

Universidade de Lisboa
Faculdade de Farmácia



VALOR NUTRICIONAL DE LEGUMINOSAS: COMPARAÇÃO DE SEMENTES *IN NATURA*, SECAS E GERMINADAS

Cátia Filipa Gonçalves de Araújo

Dissertação orientada pela Professora Doutora Maria Beatriz Prior Pinto
Oliveira e, coorientada pela Professora Doutora Maria da Graça Tavares
Rebelo de Soveral

Mestrado em Controlo de Qualidade e Toxicologia dos Alimentos

2017

AGRADECIMENTOS

De um modo especial agradeço à Professora Doutora Beatriz Oliveira por me ter recebido e proporcionado todos os meios necessários para a realização deste estudo, para além da sua total disponibilidade.

Agradeço de igual forma à Doutora Rita Alves e à Anabela Costa por toda a dedicação, disponibilidade, paciência e ajuda ao longo de todo o trabalho.

Agradeço à minha coorientadora, Professora Doutora Graça Soveral, por toda a simpatia e disponibilidade demonstrada.

Agradeço ainda a todos os que contribuíram para a minha aprendizagem pessoal e aprofundamento de conhecimento científico em domínios que me eram menos familiares!

RESUMO

As leguminosas ocupam um lugar importante na nutrição humana, sendo culturas amigas do ambiente. Este grupo de alimentos são uma boa fonte de proteína e fibra alimentar.

Neste estudo, foi avaliada a composição nutricional de sementes de leguminosas, de origem brasileira, em diferentes estados (*in natura*, secas e germinadas). Foram analisadas 4 espécies, nomeadamente, *Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*.

Foram analisados o teor de cinzas, proteína, gordura, fibra (total e insolúvel) por métodos AOAC. O teor de humidade foi determinado com uma balança equipada com lâmpada de infravermelhos. O teor de hidratos de carbono e fibra solúvel foi obtido, indiretamente, por cálculo. Os perfis de ácidos gordos e vitamina E (tocoferóis e tocotrienóis) foram determinados por técnicas cromatográficas, GC-FID e HPLC-FLD, respetivamente.

Os teores de proteína variaram entre 19,6 e 28,8 % (peso seco). O teor de gordura variou entre 0,6 e 1,6 %. As leguminosas apresentaram elevados teores de fibra total (23,9 a 45,5 %) e os hidratos de carbono variaram de 24,3 a 45,3 %. Quanto ao perfil de ácidos gordos verificaram-se elevados teores de ácidos gordos polinsaturados. Em relação à vitamina E, destaca-se a elevada percentagem de tocoferóis (superior a 90 %), em relação aos tocotrienóis.

De um modo geral, com a germinação, verificou-se um aumento significativo dos teores de cinzas, de fibra total e insolúvel nas sementes das espécies *Vigna unguiculata* e *Cajanus cajan*. Não se encontraram diferenças significativas no teor proteico. Por sua vez, nas espécies *Vicia faba* e *Phaseolus lunatus* observaram-se teores de fibra total e insolúvel superiores nas sementes secas, comparativamente às germinadas e também não se encontraram diferenças significativas no teor proteico. Verificou-se que, com a germinação, ocorre um aumento dos teores de gordura e hidratos de carbono.

Os resultados deste estudo mostram a riqueza nutricional das leguminosas estudadas, sendo uma matéria-prima acessível, relativamente a outras fontes proteicas.

PALAVRAS-CHAVE: leguminosa; semente; composição nutricional; germinação; sustentabilidade.

ABSTRACT

Legumes have a significant role in human nutrition, being environment friendly crops. This group of foods are a good source of protein and dietary fiber.

In this study, the nutritional composition of leguminous seeds of Brazilian origin was evaluated in different stages (*in natura*, dried and germinated). Four species were analysed, namely *Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* and *Phaseolus lunatus*.

The content of ash, protein, fat, fiber (total and insoluble) by AOAC methods were analysed. The moisture content was determined using a scale equipped with an infrared lamp. The content of carbohydrates and soluble fiber was obtained, indirectly by calculation. The fatty acid and vitamin E (tocopherols and tocotrienols) profiles were determined by chromatographic techniques, GC-FID and HPLC-FLD, respectively.

Protein contents varied between 19.6 and 28.8 % (dry weight). The fat content ranged from 0.6 to 1.6 %. Legumes showed high total fiber contents (23.9 to 45.5 %) and carbohydrates ranged from 24.3 to 45.3 %. Regarding the fatty acid profile, high levels of polyunsaturated fatty acids were observed. In relation to vitamin E, the high percentage of tocopherols (greater than 90 %) in relation to tocotrienols stands out.

In general, with germination, there was a significant increase in the ash, total fiber and insoluble contents of the seeds of the species *Vigna unguiculata* and *Cajanus cajan*. There were no significant differences in protein content. On the other hand, in the species *Vicia faba* and *Phaseolus lunatus*, higher contents of total and insoluble fiber were observed in the dry seeds, compared to the germinated ones, and also no significant differences were found in the protein content. It was verified that, with germination, an increase in fat and carbohydrate levels occurs.

The results of this study show the nutritional richness of the studied legumes, being them an accessible raw material, relative to other protein sources.

KEYWORDS: legume; seed; nutritional composition; germination; sustainability.

ÍNDICE

Agradecimentos	II
Resumo	III
Abstract	IV
Índice	V
Lista de Figuras	VII
Lista de Tabelas	VIII
Lista de abreviaturas	X
1. Introdução	1
1.1. Leguminosas: produção e consumo	1
1.2. Sustentabilidade e disponibilidade alimentar	3
1.3. Efeito na saúde	5
1.3.1. Qualidade nutricional e benefícios para a saúde	5
1.3.2. Fatores anti-nutricionais	7
1.4. Potencialidades da germinação	9
1.5. Pertinência do estudo	10
2. Objetivos	11
2.1. Objetivo geral	11
2.2. Objetivos específicos	11
3. Materiais e Métodos	12
3.1. Reagentes e padrões	12
3.2. Equipamentos	13
3.3. Amostras	13
3.3.1. <i>Vigna unguiculata</i>	14
3.3.2. <i>Vicia faba</i>	15
3.3.3. <i>Cajanus cajan</i>	15
3.3.4. <i>Phaseolus lunatus</i>	16
3.4. Análise nutricional	16
3.4.1. Determinação do teor de humidade	16
3.4.2. Determinação do teor de cinzas	16
3.4.3. Determinação do teor de proteína	17
3.4.4. Determinação do azoto não proteico	17
3.4.5. Determinação do teor de lípidos totais	17

3.4.6.	Determinação da fibra total	18
3.4.7.	Determinação da fibra insolúvel e solúvel	19
3.4.8.	Determinação do teor de hidratos de carbono	20
3.5.	Determinação do teor em vitamina E	20
3.5.1.	Preparação das soluções de calibração	20
3.5.2.	Preparação das amostras	20
3.5.3.	Análise cromatográfica	20
3.6.	Determinação dos ácidos gordos	21
3.6.1.	Análise cromatográfica	21
3.7.	Análise estatística	22
4.	Resultados e Discussão	23
4.1.	Análise química	23
4.1.1.	Caracterização do perfil nutricional	23
4.1.2.	Ácidos gordos	32
4.1.3.	Vitamina E	39
5.	Conclusão	46
5.1.	Perspetivas de trabalho futuro	46
6.	Referências Bibliográficas	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Os principais países produtores de leguminosas em 2014.....	1
Figura 2. Principais países consumidores de leguminosas, em que a ingestão diária é superior a 10%.....	3
Figura 3. Sementes da espécie <i>Vigna unguiculata</i> L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes <i>in natura</i> e (c) sementes secas.....	14
Figura 4. Sementes da espécie <i>Vicia faba</i> L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes <i>in natura</i> e (c) sementes secas.....	15
Figura 5. Sementes da espécie <i>Cajanus cajan</i> L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes <i>in natura</i> e (c) sementes secas.....	15
Figura 6. Sementes da espécie <i>Phaseolus lunatus</i> L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes <i>in natura</i> e (c) sementes secas.....	16
Figura 7. Teor dos ácidos gordos saturados, mono e polinsaturados das sementes das espécies <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Cajanus cajan</i> e <i>Phaseolus lunatus</i> nos diferentes estados (germinada, <i>in natura</i> e seca)	33
Figura 8. Teor dos ácidos gordos saturados, mono e polinsaturados das sementes germinadas, <i>in natura</i> e secas das diferentes espécies.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Área cultivada (em milhões de hectares) de leguminosas em comparação com as principais culturas de cereais.....	2
Tabela 2. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Vigna unguiculata</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	24
Tabela 3. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Vigna unguiculata</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	24
Tabela 4. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Vicia faba</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	25
Tabela 5. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Vicia faba</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	25
Tabela 6. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Cajanus cajan</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	26
Tabela 7. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Cajanus cajan</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	26
Tabela 8. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Phaseolus lunatus</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	27
Tabela 9. Composição nutricional das sementes da espécie <i>Phaseolus lunatus</i> em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	28
Tabela 10. Composição nutricional das sementes germinadas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	28
Tabela 11. Composição nutricional das sementes germinadas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	29
Tabela 12. Composição nutricional das sementes <i>in natura</i> de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).....	29
Tabela 13. Composição nutricional das sementes <i>in natura</i> de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	30

Tabela 14. Composição nutricional das sementes secas de diferentes espécies (média ± desvio padrão; g/ 100 g de peso seco).....	31
Tabela 15. Composição nutricional das sementes secas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).....	31
Tabela 16. Composição dos ácidos gordos (% relativa) das sementes das espécies <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Cajanus cajan</i> e <i>Phaseolus lunatus</i> nos diferentes estados (germinada, <i>in natura</i> e seca).....	37
Tabela 17. Composição dos ácidos gordos (% relativa) para cada estado das sementes (germinada, <i>in natura</i> e seca) entre diferentes espécies.....	38
Tabela 18. Perfil de vitamina E das sementes das espécies de leguminosas estudadas (peso seco).....	42
Tabela 19. Perfil de vitamina E das sementes das espécies de leguminosas estudadas (peso fresco).....	43
Tabela 20. Comparação do perfil de vitamina E entre as diferentes espécies de leguminosas estudadas (peso seco).....	44
Tabela 21. Comparação do perfil de vitamina E entre as diferentes espécies de leguminosas estudadas (peso fresco).....	45

LISTA DE ABREVIATURAS

a.C., antes de Cristo

AG, ácidos gordos

AGMI, ácidos gordos monoinsaturados

AGPI, ácidos gordos polinsaturados

AGS, ácidos gordos saturados

ALA, ácido α -linolénico

ANF, fatores anti-nutricionais

BHT, 2,6-di-terc-butil-4-metilfenol

DHA, ácido docosahexaenóico

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EPA, ácido eicosapentaenóico

ROS, espécies reativas de oxigénio

FAME, fatty acids methyl esters (ésteres metílicos dos ácidos gordos)

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organização de Alimentação e Agricultura das Nações Unidas)

GC-FID, Gas Chromatography with Flame Ionization Detector (cromatografia gasosa com deteção de ionização de chama)

HPLC-FLD, High Performance Liquid Chromatography with Fluorescence Detection (cromatografia líquida de alta performance com deteção por fluorescência)

ICRISAT, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

INE, Instituto Nacional de Estatística

LA, ácido linoleico

PI, padrão interno

rpm, rotações por minuto

SPC, Sociedade Portuguesa de Cardiologia

TCA, ácido tricloroacético

UEBA, Universidade do Estado da Bahia

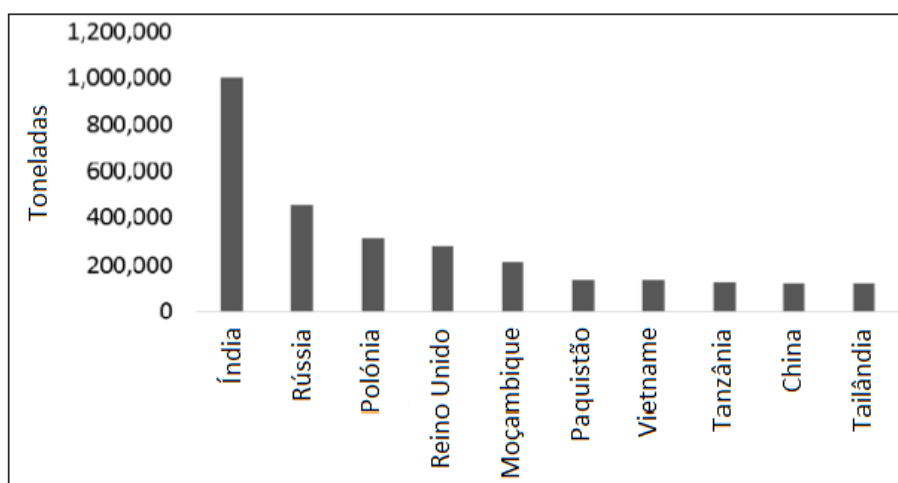
1. INTRODUÇÃO

1.1. LEGUMINOSAS: PRODUÇÃO E CONSUMO

As leguminosas são plantas pertencentes à família Leguminosae (Fabaceae) (Iqbal *et al.*, 2006; Barroso *et al.*, 2007). Esta família é constituída por 751 géneros e cerca de 19 500 espécies, estando dividida em três subfamílias – Faboideae, Caesalpinioideae e Mimosoideae (Howieson *et al.*, 2008; Lima *et al.*, 2017).

