 a 30 % do seu peso total), hidratos de carbono, gordura, fibra, vitaminas do complexo B e minerais (Rebello et al., 2014; Singh, 2017).

As leguminosas são uma excelente fonte de proteína, mas são consideradas de baixo valor biológico devido à limitação de alguns aminoácidos essenciais, como metionina,

cisteína e triptofano. Para compensar essa deficiência, é recomendável combinar as leguminosas com cereais, já que os cereais contêm aminoácidos que as leguminosas não têm em quantidade suficiente, enquanto as leguminosas contêm aminoácidos que os cereais não possuem em quantidades adequadas (Rebello et al., 2014). A combinação de leguminosas com cereais resulta em uma proteína mais completa em termos de perfil de aminoácidos, semelhante às fontes de proteína de alto valor biológico de origem animal. Essa prática é comum em várias culturas alimentares ao redor do mundo e é uma estratégia eficaz para garantir uma ingestão equilibrada de proteínas e aminoácidos essenciais na dieta (Alonso et al., 2010).

Relativamente ao teor lipídico, as leguminosas geralmente possuem baixo teor de gordura, e a gordura que contêm é predominantemente insaturada (Sridhar & Seena, 2006). As gorduras insaturadas são consideradas mais saudáveis, pois podem ajudar a reduzir o colesterol LDL ("mau") no sangue, quando consumidas em substituição às gorduras saturadas e trans. A ingestão frequente de leguminosas secas, em paralelo com uma dieta pobre em gorduras saturadas, pode ajudar a controlar a homeostase lipídica e, conseqüentemente, reduzir o risco de doenças cardiovasculares (DCV). Incorporar leguminosas na dieta pode ser uma maneira eficaz de promover uma alimentação equilibrada e saudável. (Bouchenak & Lamri-Senhadji, 2013).

No que diz respeito aos hidratos de carbono, as leguminosas contêm principalmente os de digestão lenta, como o amido. Esses hidratos de carbono complexos são benéficos para a saúde, pois proporcionam uma liberação gradual de glicose na corrente sanguínea, ajudando a controlar a glicemia pós-prandial. A digestão lenta dos glúcidos também contribui para uma sensação de saciedade sustentada que se traduz numa menor necessidade de ingestão de alimentos (Alonso et al., 2010). Estudos realizados por Venn et al., (2010), mostraram que a incorporação de leguminosas e alimentos integrais num programa de perda de peso, resultou em maior redução da circunferência da cintura em comparação com o grupo que consumiu uma dieta controle, embora nenhuma diferença na perda de peso tenha sido observada entre os grupos. A retenção de diversos nutrientes foi melhor com a dieta com leguminosas e cereais integrais.

As leguminosas ao exibirem um índice glicêmico baixo, associado a um alto teor de fibras não digeríveis, tem sido atribuído uma acção controladora nos indivíduos diabéticos (Jenkins et al., 2012). Além disso, as sementes de leguminosas contribuem para prevenir a resistência à insulina, característica da diabetes mellitus tipo 2 (Mudryj et al., 2014). Para além disso, o aumento da velocidade do trânsito intestinal, provocado pela ingestão de leguminosas, tem efeitos benéficos, uma vez que diminui a absorção do colesterol, provoca a digestão incompleta do amido e a diminuição dos processos fermentativos (Bazzano et al., 2011; Probert et al., 1995).

Relativamente à composição em vitaminas e minerais, destaca-se o fornecimento de vitaminas do complexo B, principalmente da vitamina B9 (folato) que reduz o risco de defeitos do tubo neural em recém-nascidos, entre outros benefícios. As leguminosas

são, ainda, boas fontes de ferro, zinco, magnésio, potássio e fósforo. O alto teor de ferro das leguminosas torna-o um bom alimento para prevenir a anemia ferropriva em mulheres e crianças, quando combinadas com alimentos ricos em vitamina C, que ajudam a melhorar a absorção do ferro (Singh, 2017).

- **Fatores antinutricionais**

Os fatores antinutricionais são substâncias naturalmente presentes nos alimentos que podem interferir na absorção de nutrientes ou ter efeitos negativos na saúde quando consumidos em quantidades significativas. Eles são gerados pelo metabolismo normal das espécies, como plantas ou animais, e podem incluir compostos como fitatos, taninos, oxalatos, lectinas e inibidores de tripsina. Diferentes mecanismos podem ter efeitos contrários na nutrição ideal, como por exemplo, inativação de alguns nutrientes ou diminuição da sua absorção durante o processo digestivo. Em alguns casos, podem ser simplesmente tóxicos ou causar efeitos colaterais fisiológicos, como por exemplo, a flatulência (Gebrelibanos et al., 2013; Soetan & Oyewole, 2009).

A remoção destes componentes antinutricionais é essencial para melhorar a qualidade nutricional das leguminosas e a apetência dos consumidores e, efetivamente, utilizar todo o seu potencial para a alimentação.

Os fatores antinutricionais mais comumente encontrados nas leguminosas são os inibidores enzimáticos (das *proteases* e das *amilases*), compostos fenólicos, fitatos, oligossacáridos e saponinas. Estes podem ser divididos em dois grupos: compostos de natureza proteica e compostos de natureza não-proteica. Os compostos de natureza proteica incluem os inibidores das *proteases* e das *amilases* e as lectinas enquanto os compostos de natureza não-proteica incluem os restantes compostos acima referidos (Aguilera et al., 2013).

Os inibidores das *proteases* ou das *amilases*, reduzem a digestão das proteínas. Quando as leguminosas são consumidas cruas ou sem serem cozinhadas corretamente, podem perturbar as funções digestivas e causar diarreia e/ou flatulência. Estes inibidores enzimáticos não são resistentes ao calor, de modo que o tratamento térmico elimina todos os possíveis efeitos negativos do consumo (Muzquiz et al., 2012). Apesar do referido, algumas leguminosas, como feijão, lentilha e soja, têm sido objeto de estudos sobre seus potenciais benefícios para a saúde, incluindo suas propriedades anticancerígenas (Champ, 2002).

As lectinas são glicoproteínas, que interferem na absorção de nutrientes (Fernandez et al., 1997). No entanto, podem ser benéficas, estimulando a função intestinal, limitando o crescimento tumoral e melhorando a obesidade (Lagarda-Diaz et al., 2017; Muzquiz et al., 2012). A remoção destas glicoproteínas é possível através do tratamento térmico, pois estas são lábeis ao calor (Jimoh et al., 2011).

Entre os compostos fenólicos, o grupo mais frequentemente descrito é o dos taninos, presentes em quase todas as leguminosas. Inibem as enzimas digestivas,

diminuindo a digestibilidade da maioria dos nutrientes, principalmente, proteínas e hidratos de carbono. A remoção destas substâncias é conseguida por imersão em água (demolha e rejeição da água), antes do processamento térmico. Por outro lado, os taninos têm atividade antioxidante e propriedades anticancerígenas (Champ, 2002; Gebrelibanos et al., 2013).

As leguminosas são das principais fontes de fitatos na dieta. A capacidade do ácido fítico de se ligar a minerais, proteínas ou amido, direta ou indiretamente, pode alterar a solubilidade, funcionalidade, digestibilidade e absorção desses nutrientes (Urbano et al., 2000). Além disso, os animais monogástricos têm uma capacidade limitada de hidrolisar fitatos e liberar fosfato para absorção devido à falta de *fitases* intestinais (Chichester et al., 1982). O seu efeito antinutricional deve-se também à formação de quelatos com iões metálicos, como o cálcio, magnésio, zinco e ferro, formando compostos pouco solúveis e dificilmente absorvidos pelo intestino (Muzquiz et al., 2012). No entanto, alguns estudos descrevem efeitos benéficos do ácido fítico. A redução da biodisponibilidade de certos compostos pode ser considerada um efeito benéfico em certos contextos. Por exemplo, no caso de metais pesados como cádmio e chumbo, que podem ser tóxicos para o organismo humano quando presentes em níveis elevados, a redução da sua biodisponibilidade pode ser vantajosa, pois limita a quantidade desses metais que o corpo pode absorver e, portanto, reduz o risco de toxicidade (Champ, 2002).

As saponinas são compostos isoprénicos que têm a capacidade de lisar eritrócitos e outras células, como as da mucosa intestinal, afetando a absorção de nutrientes. São consideradas substâncias tóxicas, por causarem náuseas e vômitos (Bora, 2014). No entanto, também são importantes na dieta humana, pois reduzem o colesterol do plasma e reduzem o risco de doenças cardíacas. As saponinas não são destruídas durante a cozedura ou o processamento, mas são eliminadas por imersão prévia em água (Gupta, 1987).

A presença de FAN nas leguminosas pode diminuir a palatabilidade, digestibilidade das proteínas e a biodisponibilidade dos minerais, conseqüentemente, limita o valor biológico e a aceitação das leguminosas como alimento de consumo regular (Rahate et al., 2021). No entanto, a maioria dos ANF são reduzidos ou inativados antes do consumo: a imersão em água (posteriormente rejeitada), seguida da cozedura elimina ou reduz substancialmente os anti-nutrientes (Gebrelibanos et al., 2013).

#### 2.1.6. Variedades de leguminosas analisadas

- ***Lupinus sp.* (Tremoço)**

Os *Lupinus sp.* podem ser consideradas culturas “novas” e “antigas”: novas, pelo seu interesse recente na introdução de variedades melhoradas na agricultura; antigas porque existem registos desde há 2.000 anos a.C. Compreende mais de 300 espécies, quatro das quais ganharam importância agrícola (Hondelmann, 1984).

Quanto à etiologia, o tremoço pertence ao gênero *Lupinus*, da classe *Genisteae* da família *Leguminosae*. As principais espécies cultivadas são *Lupinus albus* L. (tremoço branco), *Lupinus angustifolius* L. (tremoço azul), *Lupinus luteus* L. (tremoço amarelo) e *Lupinus mutabilis* L. (tremoço pérola). *L. albus*, *L. luteus* e *L. angustifolius* são nativas da Europa e representam a maioria das espécies de sementes de tremoço cultivadas em todo o mundo (Huyghe, 1997). A quarta espécie de semente de tremoço com potencial para cultivo abrangente é *L. mutabilis*, sendo frequentemente considerada como um tremoço emergente. Em comparação com as três espécies citadas, caracterizam-se por maiores teores médios de proteína e gordura. Infelizmente, o cultivo de sementes de *L. mutabilis* é limitado apenas a algumas partes da América do Sul e não está disponível comercialmente na Europa até o momento (Czubinski et al., 2021).

É uma planta herbácea, anual, ereta, chegando a medir 45 cm de altura, sendo mais encontrada em regiões frias. As folhas são compostas de sete folículos na mesma altura do pecíolo, alongadas e de coloração verde. As flores podem ser brancas, azuis ou amarelas, formadas em inflorescência (Figura 6) (Huyghe, 1997).



**Figura 6:** Flores de Tremoço branco (*Lupinus albus*), tremoço azul (*Lupinus angustifolius*) e tremoço amarelo (*Lupinus luteus*).

Fonte: (Agraria.org, 2024)

Devido à sua composição nutricional e propriedades funcionais, a farinha de tremoço pode ser utilizada na produção de alimentos fermentados. Além disso, há um aumento do uso de ingredientes derivados de plantas como fontes de proteína vegetal na formulação de produtos alimentícios, como laticínios e análogos de carne. A adição de até 10% de farinha de tremoço melhora a ligação à água, textura, vida útil, aroma e valor nutritivo. Portanto, o tremoço tem atraído interesse, em todo o mundo, como um potencial ingrediente alimentar de alta proteína adequado para o consumo humano (Fudiyansyah et al., 1995, Johnson e Gray, 1993, Petterson e Crosbie, 1990).

- ***Vicia faba* L. (Fava)**

A *Vicia faba*, comumente chamada de fava, é uma planta herbácea anual que pertence à família *Fabaceae*. As suas folhas são compostas e as flores, geralmente brancas, têm uma forma característica com manchas escuras. As sementes de fava são grandes, achatadas e têm uma tonalidade verde-pálida. Crescem em vagens alongadas e achatadas, muitas vezes contendo várias sementes (Duc, 1997) (Figura 6).



Figura 7: Planta *Vicia faba* com vagem e sementes

Fonte: (Pereira, 2023)

A fava é uma leguminosa versátil consumida em várias partes do mundo. Pode ser utilizado verde, seco, fresco ou cozido/enlatado. Comum no café da manhã no Oriente Médio, Mediterrâneo, China e Etiópia, é usado em pratos como Medamis (feijão cozido), Falafel (bolinhos fritos), Bissara (pasta de cotilédone) e sopa Nabet (feita com favas germinadas fervidas). As suas formas de preparação incluem cozimento, fritura, misturas em saladas e ensopados, proporcionando uma fonte nutritiva de proteínas, fibras e vitaminas Dhull et al. (2022). Nutricionalmente, as sementes maduras de fava são ricas em proteínas, carboidratos e fibra alimentar. A fava também contém uma variedade de compostos bioativos, por exemplo, fenólicos totais e flavonóides com atividade antioxidante demonstrada (Williams et al., 2002). No entanto, as favas também contêm alguns compostos antinutricionais, como os alcaloides vicina e convicina. Esses compostos podem ser problemáticos para indivíduos com deficiência da enzima G6PD (glicose-6-fosfato desidrogenase), levando ao desenvolvimento de uma condição chamada favismo. O favismo é uma condição em que os glóbulos vermelhos são destruídos de forma prematura, levando a anemia hemolítica e outros sintomas relacionados ao aumento de radicais livres nos glóbulos vermelhos. Portanto, embora as favas sejam nutritivas para a maioria das pessoas, é importante que

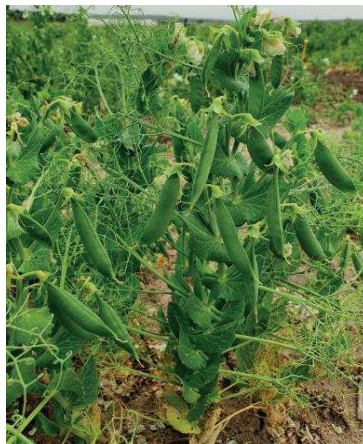
indivíduos com deficiência de G6PD evitem o consumo dessas leguminosas para prevenir complicações de saúde (Luzzatto & Arese, 2018).

- ***Pisum sativum* spp (Ervilha)**

As ervilhas (*Pisum sativum*) têm uma história rica que remonta milênios, sendo cultivadas e consumidas em diversas culturas. Originárias da região do Crescente Fértil, na Ásia Ocidental, as ervilhas desempenharam um papel vital na dieta de civilizações antigas e foram, posteriormente, disseminadas por rotas comerciais (Green, 2008).

A ervilha pertence, taxonomicamente, à ordem *Fabales*, família *Fabaceae* (Leguminosae), gênero *Pisum*. Considera-se que este gênero é constituído por apenas duas espécies: a espécie cultivada *Pisum sativum* L. e a espécie selvagem *Pisum fulvum* Sibth. e Sm. (Green, 2008).

Correia de Campos (2014) descreve a planta de ervilha (*Pisum sativum*) (Figura 8) como uma herbácea anual com raízes superficiais e caule de crescimento indeterminado. Destaca a importância de precauções na mobilização do solo devido à fragilidade das raízes. O ciclo de crescimento inclui folhas compostas, flores a partir do sétimo nó e frutos em forma de vagem.



**Figura 8:** Planta de ervilha (*Pisum sativum*) com vagem.

Fonte: (Pereira, 2023)

Sendo uma cultura de outono-inverno, a ervilha adapta-se melhor a clima frescos e húmidos. Na fase vegetativa, a ervilha tolera geadas moderadas desde que estas não ocorram durante o período da floração. De acordo com o estudo de Schieler et al. (2024), verificou-se que temperaturas mais elevadas promovem um crescimento mais significativo da parte aérea quando comparada com o desenvolvimento radicular. No entanto, nestas condições climáticas, ocorre um encurtamento da fase de crescimento vegetativo, uma entrada na floração mais precoce e o número de flores e vagens por planta reduz. Quando as temperaturas são mais baixas, especialmente quando ocorrem

no início do ciclo cultural, há um maior desenvolvimento do seu sistema radicular. As preferências edáficas, indicando que a planta se adapta a diferentes solos com boa drenagem, sugerindo correções para solos mal drenados e um pH ideal entre 6 e 7,5.

As sementes de ervilha são ricas em proteínas (23–25%), amido de digestão lenta (50%), açúcares solúveis (5%), fibras, minerais e vitaminas (Dahl et al., 2012).

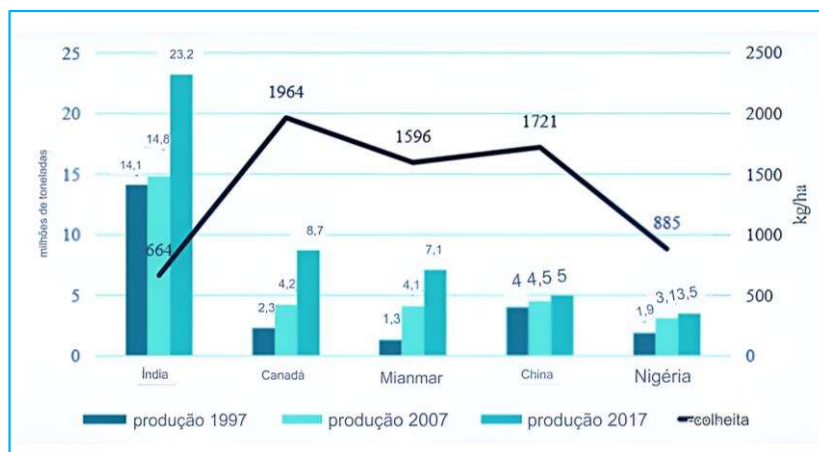
## 2.1.7. Produção de leguminosas-grão

### 2.1.7.1. Produção a nível mundial

De acordo com (Szczebyło et al., 2019) a análise dos dados referentes à produção de leguminosas mostra que a maior parte do volume de produção global vem de países em desenvolvimento. Além disso, mais de 80% da produção mundial de leguminosas é dedicada a atender a uma procura doméstica.

A Índia foi o maior produtor de leguminosas, em 2017, seguida pelo Canadá, Myanmar, China e Nigéria (Figura 8). A produção total de leguminosas na Índia atingiu mais de 23 milhões de toneladas em 2017, que constituía quase 1/4 da produção mundial desse alimento. Foi um aumento de 55% em relação a 2007 com a produção de 14,8 milhões de toneladas. No entanto, na Índia a produção de leguminosas é a menos eficiente em comparação com os outros quatro países.

Os rendimentos da Índia são 2 vezes menores que no Canadá, que é considerado o maior produtor mundial de leguminosas e alcança os maiores rendimentos.



**Figura 9:** Principais países produtores de leguminosas em 1997, 2007 e 2017 e colheita de 2017 (kg/ha).

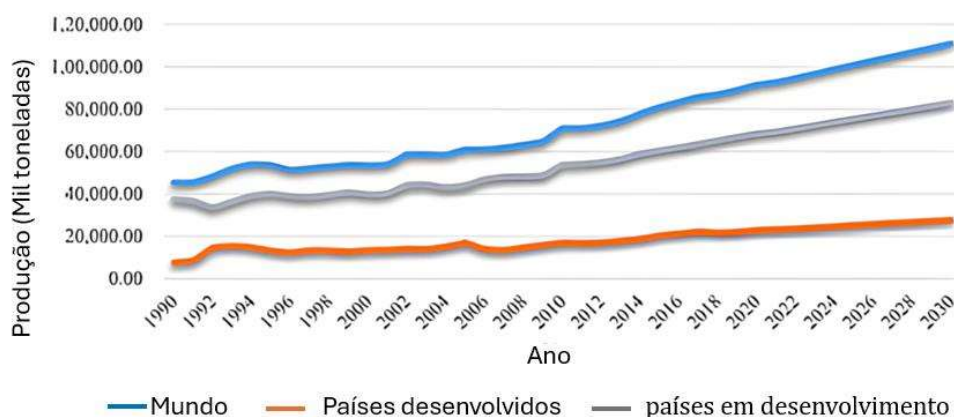
Adaptado: (Szczebyło et al., 2019)

Tomando como referência o país com a produtividade mais elevada, estimamos a diferença de eficiência para 171 países produtores de leguminosas, que varia entre 15

e 98%, indicando o vasto potencial para aumentar a produção de leguminosas. Apenas 19,01 milhões de toneladas de leguminosas são transacionadas no mercado mundial, dominado pelo Canadá (5,70 milhões de toneladas), seguido da Austrália (2,07 milhões de toneladas) (Bhat et al., 2022).