As leguminosas são cultivadas há milhares de anos. As civilizações antigas na Mesopotâmia produziam ervilhas, feijões e lentilhas há cerca de 8 000 anos a.C. Descobertas recentes evidenciaram o cultivo de favas há mais de 10 000 anos no Norte de Israel (Caracuta *et al.*, 2015). As leguminosas têm sido, assim parte integrante da alimentação humana. Hoje são culturas importantes não só para combater a desnutrição, diminuir a pobreza e melhorar a saúde humana, mas também para potenciar uma agricultura sustentável (Akibode & Maredia, 2011).

A produção global de leguminosas aumentou de 40 milhões de toneladas em 1961 para cerca de 78 milhões em 2014 (FAO, 2016a). Atualmente, as leguminosas são produzidas em todo o mundo, sendo a Índia, a Rússia e a Polónia os maiores produtores (Figura 1).



Fonte: Adaptado de Iriti & Varoni (2017)

Figura 1. Os principais países produtores de leguminosas em 2014.

As leguminosas representam um componente importante da alimentação em regiões onde as proteínas animais são escassas ou onde a pobreza, as crenças religiosas ou étnicas, impedem o consumo de carne (Wang *et al.*, 2013). Contudo, apesar da sua importância, o cultivo de leguminosas permanece, ainda, em níveis inferiores ao de

outras culturas. A Tabela 1 apresenta o desenvolvimento da produção global e rendimentos por hectare de diferentes leguminosas e compara com cereais. O aumento da produção de leguminosas nos últimos anos é mais acentuado no Canadá e na Austrália (McDermott & Wyatt, 2017; Stagnari *et al.*, 2017). No entanto, a soja é a única leguminosa cuja área de cultivo está a aumentar, atingindo os 106 milhões de hectares em 2012, mais do que todas as outras leguminosas juntas. De um modo geral, a produção de leguminosas está muito aquém da produção de cereais e do crescimento populacional (McDermott & Wyatt, 2017).

Tabela 1. Área cultivada (em milhões de hectares) de leguminosas em comparação com as principais culturas de cereais.

	1962	1972	1982	1992	2002	2012
LEGUMINOSAS						
Grão-de-bico (<i>Cicer arietinum</i>)	12,2	10,5	10,3	9,3	10,4	12,1
Ervilha (<i>Pisum sativum</i>)	10,3	8,0	7,4	7,2	6,0	6,3
Fava (<i>Vicia faba</i>)	6,1	4,2	3,3	2,9	2,7	2,4
Lentilha (<i>Lens culinaris</i>)	1,6	1,8	2,6	3,3	3,6	4,2
Tremoço (<i>Lupinus sp.</i>)	1,4	0,8	0,6	1,2	1,2	0,9
Soja (<i>Glycine max</i>)	23,8	31,7	52,4	56,2	79,0	106,6
Feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	23,5	22,8	26,2	24,8	27,5	28,8
Amendoim (<i>Arachis hypogea</i>)	17,5	20,1	18,4	20,6	23,0	24,6
Feijão-frade (<i>Vigna unguiculata</i>)	2,7	4,2	3,9	8,5	9,9	10,7
Guandu (<i>Cajanus cajan</i>)	2,7	2,7	3,4	4,2	4,4	5,3
PRINCIPAIS CEREAIS						
Trigo (<i>Triticum aestivum</i>)	207,6	213,8	238,5	222,5	213,8	216,7
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	119,5	132,2	141,6	147,4	147,6	163,5
Milho (<i>Zea mays</i>)	103,5	114,9	124,4	136,8	137,6	177,0

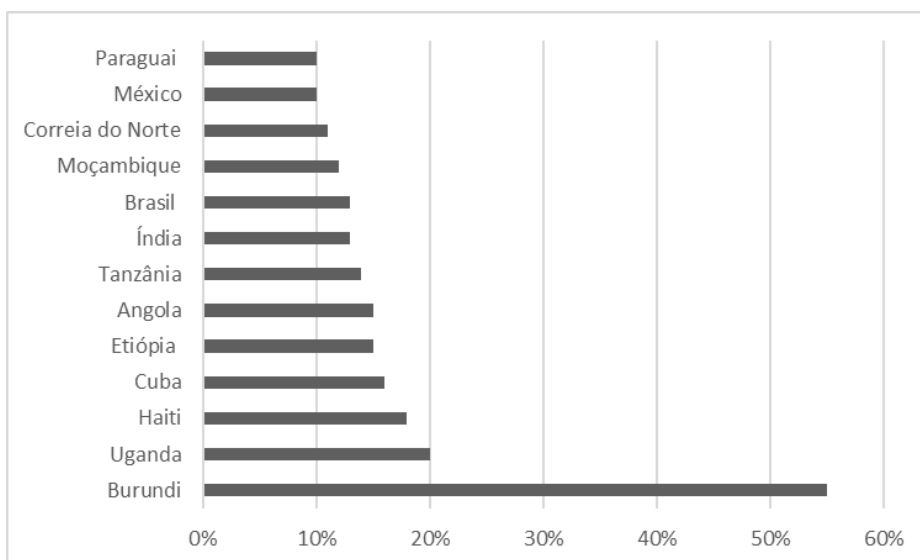
Fonte: Adaptado de Rubiales & Mikic (2015)

Em Portugal, a tendência de produção deste grupo de alimentos é similar, ou seja, a diminuição da produção. Em 2013, ocorreu uma produção de, aproximadamente, 23 mil toneladas, o que correspondeu a 0,03 % do total produzido a nível mundial. Esta produção nacional apenas cobre 10,7 % das necessidades alimentares dos portugueses (Craveiro, 2016).

Segundo as recomendações atuais para a população portuguesa, o consumo de leguminosas deve representar 4 % da ingestão diária de energia, o que corresponde a 1 a 2 porções diárias de alimentos deste grupo (80 g; 3 colheres de sopa) de leguminosas (Franchini *et al.*, 2004). No entanto, de acordo com a balança alimentar portuguesa, a disponibilidade de leguminosas entre 2008 a 2012 foi de 0,6 %/ pessoa, verificando-se

uma diferença de 3,4 % para a recomendação do consumo diário de leguminosas (INE, 2014). O consumo de leguminosas é bastante baixo quando comparado ao de outros alimentos, como por exemplo, o arroz ou o trigo (Motta *et al.*, 2016). Segundo dados do Instituto Nacional de Estatística (INE), em 2015/2016, o consumo de leguminosas secas por português, foi de 4,1kg, sendo o feijão (3,1 kg/ habitante) e o grão-de-bico (1,0 kg/ habitante) as mais consumidas (INE, 2017).

As leguminosas desempenham um papel muito importante nas dietas das populações mais pobres do Mundo. Há países em África, mas também na Ásia e na América Latina onde estas contribuem em mais de 10 % para a ingestão diária total de alimentos (Figura 2) (Akibode & Maredia, 2011). Nestes casos, o consumo de leguminosas é importante para combater a desnutrição, pois a proteína das leguminosas é significativamente menos dispendiosa em comparação com alimentos de origem animal (FAO, 2016b; Myers *et al.*, 2017). Porém, do ponto de vista nutricional, as leguminosas apresentam défice de alguns aminoácidos essenciais, por isso a sua ingestão deve ser complementada com outros alimentos, como por exemplo, os cereais (Tharanathan & Mahadevamma, 2003; Duranti, 2006).



Fonte: Adaptado de Akibode & Maredia (2011)

Figura 2. Principais países consumidores de leguminosas, em que a ingestão diária é superior a 10 %.

1.2. SUSTENTABILIDADE E DISPONIBILIDADE ALIMENTAR

A produção alimentar, a disponibilidade alimentar e as alterações climáticas estão intrinsecamente ligadas. Seja sob a forma de secas, inundações, furacões ou

acidificação do solo, as alterações climáticas influenciam todos os níveis de produção alimentar e, em última instância, a instabilidade dos preços dos alimentos e a disponibilidade alimentar das comunidades agrícolas afetadas (Frison *et al.*, 2011; FAO, 2016c). Embora o impacto varie de região para região, as alterações climáticas colocam a disponibilidade alimentar mundial ainda mais em risco e aumentam os perigos de desnutrição nas regiões mais pobres (Considine *et al.*, 2017).

As leguminosas têm vários papéis importantes na sustentabilidade. Na prática agrícola, requerem menos fertilizantes que outras culturas e são uma fonte de proteína para o ser humano. Para além disso, também constituem uma parceria importante nos sistemas de rotação de culturas utilizados pelos agricultores para manter o solo fértil (Abberton, 2010; Stagnari *et al.*, 2017). O cultivo de leguminosas tem um impacto positivo na qualidade do solo, pois estas têm a capacidade de fixar o azoto, proveniente da atmosfera no solo, devido a uma relação simbiótica com bactérias *Rhizobium* (responsáveis por esta fixação) (Liu *et al.*, 2011; Jensen *et al.*, 2012; Biswas & Gresshoff, 2014; Sá *et al.*, 2017). Deste modo, culturas posteriormente cultivadas no mesmo local poderão beneficiar deste enriquecimento que proporcionará um melhor crescimento das plantas (Jensen *et al.*, 2012). Como resultado, diminui a necessidade do uso de fertilizantes à base de azoto e, conseqüentemente, a pegada de carbono e a emissão de gases de efeito de estufa (FAO, 2016c). Estima-se que o uso de fertilizantes de azoto seja responsável por 57 a 65 % da pegada de carbono de cada cultivo (Liu *et al.*, 2011; Craveiro, 2016). Por sua vez, globalmente, cerca de 190 milhões de hectares de leguminosas contribuem para 5 a 7 milhões de toneladas de azoto nos solos (FAO, 2016c).

Todos estes benefícios que as leguminosas proporcionam ao solo, para além de favorecerem o crescimento de outras culturas, desempenham um papel protetor contra insetos e doenças causadas por bactérias e fungos, melhorando também a estabilidade do solo (Wang *et al.*, 2013). Desempenham, ainda, um papel significativo na produtividade agrícola mundial, pois o seu cultivo produz cerca de 20 a 22 milhões de toneladas de azoto, por ano (Xing *et al.*, 2017).

As leguminosas são uma fonte de proteína com um baixo impacto ambiental, tanto em emissões de carbono como no aproveitamento de água, uma vez que é necessária uma menor quantidade de água, quando comparada com a produção de outros alimentos (Craveiro, 2016). Por exemplo, para produzir 1 kg de carne de vaca são necessários 15,415 litros de água, enquanto que para produzir um 1 kg de

leguminosas são necessários 4,055 litros de água (ICRISAT, 2016). Assim como a água, as emissões de CO₂ são mais baixas, comparativamente aos alimentos de origem animal (Vadez *et al.*, 2012). Por exemplo, 1 kg de leguminosas emite cerca de 19 vezes menos equivalentes de CO₂ do que a mesma quantidade de carne (Craveiro, 2016).

Estas plantas têm raízes profundas, daí necessitarem de menos água do que outras culturas. Desta forma, as leguminosas conseguem tolerar condições ambientais adversas, como por exemplo a seca, sendo isto uma mais-valia para o cultivo em muitos países pobres com ambientes secos e áridos, onde por vezes é impossível cultivar outras plantas (Iriti & Varoni, 2017). O cultivo de leguminosas apresenta, assim, benefícios e impactos sustentáveis relevantes, quando comparadas a outras culturas. Para além disso, facilitam a circulação de nutrientes, pois têm a capacidade de aumentar a eficiência do consumo de fósforo do solo, quebrando os fosfatos insolúveis ligados e possibilitando a sua utilização (Craveiro, 2016; FAO, 2016d).

O mundo está a enfrentar uma nova era de mudanças climáticas e os impactos destas mudanças já estão a ser sentidos em toda a parte. Sem dúvida que a degradação do solo e as mudanças climáticas têm efeitos diretos na produtividade agrícola e na disponibilidade alimentar, principalmente nos países mais pobres. Contudo, a criatividade e o conhecimento dos pequenos agricultores das comunidades indígenas e a diversidade dos sistemas alimentares são de grande importância para resolver os assustadores problemas que afetam a agricultura no século XXI (Altieri & Koohafkan, 2008).

1.3. EFEITO NA SAÚDE

1.3.1. QUALIDADE NUTRICIONAL E BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE

As leguminosas são alimentos muito ricos nutricionalmente, proporcionando elevados benefícios para a saúde de quem os consome (Rebello *et al.*, 2014; Singh, 2017). 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 (Messina, 1999). No entanto, esta composição pode variar de acordo com o local de produção, clima, fatores ambientais e o tipo de solo em que são cultivadas (Rebello *et al.*, 2014; Fabbri & Crosby, 2016).

Apesar de serem uma excelente fonte de proteína, esta é considerada de baixo valor biológico, uma vez que apresenta limitação de aminoácidos sulfurados, tais como

a metionina, cisteína e triptofano (Rebello *et al.*, 2014). De forma a compensar esta limitação, é recomendável combinar as leguminosas, por exemplo, com cereais, de forma a obter os aminoácidos em falta. Além disso, as leguminosas contêm ainda quantidades significativas de lisina, aminoácido em falta nos cereais. Esta combinação permite a ingestão de uma proteína mais completa (no que respeita ao perfil de aminoácidos) e idêntica às fontes de alto valor biológico e de origem animal (Alonso *et al.*, 2010).

Ao contrário das outras leguminosas, a soja é uma leguminosa com aproximadamente, 40 % de proteína e 20 % de gordura (Karr-Lilienthal *et al.*, 2005). A proteína da soja é considerada uma proteína completa, pois contém a maioria dos aminoácidos essenciais presentes na proteína de origem animal, que é de alto valor biológico (Velasquez & Bhathena, 2007). Para além disso, tem a particularidade, de ser rica em isoflavonas, compostos bioactivos, associadas à prevenção de diferentes tipos de cancro e à redução do risco cardiovascular (Messina, 1999; Redondo-Cuenca *et al.*, 2007; Clemente & Cahoon, 2009). A soja é utilizada numa grande variedade de alimentos, tais como, bebida de soja, iogurte de soja, tufu, farinha de soja, queijo de soja, molho de soja, germinados de soja e outros produtos alimentares fermentados (Dhakal *et al.*, 2015).

Relativamente ao teor lipídico, as leguminosas apresentam uma quantidade muito reduzida e sem colesterol na sua composição (Sridhar & Seena, 2006). No que respeita aos hidratos de carbono, possuem essencialmente os de digestão lenta, tal como o amido, diminuindo a glicemia pós-prandial (Alonso *et al.*, 2010; FAO, 2016e). A elevada quantidade de fibras (5-15% em peso seco) permite o aumento da saciedade (Rebello *et al.*, 2014). De acordo, com a Sociedade Portuguesa de Cardiologia (SPC), a ingestão de fibra alimentar pode reduzir o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e cancro (Sílvia, 2011; Mudryj *et al.*, 2014; Fabbri & Crosby, 2016). O baixo índice glicémico e o alto teor de fibras tornam o consumo de leguminosas uma ótima escolha para pessoas com diabetes *mellitus*, ajudando na manutenção de níveis saudáveis de glicemia e insulina (Mudryj *et al.*, 2014). Para além disso, este alto teor de fibras mantém a saúde intestinal, melhora a obstipação e combate o cancro do colón e distúrbios intestinais (Gebrelibanos *et al.*, 2013).

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 (FAO, 2016f).

Como já mencionado, as leguminosas são alimentos de origem vegetal, tradicionalmente consumidos por várias populações em todo o mundo, desde a antiguidade. O seu perfil nutricional merece atenção especial dos profissionais de saúde e da indústria alimentar, pois são um componente importante de uma dieta saudável, com base no seu baixo teor de gordura, altos teores de proteínas e fibras e a presença de vários compostos bioativos que podem influenciar positivamente a saúde (Dilis & Trichopoulou, 2009).

A dieta mediterrânica adotada por Chipre, Croácia, Espanha, Grécia, Itália, Marrocos e Portugal, recomenda um consumo de leguminosas superior a duas porções por semana, para minimizar o risco de desenvolvimento de doenças cardiovasculares e na prevenção do cancro e das doenças associadas ao envelhecimento (Gupta *et al.*, 2017).

1.3.2. FACTORES ANTI-NUTRICIONAIS

Os fatores anti-nutricionais (ANF) podem ser definidos como substâncias geradas naturalmente pelo metabolismo normal das espécies. 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 (Soetan & Oyewole, 2009; Gebrelibanos *et al.*, 2013).

A remoção destes componentes anti-nutricionais é essencial para melhorar a qualidade nutricional das leguminosas e a apetência dos consumidores e, efetivamente, utilizar todo o seu potencial para a alimentação (Akande & Fabiyi, 2010).

Os ANF 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 de natureza não-proteica. Os compostos de natureza proteica incluem os inibidores das proteases e das amilases e as lectinas; os compostos de natureza não-proteica incluem os

restantes compostos acima referidos (Khattab & Arntfield, 2009; Aguilera *et al.*, 2013; López-Martínez *et al.*, *in press*).

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 (Onder & Kahraman, 2009). 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, apresentam propriedades anti-cancerígenas (Champ, 2002).

As lectinas são glicoproteínas, que interferem na absorção de nutrientes (Fernández-Quintela *et al.*, 1997). No entanto, podem ser benéficas, estimulando a função intestinal, limitando o crescimento tumoral e melhorando a obesidade (Muzquiz *et al.*, 2012). A remoção destas glicoproteínas é possível através do tratamento térmico, pois estas são labéis 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 (Reddy *et al.*, 1985; Champ, 2002). A remoção destas substâncias é conseguida por imersão em água (demolha e rejeição da água), antes do processamento térmico (Gebrelibanos *et al.*, 2013). Por outro lado, os taninos têm atividade antioxidante e propriedades anti-cancerígenas (Champ, 2002; Dilis & Trichopoulou, 2009; Hayat *et al.*, 2014).

As leguminosas são das principais fontes de fitatos na dieta (McCrary *et al.*, 2010), os quais reduzem a biodisponibilidade dos minerais (Phillippy, 2003). O seu efeito anti-nutricional deve-se 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; Gebrelibanos *et al.*, 2013). No entanto, alguns estudos descrevem propriedades antioxidantes dos fitatos, que protegem as células do dano celular (Champ, 2002; McCrary *et al.*, 2010; Derbyshire, 2011).

As leguminosas contêm rafinose e estaquiose (α -galactósidos) que são oligossacáridos causadores de flatulência, que às vezes pode ser acompanhada de dor abdominal e diarreia, se forem consumidos em grandes quantidades (Khokhar & Aparenten, 2003; Alonso *et al.*, 2010; Rebello *et al.*, 2014). No entanto, são um componente da fibra dietética e podem atuar como probióticos (Muzquiz *et al.*, 2012).

As práticas culinárias, como imersão e cozinhar em água com o pH mais alcalino, pode reduzir o teor destes oligossacáridos (Messina, 2014).

As saponinas 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 ANF nas leguminosas pode diminuir a palatabilidade, digestibilidade das proteínas e a biodisponibilidade dos minerais, consequentemente, limita o valor biológico e a aceitação das leguminosas como alimento de consumo regular (Nergiz & Gokgoz, 2007). 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 (El-Adawy, 2002; Gebrelibanos *et al.*, 2013).

1.4. POTENCIALIDADES DA GERMINAÇÃO

A germinação de sementes de leguminosas para consumo humano tem sido uma prática comum no Oriente, desde há séculos e parece ser um método de processamento simples para alcançar melhorias na qualidade nutricional (Kuo *et al.*, 2004).

A germinação provoca alterações importantes nas características bioquímicas, nutricionais e sensoriais das sementes das leguminosas (Gharachorloo *et al.*, 2013). Este processo também é uma opção de baixo custo para melhorar a dieta, apropriada para processamento doméstico, em países menos desenvolvidos (Khatoon & Prakash, 2006; Oghbaei & Prakash, 2017). As sementes germinadas têm um elevado potencial nutritivo, comparativamente às cruas e, para além disso, a sua produção é rápida (Vale *et al.*, 2014).

Do ponto de vista nutricional, a germinação aumenta a digestibilidade das proteínas e hidratos de carbono, aumenta o teor de vitaminas e minerais e a sua biodisponibilidade, reduz os factores anti-nutricionais e aumenta o teor de antioxidantes (Donangelo *et al.*, 1995; Ghavidel & Prakash, 2007; Sangronis & Machado, 2007; Benítez *et al.*, 2013; Gharachorloo *et al.*, 2013; Mamilla & Mishra, 2017; Oghbaei & Prakash, 2017). Estas alterações dependem do tipo de leguminosa e das condições de germinação usadas (Kuo *et al.*, 2004).

1.5. PERTINÊNCIA DE ESTUDO

No âmbito do Ano Internacional das Leguminosas (2016), é premente a valorização deste tipo de alimentos, assim como o incentivo ao seu cultivo e consumo. Numa perspetiva de *food security*, a capacidade das leguminosas para resistir e crescer em ambientes áridos (melhorando simultaneamente a fertilidade do solo) é uma vantagem relativamente a outras espécies vegetais, podendo contribuir positivamente não só para a melhoria da saúde dos consumidores, mas também do ambiente.

Com este trabalho e a sua divulgação tencionamos contribuir para o melhor conhecimento deste tipo de alimentos, contribuindo para o aumento do seu consumo.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho insere-se no âmbito de uma colaboração entre a Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto e a Universidade do Estado da Bahia, Salvador, Brasil.

Tem como principais objetivos comparar diferentes sementes de leguminosas adquiridas no Estado da Bahia (Salvador, Brasil) e avaliar a influência do ciclo de vida na composição química das mesmas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o perfil nutricional de sementes em diferentes estados (germinadas, *in natura*, secas) de quatro espécies de leguminosas: feijão-frade (*Vigna unguiculata* L.), fava (*Vicia faba* L.), andu (*Cajanus cajan* L.) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.);
- Determinação da composição nutricional (humidade, cinzas, proteína, azoto não proteico, gordura, fibra e hidratos de carbono) nas diferentes espécies;
- Estudar o perfil lípidico (composição em ácidos gordos e vitamina E) das amostras;
- Avaliar a influência da germinação na composição nutricional das diferentes espécies.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Todos os ensaios decorreram nos laboratórios do REQUIMTE/LAVQ (Laboratório Associado para a Química Verde) do Departamento de Ciências Químicas da Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Este capítulo descreve as metodologias usadas na avaliação nutricional das leguminosas em diferentes estados (germinadas, *in natura*, secas).

3.1. REAGENTES E PADRÕES

Todos os reagentes utilizados neste trabalho possuíam grau analítico.

- Determinação do teor de proteína: pastilhas catalisadoras Kjeldahl ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8/\text{CuSO}_4$) da Merck (Darmstadt, Alemanha); ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 96% da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); hidróxido de sódio (NaOH) da VWR International (Leuven, Bélgica); ácido bórico (H_3BO_3) da Panreac (Barcelona, Espanha).
- Determinação do azoto não proteico: solução de ácido tricloroacético (TCA) 15% e pastilhas catalisadoras Kjeldahl ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8/\text{CuSO}_4$) da Merck (Darmstadt, Alemanha); ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 96% da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); hidróxido de sódio (NaOH) da VWR International (Leuven, Bélgica); ácido bórico (H_3BO_3) da Panreac (Barcelona, Espanha).
- Determinação do teor de lípidos totais: sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4) da Merck (Darmstadt, Alemanha); éter de petróleo da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA).
- Determinação da fibra total e insolúvel: celite, α -amilase, protease, amiloglucosidade, ácido clorídrico e ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado 96% da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); fosfato dissódico (Na_2PO_4) e pastilhas catalisadoras Kjeldahl ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8/\text{CuSO}_4$) da Merck (Darmstadt, Alemanha); fosfato monossódico, acetona e hidróxido de sódio (NaOH) da VWR International (Leuven, Bélgica); ácido bórico (H_3BO_3) da Panreac (Barcelona, Espanha); etanol 96% e 78% da AGA (Prior Velho, Portugal).
- Determinação da vitamina E: sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4), *n*-hexano HPLC da Merck (Darmstadt, Alemanha); 2,6-di-*tert*-butil-4-metilfenol (BHT) e 1,4-dioxano da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); padrões de tocoferóis e tocotrienóis: α , β , γ , δ -tocoferol e α , β , γ , δ -tocotrienol da Calbiochem (La Jolla,

CA, EUA); tocol (padrão interno): 2-metil-2- (4,8,12-trimetil tridecil) -cromano-6-ol da Matreya Inc (PA, EUA).

- Determinação dos ácidos gordos: sulfato de sódio anidro (Na₂SO₄) e *n*-hexano HPLC da Merck (Darmstadt, Alemanha); diclorometano, metanol, trifluoreto de boro (BF₃) e 2,6-di-*terc*-butil-4-metilfenol (BHT) da Sigma Chemical Co. (St. Louis, EUA); hidróxido de potássio (KOH) da Panreac (Barcelona, Espanha); mistura de padrões de ácidos gordos (FAME 37, Supelco, Bellefonte, PA, USA).

3.2. EQUIPAMENTOS

- Balança de humidade Scaltec® SMO 01 (Scaltec Instruments Heiligenstadt, Alemanha);
- Mufla Thermolyne 48000 (Electrothermal Engineering Ltd, Essex, Reino Unido);
- Digestor automático K-438 (Büchi®, Büchi Labortechnik AG, Suíça);
- Neutralizador de gases Scrubber B-414 (Büchi®, Büchi Labortechnik AG, Suíça);
- Destilador automático K-360 (Büchi®, Büchi Labortechnik AG, Suíça);
- Vortex (VWR International, Darmstadt, Alemanha);
- Manta de aquecimento (FALC, Reagente 5, Portugal);
- Estufa (WTB binder 78532, Tuttlingen, Alemanha);
- Rampa de filtração CSF 6 (VELP Scientifica, Usmate, Itália);
- Banho para digestão enzimática GDE (VELP Scientifica, Usmate, Itália);
- HPLC com detetor de díodos acoplado a detetor de fluorescência (Jasco, Japão);
- Centrífuga (Heraeus Instruments, Alemanha);
- Centrífuga de eppendorfs (Heraeus Instruments, Alemanha);
- GC-FID *plus* (GC- 2010, Shimadzu, Tóquio, Japão).

3.3. AMOSTRAS

As amostras são provenientes de mercados populares no Estado de Bahía, Salvador, Brasil. Foram seleccionadas 4 espécies diferentes de leguminosas: *Vigna unguiculata* (vulgarmente conhecida como feijão-frade), *Vicia faba* (fava), *Cajanus cajan* (andú) e *Phaseolus lunatus* (mangalô). Para cada uma das espécies, as sementes foram adquiridas em 2 estados: *in natura* e secas.