- **Tendências de Produção e consumo de leguminosas**

De acordo com Varma & Vishwanath (2023), as tendências da produção de leguminosas no mundo, nos países desenvolvidos e nos países em desenvolvimento no período 1990-2030, com base a partir dos dados existentes até 2020, segue as seguintes projeções para o período 2021-2030 representadas na Figura 9.

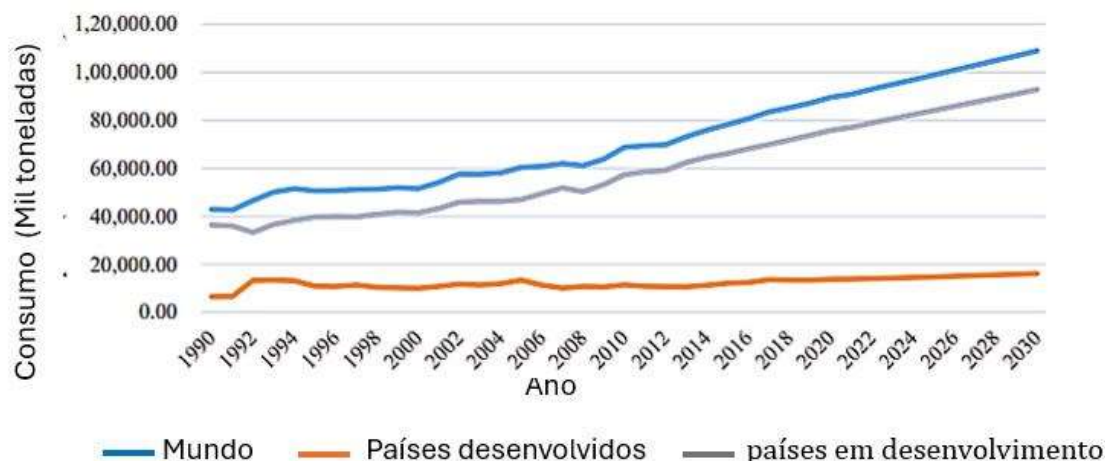


**Figura 10:** Produção de leguminosas secas no mundo - países em desenvolvimento e países desenvolvidos, 1990-2030.

Adaptado: (Varma & Vishwanath, 2023)

Em termos de consumo per capita de leguminosas, há variações no consumo de leguminosas em diferentes países e regiões, consoante os padrões alimentares e a disponibilidade de leguminosas. Em 2020, o volume do consumo mundial ascendeu a 89,6 milhões de toneladas, com um aumento projetado de 19 milhões de toneladas até 2030, com a maior contribuição dos países em desenvolvimento (84,6% em 2020). As tendências (atuais e projetadas) do consumo entre o período de 1990-2030 são apresentadas na Figura 10.

Os três principais países e regiões em termos de consumo atual de leguminosas no mundo são a Índia (30% do consumo total), a China (6,4% do consumo total), e União Europeia (5,8%).



**Figura 11:** Consumo de leguminosas secas no mundo - países em desenvolvimento e países desenvolvidos, 1990-230.

Fonte: (Varma & Vishwanath, 2023)

Os principais exportadores de leguminosas podem variar ao longo dos anos, mas países como Canadá, Austrália, Estados Unidos, Brasil e Rússia têm sido tradicionalmente grandes exportadores. Esses países frequentemente exportam leguminosas para atender à procura global por esses alimentos (Bhat et al., 2022).

### 2.1.7.2. Produção em Portugal

A inclusão de leguminosas nos sistemas culturais agrícolas é uma prática bastante antiga em Portugal, no entanto, a sua produção tem sofrido um decréscimo sistemático ao longo do tempo. Mais especificamente, na década de 80, a produção de leguminosas em Portugal era de cerca de 35000 toneladas/ano, sendo que estes valores de produção asseguravam um grau de aprovisionamento de 76,7%

Os dados de produção atuais são muito baixos, cerca de 2000 toneladas/ano, que correspondem a 16,9% das nossas necessidades de consumo. Principalmente após a entrada de Portugal na Comunidade Económica Europeia, os incentivos políticos e estratégias europeias direcionaram o foco do setor agrícola para outras culturas (como o milho, o trigo e o arroz); e a globalização levou também a uma alteração na dieta dos portugueses e nas perceções dos consumidores em relação ao consumo de leguminosas (Moreira, 2021).

Em Portugal, os dados estatísticos indicam que o grão-de-bico e o feijão são as duas leguminosas-grão mais cultivadas, não havendo informação sobre as outras leguminosas-grão (INE, 2021). Nos últimos anos, tem-se observado um crescimento positivo na produção de grão-de-bico e de feijão (Figura 12). Verificou-se uma maior expressão no crescimento da cultura do grão-de-bico a partir de 2015. Neste ano, a produção praticamente duplicou (1392 t) em relação aos anos anteriores e em 2020 passou a ser cerca de quatro vezes mais elevada (2890 t).

Em relação ao feijão, observou-se que a produção é mais constante, sendo 2018 o ano em que se registou uma produção mais elevada (3055 t).

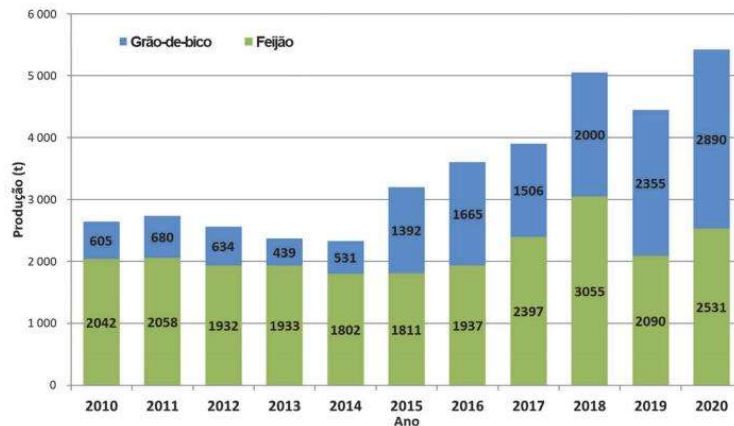


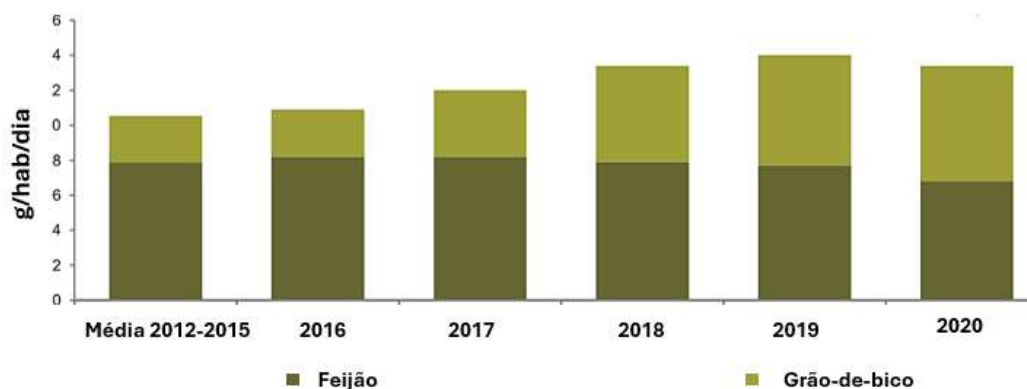
Figura 12: Produção de leguminosas-grão em Portugal

(Fonte: INE, 2021).

- **Disponibilidades alimentares para consumo**

Dados da Balança Alimentar Portuguesa mostram que em 2016, as quantidades diárias de leguminosas secas disponíveis para consumo foram de 11,2 g/hab/dia (4,1 kg/hab/ano), tendo ultrapassado a média do período 2008-2011 (11,0 g/hab/dia) e aumentado 16,7% entre 2012 e 2014 (+1,6 g/hab/dia ou +0,6 kg/hab/ano), mantendo-se estáveis em 2015 e 2016 (figura 13). O feijão seco é a leguminosa seca com maiores disponibilidades para consumo, representando no período 2012-2016 cerca de 75%, em média, das disponibilidades totais destes produtos, enquanto o grão-de-bico seco representou 25,0% (INE, 2021)

Em 2020, estavam disponíveis para consumo 13,4 g/hab/dia de leguminosas secas (4,9 kg/hab/ano), menos 4,3% face a 2019, mas superior ao disponível em 2016 em 22,9% (+0,9 kg/hab). Em termos médios, as disponibilidades médias anuais destes produtos no período 2016-2020 excederam as disponibilidades médias no período 2012-2015 em 21,0% (+0,8 kg/hab). De realçar que o nível máximo das disponibilidades diárias per capita registado entre 2016 e 2020 (14,0 g/hab/dia em 2019) se aproxima dos resultados mais elevados da série, apurados em meados da década de 90 do século passado.

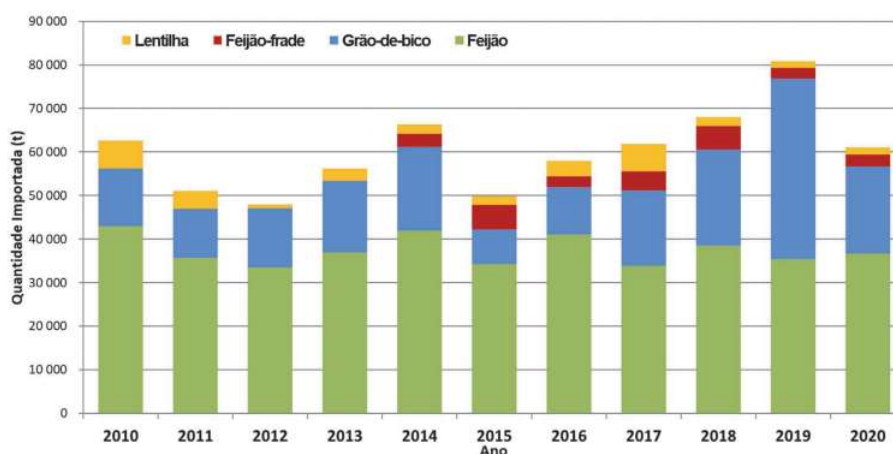


**Figura 13:** Disponibilidades diárias per capita de leguminosas secas.

Fonte: (INE, 2021)

O feijão seco é a leguminosa seca com maiores disponibilidades para consumo tendo representado, em média, 61,7% das disponibilidades totais destes produtos no período 2016-2020, enquanto o grão-de-bico seco representou 38,3%. No entanto, o grão-de-bico ganhou representatividade neste período, com um aumento de 24,5 p.p. em 2020 face a 2016, ano em que a importância desta leguminosa era de 24,8%, em detrimento da perda de importância do feijão seco no mesmo período (INE, 2021).

Contudo, mesmo com produções crescentes, Portugal ainda apresenta défice na produção de leguminosas-grão, dependendo assim da importação de leguminosas de países como a Argentina (43%), Estados Unidos da América (12%), Espanha (12%), Etiópia (12%), Canadá (11%) e México (10%) para suportar os níveis internos de consumo. Segundo os dados da FAO (2023), em 2020 Portugal importou 36 707 t de feijão, 20 010 t de grão-de-bico, 2692 t de feijão-frade e 1649 t de lentilha (Figura 14).



**Figura 14:** Importação de leguminosas-grão para alimentação humana em Portugal.

Fonte: (FAO,2023)

O acréscimo das disponibilidades para consumo de leguminosas secas, entre 2016 e 2019, deveu-se ao aumento das importações nesse período (+48,1%), as quais diminuíram 26,3% em 2020 face a 2019 em linha com o decréscimo das disponibilidades destes produtos (Figura 15).

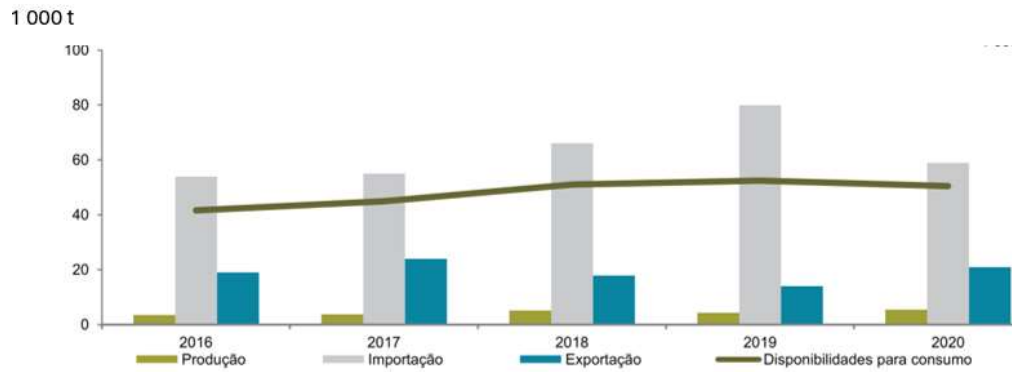


Figura 15: Disponibilidades, produção e saldo comercial de leguminosas secas.

Fonte: (INE, 2021)

### • Consumo de leguminosas secas em Portugal

A Tabela 2 apresenta uma análise do consumo de leguminosas secas em Portugal durante o período de 2017 a 2022. As leguminosas secas desempenham um papel crucial na dieta tradicional portuguesa, oferecendo benefícios nutricionais e contribuindo para a segurança alimentar.

O consumo total de leguminosas secas variou entre 4,4 kg/hab. e 4,9 kg/hab. nos últimos cinco anos. Grão seco e feijão seco são as principais espécies consumidas, com variações anuais notáveis. O consumo de outras leguminosas secas permaneceu constante em 0 kg/hab.. Esses dados fornecem uma visão abrangente do padrão de consumo de leguminosas secas em Portugal, destacando variações anuais e preferências específicas por tipo de leguminosa.

**Tabela 2:** Consumo humano de leguminosas secas (t/ano) por espécie de leguminosas secas

Período de referência dos dados	Espécie de leguminosas secas	Consumo humano de leguminosas secas per capita (kg/ hab.) por Espécie de leguminosas secas; Anual (1)	
		Local de residência (Portugal)	
		Portugal	
		PT	
		kg/ hab.	
2021 / 2022	Total de leguminosas secas	4,5	&
	Grão seco	1,5	&
	Feijão seco	3	&
	Outras leguminosas secas	0	&
2020 / 2021	Total de leguminosas secas	4,4	
	Grão seco	1,7	
	Feijão seco	2,7	
	Outras leguminosas secas	0	
2019 / 2020	Total de leguminosas secas	4,5	
	Grão seco	1,9	
	Feijão seco	2,6	
	Outras leguminosas secas	0	
2018 / 2019	Total de leguminosas secas	4,9	
	Grão seco	2	
	Feijão seco	2,9	
	Outras leguminosas secas	0	
2017 / 2018	Total de leguminosas secas	4,7	
	Grão seco	1,7	
	Feijão seco	3	
	Outras leguminosas secas	0	

Nota(s): (1) Ano Campanha (1 de julho do ano n a 30 de Junho do ano n+1).

Sinais convencionais: &: Dado provisório

**Fonte:** (INE, 2023)

### 2.1.8. Análise de mercado mundial de farinhas de leguminosas

O relatório de mercado de farinha de leguminosas, (2021) destaca uma dimensão global de US\$ 10 bilhões em 2021, projetando um aumento para US\$ 29.068,56 milhões até 2031 (Figura 16), com um CAGR de 11,26%. A pandemia da COVID-19 surpreendeu positivamente o mercado, registando uma procura superior às expectativas em todas as regiões, impulsionando o aumento repentino do CAGR, atribuído ao crescimento do mercado e à recuperação da procura pós-pandemia.

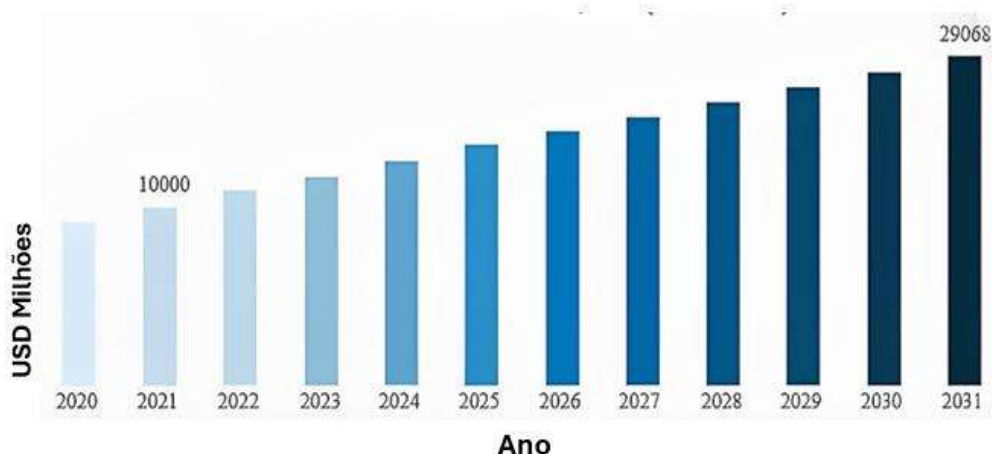


Figura 16: Dimensão do mercado mundial de farinha de leguminosas

Fonte: (BRI, 2024)

Esse aumento é impulsionado pela procura crescente em várias indústrias de alimentos e ração animal, principalmente devido às propriedades nutricionais superiores da farinha de leguminosas em comparação com outras farinhas. Iniciativas governamentais para promover a colheita de leguminosas também estão a contribuir para o crescimento do mercado.

As melhorias na indústria alimentar juntamente com o aumento do crescimento agrícola global, estão a criar oportunidades para as farinhas de leguminosas. A tendência por alimentos "*clean label*" e o aumento dos gastos do consumidor em produtos que promovem a saúde também são fatores que contribuem para a expansão contínua do mercado de farinha de leguminosas. As mudanças nos estilos de vida, a globalização e maior disponibilidade de recursos financeiros são mencionadas como impulsionadores adicionais desse crescimento. Em resumo, o mercado de farinhas de leguminosas apresenta uma perspectiva positiva, com oportunidades significativas para o setor nos próximos anos (BRI, 2024).

## 2.2. Estudo da avaliação de diferentes tipos de farinha de leguminosas utilizados em massas panares

O aumento da consciencialização dos consumidores em relação à sensibilidade ao glúten impulsionou a procura por farinha sem glúten em todo o mundo. A farinha de leguminosas, por ser um ingrediente sem glúten, tem tido uma preferência cada vez maior entre os consumidores nos últimos anos. Embora a prevalência da doença celíaca seja aproximadamente moderada em todo o mundo, o número de consumidores que abandonam o consumo de glúten aumentou na última década (Vinod et al., 2023). O glúten desempenha um papel essencial na panificação, pois é o responsável pela formação de uma massa coesa, extensível e viscoelástica, capaz de reter o gás

produzido durante a fermentação. Por esse motivo, o desenvolvimento de pão sem glúten tem sido um grande desafio para os investigadores (Singh & MacRitchie, 2001)

O desenvolvimento de produtos de panificação isentos de glúten envolve a utilização de ingredientes e aditivos com o intuito de aproximar-se das características viscoelásticas das massas de pão tradicional, obtendo assim maior qualidade. Para superar esse desafio, as formulações de pão sem glúten incorporam uma gama de farinhas de cereais (arroz), pseudocereais (quinoa) ou farinhas de leguminosas (grão-de-bico, alfarroba, bolota, tremoço); amidos de milho, e ingredientes como proteínas, hidrocolóides, aditivos que melhoram suas propriedades sensoriais, prazo de validade, mas também levam a um aumento do preço final (Miñarro et al., 2012), a fim de fazer a substituição total da farinha de trigo por aquelas conhecidas como “glúten free”.