A germinação das sementes secas foi realizada em condições controladas no laboratório da UEBA. Na primeira fase, as sementes saudáveis foram lavadas e esterilizadas em solução de hipoclorito de sódio (1% cloro activo) durante 15 minutos; de seguida, foram lavadas e deixadas imersas em água desionizada por 8 horas (fase de hidratação). Na segunda fase, a germinação ocorreu à temperatura de 20-22 °C e luminosidade ambiente do laboratório; a cada 8 horas durante 3 dias adicionaram-se 400 ml de água desionizada, com agitação suave e escoou-se a água em excesso (Berni & Canniatti-Brazaca, 2011).

Todas as espécies foram moídas e liofilizadas em Outubro de 2016 e analisadas em 3 estados diferentes – germinadas, *in natura* e secas.

3.3.1. *Vigna unguiculata*

O feijão-frade (*Vigna unguiculata* L.), comumente chamado de feijão-caupi ou feijão-de-corda é uma das principais culturas alimentares do Nordeste do Brasil e também do Oeste de África. Mundialmente, a área ocupada com feijão-frade é de cerca de 12,5 milhões de hectares (Frota *et al.*, 2008).

Como já foi referido anteriormente, todas as espécies foram analisadas em 3 estados. A figura 3 demonstra o aspecto da espécie *Vigna unguiculata* L. na germinação, no estado *in natura* e as sementes secas.



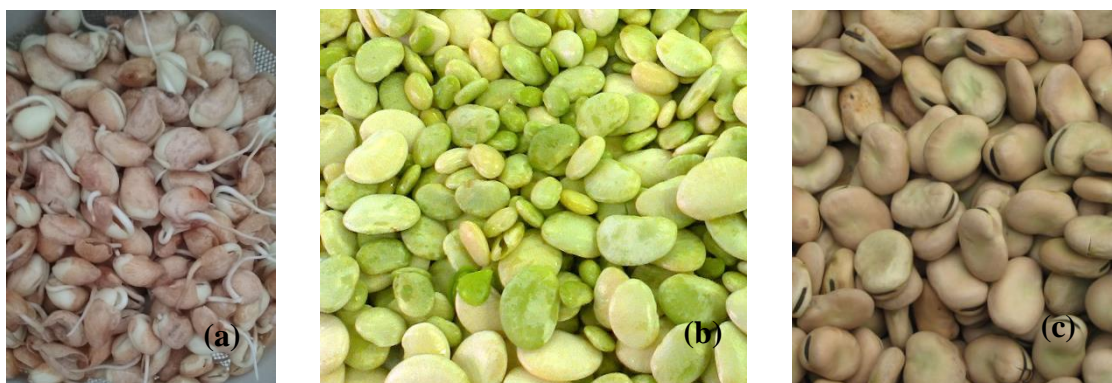
Fonte: fotos cedidas pela professora Clícia M. J. Benevides do laboratório da UEBA.

Figura 3. Sementes da espécie *Vigna unguiculata* L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes *in natura* e (c) sementes secas.

3.3.2. *Vicia faba*

A espécie *Vicia faba* L. conhecida por fava ou feijão-fava é uma das culturas mais antigas do mundo e é a terceira produção de leguminosas mais importante. Actualmente, a fava é cultivada em 58 países (Singh *et al.*, 2013).

A figura 4 mostra os diferentes estados analisados da espécie *Vicia faba* L.



Fonte: fotos cedidas pela professora Clícia M. J. Benevides do laboratório da UEBA.

Figura 4. Sementes da espécie *Vicia faba* L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes *in natura* e (c) sementes secas.

3.3.3. *Cajanus cajan*

A espécie *Cajanus cajan* L. conhecida como andu, representa cerca de 5% da produção mundial de leguminosas, em que mais de 70 % é produzido na Índia (Odeny, 2007). É também uma cultura importante para muitos outros países na América Latina e África (Torres *et al.*, 2007).

Na figura 5 observa-se a espécie *Cajanus cajan* L. nos diferentes estados analisados.



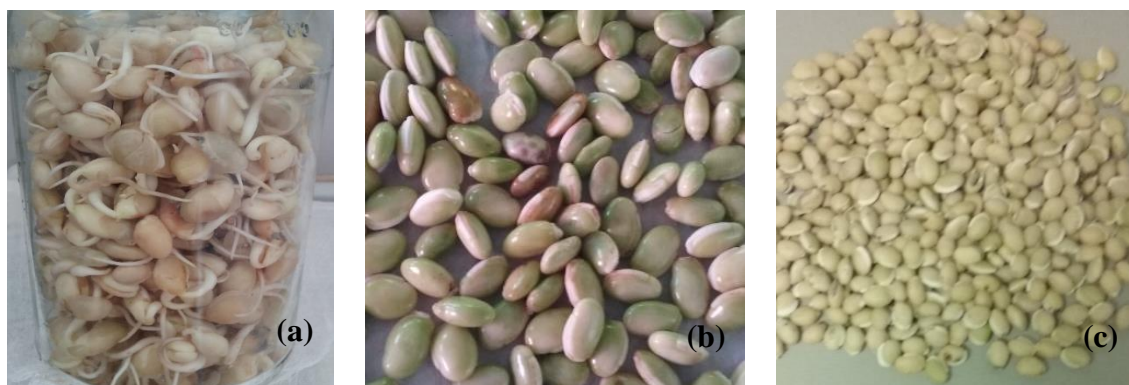
Fonte: fotos cedidas pela professora Clícia M. J. Benevides do laboratório da UEBA.

Figura 5. Sementes da espécie *Cajanus cajan* L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes *in natura* e (c) sementes secas.

3.3.4. *Phaseolus lunatus*

A espécie *Phaseolus lunatus* L. também conhecida como mangalô ou feijão-de-lima, pertence ao gênero *Phaseolus* e, a seguir à soja, é a segunda cultura economicamente mais importante (Durán *et al.*, 2014).

A figura 6 mostra os diferentes estados analisados da espécie *Phaseolus lunatus* L.



Fonte: fotos cedidas pela professora Clícia M. J. Benevides do laboratório da UEBA.

Figura 6. Sementes da espécie *Phaseolus lunatus* L. nos diferentes estados: (a) sementes germinadas, (b) sementes *in natura* e (c) sementes secas.

3.4. ANÁLISE NUTRICIONAL

3.4.1. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HUMIDADE

O teor de humidade foi determinado instrumentalmente, utilizando uma balança equipada com uma lâmpada de infravermelhos. Aproximadamente 1 g de amostra foi submetida a uma temperatura de 105 °C, até massa constante. As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em percentagem (%) de humidade.

3.4.2. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE CINZAS

O teor de cinzas foi determinado por incineração direta de 1 g de amostra em mufla aquecida gradualmente até 500-550 °C, seguindo o método oficial da AOAC (AOAC 920.153, 2012). Após obtenção de cinzas esbranquiçadas, a cápsula foi colocada a arrefecer em exsiccador, até pesagem constante. As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em g/ 100 g de amostra.

3.4.3. 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. Cerca de 0,5 g de amostra foram pesadas em papel isento de azoto e colocadas num tubo de Kjeldahl, adicionando duas pastilhas catalisadoras (Kjeldahl tablets) e 20 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), segundo o manual Büchi Labortechnik AG (2007). Esta solução foi posteriormente titulada com ácido sulfúrico (H_2SO_4 0,1 M), usando como indicador o vermelho de metilo. Na determinação do teor de proteína das amostras, os resultados da quantificação do azoto total foram multiplicados pelo fator de conversão 6,25 (FAO, 2012). As análises foram realizadas em triplicado e os resultados expressos em g/ 100 g de amostra.

3.4.4. DETERMINAÇÃO DO AZOTO NÃO PROTEICO

O teor de azoto não proteico foi determinado de acordo com o método descrito pela EMBRAPA (EMBRAPA, 2006). Pesaram-se 200 mg (\pm 0,1 mg) de amostra seca para um tubo, adicionaram-se 20 ml de água, homogeneizou-se e deixou-se repousar durante 30 minutos. Posteriormente, adicionaram-se 4 ml de solução de ácido tricloroacético (TCA 15%), agitou-se e deixou-se em repouso durante mais 30 minutos. De seguida, filtrou-se com papel de filtro Whatman (isento de azoto) e lavou-se o resíduo duas vezes com TCA 15%. A quantificação do azoto proteico foi determinada pelo método de Kjeldahl (AOAC 928.08, 2012). A determinação do azoto não proteico foi calculada pela diferença do azoto total e do azoto proteico.

3.4.5. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE LÍPIDOS TOTAIS

O teor de lípidos totais foi determinado pelo método de Soxhlet (AOAC 991.36, 2012). Para tal, pesaram-se 5 g de amostra, aos quais se adicionou uma quantidade suficiente de sulfato de sódio anidro (Na_2SO_4), para absorção da água presente na amostra, e areia para não colmatar à passagem do solvente. A mistura foi transferida para cartuxos de celulose, posteriormente colocados em ampolas de extração. A

extração foi efetuada a quente, com éter de petróleo, durante 8 horas, para balões previamente tarados e identificados. Uma vez terminada a extração e recuperado o solvente, procedeu-se à secagem da gordura extraída e evaporação do solvente remanescente, 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. As análises foram feitas em triplicado e os resultados apresentados em g/ 100 g.

3.4.6. DETERMINAÇÃO DA FIBRA TOTAL

A fibra total foi determinada com base no método AOAC 985.29 (AOAC, 2012). Para a digestão enzimática, pesaram-se em quadruplicado $0,5 \pm 0,005$ g de amostra, que se transferiram para um gobelé de 400 ml. Adicionaram-se 50 ml de tampão fosfato (pH = 6,0) e, em seguida, 100 µl de α -amilase. Taparam-se os gobelés com papel de alumínio e colocaram-se num banho de água a 95°C com agitação durante 20 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 adicionaram-se 100 µl da solução de 50 mg/ml de protease previamente preparada (a 30 mg de protease adicionaram-se 600 µl de tampão fosfato pH= 6,0). Taparam-se novamente os copos com papel de alumínio e colocaram-se no banho a 60 °C com agitação durante 35 minutos. Após arrefecimento, adicionaram-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, adicionaram-se 100 µl de amiloglucosidase, taparam-se novamente os gobelés com papel de alumínio e incubou-se no banho a 60 °C com agitação durante 35 minutos. Por último, adicionaram-se 200 ml de etanol 96 % e deixou-se a solução à temperatura ambiente durante a noite para precipitar completamente a fibra solúvel.

Os cadinhos usados na filtração e lavagem 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, pesaram-se os cadinhos com a celite (W1). De seguida, colocaram-se os cadinhos na rampa de filtração CSF 6, 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, retiraram-se os cadinhos da rampa de filtração e colocaram-se na

estufa a 105 °C durante a noite. No dia seguinte, retiraram-se os cadinhos da estufa para o exsiccador e, após arrefecimento, registaram-se os pesos dos cadinhos com a celite e o resíduo da filtração (W2).

Para a análise dos resíduos é necessário conhecer os teores de proteína e de cinzas. A determinação da proteína foi efetuada em duas réplicas pelo método de Kjeldahl (descrito anteriormente no ponto 3.4.3) e o teor de cinzas por incineração direta em mufla a 525 °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 (W3).

Os cálculos para a percentagem de fibra total foram efetuados de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Fibra total} = \frac{(\mathbf{R} \text{ amostra} - \mathbf{P} \text{ amostra} - \mathbf{C} \text{ amostra} - \mathbf{B})}{\mathbf{m} \text{ amostra}} \times 100$$

Em que:

R (peso do resíduo da amostra) = W2 – W1

P (proteína do resíduo da amostra)

C (cinzas do resíduo da amostra) = W3 – W1

B (branco)

m_{amostra} = média da massa da amostra pesada inicialmente

3.4.7. DETERMINAÇÃO DA FIBRA INSOLÚVEL E SOLÚVEL

A fibra insolúvel foi determinada com base no método AOAC 991.42 (AOAC, 2012). A metodologia é idêntica à descrita anteriormente para o doseamento da fibra total, com a diferença que a fibra insolúvel não foi precipitada com etanol 96% e foi removida da amostra por filtração e lavagem com água. Durante a filtração, o resíduo foi lavado com duas porções de 10 ml de água destilada, duas porções de 10 ml de etanol 96% e duas porções de 10 ml de acetona. O restante procedimento é semelhante ao da determinação da fibra total.

O teor de fibra solúvel foi obtido indiretamente por cálculo, de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Fibra solúvel} = \% \text{ Fibra total} - \% \text{ Fibra insolúvel}$$

3.4.8. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE HIDRATOS DE CARBONO

O teor de hidratos de carbono foi obtido indiretamente por cálculo, de acordo com a seguinte equação:

$$\% \text{ Hidratos de carbono} = 100 \% - (\% \text{ Humidade} + \% \text{ Cinzas} + \% \text{ Proteínas} + \% \text{ Lípidos} + \% \text{ Fibra Total})$$

Os resultados estão apresentados em g/ 100 g de amostra.

3.5. DETERMINAÇÃO DO TEOR DE VITAMINA E

Neste ensaio determinam-se os 8 vitâmeros da vitamina E, dos quais 4 são tocoferóis (α , β , γ , δ) e 4 são tocotrienóis (α , β , γ , δ).