A substituição do glúten da farinha de trigo por outro ingrediente é uma tarefa extremamente desafiante, pois este representa a rede proteica que retém o dióxido de carbono, produzido no processo de fermentação e, conseqüentemente pela expansão da massa, e pelas suas propriedades viscoelásticas.

A inclusão de leguminosas na farinha de trigo pode interferir negativamente as propriedades de panificação do pão devido às diferenças nas características das proteínas. A farinha de trigo, rica em proteínas de glúten, forma uma rede viscoelástica crucial para a estrutura do pão. Leguminosas, por sua vez, podem não conter as mesmas proteínas, resultando em massa com propriedades viscoelásticas reduzidas, afetando a estrutura do pão. Além disso, a adição de leguminosas pode atrasar o início da fermentação, comprometendo o processo de panificação. A necessidade de ajustes nas formulações é crucial para manter a qualidade do pão ao incorporar leguminosas (Mohammed et al., 2014).

### 3. Material e métodos

Esta análise constituiu na caracterização biométrica dos grãos, determinação do teor de humidade, cinza, pH, acidez, gordura, proteína, fibra, compostos fenólicos totais, atividade antioxidante, perfil dos compostos fenólicos, capacidade de absorção e solubilidade em água, capacidade de absorção de óleo e estudo da aplicação de diferentes tipos de farinha de leguminosas (*Cicer arietinum L.*) em massas panares.

#### 3.1. Material

As amostras de leguminosas foram colhidas nos campos experimentais do Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV) em Elvas, garantindo que as condições de cultivo e práticas agrícolas refletem a abordagem sustentável adotada pela instituição.

Foram cuidadosamente selecionadas cinco variedades distintas de leguminosas para este estudo, nomeadamente, duas espécies de *Lupinus* (*L. albus* e *L. luteus*), duas variedades de *Pisum sativum L.* (Grisel e Eribel) e uma espécie de *Vicia faba L.* (Figura 17), visando representar a diversidade presente nos campos experimentais.



Figura 17: Espécies de leguminosas grãos analisadas: 1-*Vicia Fava*; 2-*Lupinus luteus*; 3- *Lupinus albus*; 4- *Pisum sativum* (Grisel) e 5- *Pisum sativum* (Eribel).

foram realizados os ensaios biométricos aos grãos das 5 espécies e posteriormente submetidas a um processo de moagem para criar amostras homogéneas e facilitar as análises subsequentes.

#### 3.2. Caracterização físico-química

##### 3.2.1. Caracterização biométrica dos grãos

- **Contagem de 100g de grãos**

Pesou-se em balança semi-analítica 100 g de grãos de feijão, inteiros e uniformes, escolhidos aleatoriamente e procedeu-se a contagem dos mesmo num contador automático (Figura 18).



**Figura 18-**Balança e contador de grão automático

- **Tamanho e Forma dos grãos**

Para a determinação do tamanho dos grãos, de cada variedade, foram medidas as dimensões dos eixos ortogonais referentes ao comprimento (X), largura (Y) e espessura (Z) (Figura 19), em 10 grãos, escolhidos aleatoriamente, com o auxílio de um paquímetro digital com precisão 0,01mm. Após a determinação das medidas dos eixos ortogonais (X, Y e Z), a esfericidade (S) foi calculada segundo a Equação 1, descrita por (Costa et al., 2021).

$$Esfericidade (S) = \frac{Média\ geométrica\ das\ medidas}{Maior\ média} = \frac{(X.Y.Z)^{\frac{1}{3}}}{X} \times 100$$

**Equação 1:** Equação para a determinação da esfericidade dos grãos

Segundo Advíncula et al. (2015), a forma da semente é definida através dos valores encontrados no cálculo dos coeficientes J e H, de acordo com a equação 2:

$$J = \frac{Comprimento}{Largura} \quad H = \frac{Espessura}{Largura}$$

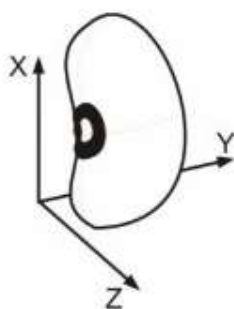
**Equação 2:** Equações para determinar os coeficientes J e H

Para a obtenção da forma da semente, os resultados dos coeficientes devem ser comparados com os valores da Tabela 2.

**Tabela 2:** Classificação da forma da semente segundo os coeficientes J e H.

Forma	J	H
Esférica	1,16 a 1,42	-
Elíptica	1,43 a 1,65	-
Oblonga ou reniforme curta	1,66 a 1,85	-
Oblonga ou reniforme média	1,86 a 2,00	-
Oblonga ou reniforme longa	> 2,00	-
Achatada	-	< 0,69
Semi cheia	-	0,70 a 0,79
Cheia	-	> 0,80

Adaptado: (Advíncula et al., 2015)



**Figura 19-**Representação das dimensões no grão

Fonte:(Costa et al., 2021)

### • Densidade dos grãos

A densidade real ( $\rho$ ) dos grãos, de cada variedade, foi determinada, em três repetições, a partir do deslocamento de líquidos, segundo Mpotokwane et al. (2008).

Utilizou-se proveta de 250 mL contendo 100 mL de água destilada, onde o peso total da proveta com a água foi quantificado em balança semi-analítica. Nesta proveta, foi adicionado 100g de feijão e o valor final quantificado.

A imersão dos grãos na proveta foi realizada no menor tempo possível, evitando-se que os grãos absorvessem humidade. Dessa forma, o volume dos grãos (V) foi calculado dividindo-se a massa de água deslocada (g) pela densidade da água (g/cm<sup>3</sup>), e por fim, a densidade real dos grãos foi determinada pela divisão da massa dos grãos pelo volume dos grãos medido, por meio da relação massa/volume.

### 3.2.2. Determinação do teor de humidade

O teor de humidade foi determinado segundo o método descrito na norma NP-875 (1994). Baseia-se na perda de massa após secagem da amostra em estufa a 105 °C, até massa constante, e posterior arrefecimento e pesagem.

O valor final de humidade, expresso em percentagem, foi determinado a partir da média de 3 repetições por amostra a partir da seguinte equação 3:

$$\text{Teor de humidade}(\%) = \frac{(mc+ma)-mf}{ma} \times 100$$

**Equação 3:** Equação para a determinação do teor de humidade (%)

Em que *mc* corresponde à massa da placa de vidro (g), *ma* à massa da amostra (g) e *mf* à massa final (g).

### 3.2.3. Determinação do teor de cinza

O teor de cinza foi determinado por incineração direta de 3 g de amostra em mufla aquecida gradualmente até 500-550 °C, seguindo o método oficial da AOAC (AOAC 920.153, 2012). Após obtenção de cinza esbranquiçada, a cápsula foi colocada a arrefecer em exsiccador, até pesagem constante. O teor de cinza foi calculado utilizando-se a equação 4:

$$\%Cinza = \frac{(m2-m1)}{ma} \times 100$$

**Equação 4:** Equação usado para determinar o teor de cinza (%)

Onde *m1* corresponde a massa do cadinho, *m2* a massa do conjunto (amostra + cadinho) após secagem na mufla a 550 °C por 8 horas, e *ma* a massa da amostra.

As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em g/ 100 g PF.

### 3.2.4. pH

O pH das farinhas foi determinado com recurso a um potenciómetro (Crison micro pH 2001, Barcelona, Espanha), previamente calibrado à temperatura ambiente, com soluções tampão de pH = 4 e pH= 7 (Carlo Erba Reagents, Val-de-Reuil, França). Os valores médios de pH resultaram de 3 determinações por amostra. A realização do procedimento e a apresentação dos resultados foram elaboradas de acordo com a NP EN 1132:1996.

### 3.2.5. Acidez titulável (AT)

A AT foi determinada de acordo com a norma NP-1421 (1977), misturou-se 5 g de farinha com água destilada num balão de 50 mL. 10 mL foram tituladas, sob agitação contínua, com uma solução de NaOH 0,1 M (Honeywell, Charlotte, Carolina do Norte, EUA) até pH = 8,2, com recurso a um titulador automático (Metrohm 665 Dosimat, São Paulo, Brasil) (Figura 20), anotando-se o volume de NaOH gasto.



**Figura 20:** Titulador automático usado para determinar a acidez titulável.

Os valores médios de AT, expressos em gramas de ácido cítrico anidro /100 g PF, resultaram de 3 determinações por amostra e foram calculados segundo a equação 5:

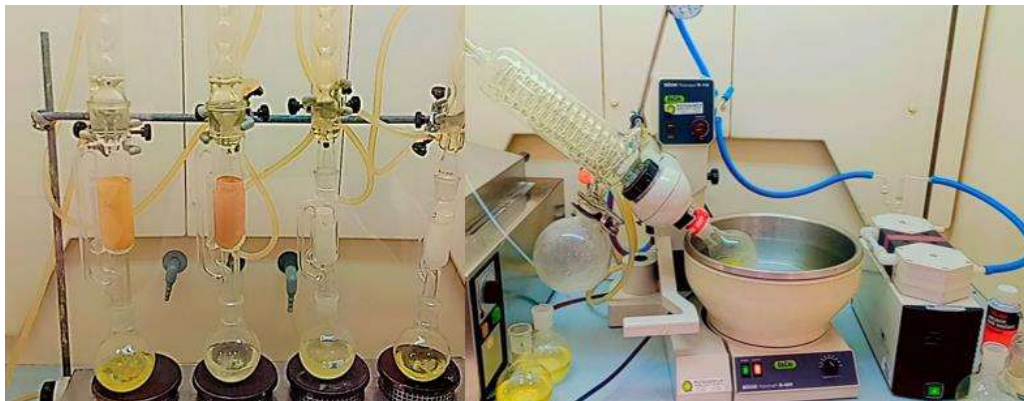
$$AT = \frac{(V_{total} * V_{NaOH}) / V_{toma}}{massa\ amostra} \times [NaOH] \times 0,064 \times 100$$

**Equação 5:** Equação para a determinação da AT (g ácido cítrico anidro /100 g PF)

Em que  $V_{total}$  corresponde ao volume total de amostra (em mL),  $V_{NaOH}$  corresponde ao volume gasto de NaOH (em mL),  $V_{toma}$  corresponde ao volume da toma para análise (em mL),  $[NaOH]$  corresponde à Concentração da solução de NaOH e 0,064 permite exprimir os valores de AT em gramas de ácido cítrico anidro/100g PF.

### 3.2.6. Determinação do teor de lípidos totais

O teor de lípidos totais foi determinado pelo método de Soxhlet (AOAC 991.36, 2012). Para tal, pesou-se 5 g de amostra para cartuchos de celulose contendo uma quantidade suficiente de algodão na extremidade para impedir a passagem da amostra. De seguida colocou-se em ampolas de extração. A extração foi efetuada a quente, com éter de petróleo, durante 5 horas, para balões previamente tarados e identificados (Figura 21). Uma vez terminada a extração e recuperado o solvente, procedeu-se à secagem da gordura extraída em estufa a 100 °C, onde permaneceram durante períodos de 1 hora. De seguida foram arrefecidos no exsiccador e pesados até obtenção de massa constante.



**Figura 21:** Extrator de Soxhlet e evaporador rotativo

O Teor de gordura foi calculado utilizando a equação 6:

$$\% \text{ Gordura} = \frac{(W_1 - W_0)}{ma} \times 100$$

**Equação 6:** Equação para determinar o teor de gordura (%)

Onde  $W_0$  corresponde a massa inicial do balão (g),  $W_1$  a massa final do balão seco em estufa + óleo/gordura (g) e  $m_a$  - massa da amostra(g).

As análises foram feitas em triplicado e os resultados apresentados em g/ 100 g PF.

### 3.2.7. Determinação do teor de proteína

O teor proteico foi determinado pelo método de Kjeldahl (AOAC 928.08, 2012), quantificando o azoto total presente nas amostras em estudo. Pesou-se cerca de 0,5 g de amostra em papel isento de azoto e colocou-se num tubo de Kjeldahl, adicionando duas pastilhas catalisadoras (Kjeldahl tablets) e 12 ml de ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado (96%). A digestão ácida foi efetuada no digestor automático K-438 e os gases recolhidos no neutralizador de gases Scrubber B-414. Desta forma, a matéria orgânica foi destruída por oxidação e o azoto orgânico originou sais de amónio. Após a alcalinização do meio com 90 ml de hidróxido de sódio (NaOH 32%), liberta-se amoníaco que, por destilação automática na unidade de destilação K-360, é recolhido em 60 ml de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) 4% (pH 4,65). Esta solução foi posteriormente titulada com ácido clorídrico (HCL 0,1 M), usando como indicador o vermelho de metilo (Figura 22).



Figura 22: Digestor e equipamento Kjeltec TM 2200 da FOSS®

A percentagem de azoto é calculada através da equação 7:

$$\% \text{ azoto} = \left[ \frac{((V_s - V_b) \times [HCL] \times 14,01 \times 0,001)}{m_a} \times 100 \right]$$

Equação 7: Equação para determinar o teor de azoto (%)

Onde  $V_s$  – Volume da solução volumétrica de ácido clorídrico gasto na titulação (mL);  $V_b$  - Volume da solução volumétrica de ácido clorídrico gasto no branco (mL);  $[HCL]$ - Concentração da solução volumétrica de ácido clorídrico (M);  $ma$ - Massa da amostra a analisar (g).

A percentagem de proteína é calculada de acordo com a equação 8:

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ azoto} \times F$$

**Equação 8:**Equação para determinar o teor de Proteína (%)

Sendo  $F$  o fator de conversão de azoto em proteína, que corresponde a 6,25 para leguminosas.

As análises foram realizadas em triplicado e os resultados são expressos em %.

### 3.2.8. Determinação da fibra total

A fibra total foi determinada com base no método de AOAC 985.29 (AOAC, 2012), utilizando o kit *Megazyme* (Figura 23). Para a digestão enzimática, pesou-se em quadruplicado  $1,000 \pm 0,005$  g de amostra, que se transferiram para um copo precipitação de 400 ml. Adicionaram-se 50 ml de tampão fosfato (pH = 6,0) e, em seguida, 50  $\mu$ l de  $\alpha$ -*amilase*. Tapou-se os gobelés com papel de alumínio e colocou-se num banho a 95°C com agitação durante 30 minutos. Depois de retirar as amostras do banho, deixou-se arrefecer 15 a 20 minutos à temperatura ambiente, procedeu-se à adição de 10 ml de hidróxido de sódio (NaOH 0,275 M) e ao ajuste do pH para  $7,5 \pm 0,1$  e adicionou-se 100  $\mu$ l de *protease*. Tapou-se novamente os copos com papel de alumínio e colocou-se no banho a 60 °C com agitação durante 30 minutos. Após arrefecimento, adicionou-se 10 ml de ácido clorídrico (HCl 0,325 M) e ajustou-se o pH a 4,0-4,6 com NaOH 1 M. Seguidamente, adicionou-se 200  $\mu$ l de *amiloglucosidase*, tapou-se novamente os gobelés com papel de alumínio e incubou-se no banho a 60 °C com agitação durante 30 minutos. Por último, adicionou-se 280 ml de etanol 95 % pré-aquecido. Deixou-se a solução à temperatura ambiente durante 2h para precipitar completamente a fibra solúvel.

Os cadinhos usados na filtração foram previamente lavados e colocados na mufla a 525 °C durante 2 horas, contendo cerca de 0,5 g de celite, e posteriormente colocados em estufa a 130 °C durante 3 horas. Após arrefecimento em exsiccador, pesou-se os cadinhos com a celite.

De seguida, colocou-se os cadinhos na rampa de filtração, adicionaram-se 20 ml de etanol 78% e aplicou-se vácuo, de modo a uniformizar a celite sobre a superfície porosa do cadinho. Mantendo o vácuo, transferiu-se o precipitado e a suspensão da amostra para o cadinho e lavou-se o resíduo com 3 porções de 20 ml de etanol 78% e duas porções de 10 ml de acetona. Após a filtração, retirou-se os cadinhos da rampa de

filtração e colocou-se na estufa a 105 °C durante a noite. No dia seguinte, retirou-se os cadinhos da estufa para o exsiccador e, após arrefecimento, registou-se os pesos dos cadinhos com a celite e o resíduo da filtração.

Para a análise dos resíduos é necessário conhecer os teores de proteína e de cinza. A determinação da proteína foi efetuada em duas réplicas pelo método de Kjeldahl (descrito anteriormente) e o teor de cinza por incineração direta em mufla a 550 °C durante 5 horas nos restantes duplicados. Após ligeiro arrefecimento, os cadinhos foram colocados em exsiccador e registado o peso de cada cadinho com a celite e as cinzas.



**Figura 23:** Kit da Megazyme usado para a terminação da fibra alimentar total

Os cálculos para a percentagem de fibra total foram efetuados de acordo com as seguintes equações:

$$\% \text{ Fibra Total} = \frac{\frac{R1 + R2}{2} - p - A - B}{\frac{m1 + m2}{2}} \times 100$$

$$B = \frac{BR1 + BR2}{2} - BP - BA$$

**Equação 9:** Conjunto de equações para determinar o teor de fibra total (%)

Onde: R1 = massa do resíduo 1 de m1; R2 = massa resíduo 2 de m2; m1 = massa da amostra 1; m2 = massa da amostra 2; A = massa de cinzas de R1; p = massa proteica de R2; B= branco; BR = resíduo em branco; BP = proteína em branco de BR1; BA = cinza branca do BR2.

### 3.3. Determinação das propriedades funcionais

#### 3.3.1. Índice de absorção e solubilidade em água

Os índices de absorção e solubilidade em água foram determinados segundo metodologia adaptada de Okezie & Bell0, (1998). O índice de absorção de água (IAA) foi determinado com amostras de um grama de fibra (em triplicado) suspensa em 25 mL de água destilada a 30 °C, em tubos de centrifuga de 100 mL, previamente pesados, submetidos à agitação por 30 minutos e centrifugados a 2500 rpm durante 10 minutos. O sobrenadante foi transferido para uma placa de petri de massa conhecida e o tubo contendo a farinha foi pesado. O IAA expresso em gramas de água por gramas de matéria seca, foi obtido pela equação:

$$IAA = \frac{\text{massa da fibra hidratada}}{\text{massa da amostra}} \times 100$$

**Equação 10:**Equação para determinar o índice de absorção de água (%)

O índice de solubilidade em água (ISA), foi obtido com a mesma metodologia do IAA. As placas de *petri* com sobrenadante foram colocadas na estufa por aproximadamente 15 horas e o ISA foi calculado pela equação:

$$ISA = \frac{\text{massa do Resíduo de evaporação}(g)}{\text{massa da amostra}} \times 100$$

**Equação 11:**Equação para determinar o Índice de solubilidade em água (%)

#### 3.3.2. Índice de absorção de óleo

A capacidade de retenção de óleo da farinha de feijão foi avaliada segundo a metodologia proposta por (Lin et al., n.d.) com algumas modificações. Para o cálculo do índice de absorção em óleo (IAO) utilizou-se amostras contendo 1 grama de fibra (em triplicado) suspensa em 25 mL de óleo de soja. A mistura foi colocada em tubos de 50 mL previamente pesados, com agitação permanente durante 30 minutos e centrifugados a 2500 durante 10 minutos. O líquido sobrenadante de cada amostra foi descartado e o IAO, expresso em gramas de óleo por grama de matéria seca, foi obtido pela equação 12:

$$IAO = \frac{\text{massa do resíduo insolúvel}}{\text{massa da amostra}(g)} \times 100$$

**Equação 12:**Equação para determinar a capacidade de retenção de óleo (%)

### 3.4. Caracterização bioativa das farinhas

#### 3.4.1. Preparação de extratos metanólicos

Os extratos metanólicos utilizados nas determinações do teor fenólico total (CFT) e da atividade antioxidante (AOx) foram preparados a partir da mistura de 1:4 (m:v) da amostra com metanol 100% (Honeywell, Charlotte, Carolina do Norte, EUA), homogeneizada a 20 000 rpm durante 1 min (Polytron Ultra-Turrax T 25 basic, IKA-Werke, Staufen, Alemanha) e incubada durante 20 minutos em banho de ultrassons (Sotel Branson 2200 Ultrasonic Cleaner). Seguiu-se a sua centrifugação a 7000 rpm durante 20 minutos a 4 °C (Sorvall RC5C, rotor SS34, Sorvall Instruments), com recolha do sobrenadante (extratos) em tubos Falcon, que foram posteriormente congelados a -20 °C (Large Upright AEG OKO\_ARCTIS Freezer). Antes da análise, os extratos foram previamente armazenados a 5 °C durante 24 h.