3.5.1. PREPARAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE CALIBRAÇÃO

Para a identificação dos compostos individuais prepararam-se soluções padrão em *n*-hexano com diferentes diluições, contendo os seguintes vitâmeros: α , β , γ , δ - tocoferol e α , β , γ , δ - tocotrienol. Cada uma destas soluções continha 50 μ l de tocol como padrão interno (PI, 100 μ g/ml).

3.5.2. PREPARAÇÃO DAS AMOSTRAS

Na preparação das amostras para análise, pesou-se para os cartuxos de celulose, uma quantidade adequada de amostra (~2 a 3 g) e adicionaram-se 50 μ l de tocol (100 μ g/ml) e 75 μ l de antioxidante BHT 0,1% . Após 4 horas de extração com *n*-hexano pelo método de Soxhlet, recolheu-se a gordura dos balões para eppendorfs âmbar de 2 ml com 2 x 500 μ l de *n*-hexano. Centrifugou-se a 15 000 rpm, durante 5 minutos e transferiram-se 800 μ l para um vial de injeção com rolha perfurável. Os extratos foram conservados a -20 °C até análise cromatográfica.

3.5.3. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

A análise cromatográfica foi realizada num sistema HPLC da Jasco (Japão) equipado com um injetor automático (AS-950), uma bomba (PU-980) e um detetor de fotodíodos (MD-910) acoplado a um detetor de fluorescência, FLD (FP-920). A separação cromatográfica foi efetuada numa coluna de fase normal Supelcosil LC-SI (3

μm ; 75 mm \times 3,0 mm; Supelco, Bellefonte, EUA) a 21 °C. Utilizou-se como eluente uma mistura de *n*-hexano e 1,4-dioxano (98:2), a um fluxo de 0,7 ml/ minuto (Araújo *et al.*, 2015). Os compostos foram identificados com base nos seus espectros UV e tempos de retenção, comparativamente com os padrões. A quantificação foi efetuada pelo método do padrão interno, usando os dados obtidos com o detetor de fluorescência ($\lambda_{\text{excitação}}= 290 \text{ nm}$; $\lambda_{\text{emissão}}= 330 \text{ nm}$). Os dados foram analisados no Software Borwin-PDA Controller (JMBS, França). Todas as análises foram efetuadas em duplicado e os resultados expressos em mg/ 100 g de amostra.

3.6. DETERMINAÇÃO DOS ÁCIDOS GORDOS

Após 4 horas de extração com *n*-hexano pelo método de Soxhlet, a fração lipídica das amostras foi analisada por cromatografia gasosa com detecção por ionização de chama (GC-FID). A derivatização dos ácidos gordos em ésteres metílicos (FAME) foi efetuada de acordo com a ISO 12966-2:2011. A transesterificação dos triglicerídeos ocorre em meio alcalino na presença de metanol e a metilação dos ácidos gordos livres dá-se na presença do catalisador - trifluoreto de boro (BF_3 14% em metanol, solução comercial) e por ação do calor (ISO 12966, 2011; Fernandes *et al.*, 2012).

3.6.1. ANÁLISE CROMATOGRÁFICA

Para a análise cromatográfica dos FAME utilizou-se um cromatógrafo gasoso Shimadzu GC- 2010 *Plus* equipado com um injetor automático split/splitless Shimadzu AOC-20i com um detetor de ionização de chama. O cromatógrafo estava equipado com uma coluna capilar de sílica fundida CP-SIL 88 (50 mm \times 0,25 mm; 0,20 μm). Usaram-se as seguintes condições analíticas: temperatura da coluna: 80 °C, 5 minutos; aumento até 160 °C a 5 °C/ minuto; 160 °C durante 5 minutos; aumento até 170 °C (5 °C/ minuto); 170 °C durante 1 minuto; aumento até 220 °C (5 °C/ minuto); 220 °C durante 15 minutos. O gás de arraste utilizado foi o Hélio (182 kPa). A temperatura da injeção e do detetor foram 250 °C e 270 °C, respetivamente; a razão de split: 1:25; e o volume de injeção: 1,0 μL . Cada injeção foi efetuada em duplicado. Os FAME foram identificados por comparação dos tempos de retenção dos picos das amostras com os da mistura de padrões de FAME. Para o tratamento dos dados recorreu-se ao software GS Solution (Shimadzu, Tóquio, Japão). Cada FAME foi expresso em % relativa dos FAME totais identificados.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para um adequado tratamento estatístico dos dados recolhidos foi utilizada a versão registada do software “Statistical Package for Social Sciences” (IBM SPSS) na sua versão 25.0 para o sistema Windows.

Foi utilizada a estatística descritiva de tendência central para a descrição das variáveis (média e desvio padrão).

O teste *Shapiro-Wilk* foi utilizado para avaliar a normalidade dos dados. Para avaliar diferenças entre amostras, recorreremos à análise de variância univariada (ANOVA a um fator) seguida pelo teste post-hoc *Tukey* ou *Dunett T3*, respetivamente seleccionados com base na igualdade das variâncias. O nível de significância seleccionado para todos os testes foi de 0,05.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ANÁLISE QUÍMICA

Neste estudo foram analisadas 4 espécies de sementes de leguminosas – *Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*, as quais se encontravam em diferentes estados – germinadas, *in natura* e secas – provenientes da zona nordeste do Brasil, Estado da Bahia, num total de 12 amostras.

4.1.1. CARACTERIZAÇÃO DO PERFIL NUTRICIONAL

Os parâmetros avaliados na determinação do perfil nutricional das amostras em estudo foram o teor em humidade, cinzas, proteína total, gordura total, fibra (total, insolúvel e solúvel) e hidratos de carbono. Numa primeira fase, compararam-se os diferentes estados das sementes (germinadas, *in natura* e secas) de cada espécie e, seguidamente, o mesmo estado nas diferentes espécies. Os valores são apresentados em peso seco e peso fresco.

A caracterização do perfil nutricional das sementes da espécie *Vigna unguiculata* em peso seco é apresentada na Tabela 2. Os resultados revelam que não há diferenças significativas ($p>0,05$) entre as sementes no que respeita ao teor proteico (23,66-25,25 %) e hidratos de carbonos (42,10-45,13 %), sendo a semente germinada a que apresenta os teores mais baixos em ambos os parâmetros. O teor proteico vai de encontro aos de Vasconcelos *et al.* (2010), que descreve um teor entre 23 a 26 % para 3 génotipos brasileiros de *Vigna unguiculata*, resultados semelhantes a um outro estudo sobre esta espécie cultivada na Bulgária (Antova *et al.*, 2014).

Por sua vez, nas sementes germinadas, observam-se os valores mais elevados de fibra total (27,97 %) e fibra insolúvel (24,69 %), verificando-se um aumento significativo do teor destes parâmetros, em relação às sementes secas. Para além disso, também apresentam um elevado teor de cinzas (4,97 %), o que reflete um conteúdo mineral superior. No que diz respeito à semente *in natura*, esta apresenta os valores mais altos de gordura e fibra solúvel: 1,58 % e 8,45 %, respetivamente. Estes resultados são concordantes com um estudo de Carvalho *et al.* (2012), em que foram analisados 30 génotipos brasileiros de *Vigna unguiculata*, demonstrando teores de proteína de 18 a 28 %, de fibra entre 20 a 25 %, de gordura entre 1 a 1,6 %, de hidratos de carbono compreendidos entre 45 a 58 %.

Tabela 2. Composição nutricional das sementes da espécie *Vigna unguiculata* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

<i>Vigna unguiculata</i>	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	4,97 \pm 0,11 ^a	23,66 \pm 1,22 ^a	1,30 \pm 0,07 ^b	27,97 \pm 0,95 ^a	24,69 \pm 0,19 ^a	3,27 \pm 1,07 ^b	42,10 \pm 1,66 ^a
<i>in natura</i>	4,32 \pm 0,05 ^b	24,24 \pm 1,43 ^a	1,58 \pm 0,02 ^a	25,99 \pm 0,05 ^{ab}	17,54 \pm 0,55 ^b	8,45 \pm 0,86 ^a	43,86 \pm 1,54 ^a
seca	4,61 \pm 0,13 ^b	25,25 \pm 0,99 ^a	1,15 \pm 0,04 ^b	23,87 \pm 0,47 ^b	19,91 \pm 1,05 ^b	3,96 \pm 0,82 ^b	45,13 \pm 1,00 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

A Tabela 3 revela a composição nutricional da espécie *Vigna unguiculata* em peso fresco. Comparativamente com as restantes, as sementes secas apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$) nos teores de cinzas (3,38 %), proteína (18,55 %), fibra total (17,53 %), fibra insolúvel (14,62 %) e os valores mais elevados de gordura (0,85 %) e hidratos de carbono (33,15 %). É importante salientar que todos estes parâmetros apresentam valores mais baixos na semente germinada, devido ao facto de o teor de humidade ser mais elevado (64,70 %).

Tabela 3. Composição nutricional das sementes da espécie *Vigna unguiculata* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

<i>Vigna unguiculata</i>	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	64,70 \pm 0,83 ^a	1,75 \pm 0,04 ^b	8,35 \pm 0,43 ^b	0,46 \pm 0,03 ^c	9,87 \pm 0,33 ^b	8,72 \pm 0,07 ^b	1,16 \pm 0,38 ^b	14,86 \pm 0,59 ^c
<i>in natura</i>	59,15 \pm 0,45 ^b	1,77 \pm 0,02 ^b	9,90 \pm 0,59 ^b	0,65 \pm 0,01 ^b	10,62 \pm 0,02 ^b	7,16 \pm 0,23 ^b	3,45 \pm 0,35 ^a	17,92 \pm 0,63 ^b
seca	26,55 \pm 0,05 ^c	3,38 \pm 0,03 ^a	18,55 \pm 0,73 ^a	0,85 \pm 0,03 ^a	17,53 \pm 0,34 ^a	14,62 \pm 0,77 ^a	2,91 \pm 0,60 ^{ab}	33,15 \pm 0,73 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

O perfil nutricional da espécie *Vicia faba* em peso seco está representada na Tabela 4. A semente germinada apresenta o maior conteúdo mineral (4,81 %). Quanto ao teor proteico, não há diferenças significativas ($p > 0,05$) entre os diferentes tipos de sementes, apresentando teores compreendidos entre 19,98 a 23,20 %, sendo a semente *in natura* que apresenta o valor médio mais elevado. Estes valores estão de acordo com o estudo de Baloch *et al.* (2017), em que o teor proteico avaliado em duas amostras de *Vicia faba* cultivadas no Paquistão é cerca de 20 %.

Um parâmetro importante é a fibra. Tanto em fibra total, como na fibra insolúvel e solúvel, as sementes secas apresentam diferenças significativas em relação às restantes. A fibra total varia de 28,73 a 42,99 % e a fibra insolúvel apresenta teores entre 19,98 a 35,36 %, sendo que os teores mais elevados estão presentes nas sementes

secas. Em contrapartida, a fibra solúvel compreende os teores de 7,62 a 12,39 %, onde os valores mais baixos observam-se nas sementes secas e germinadas.

Em relação ao teor de gordura e hidratos de carbono, os valores mais altos estão presentes nas sementes germinadas: 1,20 % e 45,29 %, respetivamente.

Tabela 4. Composição nutricional das sementes da espécie *Vicia faba* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

<i>Vicia faba</i>	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	4,81 \pm 0,06 ^a	19,98 \pm 0,98 ^a	1,20 \pm 0,09 ^a	28,73 \pm 0,80 ^b	19,98 \pm 0,83 ^b	8,75 \pm 2,30 ^b	45,29 \pm 0,62 ^a
<i>in natura</i>	3,98 \pm 0,07 ^c	23,20 \pm 0,78 ^a	0,70 \pm 0,02 ^b	34,10 \pm 1,10 ^b	21,71 \pm 0,48 ^b	12,39 \pm 2,23 ^a	38,01 \pm 1,56 ^b
seca	4,31 \pm 0,03 ^b	21,43 \pm 1,39 ^a	0,67 \pm 0,02 ^b	42,99 \pm 0,89 ^a	35,36 \pm 0,39 ^a	7,62 \pm 1,81 ^b	30,60 \pm 2,09 ^c

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

A Tabela 5 caracteriza o perfil nutricional das sementes da espécie *Vicia faba* em peso fresco. Os resultados demonstram que há diferenças significativas ($p < 0,05$) das sementes secas em relação ao teor de cinzas (1,23 a 3,62 %), proteína (6,45 a 18,04 %), fibra total (9,27 a 36,18 %), fibra insolúvel (6,45 a 29,76 %) e solúvel (2,82 a 6,42 %) e hidratos de carbono (11,75 a 25,76 %), em comparação às restantes sementes *in natura* e seca. Estes teores são superiores nas sementes secas.

As sementes *in natura* são as que apresentam o maior teor de humidade (69,09 %), menor conteúdo mineral (1,23 %) e lipídico (0,22 %).