#### 3.4.2. Determinação do teor dos Compostos Fenólicos Totais (CFT)

A determinação do CFT baseia-se na reação colorimétrica promovida pelo reagente Folin-Ciocalteu e foi efetuada como descrito por Swain & Hillis (1959), com algumas modificações.

Este reagente, que apresenta uma cor amarela na sua forma oxidada, reduz-se na presença de compostos fenólicos e forma um complexo de cor azul (Figura 24).



**Figura 24:** Reação do reagente Folin-Ciocalteu com o extrato metanólico

Para o efeito, adicionaram-se 2400 µL de água destilada, 150 µL de extrato e 150µL do reagente Folin-Ciocalteu 0,25 M (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA) em tubos de ensaio. Agitou-se a mistura e, após 3 minutos, adicionou-se 300 µL de carbonato de sódio 1 M (Merck Millipore, Burlington, Massachusetts, EUA), tendo-se seguido um

período de reação de 2 h no escuro, à temperatura ambiente. As leituras espectrofotométricas foram efetuadas a  $\lambda = 725$  nm (Espectrofotômetro Jas.co V-530 UV/Vis, Japão). Os resultados médios foram calculados através da equação 13 e expressos em mg de equivalentes de ácido gálico por 100 g de produto fresco (mg EAG/100 g PF):

$$CFT = \left( \frac{Abs_{725nm} - b}{m} \right) \times \left( \frac{volume\ extrato}{massa\ amostra} \right) \times FD \times 100$$

**Equação 13:** Equação para a determinação do CFT (mg EAG/100 g PF)

Onde o m e b representam o declive e a ordenada na origem da reta de calibração, respetivamente, e FD o fator de diluição.

Os cálculos basearam-se na interpolação dos valores da absorvância utilizando uma reta de calibração preparada com o padrão de ácido gálico (Panreac Química AS, Barcelona, Espanha), para a qual foram preparadas diversas soluções padrão com metanol 100%, por sucessivas diluições, na gama 0,004–0,600 mg/mL.

### 3.4.3. Determinação da Atividade antioxidante (Aox)

A capacidade antioxidante total (**Aox**) está relacionada com a capacidade de os compostos fitoquímicos protegerem os sistemas biológicos dos efeitos indesejáveis resultantes dos processos ou reações envolvendo espécies reativas de oxigénio e azoto (MacDonald-Wicks et al., 2006) Com base nas reações químicas envolvidas a maioria dos ensaios relativos à capacidade antioxidante podem ser classificados em duas categorias:

**- Ensaios em que têm por base a transferência de átomos de hidrogénio (TAH)** - estes ensaios, geralmente são constituídos por um gerador de radical livre sintético, um marcador oxidável e um antioxidante; é um método que avalia a capacidade de um antioxidante eliminar os radicais livres pela cedência de hidrogénio. Os ensaios **TAH** incluem métodos como o **ORAC** (capacidade de absorção do radical oxigénio), o **FRAP** (parâmetro antioxidante de radicais totais, o método **TBARS** (substâncias reativas do ácido tiobarbitúrico) e o método de Folin-Ciocalteu ou ensaio da determinação dos fenóis totais;

**- Ensaios com base na transferência de um eletrão (TE)** - os ensaios baseados na transferência de eletrões avaliam a capacidade de um antioxidante para reduzir um oxidante, que muda de cor quando reduzido. Os ensaios de **TE** incluem métodos como o **TEAC** (capacidade antioxidante em equivalentes de trolox), o **FRAP** (poder antioxidante por redução do ião férrico), a redução de cobre (**CUPRAC**) e o **DPPH**

(captação do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo) (Huang et al., 2005; Karadag et al., 2009; MacDonald-Wicks et al., 2006).

Estes dois mecanismos de ação podem ocorrer em simultâneo o que pode dificultar a sua diferenciação e classificação (Karadag et al., 2009)

A determinação da capacidade antioxidante das farinhas foi efetuada utilizando o ensaio da inibição do radical 2,2-difenil-1-picril-hidrazilo (DPPH) e o ensaio do poder redutor (FRAP).

#### • Método FRAP

Um antioxidante com elevado poder de captação de radicais livres pode funcionar, muitas vezes como um redutor forte (Niki, 2010). O ensaio FRAP mede a capacidade dos antioxidantes de reduzir o complexo amarelo  $\text{Fe}^{3+} - (\text{TPTZ})_2^{3+}$  (complexo férrico 2,4,6 - tripiridil-s-triazina) ao complexo azul  $\text{Fe}^{2+} - (\text{TPTZ})_2^{2+}$ , em meio ácido, medida espectrofotometricamente a 593 nm (Karadag et al., 2009; Niki, 2010).

A AOx determinada através do método de FRAP baseou-se nos procedimentos descritos por Thaipong et al. (2006), com algumas modificações. Preparou-se a solução stock de reagente de FRAP a partir da mistura de tampão acetato de sódio 0,3 M (pH 3,6) (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA), solução de TPTZ 10 mM (Alfa Aesar, Haverhill, Massachusetts, EUA) e solução de cloreto férrico 20 mM (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA), na proporção 10:1:1. A mistura de reação foi preparada a partir de 0,2 mL de extrato e de 1,8 mL da solução stock de reagente de FRAP, incubada à temperatura ambiente durante 5 min e posteriormente medida espectrofotometricamente a  $\lambda = 593$  nm (Espectrofótopmetro Jas.co V-530 UV/Vis, Japão). Foi preparada uma reta de calibração com várias soluções de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA), na gama 10–1000  $\mu\text{M}$ , submetidas ao mesmo doseamento. Os resultados foram expressos em mmol de equivalentes de  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  por 100 g de produto fresco (mmol  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ /100 g PS) e calculados através da seguinte equação 14:

$$AOx = \left( \frac{\text{Abs}_{593\text{nm amostra}} - b}{m} \right) \times \left( \frac{\text{volume extrato}}{\text{massa da amostra}} \right) \times FD \times 100$$

**Equação 14:** Equação para a determinação da AOx pelo método FRAP (mmol  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  /100 g PF)

Onde Abs593nm corresponde à absorvância da amostra 593nm, o m e b são declive da reta e ordenada na origem da reta de calibração, respetivamente, e FD ao fator de diluição.

- **Método DPPH**

A AOX foi também determinada através do método DPPH e baseou-se nos procedimentos descritos por (Arnao et al., n.d.; Brand-Williams et al., 1995), com algumas modificações. Este método utiliza o radical livre estável de azoto DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), cuja cor roxa se altera para amarelo após respetiva redução na presença de compostos antioxidantes. O radical DPPH (TCI Chemicals, Zwijndrecht, Bélgica) foi previamente diluído em metanol (1:4,5, v:v) de modo a apresentar uma absorvância inicial de  $1,10 \pm 0,02$  a  $\lambda = 515\text{nm}$ . A mistura de reação foi preparada a partir de  $150 \mu\text{L}$  de extrato (cf. 8.5) e de  $2850 \mu\text{L}$  da solução preparada de DPPH, e incubada à temperatura ambiente durante 2 h no escuro. Após este período de reação, a redução da absorvância foi medida espectrofotometricamente a  $\lambda = 515 \text{ nm}$  (Espectrofotómetro Jas.co V-530 UV/Vis, Japão). Foi igualmente preparada uma reta de calibração com várias soluções padrão de Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, Missouri, EUA), na gama  $82\text{--}10\,000 \mu\text{M}$  submetidas ao mesmo doseamento. Os resultados foram expressos em  $\mu\text{M}$  de equivalentes de Trolox por  $100 \text{ g}$  de produto fresco ( $\mu\text{M ET}/100 \text{ g PF}$ ) e calculados através das seguintes equações:

$$\Delta\text{DPPH} = \text{Abs}_{515\text{nm}}\text{DPPH}_d - \text{Abs}_{515\text{nm}}\text{amostra}$$

$$\text{AOx} = \left( \frac{\Delta\text{DPPH} - b}{m} \right) \times \left( \frac{\text{volume extrato}}{\text{massa amostra}} \right) \times \text{FD} \times 100$$

**Equação 15:** Conjunto de equações para a determinação da AOX pelo método DPPH ( $\mu\text{M ET}/100 \text{ g PF}$ )

Onde  $\Delta\text{DPPH}$  corresponde ao decréscimo da  $\text{Abs}_{515\text{nm}}$ ,  $\text{Abs}_{515\text{nm}}\text{DPPH}_d$  à absorvância da solução de DPPH preparada,  $\text{Abs}_{515\text{nm}}\text{ amostra}$  à absorvância da amostra,  $m$  e  $b$  são declives e ordenada na origem da reta de calibração, respetivamente, e  $\text{FD}$  ao fator de diluição.

#### 3.4.4. Perfil fenólico por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)

Os extratos utilizados na determinação do perfil fenólico foram preparados a partir da mistura de 1:4 (m:v) com metanol 100% e como descrito na secção 3.4.1. Antes da análise cromatográfica, a preparação das amostras foi finalizada com uma filtração (com recurso a filtros de  $0,45 \mu\text{m}$ ).

O perfil fenólico foi determinado através do método cromatográfico HPLC-PDA, segundo Pereira et al. (2023) com algumas modificações. As amostras foram mantidas a  $4 \text{ }^\circ\text{C}$  num sistema HPLC Waters Alliance com forno de coluna (Alliance Separations Module 2690 e JetStream 2 plus Milford, Massachusetts, USA), equipado com um

detetor PDA (do inglês, Photodiode array) (Waters PDA 996, Milford, Massachusetts, EUA), a separação dos diversos compostos fenólicos foi realizada a 30 °C com recurso a uma coluna C18-RP (Synergi Hydro, 250 x 4.6 mm, 4 µm, Phenomenex Torrance, CA, USA). As fases móveis foram constituídas por água a pH 2,3 com ácido fórmico (solvente A) e acetonitrilo:água (80:20) a pH 2,3 com ácido fórmico (solvente B). As amostras e os padrões externos, cujo volume de injeção foi de 20 µL, foram eluídos segundo o gradiente: 0/12, 5/15, 30/30, 35/50, 40/70, 45/70, 60/12 (min/ % solvente B), sob um fluxo de 1,0 mL/min. A aquisição de dados foi realizada pelo software Waters Empower Pro 2002 v.5.0 (Milford, Massachusetts, EUA), tendo-se integrado os cromatogramas a três diferentes comprimentos de onda. Os compostos fenólicos foram identificados por comparação dos tempos de retenção e do espectro UV/Vis (190–600 nm) das amostras com os dos padrões externos mistos utilizados (- 280 nm para os ácidos ascórbico, gálico, protocatecuico, *p*-hidroxibenzóico, vanílico, siríngico e elágico e a procianidina B1, a catequina, a epicatequina e a naringina; - 325 nm para os ácidos clorogénico, cafeico, cumárico e ferúlico e o resveratrol; - 340 nm para a rutina, a miricetina, a quercetina e o kaempferol). A calibração foi realizada na gama de 5 a 200 µg/mL pela relação linear entre concentração de cada padrão identificado e área do pico correspondente e o limite de quantificação relativo à menor concentração da reta de calibração foi de 2 mg/100 g. Os resultados foram expressos em mg/100 g.

### 3.5. Desenvolvimento de pães com farinhas alternativas

#### 3.5.1. Produção dos pães

- **Amostra Controlo (pão base)**

Pesou-se 250g de farinha de trigo e colocou-se num recipiente. 7,5g de fermento biológico fresco foram dissolvidos em 125mL de água com adição de 2,5g de açúcar. Essa mistura foi adicionada à farinha, seguida por 25g de manteiga, 1 ovo e 6g de sal. A massa foi misturada manualmente e deixada a fermentar 40 minutos antes de ser colocada na forma e colocada no forno a 200 °C durante 25 minutos.

- **Formulações testadas**

Foram preparadas quatro diferentes misturas de farinhas:

- 25% de farinha específica e 75% de farinha de trigo.
- 50% de cada farinha.
- 75% de farinha específica e 25% de farinha de trigo.
- 100% de farinha específica.

Para cada amostra, a farinha foi substituída pela farinha de grão-de-bico conforme as proporções estabelecidas. Foram pesados 62,5, 125, 187,5 e 250 g da farinha de grão-de-bico (FGB) e 187,5, 125, 62,5 e 0 g de farinha de trigo. Para a 1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup>, 3<sup>a</sup> e 4<sup>a</sup> amostra, respetivamente. Todas as outras variáveis, além da farinha, foram mantidas constantes para garantir resultados comparáveis.

### 3.5.2. Análise sensorial

A amostra controlo (sem FGB) e três formulações de pães com adição de 25 %, 50 % e 100 % de FGB foram avaliadas quanto à aparência, cor, textura, aroma, sabor e aceitação global, utilizando-se a escala hedónica estruturada de cinco (5) pontos, cujos extremos correspondem a gostei muito (5) e não gostei nada (1). As amostras foram apresentadas em recipientes de plástico, codificadas com números de três dígitos aleatórios. Avaliou-se a intenção de compra, cujos extremos correspondem a certamente compraria (5) e certamente não compraria (1).

Participaram dos testes sensoriais 31 provadores, sendo 54,9% do sexo feminino e 45,1% do sexo masculino, sendo a média de idade do painel de 38 anos.

### 3.6. Análise estatística

A análise estatística foi efetuada através do software Statistic™ v8.0 (2007) da StatSoftInc. As variáveis quantitativas (amostras independentes) e a avaliação dos provadores foram comparadas através da análise de variância (one-way ou factorial ANOVA) e as diferenças significativas entre as médias dos parâmetros medidos foram determinadas a  $p = 0,05$  através do teste Tukey's HSD. Recorreu-se também à correlação de Pearson para avaliar a relação entre CFT e AOx.

## 4. Resultados e discussão

As farinhas de leguminosas têm-se destacado como ingredientes valiosos na indústria alimentar devido à sua riqueza nutricional e versatilidade em aplicações culinárias. A compreensão aprofundada das características físico-químicas, bioativas e funcionais dessas farinhas é essencial para orientar escolhas informadas na formulação de alimentos e para explorar seu potencial impacto na saúde humana.

### 4.1. Caracterização biométrica dos grãos

Os resultados apresentados na Tabela 3 referem-se ao volume médio de 100 g de grãos e à contagem média de 100 gramas de grãos para as diferentes amostras. verificam-se diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) para o volume e contagem de 100 g de grãos entre todas as amostras estudadas.

**Tabela 3:** Volume (mL) e contagem de 100 g de grãos

Amostra	Volume de 100 g de grão (mL)		Contagem de 100 g de grãos	
	Média	DP	Média	DP
<b><i>Vicia Faba</i></b>	89,67 <sup>e</sup>	± 0,58	166,89 <sup>a</sup>	± 1,02
<b><i>L. luteus</i></b>	81,00 <sup>c</sup>	± 0,00	959,56 <sup>e</sup>	± 5,62
<b><i>L. albus</i></b>	86,00 <sup>d</sup>	± 0,00	337,00 <sup>b</sup>	± 1,00
<b><i>P. sativum (Eribel)</i></b>	78,67 <sup>b</sup>	± 0,58	535,89 <sup>d</sup>	± 1,02
<b><i>P. sativum (Crisel)</i></b>	76,33 <sup>a</sup>	± 0,58	368,89 <sup>c</sup>	± 1,02

a, b,c,d,e, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam  $p \leq 0,05$ ; DP - desvio padrão.

A espécie *Vicia faba* apresentou o maior volume médio de grãos (89,67 mL), seguido por *L. albus* (86,00 mL), *P. sativum* (Eribel) (78,67 mL), *L. luteus* (81,00 mL) e *P. sativum* (Crisel) (76,33 mL).

*L. luteus* possui a maior contagem média de grãos por 100 gramas (959), seguido por *P. sativum* (Eribel) (535), *L. albus* (337), *P. sativum* (Crisel) (368) e *Vicia faba* (166). A contagem de grãos por 100 gramas sugere uma maior densidade de grãos menores em *L. luteus* em comparação com outras amostras.

O volume médio dos grãos e a contagem de grãos por 100 gramas oferecem diferentes perspectivas sobre as características físicas das amostras. *Vicia faba*, apesar de ter um volume maior, possui uma contagem de grãos menor, indicando que seus grãos individuais são maiores. *L. luteus*, por outro lado, apresenta uma alta contagem de grãos, sugerindo que seus grãos são menores, apesar de ocuparem um volume

relativamente grande. As diferenças entre as amostras podem ser atribuídas à variabilidade natural nas características das sementes de diferentes espécies.

A diferença nas contagens de grãos destaca a importância de considerar não apenas o tamanho médio dos grãos, mas também a densidade populacional, especialmente ao avaliar aspectos como a produção por unidade de peso.

A Tabela 4 apresenta parâmetros morfológicos de sementes de três espécies: *Vicia faba*, *L. luteus* e *L. albus*. A análise comparativa das amostras de sementes revela diferenças estatisticamente significativas em termos de tamanho e forma.

**Tabela 4:** Parâmetros morfológicos das sementes de *Vicia faba*, *L. lueus* e *L. albus*

Amostra	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Esfericidade	J	H	Classificação
<i>Vicia faba</i>	14,11	11,26	6,07	7,98 <sup>a</sup>	1,25 <sup>b</sup>	0,54 <sup>a</sup>	Esférica/Achatada
<i>L. luteus</i>	6,70	6,70	3,58	15,53 <sup>b</sup>	1,00 <sup>a</sup>	0,53 <sup>a</sup>	Achatada
<i>L. albus</i>	9,80	9,68	4,81	22,79 <sup>c</sup>	1,01 <sup>a</sup>	0,50 <sup>b</sup>	Achatada

a, b, c, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam  $p \leq 0,05$ ; DP - desvio padrão.

A esfericidade é uma medida que indica o quão próxima a forma de um objeto é de uma esfera perfeita. Valores mais baixos indicam uma forma mais esférica, enquanto valores mais altos indicam uma forma mais achatada. Os resultados mostraram que *Vicia faba* apresentou um valor de esfericidade (7,98) o que sugere uma forma mais esférica. Apresentou também as maiores dimensões, com um comprimento de 14,11 mm, largura de 11,26 mm e espessura de 6,07 mm. Os coeficientes J e H indicam uma forma mais achatada e uma distribuição de massa mais concentrada sendo assim classificada como Esférica/Achatada. Resultados semelhantes foram encontrados por Jacinto & Lucena (2023) num estudo em sementes de fava obtendo comprimentos entre 10,82 e 19,32 mm; larguras entre 8,35 e 13,19 mm e espessuras entre 5,73 e 6,76 mm. Nere et al. (2021) ao analisarem o comprimento das sementes de 70 variedades de fava obtiveram valores entre 19,36 e 10,98 mm; largura entre 8,03 e 12,64 mm e espessura entre 4,89 e 7,16 mm. Quanto à forma, a maioria das sementes analisadas foi classificada como "esférica". Essa consistência nas classificações sugere uma característica predominante nas variedades de fava avaliadas em ambos os estudos.

As espécies *L. albus* e *L. luteus* tiveram valores mais altos de esfericidade (22,79 e 15,53, respectivamente), indicando uma forma mais achatada. *L. albus* tem dimensões intermédias (comprimento de 9,80 mm, largura de 9,68 mm e espessura de 4,81 mm), enquanto *L. luteus* é a menor em todas as dimensões (comprimento de 6,70 mm, largura de 6,70 mm e espessura de 3,58 mm). Os coeficientes J e H dessas amostras indicam uma forma predominantemente achatada, com *L. albus* apresentando uma distribuição de massa mais uniforme.

Os resultados que permitiram a classificação das variedades *P. Sativum* estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5:** Diâmetro e índice de esfericidade de *Pisum sativum* Grisel e Eribel e respectiva classificação

Amostra	Diâmetro (mm)		Índice esfericidade	Classificação
	Média	DP		
<i>P. sativum</i> (Eribel)	6,73 <sup>a</sup>	0,52	1,00	Esférica
<i>P. sativum</i> (Grisel)	7,54 <sup>b</sup>	0,48	1,00	Esférica

a, b, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam  $p \leq 0,05$ ; DP - desvio padrão.

Os resultados da avaliação do índice de esfericidade (IE) para as amostras de ervilhas "Eribel" e "Grisel" indicam que, com base na fórmula simplificada utilizada, as ervilhas têm uma forma mais próxima da esfericidade perfeita, apresentando um IE de aproximadamente 1,00 para ambas as amostras. No entanto, é crucial reconhecer as limitações dessa abordagem, incluindo a simplificação do cálculo com base em um único diâmetro, a falta de consideração para variações individuais na forma das ervilhas e a possibilidade de resultados imprecisos.

## 4.2. Composição físico-química

Os resultados relativos à composição química da farinha das 5 espécies de leguminosas estão representados na Tabela 6, tendo-se verificado diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) para umidade, pH, acidez, gordura, proteína e fibra. Das 5 espécies analisadas *P. sativum* (Grisel) foi a que apresentou maior teor de umidade (11,29%). No estudo realizado por Reis & Rodrigues (2010) sobre o comportamento agrônomico de cultivares de ervilha proteagínosa (*Pisum sativum* L.) na região de Castelo Branco obtiveram um valor mais baixo para a espécie Grisel (9,65%). A espécie *L. albus* apresentou o teor mais baixo (7,98%). A torrefação da *Vicia Faba* reduziu significativamente o teor de umidade em comparação com a forma não torrada.

**Tabela 6:** Teor de humidade, cinza, pH e acidez total das farinhas de leguminosas

Amostras	Humidade (%)		Cinza (%)		pH		Acidez Total (g ácido cítrico anidro /100 g PF)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b><i>Vicia faba</i></b>	11,08 <sup>a</sup>	± 0,02	3,63 <sup>a</sup>	± 0,03	6,13 <sup>a</sup>	± 0,11	0,65 <sup>a</sup>	± 0,05
<b><i>Vicia faba</i> torrada</b>	1,15 <sup>b</sup>	± 0,15	3,45 <sup>a</sup>	± 0,12	6,03 <sup>a</sup>	± 0,01	0,63 <sup>a</sup>	± 0,02
<b><i>L. luteus</i></b>	8,76 <sup>d</sup>	± 0,07	4,39 <sup>b</sup>	± 0,00	5,12 <sup>b</sup>	± 0,08	1,72 <sup>b</sup>	± 0,12
<b><i>L. albus</i></b>	7,98 <sup>c</sup>	± 0,05	3,80 <sup>a</sup>	± 0,06	5,16 <sup>b</sup>	± 0,08	1,51 <sup>b</sup>	± 0,11
<b><i>P. Sativum</i> (Eribel)</b>	11,05 <sup>a</sup>	± 0,03	2,6 <sup>a</sup>	± 0,34	5,99 <sup>a</sup>	± 0,21	0,65 <sup>a</sup>	± 0,02
<b><i>P. Sativum</i> (Grisel)</b>	11,29 <sup>a</sup>	± 0,02	3,39 <sup>a</sup>	± 0,34	5,96 <sup>a</sup>	± 0,18	0,61 <sup>a</sup>	± 0,11

a, b, c, d, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam  $p \leq 0,05$ ; DP - desvio padrão.

Não se verificaram diferenças estatisticamente significativas para o parâmetro cinza, tendo a espécie *L. luteus* apresentado maior teor (4,39%) em relação as outras, indicando uma maior presença de minerais. Notou-se que a torra da *Vicia faba* não teve um impacto significativo na cinza, mas a forma torrada apresentou menor quantidade em comparação com *L. luteus*.

As amostras variaram no pH, com a *L. luteus* sendo a de pH mais baixo (5,12) e a *Vicia faba* torrada sendo a de pH mais elevado (6,03). Verificou-se que a torrefação da *Vicia faba* reduziu o pH, enquanto nas outras amostras não houve uma mudança significativa. A espécie *L. luteus* teve maior acidez (1,72 g ácido cítrico anidro /100 g PF), seguida por *L. albus* e *P. sativum* (Grisel) enquanto a *Vicia faba* torrada e *P. sativum* (Eribel) teve as menores médias de acidez.

Ao fazer uma comparação inter espécies (*Vicia faba* e *vicia faba* torrada, *P. Sativum* Eribel e Crisel e *L. luteus* e *L. albus*), notou-se que não houve diferenças estatisticamente significativas ( $p \leq 0,05$ ) no pH e acidez.

Ao considerar as características químicas das farinhas de leguminosas, é fundamental reconhecer a variabilidade inerente entre diferentes variedades. Estudos anteriores destacaram que fatores como espécie, variedade, método de processamento e origem geográfica podem influenciar significativamente a composição química das farinhas (Wang et al., 2010).

A análise apresentada revela diferenças marcantes entre as cinco variedades de leguminosas estudadas, corroborando com a literatura existente. Por exemplo, a variedade *P. sativum* (Eribel) apresentou-se como a variedade com maior teor de umidade, uma característica que pode ser influenciada por fatores genéticos e ambientais, bem como por processos de pós-colheita. Além disso, a presença significativa de minerais, evidenciada pela quantidade mais elevada de cinzas na *L.*

*luteus*, está em linha com estudos anteriores que destacam essa leguminosa como uma fonte importante de micronutrientes.

A Tabela 7 apresenta os resultados das análises dos teores de gordura, proteína e fibra total, exibindo as médias e os desvios-padrão das variáveis estudadas para cada amostra. Os resultados da análise das características nutricionais das farinhas das diferentes variedades de leguminosas apresentaram diferenças estatisticamente significativas, refletindo a diversidade intrínseca entre essas espécies.

**Tabela 7:** Teor de gordura, proteína e fibra das farinhas

Amostra	Gordura (%)		Proteína (%)		Fibra total (%)	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<b><i>Vicia faba</i></b>	2,58 <sup>a</sup>	± 0,90	19,76 <sup>a</sup>	± 0,00	32,51 <sup>b</sup>	± 0,02
<b><i>Vicia faba torrada</i></b>	2,20 <sup>a</sup>	± 0,48	21,89 <sup>c</sup>	± 0,00	32,92 <sup>c</sup>	± 0,02
<b><i>L. luteus</i></b>	5,13 <sup>b</sup>	± 0,56	37,90 <sup>e</sup>	± 0,00	48,78 <sup>e</sup>	± 0,02
<b><i>L. albus</i></b>	8,49 <sup>c</sup>	± 0,28	36,11 <sup>d</sup>	± 0,00	56,32 <sup>f</sup>	± 0,02
<b><i>P. sativum</i> (Eribel)</b>	1,39 <sup>a</sup>	± 0,09	20,84 <sup>b</sup>	± 0,00	37,28 <sup>d</sup>	± 0,02
<b><i>P. sativum</i> (Grisel)</b>	2,78 <sup>a</sup>	± 0,87	20,60 <sup>b</sup>	± 0,00	23,42 <sup>a</sup>	± 0,02

a, b, c, d, f - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam diferenças significativas  $p \leq 0,05$ ; DP – desvio padrão.

Embora as leguminosas sejam relativamente pobres em lípidos, uma alta variabilidade pode ser observada de uma espécie para outra. Verificou-se que as favas torrada e não torrada apresentaram teores semelhantes de gordura ( $2,20 \pm 0,48$  e  $2,58 \pm 0,90\%$ , respectivamente), indicando que o processo de torrefação não teve um impacto significativo nesse componente. Resultados semelhantes foram encontrados por Baloch (2017) em favas cultivada nos distritos de Panjgur e Kech do Baluchistão.

A espécie *L. albus* apresentou um teor mais elevado de gordura (8,49%). O teor mais elevado nesta espécie é consistente com estudos que destacam *L. albus* como uma leguminosa com perfil lipídico significativo. Essa característica pode ser explorada na formulação de alimentos para enriquecer o conteúdo lipídico. Ruiz-López et al. (2019) relataram que o teor de gordura em sementes de *L. albus*, *L. luteus* variou de 4.6-11.5 %.

Verificou-se também que ambas as espécies: *P. sativum* Eribel e Grisel, apresentaram teores relativamente baixos de gordura (1,39% e 2,78%) respectivamente, o que está alinhado com a natureza geralmente pobre em lípidos das ervilhas. Caprioli et al., (2016) realizaram uma avaliação exaustiva da extração de

lípidos de leguminosas e verificaram que os teores de lípidos variavam entre 2,8, 3,2 e 14% para ervilha e fava.

Para o teor proteico verificou-se que as espécies *L. albus* e *L. luteus* se destacaram com teores elevados de proteína (36,11 e 37,90 %, respetivamente), corroborando com a literatura que as identifica como fontes desse nutriente. Nos estudos realizados por Martínez-Villaluenga et al. (2006) sobre Sementes funcionais de tremçoço (*Lupinus albus* L. e *Lupinus luteus* L.) após extração de  $\alpha$ -galactosídeos, o teor proteico variou entre 30 e 40%. Observou-se que os tremçoços continham quase o dobro do teor proteico encontrado noutras leguminosas. A presença de proteínas de alta qualidade nessas leguminosas pode ser uma vantagem nutricional significativa.

As espécies *P. sativum* Grisel e Eribel apresentaram um teor moderado de proteína (20,60 e 20,84 % respetivamente). Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira (2023) para as espécies Grisel e Eribel (20,6 e 20,5 %, respetivamente). Embora os teores de proteína dessas variedades possam ser considerados moderados em comparação com outras fontes de proteína, ainda estão em um nível razoável, contribuindo significativamente para a ingestão diária de proteínas.

A *Vicia faba* torrada apresentou um teor de proteína mais elevado em comparação com a *Vicia faba* não torrada. Isso sugere que o processo de torrefação (150 °C, 1h) poderá ter influenciado positivamente o conteúdo proteico. Esse aumento no teor proteico pode ser resultado da perda de água e de outros componentes durante a torrefação, o que concentra os nutrientes restantes, incluindo as proteínas.

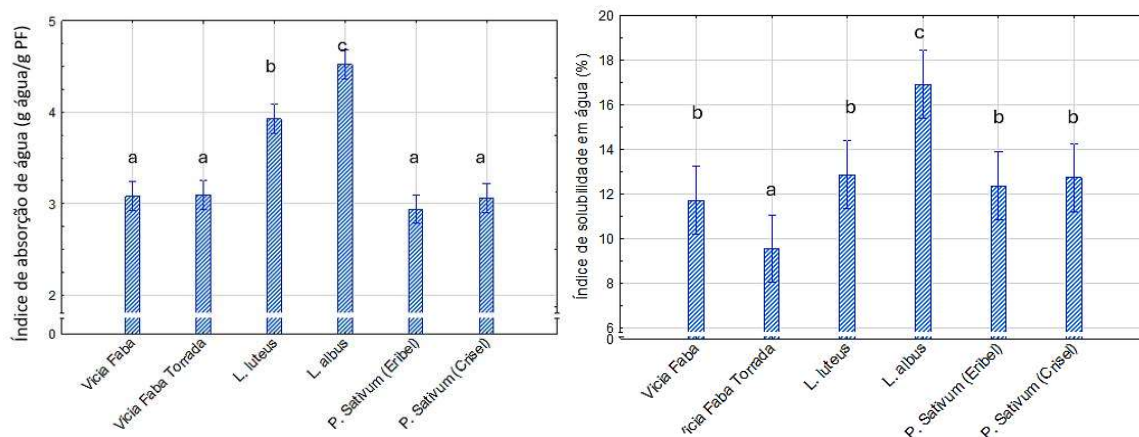
Quanto ao teor de fibra, a espécie *L. albus* destacou-se com o maior teor de fibra total (56,32%), indicando seu potencial para contribuir significativamente para a ingestão dietética de fibras. A fibra é essencial para a saúde digestiva e tem efeitos benéficos para o controlo glicémico e redução do risco de doenças crónicas. A espécie *L. luteus* apresentou um teor considerável de fibra total (48,78%), reforçando a reputação dessa espécie como uma fonte rica em fibras e outros compostos bioativos.

A análise dos resultados ressalta não apenas as diferenças intrínsecas entre as variedades de leguminosas, mas também destaca suas contribuições únicas para a dieta, fornecendo perceções valiosas para a indústria alimentar e consumidores em busca de escolhas alimentares equilibradas e saudáveis.

### 4.3. Propriedades funcionais

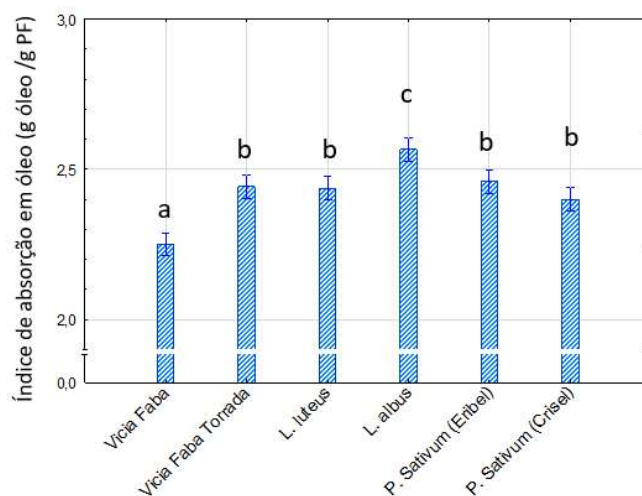
A absorção de água, óleo e solubilidade em água são propriedades tecnológicas que afetam a textura, processabilidade e aceitação sensorial dos produtos alimentares. As Figuras 25 e 26 apresentam os resultados do índice de absorção de água, óleo e solubilidade em água das farinhas das diferentes variedades de leguminosas estudadas. Verificou-se que a espécie *Vicia faba* apresentou um IAA médio de 3,08 g água/g PF., indicando uma capacidade moderada de absorção de água. A torrefação não

teve efeito significativo nessa propriedade. Quanto ao ISA verificou-se que a farinha de *Vicia Faba* torrada apresentou um valor de ISA menor (9,54%) em comparação com as outras espécies, sugerindo uma menor solubilidade em água após o processo de torrefação.



**Figura 25:** Capacidade de absorção e solubilidade em água das farinhas

a, b, c, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam diferenças significativas  $p \leq 0,05$ .



**Figura 26:** Capacidade de absorção de óleo das farinhas

a, b, c, d, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam diferenças significativas  $p \leq 0,05$ .

As duas espécies de *P. Sativum* (Eribel e Grisel), exibiram Ambas um IAA em torno de 3,08 g água/g PF., indicando uma capacidade moderada de absorção de água. Quanto ao ISA apresentaram valores semelhante em torno de 12%, sugerindo uma boa solubilidade em água.

*L. luteus* demonstrou um IAA ligeiramente superior (3,93), sugerindo uma maior capacidade de absorção de água em comparação com *Vicia faba* e *P. sativum*. já o *L. albus* apresentou IAA mais alto (4,52 g água/g PF), indicando uma capacidade

significativamente maior de absorção de água. Farinha com alta capacidade de ligação à água está associada a constituintes mais hidrofílicos como polissacáridos, componentes não-amido principalmente fosfolípidos (Aboubakar et al., 2008).

As farinhas de *L. luteus* e *L. albus*, demonstraram um ISA mais elevado (12,86 e 16,92%), respetivamente), indicando maior solubilidade em água. Isso poderá ter implicações na textura e no processamento.

A variação nos índices de absorção e solubilidade em água entre diferentes espécies de leguminosas pode ser atribuída a fatores como a composição de aminoácidos, a presença de polissacáridos e a conformação das proteínas. O estudo realizado por Iwe et al., (2016) ressalta a importância crucial da absorção de água na indústria alimentar. Esta propriedade desempenha um papel vital na hidratação das proteínas e glúcidos encontrados em leguminosas. A capacidade de absorção de água é um fator significativo em processos industriais, influenciando diretamente a textura, sabor e qualidade geral dos produtos alimentares.

O índice de absorção de óleo é uma medida importante para avaliar a capacidade de um ingrediente em absorver gordura durante processos culinários. Chandra & Samsher, (2013) destacaram que a capacidade de absorção de óleo é influenciada pela conformação das proteínas e pela hidrofobicidade da superfície. Proteínas com maior hidrofobicidade tendem a ter maior capacidade de absorção de óleo.

A quantidade e qualidade de proteínas presentes na farinha determinam a capacidade de absorção de óleo dos alimentos. Portanto, é uma das propriedades funcionais mais importantes na elaboração de produtos, pois pode influenciar na ordem da adição dos ingredientes secos na mistura, contribuindo para uma distribuição uniforme (Kaushal et al., 2012).

O índice de absorção de óleo das diferentes farinhas variou entre 2,25 e 2,57 g óleo/g PF (Figura 26). A farinha *L. albus* teve um IAO mais elevado (2,57), indicando uma capacidade superior de absorção de óleo.

A proteína presente na farinha de tremçoço demonstra uma excelente capacidade de se ligar ao óleo. Esta propriedade torna a particularmente benéfica em sistemas alimentares nos quais a absorção de óleo é desejada. Isso pode ter aplicações práticas em várias áreas da indústria alimentar, incluindo panificação, produção de biscoitos, ou outros produtos onde a textura e a retenção de óleo são considerações importantes.

A compreensão e destaque dessas propriedades funcionais da farinha de *L. albus* abrem possibilidades para a criação de produtos alimentares com características específicas, atendendo às necessidades e preferências dos consumidores. Isso também ressalta a importância de considerar as propriedades das matérias-primas na elaboração de formulações alimentares para garantir a qualidade e a consistência desejadas nos produtos finais.

As espécies de *P. sativum* exibiram um IAO semelhante em torno de 2,4 g óleo/g PF, indicando uma capacidade moderada de absorção de óleo. Resultados semelhantes

foram encontrados por Kaushal et al. (2012) no estudo comparativo das propriedades físico-químicas, funcionais, antinutricionais e pastosas de farinha de taro (*Colocasia esculenta*), arroz (*Oryza sativa*), feijão guandu (*Cajanus cajan*) e suas misturas.