Tabela 5. Composição nutricional das sementes da espécie *Vicia faba* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

<i>Vicia faba</i>	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	67,72 \pm 0,12 ^a	1,55 \pm 0,02 ^b	6,45 \pm 0,32 ^b	0,39 \pm 0,03 ^b	9,27 \pm 0,26 ^b	6,45 \pm 0,27 ^b	2,82 \pm 0,74 ^b	14,62 \pm 0,20 ^b
<i>in natura</i>	69,09 \pm 0,63 ^a	1,23 \pm 0,02 ^c	7,17 \pm 0,24 ^b	0,22 \pm 0,01 ^c	10,54 \pm 0,34 ^b	6,71 \pm 0,15 ^b	3,83 \pm 0,69 ^b	11,75 \pm 0,48 ^b
seca	15,84 \pm 0,05 ^c	3,62 \pm 0,02 ^a	18,04 \pm 1,17 ^a	0,56 \pm 0,02 ^a	36,18 \pm 0,75 ^a	29,76 \pm 0,33 ^a	6,42 \pm 1,53 ^a	25,76 \pm 1,75 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

O perfil nutricional das sementes da espécie *Cajanus cajan* em peso seco é apresentada na Tabela 6. Os resultados revelam que não há diferenças significativas ($p > 0,05$) entre as sementes relativamente ao teor proteico, que varia de 19,60 a 22,09 % e que o teor de gordura se encontra na mesma ordem de grandeza (1,32 a 1,44 %). Estes valores são concordantes com estudo de Amarteifio *et al.* (2002), realizado em 6

variedades de sementes da espécie *Cajanus cajan* cultivadas em África. Especificamente, as sementes *in natura* apresentam maiores teores de gordura (1,44 %), fibra total (33,15 %) e solúvel (12,24 %). Por sua vez, verifica-se que a semente germinada tem o teor mais elevado de cinzas (5,64 %) e de fibra insolúvel (25,35 %) e apresentam diferenças significativas ($p < 0,05$), em relação às restantes sementes.

Quanto ao teor em hidratos de carbono, a semente seca apresenta um valor mais elevado (44,46 %) e diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação às sementes *in natura* e germinada.

Tabela 6. Composição nutricional das sementes da espécie *Cajanus cajan* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

<i>Cajanus cajan</i>	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	5,64 \pm 0,05 ^a	22,09 \pm 1,80 ^a	1,40 \pm 0,03 ^{ab}	31,60 \pm 0,03 ^{ab}	25,35 \pm 0,58 ^a	6,25 \pm 0,86 ^b	39,27 \pm 1,77 ^b
<i>in natura</i>	4,78 \pm 0,04 ^c	21,88 \pm 1,28 ^a	1,44 \pm 0,04 ^a	33,15 \pm 0,72 ^a	20,92 \pm 0,09 ^b	12,24 \pm 1,16 ^a	38,75 \pm 1,03 ^b
seca	5,46 \pm 0,04 ^b	19,60 \pm 0,90 ^a	1,32 \pm 0,03 ^b	29,17 \pm 0,11 ^b	20,03 \pm 0,42 ^b	9,14 \pm 0,45 ^{ab}	44,46 \pm 0,92 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

A Tabela 7 mostra a caracterização nutricional das sementes da espécie *Cajanus cajan* em peso fresco. Os resultados mostram que nas semente secas, os teores proteico e lipídico são superiores (14,60 e 0,98 %, respetivamente). Para além disso, também se observam valores elevados de fibra total (21,73 %), insolúvel (14,92 %) e solúvel (6,81 %) e hidratos de carbono (33,12 %) nestas sementes.

É importante salientar que a semente *in natura*, apresenta o menor conteúdo mineral superior (1,57 %) e o teor de humidade mais elevado (67,44 %).

Tabela 7. Composição nutricional das sementes da espécie *Cajanus cajan* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

<i>Cajanus cajan</i>	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	62,38 \pm 0,08 ^b	2,12 \pm 0,07 ^b	8,30 \pm 0,68 ^b	0,53 \pm 0,01 ^b	11,87 \pm 0,01 ^b	9,53 \pm 0,22 ^b	2,35 \pm 0,32 ^c	14,76 \pm 0,67 ^b
<i>in natura</i>	67,44 \pm 0,43 ^a	1,57 \pm 0,01 ^c	7,18 \pm 0,42 ^b	0,47 \pm 0,01 ^b	10,87 \pm 0,24 ^c	6,86 \pm 0,03 ^c	4,01 \pm 0,38 ^b	12,71 \pm 0,34 ^c
seca	25,50 \pm 0,05 ^c	4,07 \pm 0,03 ^a	14,60 \pm 0,67 ^a	0,98 \pm 0,03 ^a	21,73 \pm 0,08 ^a	14,92 \pm 0,31 ^a	6,81 \pm 0,33 ^a	33,12 \pm 0,69 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

O perfil nutricional da espécie *Phaseolus lunatus* em peso seco está representado na Tabela 8. A semente *in natura* apresenta o teor proteico mais elevado, com

diferenças significativas ($p < 0,05$), comparativamente às outras sementes. De uma maneira geral, os valores variaram entre 22,36 a 28,78 %, o que está de acordo com o estudo de Granito *et al.* (2007), em que o teor de proteína de sementes cruas da espécie *Phaseolus lunatus* é, aproximadamente, 25 %. Para além disso, esta semente apresenta o teor de cinzas mais baixo (4,80 %). Por sua vez, na sementes germinadas observam-se os teores mais elevados de gordura (1,17 %) e de hidratos de carbono (40,50 %).

A semente seca apresenta uma proporção de fibra total (45,54 %) e fibra insolúvel (34,14 %) superior às outras sementes (*in natura* e germinada).

Tabela 8. Composição nutricional das sementes da espécie *Phaseolus lunatus* em diferentes estados (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

<i>Phaseolus lunatus</i>	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	5,38 \pm 0,09 ^b	22,36 \pm 1,79 ^b	1,17 \pm 0,04 ^a	30,58 \pm 0,46 ^c	19,65 \pm 0,03 ^c	10,94 \pm 0,60 ^a	40,50 \pm 2,10 ^a
<i>in natura</i>	4,80 \pm 0,04 ^c	28,78 \pm 0,91 ^a	0,98 \pm 0,03 ^b	35,54 \pm 0,52 ^b	22,44 \pm 0,03 ^b	13,10 \pm 0,79 ^a	29,90 \pm 1,36 ^b
seca	5,62 \pm 0,03 ^a	24,01 \pm 0,07 ^b	0,58 \pm 0,04 ^c	45,54 \pm 0,03 ^a	34,14 \pm 0,27 ^a	11,40 \pm 0,34 ^a	24,25 \pm 0,09 ^c

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

A Tabela 9 descreve o perfil nutricional das sementes da espécie *Phaseolus lunatus* em peso fresco. Os resultados indicam que a semente seca tem o teor de humidade mais baixo (21,11 %), diferindo significativamente ($p < 0,05$) das outras sementes (68,95-70,12 %). Por sua vez, a semente *in natura* apresenta o teor de cinzas mais baixo (1,49 %).

Em termos globais, a semente seca reflete diferenças significativas ($p < 0,05$) e os maiores teores de cinzas (4,44 %), proteína (18,94 %), lipídico (0,45 %), de fibra total (35,93 %), fibra insolúvel (26,93 %) e solúvel (9,00 %) e hidratos de carbono (19,13 %), em comparação às restantes sementes. Em contrapartida, observa-se na semente germinada, os valores mais baixos de proteína (6,68 %), fibra total (9,14 %), insolúvel (5,87 %) e solúvel (3,27 %).

Tabela 9. Composição nutricional das sementes da espécie *Phaseolus lunatus* em diferentes estados (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

<i>Phaseolus lunatus</i>	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
germinada	70,12 ± 0,38 ^a	1,61 ± 0,03 ^b	6,68 ± 0,54 ^c	0,35 ± 0,01 ^b	9,14 ± 0,14 ^c	5,87 ± 0,01 ^b	3,27 ± 0,18 ^b	12,10 ± 0,63 ^b
<i>in natura</i>	68,95 ± 0,23 ^a	1,49 ± 0,01 ^c	8,94 ± 0,28 ^b	0,31 ± 0,01 ^b	11,04 ± 0,16 ^b	6,97 ± 0,01 ^b	4,07 ± 0,24 ^b	9,28 ± 0,42 ^c
seca	21,11 ± 1,47 ^b	4,44 ± 0,02 ^a	18,94 ± 0,06 ^a	0,45 ± 0,03 ^a	35,93 ± 0,03 ^a	26,93 ± 0,22 ^a	9,00 ± 0,27 ^a	19,13 ± 0,07 ^a

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas).

As Tabelas 10 a 15 apresentam a comparação do perfil nutricional das sementes germinadas, *in natura* e secas entre as diferentes espécies. Assim, a Tabela 10 descreve a composição proximal das sementes germinadas das diferentes espécies em peso seco. Observa-se que não há diferenças significativas ($p > 0,05$) no teor proteico (19,98 a 23,66 %), nem na fibra total (27,97 a 31,60 %). Quanto ao teor de gordura das sementes germinadas, encontram-se nas diferentes espécies a mesma ordem de grandeza, entre 1,17 a 1,40 %. Por sua vez, as espécies *Vigna unguiculata* e *Vicia faba* apresentam os teores mais baixos de cinzas (4,97 % e 4,81 %, respectivamente), assim como os maiores teores de hidratos de carbono (42,10 % e 45,29 %, respectivamente).

Tabela 10. Composição nutricional das sementes germinadas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

Semente germinada	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
<i>Vigna unguiculata</i>	4,97 ± 0,11 ^b	23,66 ± 1,22 ^a	1,30 ± 0,07 ^{ab}	27,97 ± 0,95 ^a	24,69 ± 0,19 ^a	3,27 ± 1,07 ^b	42,10 ± 1,66 ^{ab}
<i>Vicia faba</i>	4,81 ± 0,06 ^b	19,98 ± 0,98 ^a	1,20 ± 0,09 ^b	28,73 ± 0,80 ^a	19,98 ± 0,83 ^b	8,75 ± 2,30 ^{ab}	45,29 ± 0,62 ^a
<i>Cajanus cajan</i>	5,64 ± 0,05 ^a	22,09 ± 1,80 ^a	1,40 ± 0,03 ^a	31,60 ± 0,03 ^a	25,35 ± 0,58 ^a	6,25 ± 0,86 ^{ab}	39,27 ± 1,77 ^b
<i>Phaseolus lunatus</i>	5,38 ± 0,09 ^a	22,36 ± 1,79 ^a	1,17 ± 0,04 ^b	30,58 ± 0,46 ^a	19,65 ± 0,03 ^b	10,94 ± 0,60 ^a	40,50 ± 2,10 ^{ab}

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

Na Tabela 11, encontra-se a composição nutricional das sementes germinadas nas espécies estudadas em peso fresco. Os resultados indicam que as espécies *Vigna unguiculata* e *Cajanus cajan* apresentam os teores mais elevados de proteína, gordura, fibra total, fibra insolúvel e hidratos de carbono. Por sua vez, o teor de cinzas das sementes germinadas, encontram-se na mesma ordem de grandeza, que varia de 1,55 a 2,12 %. Quanto à fibra solúvel, a espécie que apresenta maior teor é a *Phaseolus lunatus*.

As sementes germinadas apresentam os valores elevados de humidade (62,38-70,12 %), destacando-se a espécie *Phaseolus lunatus* que apresenta o valor mais alto.

Tabela 11. Composição nutricional das sementes germinadas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

Semente germinada	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
<i>Vigna unguiculata</i>	64,70 ± 0,83 ^c	1,75 ± 0,04 ^b	8,35 ± 0,43 ^a	0,46 ± 0,03 ^b	9,87 ± 0,33 ^b	8,72 ± 0,07 ^a	1,16 ± 0,38 ^b	14,86 ± 0,59 ^a
<i>Vicia faba</i>	67,72 ± 0,12 ^b	1,55 ± 0,02 ^c	6,45 ± 0,32 ^c	0,39 ± 0,03 ^c	9,27 ± 0,26 ^b	6,45 ± 0,27 ^b	2,82 ± 0,74 ^{ab}	14,62 ± 0,20 ^a
<i>Cajanus cajan</i>	62,38 ± 0,08 ^d	2,12 ± 0,07 ^a	8,30 ± 0,68 ^{ab}	0,53 ± 0,01 ^a	11,87 ± 0,01 ^a	9,53 ± 0,22 ^a	2,35 ± 0,32 ^{ab}	14,76 ± 0,67 ^a
<i>Phaseolus lunatus</i>	70,12 ± 0,38 ^a	1,61 ± 0,03 ^c	6,68 ± 0,54 ^{bc}	0,35 ± 0,01 ^c	9,14 ± 0,14 ^b	5,87 ± 0,01 ^b	3,27 ± 0,18 ^a	12,10 ± 0,63 ^b

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

O perfil nutricional das sementes *in natura* em peso seco está representado na Tabela 12. A espécie que apresenta o teor proteico mais elevado é a *Phaseolus lunatus* (28,78 %) e há diferenças significativas ($p < 0,05$) em relação às restantes espécies, em que o teor varia de 21,88 a 24,24 %. Em contrapartida, as sementes das espécies *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus* têm uma concentração de fibra total e insolúvel, significativamente superior ($p < 0,05$) à espécie *Vigna unguiculata*.

Quanto ao teor de gordura, varia de 0,70 a 1,58%, sendo as espécies *Vigna unguiculata* e *Cajanus cajan* as que têm os valores mais elevados. Por sua vez, entre espécies não há diferenças significativas ($p > 0,05$) do teor de fibra solúvel, variando de 8,45 a 13,10 %.

Tabela 12. Composição nutricional das sementes *in natura* de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso seco).