A farinha de *Vicia faba* torrada apresenta um IAO ligeiramente mais alto (2,44) em comparação com *Vicia faba* não torrada, indicando que a torrefação pode ter aumentado a capacidade de absorção de óleo. Khan & Saini (2016) ao avaliarem o efeito da torrefação nas propriedades físico-químicas e funcionais da farinha de linhaça verificaram que a farinha torrada apresentou a maior capacidade de absorção de óleo. A temperatura durante o processo de torrefação pode ter causado desnaturação parcial das proteínas presentes na farinha de *Vicia faba*. A desnaturação das proteínas ocorre quando suas estruturas tridimensionais são alteradas devido ao calor, resultando na exposição de resíduos hidrofóbicos que normalmente estariam protegidos no interior da molécula. Essa exposição aumentada de resíduos hidrofóbicos pode facilitar a interação das proteínas com o óleo, aumentando assim a capacidade de absorção de óleo da farinha. Além disso, a desnaturação parcial das proteínas solúveis em água pode também aumentar a capacidade de emulsão, que é a capacidade de formar e estabilizar emulsões, onde o óleo e a água são misturados. Isso ocorre porque as proteínas desnaturadas têm maior afinidade tanto pelo óleo quanto pela água, facilitando a formação de uma interface estável entre os dois componentes

#### 4.4. Composição bioativa das farinhas

Na Tabela 9 estão apresentados os resultados dos teores em compostos fenólicos totais (CFT) e da capacidade antioxidante das farinhas de leguminosas estudadas. Verificou-se que as farinhas de *Vicia faba* torrada, *L. luteus* e *Vicia faba* apresentaram valores de CFT significativamente superiores ( $p < 0,05$ ), comparativamente às restantes leguminosas. *Vicia faba* torrada destaca-se com o valor mais alto ( $56,22 \pm 2,58$  mg EAG/100 g PF), indicando uma elevada quantidade de compostos fenólicos totais. Valente et al. (2018) também confirmaram o rico conteúdo fenólico das vagens de *V. faba*, sugerindo ser uma nova fonte interessante para nutrição animal, promovendo a qualidade do produto e a saúde dos consumidores.

**Tabela 8:** Variação do CFT e da Aox (DPPH e FRAP) das diferentes farinhas de leguminosas

Amostra	CFT (mg EAG/100 g PF)		DPPH ( $\mu\text{M ET}/100 \text{ g PF}$ )		FRAP (mmol $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O} / 100 \text{ g PF}$ )	
	Média	DP	Média	DP	Média	DP
<i>Vicia faba</i>	27,87 <sup>c</sup>	± 3,14	3119,97 <sup>c</sup>	± 218,73	5037,26 <sup>d</sup>	± 202,62
<i>Vicia faba torrada</i>	56,22 <sup>d</sup>	± 2,58	5169,94 <sup>d</sup>	± 289,60	2540,93 <sup>c</sup>	± 201,06
<i>L. luteus</i>	29,16 <sup>c</sup>	± 2,56	990,48 <sup>b</sup>	± 124,13	2376,08 <sup>c</sup>	± 102,64
<i>L. albus</i>	12,82 <sup>b</sup>	± 0,90	816,28 <sup>b</sup>	± 123,87	1671,16 <sup>b</sup>	± 125,02
<i>P. sativum</i> (Eribel)	3,23 <sup>a</sup>	± 0,37	294,14 <sup>a</sup>	± 57,17	1179,99 <sup>a</sup>	± 9,12
<i>P. sativum</i> (Grisel)	3,89 <sup>a</sup>	± 0,63	133,98 <sup>a</sup>	± 114,93	1152,49 <sup>a</sup>	± 30,68

a, b, c, d, - notações diferentes na coluna do valor médio de cada parâmetro analisado indicam diferenças significativas  $p \leq 0,05$ ; DP – desvio padrão.

As espécies *P. sativum* (Grisel) e (Eribel) tiveram as médias mais baixas (3,89 e 3,23 mg EAG/100 g PF, respetivamente) para os CFT. Apesar de apresentarem os valores mais baixos em comparação com as outras variedades estudadas, os resultados são superiores aos encontrados por Padhi et al. (2017) (1,16 a 1,38 mg EAG/100 g PF) e por Xu & Chang (2008) (1,22, e 1,38 mg EAG/100 g PF) para a espécie *P. sativum* amarela e verde, respetivamente. Verificou-se ainda que as farinhas das espécies *P. sativum* (Eribel e Grisel), não exibiram diferenças entre si na Aox determinada pelos métodos de FRAP E DPPH, isso pode indicar uma similaridade nas características bioativas dessas duas variedades.

A farinha de *Vicia faba* destaca-se por uma alta capacidade antioxidante, especialmente quantificada pelo método FRAP. A torrefação influenciou positivamente o teor de CFT, mas reduziu a capacidade antioxidante medida pelo FRAP. Durante o processo de torrefação, as condições de tempo e temperatura aplicados podem desestruturar as ligações entre os compostos fenólicos e as moléculas ligadas a eles, conferindo aos compostos resultantes uma estrutura com maior capacidade antioxidante. No estudo realizado por Floriano et al. (2021), onde avaliou o efeito da torrefação em diferentes temperaturas nos compostos bioativos do amendoim, verificou-se que a atividade antioxidante aumentou significativamente a 140 °C para ambos os métodos, sugerindo que a torrefação foi mais eficaz na preservação dos compostos bioativos do amendoim. Khan & Saini (2016) ao avaliarem o efeito da torrefação nas propriedades físico-químicas, funcionais e antioxidantes da farinha de ponta de flecha (*Sagittaria sagittifolia L.*), observaram que o processo de torrefação aumentou significativamente o teor de fenólicos totais passando de 0,22 a 2,42 mg EAG/100 g PF. E inferiram que o aumento pode ser devido a formação de fenólicos induzidos e extraídos pelo calor, além do processamento térmico também liberar mais

ácido fenólicos ligados devido à quebra de constituintes celulares, mas também a torrefação induziu a reação de Maillard devido à condensação da redução de açúcar e aminoácidos e, durante esta reação, podem formar-se compostos intermediários e reagir com o reagente fenólico de Folin-Ciocalteu e por serem interferentes da análise podem também contribuir para o aumento do conteúdo fenólico total.

A variação nos teores de compostos fenólicos em leguminosas é influenciada por fatores genéticos, estágio de maturação e condições ambientais. A expressão genética, o grau de maturação e fatores ambientais, como luz e temperatura, contribuem para perfis únicos de compostos fenólicos em diferentes variedades (Benevides et al., 2023). A capacidade de extração desses compostos é determinada pelo tipo de solvente usado, grau de polimerização, interações com outros constituintes alimentares e condições de extração (tempo e temperatura). A escolha adequada do solvente, considerando sua polaridade, e a adaptação do método às características específicas dos fenólicos presentes são cruciais (Sobral, 2012).

A Tabela 9 apresenta a matriz de correlação entre os Compostos Fenólicos Totais (CFT) e a Capacidade antioxidante (FRAP e DPPH).

**Tabela 9:** Matriz de correlação de Conteúdo Fenólico Total (CFT), e Capacidade antioxidante (Aox) (FRAP e DPPH)

Correlações			
	CFT	DPPH	FRAP
CFT	1,0000	,9181	,4902
	p= ---	p=,000	p=,039
DPPH	,9181	1,0000	,5958
	p=,000	p= ---	p=,009
FRAP	,4902	,5958	1,0000
	p=,039	p=,009	p= ---

Diversos estudos realizados em diferentes matrizes vegetais têm reportado uma correlação positiva entre CFT e AOx, pelo que os compostos fenólicos são usualmente apontados como os principais responsáveis pela atividade antioxidante das leguminosas (Parikh & Patel, 2018; Sun et al., 2002). Por este motivo, a avaliação do CFT é, normalmente, considerada um método fiável para prever a AOx in vitro (Li et al., 2018). Contudo, a contribuição dos compostos fenólicos na AOx ainda não se encontra totalmente esclarecida, sabendo-se apenas que a expressão da AOx pode ser uma consequência do efeito sinérgico entre vários compostos fenólicos, não devendo ser atribuída especificamente a um único composto (Augusto et al., 2015).

verificou-se uma correlação positiva superior a 0,49, destacando-se ainda a alta correlação entre o CFT e o DPPH (0,918 p < 0,001). Estas correlações elevadas podem confirmar que os compostos fenólicos são dos constituintes mais importantes na

determinação da atividade antioxidante das leguminosas. Resultados semelhantes foram observados por Marathe et al., (2011). Estes resultados apoiam a utilização contínua das leguminosas em alimentos funcionais com benefícios para a saúde.

### **Perfil fenólico por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC)**

A análise do perfil fenólico das farinhas de diferentes variedades de leguminosas forneceu percepções valiosas sobre a composição química desses alimentos. A Tabela 10 apresenta os resultados do perfil fenólico das farinhas, revelando a presença e concentrações de diversos compostos fenólicos para LQ (concentração mais baixa da reta de calibração). Foram identificados e quantificados 20 compostos, alguns abaixo do limite de quantificação (2mg/100g). Os compostos foram classificados em duas classes: ácidos fenólicos e flavonoides. Entre os ácidos fenólicos, destacou-se a prevalência do clorogénico, cafeico, vanílico, protocatequico, gálico, hidroxibenzóico, e ferúlico. A presença de flavonoides como a rutina, quercetina, naringina, apigenina 7gluc, miricetina e resveratrol também contribuíram para a diversidade desses compostos nas amostras de leguminosas estudadas. constatou-se 3 compostos comuns a todas as espécies: ácido ascórbico e ácido cafeico presentes com teores variados e rutina com teores semelhantes. É importante observar que os teores específicos desses compostos podem variar entre as diferentes variedades de leguminosas. No estudo realizado por Stanisavljević et al. (2016) também evidenciaram a presença dos flavonoides catequina e rutina em todas as amostras de ervilhas analisadas.

Tabela 10: Perfil dos compostos fenólicos das farinhas

	<i>Vicia faba</i>		<i>Vicia faba torrada</i>		<i>Lupinus luteus</i>		<i>Lupinus albus</i>		<i>Pisum sativum</i> (Eribel)		<i>Pisum sativum</i> (Grisel)	
	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP	M	DP
<b>Ascorbic</b>	67,01 <sup>c</sup>	4,04	NI	0,00	43,55 <sup>b</sup>	3,80	66,10 <sup>c</sup>	6,50	34,86 <sup>ab</sup>	5,40	30,34 <sup>a</sup>	2,71
<b>Gálico</b>	7,61 <sup>b</sup>	1,49	1,91 <sup>a</sup>	0,05	NI	0,00	NI	1,03	NI	0,01	NI	0,01
<b>Protocatequico</b>	3,82 <sup>b</sup>	0,76	14,36 <sup>c</sup>	1,36	0,79 <sup>a</sup>	0,18	NI	0,00	0,81 <sup>a</sup>	0,19	0,65 <sup>a</sup>	0,10
<b>Procianidina</b>	0,50 <sup>a</sup>	0,16	1,67 <sup>bc</sup>	0,07	4,09 <sup>d</sup>	0,56	0,89 <sup>ab</sup>	0,05	3,56 <sup>d</sup>	0,52	1,98 <sup>c</sup>	0,21
<b>Catequina</b>	4,90 <sup>a</sup>	0,12	11,17 <sup>b</sup>	0,77	NI	0,00	NI	0,00	4,73 <sup>a</sup>	0,05	4,79 <sup>a</sup>	0,09
<b>Clorogénico</b>	2,25 <sup>a</sup>	0,01	2,26 <sup>a</sup>	0,01	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00
<b>Hidroxibenzóico</b>	4,28 <sup>a</sup>	0,19	6,22 <sup>b</sup>	0,27	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00
<b>Cafeico</b>	5,78 <sup>a</sup>	0,02	5,81 <sup>a</sup>	0,02	17,62 <sup>c</sup>	1,73	11,90 <sup>b</sup>	0,37	5,75 <sup>a</sup>	0,03	5,71 <sup>a</sup>	0,01
<b>Vanílico</b>	3,63 <sup>a</sup>	0,03	4,07 <sup>b</sup>	0,05	6,03 <sup>c</sup>	0,31	3,67 <sup>a</sup>	0,01	NI	0,00	NI	0,00
<b>Epicatequina</b>	1,88 <sup>b</sup>	0,55	0,70 <sup>a</sup>	0,09	NI	0,00	1,00 <sup>a</sup>	0,23	NI	0,00	NI	0,00
<b>Siringico</b>	2,98 <sup>a</sup>	0,07	2,93 <sup>a</sup>	0,02	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00
<b>Cumárico</b>	5,68 <sup>a</sup>	0,05	5,79 <sup>b</sup>	0,03	5,73 <sup>a</sup>	0,04	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00
<b>Rutina</b>	6,16 <sup>a</sup>	0,10	6,18 <sup>a</sup>	0,21	6,74 <sup>b</sup>	0,06	6,17 <sup>a</sup>	0,03	6,18 <sup>a</sup>	0,04	6,21 <sup>a</sup>	0,21
<b>Elágico</b>	NI	0,00	NI	0,00	2,11 <sup>a</sup>	0,46	55,84 <sup>b</sup>	0,04	NI	0,00	NI	0,00
<b>Ferulico</b>	3,29 <sup>a</sup>	0,01	3,31 <sup>a</sup>	0,01	3,47 <sup>a</sup>	0,11	3,33 <sup>a</sup>	0,02	NI	0,00	4,01 <sup>b</sup>	1,25
<b>Naringina</b>	3,76 <sup>a</sup>	0,13	3,74 <sup>a</sup>	0,05	NI	0,00	3,69 <sup>a</sup>	0,05	NI	0,00	NI	0,00
<b>Apigenina 7-gluc</b>	46,31 <sup>a</sup>	0,09	46,37 <sup>a</sup>	0,08	46,44 <sup>a</sup>	0,02	NI	0,00	46,37 <sup>a</sup>	0,11	NI	0,00
<b>Miricetina</b>	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00	47,00 <sup>a</sup>	0,05	NI	0,00	NI	0,00
<b>Resveratrol</b>	NI	0,00	3,73 <sup>a</sup>	0,01	3,74 <sup>a</sup>	0,03	3,77 <sup>a</sup>	0,01	NI	0,00	4,06 <sup>b</sup>	0,64
<b>Quercetina</b>	4,75 <sup>b</sup>	4,11	2,45 <sup>a</sup>	0,08	3,35 <sup>a</sup>	1,53	NI	0,00	NI	0,00	NI	0,00

a, b, c, d, - notações diferentes na linha do valor médio de cada parâmetro analisado indicam diferenças significativas  $p \leq 0,05$ ; M- média; DP - desvio padrão; NI- não identificado

Verificou-se em todas as variedades teores variados do ácido ascórbico. Na espécie *Vicia faba*, observou-se que o teor de ácido ascórbico (TR=2,655min) foi de 67,01 mg/100g. Ao comparar os espectros (Figura 27 e 28), nota-se que a torrefação teve um efeito significativo sobre o ácido ascórbico. Geralmente, o ácido ascórbico é conhecido por ser sensível ao calor. A ausência de detecção do ácido ascórbico na variedade torrada pode ser resultado de degradação durante a torrefação ou transformação em outros compostos que não são facilmente detetados pelos métodos analíticos empregados.

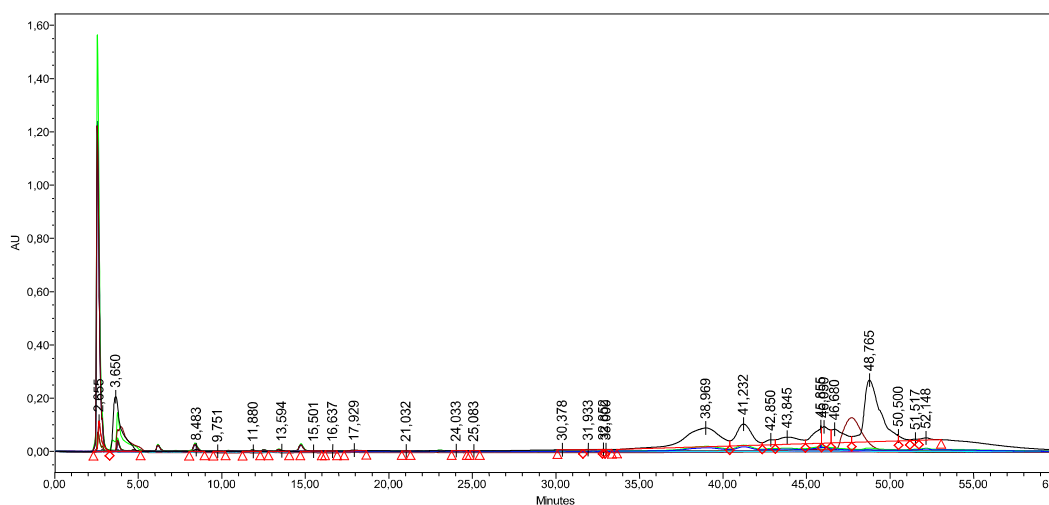


Figura 27: Perfil fenólico da *Vicia faba* a 280, 325 e 340 nm

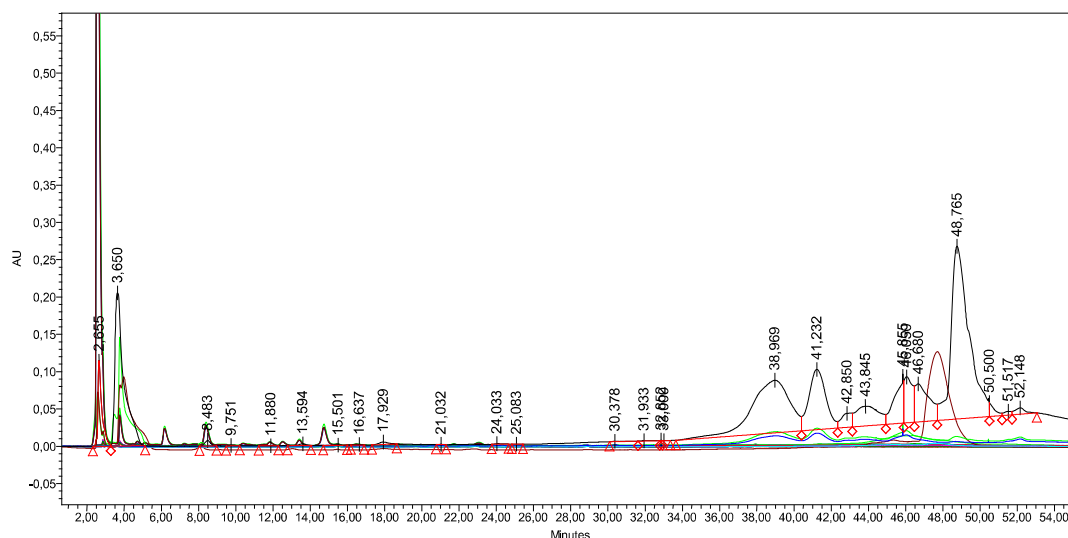


Figura 28: Perfil fenólico da *Vicia faba* torrada a 280, 325 e 340 nm

Os principais ácidos fenólicos encontrados nas favas foram ácidos gálico, *p*-cumárico (5,68 mg/100g), *p*-hidroxibenzóico (4,28 mg/100g), e ferúlico (3,29 mg/100g), além de pequenas concentrações de ácido sirínico (2,98 mg/100g) (Tabela 11).

No estudo realizado por Y. Liu et al. (2020) sobre a composição de ácidos fenólicos e propriedades antioxidantes de *Vicia faba* selecionadas cozidas em diferentes condições de aquecimento, também relataram a presença de *p*-ácido ferúlico, *p*-hidroxibenzóico e *p*-cumárico (vestígios) na farinha de fava crua, além de uma elevada quantidade de ácido sinápico, que não foi detectado neste estudo.

Observa-se que, para a maioria dos ácidos fenólicos, os teores apresentam mínimas variações com a torrefação. No entanto, alguns compostos, como o ácido *p*-cumárico e o ácido vanílico, mostram um aumento nos teores após o processo de torrefação. Isso ocorre devido às reações químicas complexas induzidas pela alta temperatura e tempo de torrefação. Estas condições podem favorecer a formação ou liberação desses ácidos fenólicos, alterando suas concentrações finais no produto. Métodos específicos de torrefação e mudanças na estrutura celular das plantas também influenciam essas alterações químicas, evidenciando a sensibilidade do processo de torrefação na composição fenólica dos alimentos.

O ácido gálico apresenta uma redução significativa em sua concentração após o processo de torrefação na *Vicia faba* de (7,61 a 1,91 mg/100g) (Figura 27 e 28). Isso pode ser atribuído às transformações químicas que ocorrem durante a torrefação, influenciando a preservação desse ácido fenólico específico.

Em ambas as espécies de *P. sativum*, verifica-se a presença de apenas dois ácidos fenólicos: protocatequico e cafeico. A presença do ácido protocatequico e cafeico em ambas as variedades pode contribuir para propriedades antioxidantes, já que esses ácidos são conhecidos por suas atividades antioxidantes, anti-inflamatórias e neuroprotetoras em estudos científicos. Verificou-se ainda que não houve diferenças estatisticamente significativa nos teores dos dois ácidos entre essas duas espécies de *Pisum sativum*. Essa similaridade sugere que, as variedades apresentam valores próximos e não demonstram uma disparidade marcante.

Verificou-se teores elevados de apigenina 7-gluc (46,31 a 46,44 mg/100g) nas amostras de *Vicia faba*, *Lupinus luteus*, e *Pisum sativum* (Eribel). Em relação aos ácidos fenólicos, a espécie de *L. luteus* apresentou maior teor do ácido cafeico, enquanto o principal ácido fenólico em *L. albus* foi elágico. Ruiz-López et al. (2019) também encontraram teores elevados nas variedades de *Lupinus luteus* ( $53.63 \pm 0.44$  mg/100g) e prevalência do ácido protocatequico em comparação com as duas espécies de tremoços, enquanto o principal ácido fenólico em *L. albus* foi o *p*-hidroxibenzóico.

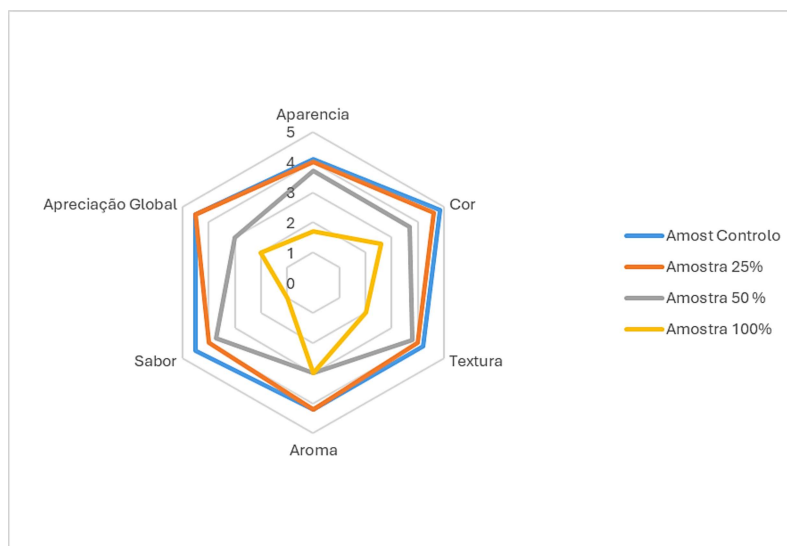
*L. luteus* e *P. sativum* (Eribel) demonstram teores significativos, dos compostos procianidina e catequina, apontando para potenciais benefícios à saúde relacionados às propriedades antioxidantes desses compostos.

A diversidade nos perfis fenólicos das farinhas oferece uma gama de opções para aplicações na indústria alimentar, permitindo desenvolver produtos com diferentes propriedades funcionais e benefícios para a saúde. Esta relação entre o perfil fenólico específico das farinhas de leguminosas e seus compostos individuais destaca a

importância de entender e otimizar esses perfis para promover produtos alimentares mais nutritivos e funcionais.

#### 4.5. Análise sensorial

A análise sensorial mostrou-se de extrema importância pois os parâmetros de qualidade são definidos quanto às percepções e satisfação do consumidor em relação ao produto. Na Figura 30 são apresentadas as avaliações médias obtidas na prova de avaliação hedónica das diferentes amostras de pães elaboradas (Amostras controlo – sem adição de farinhas de grão-de-bico; Amostra com 25% de substituição; Amostra com 50% de substituição; e Amostra com 100% de substituição) onde foram avaliados os atributos aparência, cor, aroma, sabor, textura e impressão global. Verificou-se que o pão controlo foi consistentemente o preferido pelos participantes ao longo do teste.



**Figura 29:** Avaliação média dos atributos avaliados para as formulações de pães

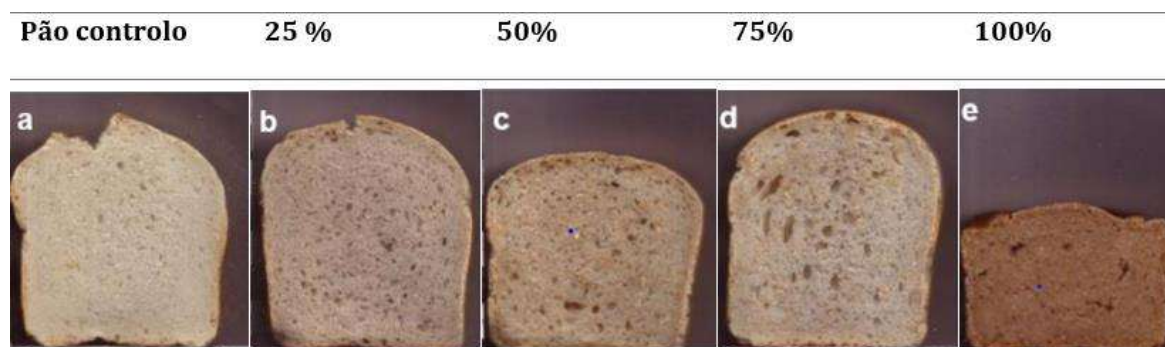
Em relação aos atributos aparência, aroma, cor e sabor, os pães padrões e formulados com 25% de FGB foram bem-aceites com médias entre 4 (gostei) no teste de escala hedónica e não apresentaram diferenças significativas entre si ( $p \leq 0,05$ ). Observa-se, no entanto, uma redução na aceitação de todos os itens avaliados nas amostras com adição crescente de FGB. Resultados semelhantes foram encontrados por Herculano et al. (2021), no desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas. O pão produzido com farinha de grão-de-bico foi o que apresentou melhor desempenho. Verificou-se que o desejo por um pão sem glúten com características físicas e sensoriais adequadas e semelhantes às de um pão tradicional (com glúten) esteve relacionado com os aspetos observado na intenção de compra. A utilização de farinha de grão-de-bico, possibilitou a produção de pão sem glúten com

padrões de qualidade adequados e boa aceitação sensorial, tratando-se de uma matéria-prima com potencial de exploração comercial. O estudo de Santos et al. (2021) investigou o impacto da farinha de grão-de-bico e do nível de hidratação da massa na qualidade do pão sem glúten. Os resultados indicaram que a inclusão da farinha de grão-de-bico resultou em melhorias, incluindo aumento no volume específico, maciez e porosidade do miolo. Além disso, a textura, sabor e aceitabilidade geral do pão foram aprimorados. Os estudos realizados por Mohammed et al. (2014) e Man et al. (2015) mostraram que a substituição da farinha de trigo por farinha de grão-de-bico a um nível de 10 a > 20 % produziu uma massa com melhores propriedades, quase semelhante à massa de farinha de trigo.

A amostra com 100% de substituição de farinha de trigo foi rejeitada (notas para todos os atributos encontrando-se abaixo de 3,0 (indiferente) em todos os atributos avaliados, apresentando diferença significativa ( $p \leq 0,05$ ) para todos os atributos investigados em relação à formulação padrão.

O pão padrão apresentou intenção de compra média positiva (nota 4,34) e aprovação de 88% pelos provadores. O pão com 25% de FGB apresentou aprovação de 58% dos provadores e nota média do teste de intenção de compra de 3,86, que se situa entre talvez comprasse / talvez não comprasse e compraria. O pão com 100% de FGB apresenta muito baixo índice de aprovação (98%).

Um dos principais desafios associados à adição de farinhas de leguminosas na produção de pão é a redução significativa do volume do pão e do volume específico. Sugere-se que a redução na aceitação de todos os itens avaliados nas amostras experimentais, pode ter relação direta com a cor mais escura das mesmas quando comparada a amostra controlo e com uma textura mais densa, à medida que se acrescenta a farinha da leguminosa, conforme se pode observar na Figura 30.



**Figura 30:** Fotografias dos pães com diferentes formulações de FGB

No estudo realizado por Man et al. (2015), os resultados mostraram um incremento valioso no teor de proteína e fibra do pão. O volume dos pães diminuiu à medida que o teor de farinha de grão-de-bico aumentou devido à diluição do teor de glúten na mistura e devido às interações entre componentes de fibra, água e glúten. Resultados

semelhantes foram encontrados por Guardado-Félix et al. (2020), para todas as farinhas de grão-de-bico obtiveram pães com miolos mais escuros e uma diminuição do volume entre 7 e 13%.

No entanto, a adição de farinhas de leguminosas ou frutos neste produto pode representar um acréscimo no seu valor nutricional, nomeadamente no conteúdo de compostos fenólicos e antioxidantes, conforme observado por Hayta et al. (2014).

## 6. Considerações finais

A caracterização biométrica dos grãos revelou diferenças estatisticamente significativas entre as amostras, destacando-se a esfericidade achatada de *Vicia faba* e a forma mais achatada de *Lupinus luteus* e *Lupinus albus*. *P. Sativum* (Grisel) se destacou com o maior teor de humidade, enquanto *L. luteus* exibiu a maior acidez. As espécies *L. luteus* e *L. albus* foram identificadas como as amostras com maiores teores de gordura, proteína e fibra total. As variações nas propriedades funcionais, como capacidade de absorção de água e óleo, refletiram nas diferentes características de cada espécie, com *L. albus* apresentando uma boa capacidade de absorção de água.

A análise das propriedades bioativas revelou a presença significativa de compostos fenólicos, destacando a atividade antioxidante elevada de *Vicia faba*. A torrefação impactou positivamente o teor de compostos fenólicos, enquanto reduziu a capacidade antioxidante medida pelo FRAP. A correlação positiva entre o conteúdo fenólico total e a capacidade antioxidante sublinha o potencial terapêutico dessas farinhas na promoção da saúde.

O estudo do perfil fenólico identificou a prevalência de ácidos fenólicos, como clorogénico, cafeico, vanílico, protocatecuico, gálico, hidroxibenzóico e ferúlico. A presença de flavonoides, incluindo rutina, quercetina, naringina, apigenina 7-gluc, miricetina e resveratrol, contribuiu para a diversidade desses compostos.

Na aplicação das farinhas em massas panificáveis, a análise sensorial revelou o pão controlo (100% farinha de trigo) como a preferência dominante. A análise das diferentes proporções de farinhas alternativas revelou resultados distintos. Enquanto a amostra com 25% de farinha de grão-de-bico teve uma boa primeira impressão, a introdução de 50 e 75% e a utilização de 100% farinha de leguminosa mostrou-se insatisfatória em termos de textura e sabor. O estudo destaca a necessidade de um equilíbrio cuidadoso ao incorporar farinhas alternativas em produtos de panificação, visando manter características sensoriais desejadas, como textura e sabor, para garantir a aceitação do consumidor. A avaliação global e as decisões de compra foram indicadores cruciais, indicando que a preferência final e a aceitação dos produtos estão diretamente ligadas à experiência sensorial percebida.

No sentido de o desenvolvimento de trabalhos futuros propõe-se investigar a presença e a quantidade de minerais essenciais, como ferro, zinco, magnésio e cálcio, nas leguminosas. Essa informação pode ser relevante para avaliar o potencial nutricional e a respetiva contribuição para a saúde.

Por outro lado, propõe-se analisar detalhadamente o perfil de ácidos gordos nas leguminosas, identificando os ácidos gordos específicos, nomeadamente com carácter essencial.

Há ainda que avaliar os níveis de fitatos, taninos, oxalatos e outros antinutrientes nas leguminosas. Essas substâncias podem interferir na absorção de minerais essenciais, como ferro e zinco.

Propõe-se ainda investigar a influência de diferentes métodos de processamento, como germinação, fermentação ou cozimento, nos níveis de antinutrientes. O processamento muitas vezes pode reduzir a concentração dessas substâncias, tornando os nutrientes mais disponíveis para absorção.

Por último há que expandir a aplicação das farinhas dessas leguminosas numa variedade de produtos alimentares além do pão, explorando potenciais benefícios nutricionais e funcionais em diferentes contextos alimentares.

## Referências bibliográficas

- Aboubakar, Njintang, Y. N., Scher, J., & Mbofung, C. M. F. (2008). Physicochemical, thermal properties and microstructure of six varieties of taro (*Colocasia esculenta* L. Schott) flours and starches. *Journal of Food Engineering*, 86(2), 294-305.
- Advíncula, T. L., De Nadai, F. B., Nobre, D. A. C., Ferreira, É. N. M. B., Da Silva Brandão Júnior, D., & Da Costa, C. A. (2015). Qualidade física e fisiológica de sementes de *Phaseolus lunatus* L. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(3), 341-346.
- Agraria.org. (2024). Coltivazione dell'erba lupino. Recuperado de <https://www.agraria.org/coltivazionierbacee/lupino.htm>. Acedido a 02 de março de 2024
- Aguilera, Y., Díaz, M. F., Jiménez, T., Benítez, V., Herrera, T., Cuadrado, C., Martín-Pedrosa, M., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Changes in nonnutritional factors and antioxidant activity during germination of nonconventional legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(34), 8120-8125.
- Alonso, B. O., Rovir, R. F., Vegas, C. A., & Pedrosa, M. M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad dietética*, 14(2), 72-76
- Aluko, R. E., Mcintosh, T., & Reaney, M. (2001). Comparative study of the emulsifying and foaming properties of defatted coriander (*Coriandrum sativum*) seed flour and protein concentrate. *Food research international*, 34(8), 733-738.
- AOAC 920.153 (2012). Determinação do teor de cinza.
- AOAC 991.36. (2012). Determinação do teor de lípidos totais.
- Arnao, M. B., Cano, A., & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food chemistry*, 73(2), 239-244.
- Arntfield, S. D., & Maskus, H. D. (2011). Peas and other legume proteins. In *Handbook of food proteins* (pp. 233-266). Woodhead Publishing.
- Augusto, T. R., Salinas, E. S. S., Alencar, S. M., D'arce, M. A. B. R., Camargo, A. C. D., & Vieira, T. M. F. D. S. (2014). Phenolic compounds and antioxidant activity of hydroalcoholic extracts of wild and cultivated murtilla (*Ugni molinae* Turcz.). *Food Science and Technology*, 34, 667-679.
- Baloch, K. (2017). Biochemical and trace elements composition of faba bean (*Vicia faba* L.) cultivated in Panjgur and Kech districts of Balochistan. *Pure and Applied Biology*, 6(3), 981-988.
- Barros, L., Dueñas, M., Carvalho, A. M., Ferreira, I. C. F. R., & Santos-Buelga, C. (2012). Characterization of phenolic compounds in flowers of wild medicinal plants from Northeastern Portugal. *Food and Chemical Toxicology*, 50(5), 1576-1582.
- Bazzano, L. A., Thompson, A. M., Tees, M. T., Nguyen, C. H., & Winham, D. M. (2011). Non-soy legume consumption lowers cholesterol levels: A meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases*, 21(2), 94-103.
- Beltrán, J. P., & Cañas, L. A. (2018). Grain and forage legumes: nutritional value and agriculture sustainability. *Functional Genomics in *Medicago truncatula*: Methods and Protocols*, 1-10.

- Benevides, C. M. de J., Pinto, L. C., Da Silva, A. S. L., Da Costa, A. G., Pinto, D. A. T., Alves, R. de C., & Oliveira, M. B. P. P. (2023). Efeito da germinação e da desidratação no valor nutritivo, compostos bioativos e atividade antioxidante de farinhas de leguminosas. *Arquivos de ciências da saúde da unipar*, 27(7), 3396-3428.
- Bhat, S., Aditya, K. S., Kumari, B., Acharya, K. K., & Sendhil, R. (2022). Pulses production, trade and policy imperatives: A global perspective. In *Advances in legumes for sustainable intensification*, 639-656. Academic Press.
- Bora, P. (2014). Anti-nutritional factors in foods and their effects. *Journal of Academia and Industrial Research*, 3(6), 285-290.
- Bouchenak, M., & Lamri-Senhadj, M. (2013). Nutritional quality of legumes, and their role in cardiometabolic risk prevention: a review. *Journal of medicinal food*, 16(3), 185-198.
- Boukid, F., Zannini, E., Carini, E., & Vittadini, E. (2019). Pulses for bread fortification: A necessity or a choice? In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 88, pp. 416-428).
- Boye, J., Zare, F., & Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food research international*, 43(2), 414-431.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Byanju, B., Rahman, M. M., Hojilla-Evangelista, M. P., & Lamsal, B. P. (2020). Effect of high-power sonication pretreatment on extraction and some physicochemical properties of proteins from chickpea, kidney bean, and soybean. *International Journal of Biological Macromolecules*, 145, 712-721.
- BRI (2024). [www.businessresearchinsights.com](http://www.businessresearchinsights.com). Acedido a 12 de janeiro de 2024.
- Caprioli, G., Giusti, F., Ballini, R., Sagratini, G., Vila-Donat, P., Vittori, S., & Fiorini, D. (2016). Lipid nutritional value of legumes: Evaluation of different extraction methods and determination of fatty acid composition. *Food Chemistry*, 192, 965-971.
- Carlos Manuel Gaspar dos Reis & Paulo Jorge Freire Rodrigues. (2010). *Estudo do comportamento agrônomico de cultivares de ervilha proteaginoso (Pisum sativum L.) na região de Castelo Branco*. Tese de Mestrado, Escola Superior Agrária de Castelo Branco.
- Carvalho, Ana Maria (2006). Patrimônio etnobotânico: plantas, tradição e saber popular. In *Plano de Ordenamento do Parque Natural de Montesinho: relatório de caracterização*. Bragança: PNM. p. 111-118 e 329-340.
- Champ, M. M.-J. (2002). Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), 307-319.
- Chandra, S., & Samsher. (2013). Assessment of functional properties of different flours. *African Journal of Agricultural Research*, 8(38), 4849-4852 ref. 24.
- Chichester, C. O., Mrak, E. M. (Emil M., & Stewart, G. F. (1982). *Advances in food research Vol. 28*. Academic Press.
- Chunlong, C., Song, L., Rongsu, L., Fengping, W., & Junqing, L. (2008). Concentration of phenolic compounds of *Populus euphratica* and soil water contents in Ejina oasis, Inner Mongolia, China. *Acta Ecologica Sinica*, 28(1), 69-75.
- Correia de Campos, A. M. D. B. T. (2014). *Avaliação da diversidade genética de uma coleção portuguesa de ervilha (Pisum sativum L.) através de marcadores morfológicos e moléculares (Doctoral dissertation)*.