Semente <i>in natura</i>	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
<i>Vigna unguiculata</i>	4,32 ± 0,05 ^b	24,24 ± 1,43 ^b	1,58 ± 0,02 ^a	25,99 ± 0,05 ^b	17,54 ± 0,55 ^b	8,45 ± 0,86 ^a	43,86 ± 1,54 ^a
<i>Vicia faba</i>	3,98 ± 0,07 ^c	23,20 ± 0,78 ^b	0,70 ± 0,02 ^d	34,10 ± 1,10 ^a	21,71 ± 0,48 ^a	12,39 ± 2,23 ^a	38,01 ± 1,56 ^b
<i>Cajanus cajan</i>	4,78 ± 0,04 ^a	21,88 ± 1,28 ^b	1,44 ± 0,04 ^b	33,15 ± 0,72 ^a	20,92 ± 0,09 ^a	12,24 ± 1,16 ^a	38,75 ± 1,03 ^b
<i>Phaseolus lunatus</i>	4,80 ± 0,04 ^a	28,78 ± 0,91 ^a	0,98 ± 0,03 ^c	35,54 ± 0,52 ^a	22,44 ± 0,03 ^a	13,10 ± 0,79 ^a	29,90 ± 1,36 ^c

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

Na Tabela 13, pode observar-se a composição nutricional das sementes *in natura* de diferentes espécies em peso fresco. Os valores revelam que não há diferenças

significativas ($p>0,05$) das sementes *in natura* em peso fresco nos teores de fibra total (10,54 a 11,04 %), fibra insolúvel (6,71 a 7,16%) e solúvel (3,45 a 4,07%).

Observam-se os valores mais elevados do teor de cinzas (1,77 %), proteico (9,90 %), de gordura (0,65 %) e de hidratos de carbono (17,92 %) na espécie *Vigna unguiculata*. Quanto ao teor de proteína e hidratos de carbono, não há diferenças significativas ($p>0,05$) entre as espécies *Vicia faba* e *Cajanus cajan*.

Tabela 13. Composição nutricional das sementes *in natura* de diferentes espécies (média \pm desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

Semente <i>in natura</i>	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
<i>Vigna unguiculata</i>	59,15 \pm 0,37 ^c	1,77 \pm 0,02 ^a	9,90 \pm 0,59 ^a	0,65 \pm 0,01 ^a	10,62 \pm 0,02 ^a	7,16 \pm 0,23 ^a	3,45 \pm 0,35 ^a	17,92 \pm 0,63 ^a
<i>Vicia faba</i>	69,09 \pm 0,52 ^a	1,23 \pm 0,02 ^d	7,17 \pm 0,24 ^b	0,22 \pm 0,01 ^d	10,54 \pm 0,34 ^a	6,71 \pm 0,15 ^a	3,83 \pm 0,69 ^a	11,75 \pm 0,48 ^b
<i>Cajanus cajan</i>	67,20 \pm 0,03 ^b	1,57 \pm 0,01 ^b	7,18 \pm 0,42 ^b	0,47 \pm 0,01 ^b	10,87 \pm 0,24 ^a	6,86 \pm 0,03 ^a	4,01 \pm 0,38 ^a	12,71 \pm 0,34 ^b
<i>Phaseolus lunatus</i>	68,95 \pm 0,19 ^a	1,49 \pm 0,01 ^c	8,94 \pm 0,28 ^a	0,31 \pm 0,01 ^c	11,04 \pm 0,16 ^a	6,97 \pm 0,01 ^a	4,07 \pm 0,24 ^a	9,28 \pm 0,42 ^c

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p<0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

A caracterização do perfil nutricional das sementes secas nas diferentes espécies estudadas em peso seco é apresentada na Tabela 14. As espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus* apresentam os valores mais elevados de proteína, respectivamente, 25,25 e 24,01 %.

Por sua vez, destacam-se as espécies *Vicia faba* e *Phaseolus lunatus*, quanto ao teor de fibra total e insolúvel, que é significativamente superior ($p<0,05$), em comparação com as restantes espécies. Porém, nas espécies *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus* encontram-se os teores mais elevados de cinzas (5,46 % e 5,62 %, respectivamente) e de fibra solúvel (9,14 % e 11,40 %).

A espécie *Phaseolus lunatus* apresenta o teor mais baixo de hidratos de carbono (24,25 %), em comparação com as restantes espécies e a espécie *Vicia faba* apresenta o conteúdo mineral mais baixo (4,31 %).

Tabela 14. Composição nutricional das sementes secas de diferentes espécies (média ± desvio padrão; g/ 100 g de peso seco).

Semente seca	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra alimentar total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono disponíveis
<i>Vigna unguiculata</i>	4,61 ± 0,13 ^b	25,25 ± 0,99 ^a	1,15 ± 0,04 ^b	23,87 ± 0,47 ^c	19,91 ± 1,05 ^b	3,96 ± 0,82 ^b	45,13 ± 1,00 ^a
<i>Vicia faba</i>	4,31 ± 0,03 ^c	21,43 ± 1,39 ^{bc}	0,67 ± 0,02 ^c	42,99 ± 0,89 ^a	35,36 ± 0,39 ^a	7,62 ± 1,81 ^{ab}	30,60 ± 2,09 ^b
<i>Cajanus cajan</i>	5,46 ± 0,04 ^a	19,60 ± 0,90 ^c	1,32 ± 0,03 ^a	29,17 ± 0,11 ^b	20,03 ± 0,42 ^b	9,14 ± 0,45 ^a	44,46 ± 0,92 ^a
<i>Phaseolus lunatus</i>	5,62 ± 0,03 ^a	24,01 ± 0,07 ^{ab}	0,58 ± 0,04 ^c	45,54 ± 0,03 ^a	34,14 ± 0,27 ^a	11,40 ± 0,34 ^a	24,25 ± 0,09 ^c

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

A Tabela 15 apresenta a comparação do perfil nutricional das sementes secas das espécies estudadas em peso fresco. As espécies *Vigna unguiculata*, *Vicia faba* e *Phaseolus lunatus* têm teores proteicos significativamente superiores ($p < 0,05$), em relação à espécie *Cajanus cajan*, variando os valores entre 14,60 e 18,94 %. A espécie *Vicia faba* apresenta os teores mais elevados de fibra total (36,18 %) e insolúvel (29,76 %). Quanto à fibra solúvel, a espécie *Vigna unguiculata* apresenta um teor significativamente inferior (2,91 %) do que as restantes espécies (6,42 - 9,00 %).

Tabela 15. Composição nutricional das sementes secas de diferentes espécies (média ± desvio-padrão; g/ 100 g de peso fresco).

Semente seca	Humidade	Cinzas	Proteína	Gordura	Fibra total	Fibra insolúvel	Fibra solúvel	Hidratos de carbono
<i>Vigna unguiculata</i>	26,55 ± 0,04 ^a	3,38 ± 0,03 ^d	18,55 ± 0,73 ^a	0,85 ± 0,03 ^b	17,53 ± 0,34 ^c	14,62 ± 0,77 ^c	2,91 ± 0,60 ^b	33,15 ± 0,73 ^a
<i>Vicia faba</i>	15,84 ± 0,04 ^c	3,62 ± 0,02 ^c	18,04 ± 1,17 ^a	0,56 ± 0,02 ^c	36,18 ± 0,75 ^a	29,76 ± 0,33 ^a	6,42 ± 1,53 ^a	25,76 ± 1,75 ^b
<i>Cajanus cajan</i>	25,50 ± 0,07 ^a	4,07 ± 0,03 ^b	14,60 ± 0,67 ^b	0,98 ± 0,03 ^a	21,73 ± 0,08 ^b	14,92 ± 0,31 ^c	6,81 ± 0,33 ^a	33,12 ± 0,69 ^a
<i>Phaseolus lunatus</i>	21,11 ± 0,40 ^b	4,44 ± 0,02 ^a	18,94 ± 0,06 ^a	0,45 ± 0,03 ^d	35,93 ± 0,03 ^a	26,93 ± 0,22 ^b	9,00 ± 0,27 ^a	19,13 ± 0,07 ^c

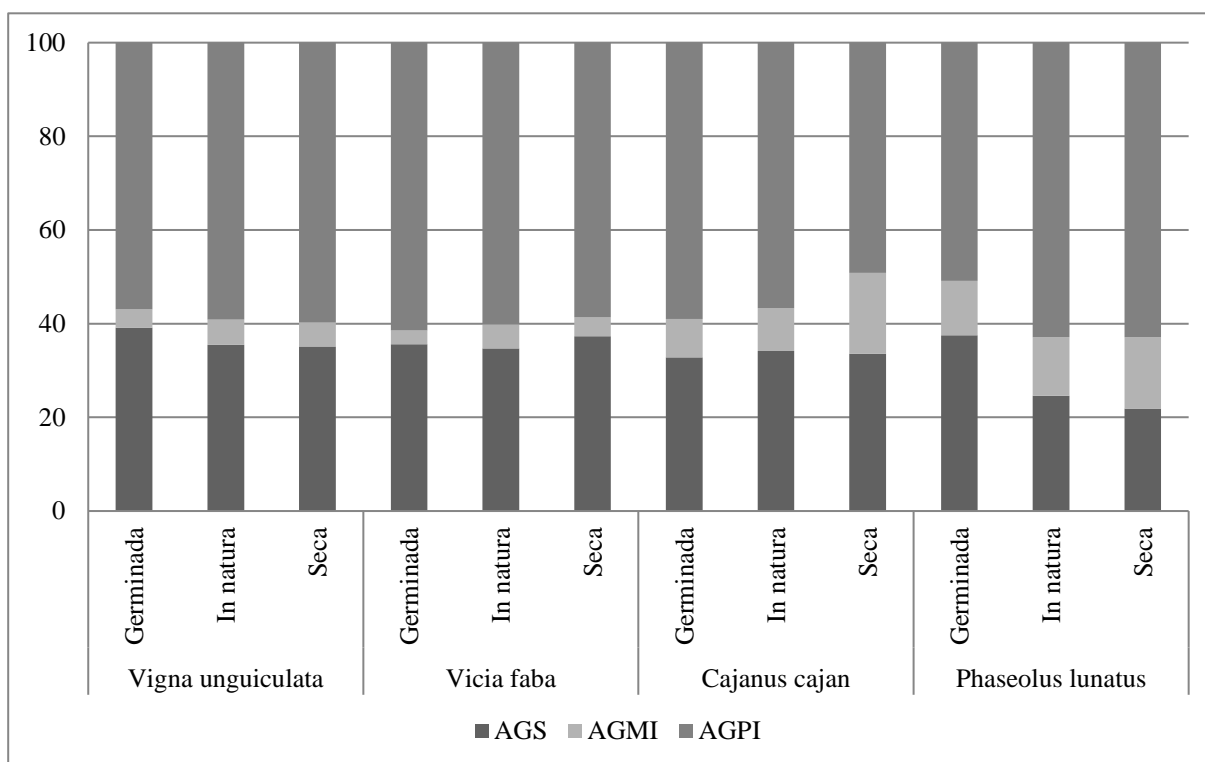
Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*).

4.1.2. ÁCIDOS GORDOS

Os lípidos são a principal forma de armazenamento de energia, fornecendo 9 kcal/ g. Asseguram, por exemplo, a formação da bicamada lipídica das membranas celulares, desempenhando também um papel no funcionamento de enzimas, hormonas e sinalizadores intracelulares, entre outras funções reconhecidas (Nelson & Cox, 2005; Calder, 2015).

O corpo humano pode produzir todos os ácidos gordos, exceto, dois ácidos gordos essenciais, o ácido linoleico (LA) – oméga-6 (C18:2n:6*cis*) e ácido α -linolénico (ALA) – oméga-3 (C18:3n3), sendo estes membros da família dos ácidos gordos polinsaturados (Patterson *et al*, 2012). Em pequena escala, o organismo pode converter o ALA em outros ácidos gordos, tais como, ácido eicosapentaenóico (EPA) (20:5n3) e ácido docosahexaenóico (DHA) (C22:6n3). Contudo a sua obtenção deve ser complementada com fontes alimentares dos mesmos (Craveiro, 2016b).

Nas espécies em estudo, o teor de lípidos totais é reduzido, uma vez que a percentagem de gordura por peso seco, representa um teor entre 0,58 a 1,58 % e em peso fresco, é inferior a 1g/ 100g (0,22 a 0,98 %). Apesar das leguminosas não constituírem uma fonte convencional de gordura, a sua pequena fração lipídica pode representar uma interessante mais-valia. De acordo com a Figura 7, na composição em ácidos gordos (AG) das leguminosas estudadas predominam os ácidos gordos insaturados, que representam mais de 50 % da fração lipídica. Os AG insaturados variam entre 60,85 e 78,12 % sendo as sementes seca e *in natura* da espécie *Phaseolus lunatus*, aquelas que apresentam maiores teores de AG insaturados. Contudo, verifica-se que há um decréscimo no teor de AG monoinsaturados nas sementes germinadas, comparativamente às sementes secas.



Legenda: AGS, ácidos gordos saturados; AGMI, ácidos gordos monoinsaturados; AGPI, ácidos gordos polinsaturados.

Figura 7. Teor dos ácidos gordos saturados, mono e polinsaturados das sementes das espécies *Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus* nos diferentes estados (germinada, *in natura* e seca).

O perfil de ácidos gordos (% relativa) está descrito na Tabela 16, bem como o somatório das diferentes classes de ácidos gordos (saturados, monoinsaturados e polinsaturados).