- Czubinski, J., Grygier, A., & Siger, A. (2021). *Lupinus mutabilis* seed composition and its comparison with other lupin species. *Journal of Food Composition and Analysis*, 99, 103875.
- da Costa Júnior, J. R., de Oliveira, D. E. C., Carvalho, J. M. G., Bueno, S. G. S., Ferreira, V. B., & Alves, E. M. (2021). Shape and size of seeds of two varieties of pumpkins during drying.
- Dahl, W. J., Foster, L. M., & Tyler, R. T. (2012). Review of the health benefits of peas (*Pisum sativum* L.). *British Journal of Nutrition*, 108(S1), S3-S10.
- De la Rosa, L. A., Moreno-Escamilla, J. O., Rodrigo-García, J., & Alvarez-Parrilla, E. (2019). Phenolic compounds. In *Postharvest physiology and biochemistry of fruits and vegetables* (pp. 253-271). Woodhead publishing.
- Derbyshire, E., & Delange, J. (2020). The nutritional value of whole pulses and pulse fractions. In *Pulse foods*, 9-29. Academic Press.
- Dhull, S. B., Kidwai, M. K., Noor, R., Chawla, P., & Rose, P. K. (2022). A review of nutritional profile and processing of faba bean (*Vicia faba* L.). *Legume Science*, 4(3), e129.
- Du, S. kui, Jiang, H., Yu, X., & Jane, J. lin. (2014). Physicochemical and functional properties of whole legume flour. *LWT*, 55(1), 308–313.
- Duc, G. (1997). Faba bean (*Vicia faba* L.). *Field Crops Research*, 53(1–3), 99–109.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, 77(2), 67-82.
- FAO (2023). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL>. Acedido a 17 de Dezembro de 2023
- Fenn, D., Wang, N., & Maximiuk, L. (2022). Physicochemical, anti-nutritional, and functional properties of air-classified protein concentrates from commercially grown Canadian yellow pea (*Pisum sativum*) varieties with variable protein levels. *Cereal Chemistry*, 99(1), 157-168.
- Fernández-Quintela, A., Macarulla, M. T., Del Barrio, A. S., & Martínez, J. A. (1997). Composition and functional properties of protein isolates obtained from commercial legumes grown in northern Spain. *Plant Foods for Human Nutrition*, 51, 331-341.
- Ferreira, H., Vasconcelos, M., Gil, A. M., & Pinto, E. (2021). Benefits of pulse consumption on metabolism and health: A systematic review of randomized controlled trials. *Critical reviews in food science and nutrition*, 61(1), 85-96.
- Floriano, R. F., dos Santos, A. C. M., da Silveira, E. B., Schreiber, C. T., & de Souza, J. R. (2021). Efeitos das condições de temperatura de torra dos grãos de amendoim sobre compostos bioativos Effects of roasting temperature conditions of peanut grains on bioactive compounds. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 55328-55340.
- Foschia, M., Horstmann, S. W., Arendt, E. K., & Zannini, E. (2017). Legumes as Functional Ingredients in Gluten-Free Bakery and Pasta Products. In *Annual Review of Food Science and Technology*, 8, 75–96.
- Gebrelibanos, M., Tesfaye, D., Raghavendra, Y., & Sintayeyu, B. (2013). NUTRITIONAL AND HEALTH IMPLICATIONS OF LEGUMES. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research IJPSR*, 4(4), 1269.
- Awuchi, C. G., Igwe, V. S., & Echeta, C. K. (2019). The functional properties of foods and flours. *International Journal of Advanced Academic Research*, 5(11), 139-160.

Green, F. N. (2007, October). Classification of *Pisum sativum* subsp. *sativum* cultivars into groups and subgroups using simply inherited characters. In *V International Symposium on the Taxonomy of Cultivated Plants* 799, 155-162.

Guardado-Félix, D., Lazo-Vélez, M. A., Pérez-Carrillo, E., Panata-Saquicili, D. E., & Serna-Saldívar, S. O. (2020). Effect of partial replacement of wheat flour with sprouted chickpea flours with or without selenium on physicochemical, sensory, antioxidant and protein quality of yeast-leavened breads. *Lwt*, 129, 109517.

Guillon, F., & Champ, M. M.-J. (2002a). Carbohydrate fractions of legumes use in human nutrition and potential for health. *British Journal of Nutrition*, 88(S3), 293-306.

Gupta, Y. P. (1987). Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant foods for human nutrition*, 37, 201-228.

Hall, C., Hillen, C., & Robinson, J. G. (2017). Composition, nutritional value, and health benefits of pulses. *Cereal Chemistry*, 94(1), 11-31.

Han, H., & Baik, B. K. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of lentils (*Lens culinaris*), chickpeas (*Cicer arietinum* L.), peas (*Pisum sativum* L.) and soybeans (*Glycine max*), and their quantitative changes during processing. *International Journal of Food Science and Technology*, 43(11), 1971-1978.

Hayta, M., Özüğür, G., Etgü, H., & Şeker, I. T. (2014). Effect of Grape (*Vitis Vinifera* L.) Pomace on the Quality, Total Phenolic Content and Anti-Radical Activity of Bread. *Journal of food processing and preservation*, 38(3), 980-986.

Herculano, L. da F. L., Pontes, A. C. B., Rodrigues, C. L. J., Barroso, L. P., De Oliveira, M. N., Medeiros, S. R. A., & Raymundo, A. C. da S. N. M. (2021). Desenvolvimento de pães sem glúten a partir de farinhas pouco exploradas / Development of gluten-free breads from under-exploited flours. *Brazilian Journal of Development*, 7(6), 62905-62924.

Hondelmann, W. (1984). The lupin-ancient and modern crop plant. *Theoretical and Applied Genetics*, 68(1-2), 1-9.

Howieson, J. G., Yates, R. J., Foster, K. J., Real, D., & Besier, R. B. (2008). Prospects for the future use of legumes. *Nitrogen-fixing leguminous symbioses*, 363-394.

Huang, D., Boxin, O. U., & Prior, R. L. (2005). The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1841-1856.

Huyghe, C. (1997). White lupin (*Lupinus albus* L.). *Field Crops Research*, 53(1-3), 147-160.

INE (2021). Estatísticas Agrícolas 2020. <http://www.ine.pt/> acessado a 19 de janeiro de 2024.

INE (2023). Balanços de aprovisionamento de produtos vegetais. <http://www.ine.pt/> acessado a 19 de janeiro de 2024.

INIAV (2024). <https://www.inia.pt/cadeias-valor/pastagens-forragens>. Acessado a 04 de fevereiro de 2024.

Iwe, M. O., Onyeukwu, U., & Agiriga, A. N. (2016). Proximate, functional and pasting properties of FARO 44 rice, African yam bean and brown cowpea seeds composite flour. *Cogent Food & Agriculture*, 2(1), 1142409.

Jacinto Junior, S. G., & Lucena, E. M. P. de. (2023). Caracterização colorimétrica e biométrica de sementes de fava. *Research, Society and Development*, 12(1).

- Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., Augustin, L. S. A., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., Chiavaroli, L., Mirrahimi, A., Ireland, C., Bashyam, B., Vidgen, E., De Souza, R. J., Sievenpiper, J. L., Coveney, J., Leiter, L. A., & Josse, R. G. (2012). Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus: A randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 172(21), 1653-1660.
- Jimoh, W. A., Fagbenro, O. A., & Adeparusi, E. O. (2011). Effect of processing on some minerals, anti-nutrients and nutritional composition of sesame (*Sesamum indicum*) seed meals. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 10(1).
- Karadag, A., Ozcelik, B., & Saner, S. (2009). Review of methods to determine antioxidant capacities. *Food Analytical Methods*, 2(1), 41-60.
- Kaur, M., & Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *Food Chemistry*, 91(3), 403-411.
- Kaushal, P., Kumar, V., & Sharma, H. K. (2012). Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. *LWT*, 48(1), 59-68.
- Khan, A., & Saini, C. S. (2016). Effect of roasting on physicochemical and functional properties of flaxseed flour. *Cogent Engineering*, 3(1), 1145566.
- Lagarda-Diaz, I., Guzman-Partida, A. M., & Vazquez-Moreno, L. (2017). Legume lectins: proteins with diverse applications. *International journal of molecular sciences*, 18(6), 1242.
- Lee, H. C., Htoon, A. K., Uthayakumaran, S., & Paterson, J. L. (2007). Chemical and functional quality of protein isolated from alkaline extraction of Australian lentil cultivars: Matilda and Digger. *Food Chemistry*, 102(4), 1199-1207.
- Li, Z., Lee, H. W., Liang, X., Liang, D., Wang, Q., Huang, D., & Ong, C. N. (2018). Profiling of phenolic compounds and antioxidant activity of 12 cruciferous vegetables. *Molecules*, 23(5), 1139.
- Lin, M. J. Y., Humbert, E. S., & Sosulski, F. W. (1974). Certain functional properties of sunflower meal products. *Journal of food science*, 39(2), 368-370.
- Liu, C., Wang, X., Ma, H., Zhang, Z., Gao, W., & Xiao, L. (2008). Functional properties of protein isolates from soybeans stored under various conditions. *Food Chemistry*, 111(1), 29-37.
- Liu, Y., Ragaei, S., Marcone, M. F., & Abdel-Aal, E. S. M. (2020). Composition of phenolic acids and antioxidant properties of selected pulses cooked with different heating conditions. *Foods*, 9(7), 908.
- Loke, A., Baranda, L. C., Lezcano, S. C., & Jin, J. (2016). Pulses: nutritious seeds for a sustainable future. *Food & Agriculture Organization on the United Nations*.
- Lu, Z. X., He, J. F., Zhang, Y. C., & Bing, D. J. (2020). Composition, physicochemical properties of pea protein and its application in functional foods. *Critical reviews in food science and nutrition*, 60(15), 2593-2605.
- Luzzatto, L., & Arese, P. (2018). Favism and glucose-6-phosphate dehydrogenase deficiency. *New England Journal of Medicine*, 378(1), 60-71.
- MacDonald-Wicks, L. K., Wood, L. G., & Garg, M. L. (2006). Methodology for the determination of biological antioxidant capacity in vitro: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86(13), 2046-2056.

Maestro Virtual. (2024). Leguminosas (Fabaceae): características, habitat, cultivo, usos. Recuperado de <https://maestrovirtuale.com/leguminosas-fabaceae-caracteristicas-habitat-cultivo-usos/>

Man, S., Păucean, A., Muste, S., & Pop, A. (2015). Effect of the Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Flour Addition on Physicochemical Properties of Wheat Bread. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Food Science and Technology*, 72(1), 41-49.

Marathe, S. A., Rajalakshmi, V., Jamdar, S. N., & Sharma, A. (2011). Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food and Chemical Toxicology*, 49(9), 2005-2012.

Martínez-Villaluenga, C., Frías, J., & Vidal-Valverde, C. (2006). Functional lupin seeds (*Lupinus albus* L. and *Lupinus luteus* L.) after extraction of  $\alpha$ -galactosides. *Food Chemistry*, 98(2), 291-299.

Mathesius, U. (2022). Are legumes different? Origins and consequences of evolving nitrogen fixing symbioses. In *Journal of Plant Physiology*, 276, 153765.

Miñarro, B., Albanell, E., Aguilar, N., Guamis, B., & Capellas, M. (2012). Effect of legume flours on baking characteristics of gluten-free bread. *Journal of Cereal Science*, 56(2), 476-481.

Mohammed, I., Ahmed, A. R., & Senge, B. (2014). Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality. *Journal of Food Science and Technology*, 51(9), 1902-1910.

Monika, O., Fundação, B., & Cruz, O. (2006.). *Plantas da família Fabaceae (Leguminosas) com aptidão forrageira e interesse apícola. Aspectos botânicos e palinológicos.*

Moreira, R. V. M. S. C. (2021,). *A PRODUÇÃO DE LEGUMINOSAS EM PORTUGAL.*

Moure, A., Sineiro, J., Domínguez, H., & Parajó, J. C. (2006). Functionality of oilseed protein products: A review. *Food research international*, 39(9), 945-963.

Mudryj, A. N., Yu, N., & Aukema, H. M. (2014). Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(11), 1197-1204.

Muzquiz, M., Varela, A., Burbano, C., Cuadrado, C., Guillamón, E., & Pedrosa, M. M. (2012). Bioactive compounds in legumes: pronutritive and antinutritive actions. Implications for nutrition and health. *Phytochemistry reviews*, 11, 227-244.

NP-875:1994. Alimentos para animais; Determinação do teor de humidade.

NP-1421 (1977). Géneros alimentícios derivados de frutos e de produtos hortícolas. Determinação da acidez.

NP -EN 1132 (1996). sumos de frutos e de produtos hortícolas. Determinação do valor do pH.

Nere, D. R., Bleicher, E., & Bertini, C. H. C. de M. (2021). Biometria de plantas e sementes de fava: contribuições para divergência genética. *Research, Society and Development*, 10(2), e1210212137-e1210212137.

Niki, E. (2010). Assessment of antioxidant capacity in vitro and in vivo. *Free Radical Biology and Medicine*, 49(4), 503-515.

Okezie, B. O., & Bell0, A. B. (1988). Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food science*, 53(2), 450-454.

- Oliveira, R. S., Carvalho, P., Marques, G., Ferreira, L., Pereira, S., Nunes, M., Rocha, I., Ma, Y., Carvalho, M. F., Vosátka, M., & Freitas, H. (2017). Improved grain yield of cowpea (*Vigna unguiculata*) under water deficit after inoculation with *Bradyrhizobium elkanii* and *Rhizophagus irregularis*. *Crop and Pasture Science*, 68(10–11).
- Oomah, B. D., Blanchard, C., & Balasubramanian, P. (2008). Phytic acid, phytase, minerals, and antioxidant activity in Canadian dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(23), 11312-11319.
- Padhi, E. M. T., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R., & Ramdath, D. D. (2017). Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, 38, 602-611.
- Parikh, B., & Patel, V. H. (2018). Total phenolic content and total antioxidant capacity of common Indian pulses and split pulses. *Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1499-1507.
- Pereira, G., Meneses, M., Barcelos, C., & GeoBioTec–GeoBioCiências, G. (2023). AS LEGUMINOSAS-GRÃO E A SUA IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA.
- Pereira, N., Farrokhi, M., Vida, M., Lageiro, M., Ramos, A. C., Vieira, M. C., ... & Abreu, M. (2023). Valorisation of Wasted Immature Tomato to Innovative Fermented Functional Foods. *Foods* 2023, 12, 1532.
- Pixabay. (s.d.). Recuperado de <https://www.pixabay.com/> Acedido a 10 de Março de 2024.
- Probert, C. S. J., Emmett, P. M., & Heaton, K. W. (1995). Some determinants of whole-gut transit time: a population-based study. *QJM: An International Journal of Medicine*, 88(5), 311-315.
- Prosky, L. (1986). Determination of total dietary fiber in foods, food products, and total diets: Interlaboratory study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 69, 259.
- Rahate, K. A., Madhumita, M., & Prabhakar, P. K. (2021). Nutritional composition, anti-nutritional factors, pretreatments-cum-processing impact and food formulation potential of faba bean (*Vicia faba* L.): A comprehensive review. *Lwt*, 138, 110796.
- Rebello, C. J., Greenway, F. L., & Finley, J. W. (2014). Whole grains and pulses: A comparison of the nutritional and health benefits. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(29), 7029-7049.
- Ruiz-López, M. A., Barrientos-Ramírez, L., García-López, P. M., Valdés-Miramontes, E. H., Zamora-Natera, J. F., Rodríguez-Macias, R., ... & Vargas-Radillo, J. J. (2019). Nutritional and bioactive compounds in Mexican lupin beans species: A mini review. *Nutrients*, 11(8), 1785.
- Santos, F. G., Fratelli, C., Muniz, D. G., & Capriles, V. D. (2021). The impact of dough hydration level on gluten-free bread quality: A case study with chickpea flour. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 26, 100434
- Sathe, S. K., Deshpande, S. S., & Salunkhe, D. K. (1982). Functional properties of lupin seed (*Lupinus mutabilis*) proteins and protein concentrates. *Journal of food science*, 47(2), 491-497.
- Schieler, M., Riemer, N., Kleinhenz, B., Saucke, H., Veith, M., & Racca, P. (2024). SIMONTO-Pea: Phenological Models to Predict Crop Growth Stages in BBCH of Grain and Green Peas (*Pisum sativum*) for Temporal Pest Management. *Agriculture (Switzerland)*, 14(1), 15.

- Singh, H., & MacRitchie, F. (2001). Application of polymer science to properties of gluten. *Journal of Cereal Science*, 33(3), 231-243.
- Singh, N. (2017). Pulses: an overview. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 853-857.
- Skendi, A., Papageorgiou, M., & Varzakas, T. (2021). High protein substitutes for gluten in gluten-free bread. *Foods*, 10(9), 1997.
- Soetan, K. O., & Oyewole, O. E. (2009). The need for adequate processing to reduce the anti-nutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *African Journal of Food Science*, 3(9), 223-232.
- Sridhar, K. R., & Seena, S. (2006). Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia*—A comparative study. *Food chemistry*, 99(2), 267-288.
- Stagnari, F., Maggio, A., Galieni, A., & Pisante, M. (2017). Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability: an overview. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4, 1-13.
- Stanisavljević, N. S., Ilić, M. D., Matic, I. Z., Jovanović, Ž. S., Čupić, T., Dabić, D., Natić, M. M., & Tešić, Ž. L. (2016). Identification of Phenolic Compounds from Seed Coats of Differently Colored European Varieties of Pea (*Pisum sativum* L.) and Characterization of Their Antioxidant and In Vitro Anticancer Activities. *Nutrition and Cancer*, 68(6), 988-1000.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(25), 7449-7454.
- Szczybyło, A., Halicka, E., Jackowska, M., & Rejman, K. (2019). Analysis of the Global Pulses Market and Programs Encouraging Consumption of This Food. *Zeszyty Naukowe SGGW w Warszawie - Problemy Rolnictwa Światowego*, 19(3), 85-96.
- Tiwari, B. K., & Singh, N. (2012). *Pulse chemistry and technology*. Royal Society of Chemistry.
- Tripathi, A., Iswarya, V., Rawson, A., Singh, N., Dave Oomah, B., & Patras, A. (2021). Chemistry of pulses—macronutrients. In *Pulse foods* (2nd ed., pp. 31-59). Academic Press.
- Urbano, G., López-Jurado, M., Aranda, P., Vidal-Valverde, C., Tenorio, E., & Porres, J. (2000). The role of phytic acid in legumes: Antinutrient or beneficial function? *Journal of Physiology and Biochemistry*, 56(3), 283-294.
- Valente, I. M., Maia, M. R. G., Malushi, N., Oliveira, H. M., Papa, L., Rodrigues, J. A., Fonseca, A. J. M., & Cabrita, A. R. J. (2018). Profiling of phenolic compounds and antioxidant properties of European varieties and cultivars of *Vicia faba* L. pods. *Phytochemistry*, 152, 223-229.
- Varma, P., & Vishwanath, D. (2023). Self Sufficiency in Pulses Production in India: An Analysis Based on the Successful Performance of Pulse Production and its Export from Myanmar.
- Vázquez, G., Fontenla, E., Santos, J., Freire, M. S., González-Álvarez, J., & Antorrena, G. (2008). Antioxidant activity and phenolic content of chestnut (*Castanea sativa*) shell and eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) bark extracts. *Industrial crops and products*, 28(3), 279-285.
- Venn, B. J., Perry, T., Green, T. J., Skeaff, C. M., Aitken, W., Moore, N. J., ... & Williams, S. (2010). The effect of increasing consumption of pulses and wholegrains in obese people: a randomized controlled trial. *Journal of the American College of Nutrition*, 29(4), 365-372.
- Vinod, B. R., Asrey, R., Rudra, S. G., Urhe, S. B., & Mishra, S. (2023). Chickpea as a promising ingredient substitute in gluten-free bread making: An overview of technological and nutritional benefits. In *Food Chemistry Advances*, 3, 100473.

Wang, N., Hatcher, D. W., Warkentin, T. D., & Toews, R. (2010). Effect of cultivar and environment on physicochemical and cooking characteristics of field pea (*Pisum sativum*). *Food Chemistry*, *118*(1), 109-115.

Williams, M. J., Valencia, E., & Sollenberger, L. E. (2002). No-till establishment of rhizoma peanut. *Agronomy Journal*, *94*(6), 1350-1354.

Xu, B., & Chang, S. K. C. (2008). Effect of soaking, boiling, and steaming on total phenolic content and antioxidant activities of cool season food legumes. *Food chemistry*, *110*(1), 1-13.