As leguminosas estudadas representam uma fonte importante de ácidos gordos polinsaturados (AGPI), destacando-se o AGPI maioritário, o LA, o que está de acordo com vários estudos (Grela & Günter, 1995; Messina, 1999; Akpinar *et al.*, 2001; Ryan *et al.*, 2007). Para além do LA, também se destaca o ALA, ambos fundamentais para a formação de estruturas lipídicas e de elementos na membrana celular. No entanto, estas duas classes têm funções diferentes e, por isso, a sua relação é importante para o normal desenvolvimento e crescimento (Calder & Grimble, 2002).

Os AGPI dependem da proporção ómega 6 e ómega 3, em que uma proporção baixa é desejável, devido aos efeitos benéficos na prevenção de doenças cardiovasculares e crónicas, como a diabetes *mellitus* e a hipertensão arterial. A proporção ideal de ómega 6/ómega 3 vai de 1/1 até 4/1 (Calder & Grimble, 2002;

Simopoulos, 2002). Na maioria das espécies estudadas, esta proporção não excede 4/1. Nas espécies *Vigna unguiculata* e *Vicia faba*, varia de 1,28 a 2,20. No entanto, a espécie *Phaseolus lunatus*, compreende os valores de 3,54 a 5,75, em que a semente germinada excede a proporção ideal. Por sua vez, todas as sementes da espécie *Cajanus cajan* ultrapassam a proporção 4/1, em que varia de 7,12 a 12,11.

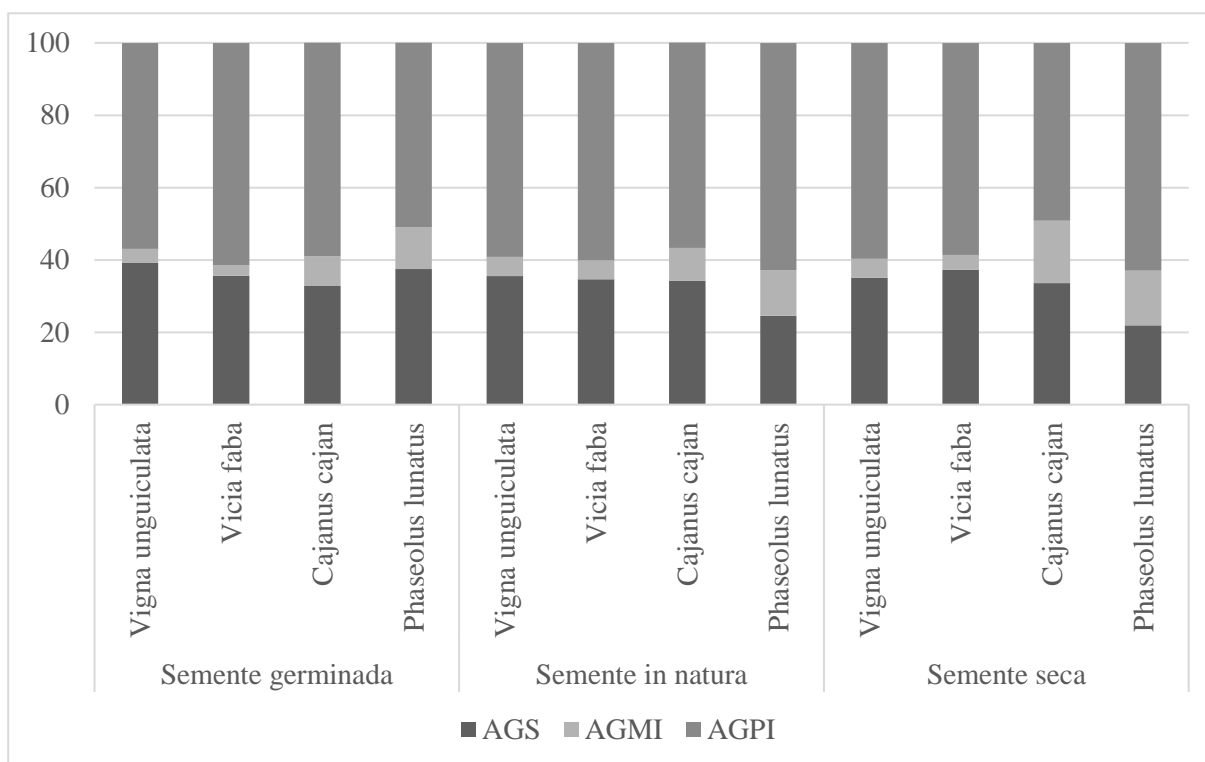
De um modo geral, os AGPI variam de 50,89 a 62,92 %. Neste estudo, foi observado que a semente *Vicia faba* germinada, a semente *Phaseolus lunatus in natura* e seca, apresentam maior teor de AGPI, respetivamente, 61,45 %, 62,88 % e 62,92 %.

O ALA é detetado nas sementes secas das espécies *Vigna unguiculata*, *Vicia faba* e *Phaseolus lunatus* em maiores quantidades, comparativamente às sementes germinadas. Esta relação não se verificou na espécie *Cajanus cajan*.

Quanto aos ácidos gordos monoinsaturados (AGMI) variam entre 2,96 e 17,28 %, destacando-se as sementes secas das espécies *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus* que apresentam o maior teor de AGMI. Estes AG estão presentes em maior quantidade nas sementes secas e *in natura* das diferentes espécies analisadas, comparativamente às sementes germinadas. O único AGMI detetado neste trabalho foi o ácido oleico (C18:1n9cis) (Grela & Günter, 1995; Khalil *et al.*, 2017).

Relativamente aos ácidos gordos saturados (AGS), a sua percentagem relativa variou entre 21,88 e 39,15 %. As sementes germinadas das espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus* são as que apresentam maior teor de AGS. Verificou-se que estes AG estão presentes em maior quantidade nas sementes germinadas, em comparação às sementes *in natura*, nas espécies *Vigna unguiculata*, *Vicia faba* e *Phaseolus lunatus*. Como acontece com o ácido α -linolénico, não se verifica esta relação para a espécie *Cajanus cajan*.

De seguida, a análise incide na comparação entre as diferentes espécies. De acordo com a Figura 8, a semente germinada da espécie *Cajanus cajan* e a semente *in natura* e seca da espécie *Phaseolus lunatus*, apresentam o maior teor de AG insaturados. Em contrapartida, na semente germinada e *in natura* da espécie *Vigna unguiculata* e na semente seca da espécie *Vicia faba* destaca-se o maior teor de AGS.



Legenda: AGS, ácidos gordos saturados; AGMI, ácidos gordos monoinsaturados; AGPI, ácidos gordos polinsaturados.

Figura 8. Teor dos ácidos gordos saturados, mono e polinsaturados das sementes germinadas, *in natura* e secas das diferentes espécies.

A composição total de AG está descrita na Tabela 17, bem como o somatório das diferentes classes.

Na semente germinada, os resultados de AGS variaram de 32,82 a 39,15 %. O AG saturado maioritário foi o ácido palmítico (C16:0), estando presente em maiores quantidades nas espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus*: 24,63 e 24,62 %, respectivamente. Quanto aos AGMI, está presente significativamente na espécie *Phaseolus lunatus*. Por sua vez, a espécie *Vicia faba* apresenta a maior proporção de AGPI (61,45 %) e uma proporção ômega 6/ ômega 3 de 2,20.

Na semente *in natura*, os AGS variam de 24,61 a 35,50 %, sendo a espécie *Phaseolus* a que tem o menor teor de AGS. Relativamente aos AGMI, os valores vão desde 5,18 a 12,51 %, sendo a espécie *Phaseolus lunatus* a que tem o teor mais elevado de ácido oleico (C18:1n9cis). Quanto aos AGPI, a sua proporção vai de 56,76 a 62,88 % e é a espécie *Phaseolus lunatus* que apresenta a percentagem relativa mais elevada. Por sua vez, a razão ômega 6/ ômega 3 está dentro dos limites recomendáveis, cerca de 4/1.

Na semente seca, os AGS variaram de 21,88 a 37,29 %, sendo a espécie *Vicia faba* a que tem a maior percentagem de AGS, em que o teor do ácido palmítico é de 22,64 %. Relativamente aos AGMI, estes apresentam valores de 4,05 a 17,28 %, sendo a espécie *Cajanus cajan* a que tem o teor mais elevado de ácido oleico. Em contrapartida, na espécie *Phaseolus lunatus* observa-se o maior teor de AGPI (62,92 %) e uma razão de ómega 6/ ómega 3 dentro do recomendável (3,52). O mesmo não acontece com a espécie *Cajanus cajan* que tem uma proporção ómega 6/ ómega 3, muito superior a 4, especificamente, 12, 11.

Tabela 16. Composição dos ácidos gordos (% relativa) das sementes das espécies *Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus* nos diferentes estados (germinada, *in natura* e seca).

ÁCIDOS GORDOS	<i>Vigna unguiculata</i>			<i>Vicia faba</i>			<i>Cajanus cajan</i>			<i>Phaseolus lunatus</i>		
	Germinada	<i>In natura</i>	Seca	Germinada	<i>In natura</i>	Seca	Germinada	<i>In natura</i>	Seca	Germinada	<i>In natura</i>	Seca
C14:0 Mirístico	0,30 ± 0,03 ^a	0,21 ± 0,01 ^b	0,22 ± 0,03 ^b	0,33 ± 0,00 ^c	0,48 ± 0,01 ^a	0,43 ± 0,04 ^b	0,33 ± 0,02 ^b	0,42 ± 0,00 ^a	0,30 ± 0,01 ^c	0,34 ± 0,04 ^a	0,21 ± 0,01 ^c	0,27 ± 0,01 ^b
C15:0 Pentadecanóico	0,21 ± 0,01 ^a	0,11 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	0,30 ± 0,00 ^a	0,22 ± 0,01 ^b	0,20 ± 0,02 ^b	0,29 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,01 ^c	0,35 ± 0,04 ^a	0,16 ± 0,00 ^b	n.d.
C16:0 Palmítico	24,63 ± 0,29 ^a	22,24 ± 0,05 ^b	21,53 ± 0,12 ^c	22,85 ± 0,23 ^a	22,18 ± 0,05 ^b	22,64 ± 0,13 ^a	21,30 ± 0,49 ^b	23,47 ± 0,24 ^a	21,10 ± 0,58 ^b	24,62 ± 0,48 ^a	15,54 ± 0,13 ^b	10,90 ± 0,54 ^c
C17:0 Margárico	0,38 ± 0,01 ^a	0,34 ± 0,02 ^b	0,31 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,00 ^b	0,35 ± 0,01 ^a	0,32 ± 0,01 ^b	0,42 ± 0,02 ^{ab}	0,41 ± 0,01 ^b	0,44 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,01 ^b	0,20 ± 0,01 ^c
C18:0 Esteárico	4,58 ± 0,03 ^a	4,59 ± 0,06 ^a	4,60 ± 0,11 ^a	5,98 ± 0,05 ^c	6,18 ± 0,02 ^b	7,89 ± 0,07 ^a	4,47 ± 0,07 ^c	5,13 ± 0,04 ^b	7,08 ± 0,16 ^a	5,54 ± 0,08 ^a	4,35 ± 0,03 ^b	5,60 ± 0,11 ^a
C20:0 Araquídico	1,44 ± 0,03 ^c	1,47 ± 0,00 ^b	1,58 ± 0,00 ^a	1,10 ± 0,01 ^b	0,95 ± 0,02 ^c	1,30 ± 0,01 ^a	1,29 ± 0,03 ^a	1,30 ± 0,02 ^a	1,30 ± 0,02 ^a	1,04 ± 0,01 ^b	0,79 ± 0,03 ^c	1,11 ± 0,05 ^a
C21:0 Heneicosanóico	0,17 ± 0,01 ^a	0,09 ± 0,01 ^c	0,11 ± 0,00 ^b	0,09 ± 0,00 ^a	0,05 ± 0,00 ^c	0,08 ± 0,01 ^b	0,24 ± 0,00 ^a	0,14 ± 0,01 ^c	0,21 ± 0,00 ^b	0,13 ± 0,01 ^b	0,07 ± 0,00 ^c	0,21 ± 0,02 ^a
C22:0 Beénico	3,62 ± 0,08 ^b	3,67 ± 0,05 ^b	3,78 ± 0,01 ^a	1,71 ± 0,02 ^a	1,10 ± 0,07 ^c	1,45 ± 0,04 ^b	2,10 ± 0,04 ^a	1,45 ± 0,05 ^c	1,62 ± 0,03 ^b	2,26 ± 0,04 ^a	0,86 ± 0,08 ^c	1,16 ± 0,02 ^b
C23:0 Tricosanóico	0,78 ± 0,06 ^a	0,44 ± 0,02 ^b	0,45 ± 0,04 ^b	0,61 ± 0,05 ^b	0,92 ± 0,03 ^a	0,57 ± 0,03 ^b	0,61 ± 0,03 ^a	0,44 ± 0,02 ^b	0,31 ± 0,01 ^c	0,78 ± 0,04 ^a	0,59 ± 0,06 ^b	0,41 ± 0,01 ^c
C24:0 Linhocérico	3,06 ± 0,03 ^a	2,34 ± 0,05 ^c	2,41 ± 0,01 ^b	2,29 ± 0,01 ^b	2,27 ± 0,03 ^b	2,41 ± 0,03 ^a	1,75 ± 0,05 ^a	1,21 ± 0,01 ^b	1,08 ± 0,02 ^c	2,04 ± 0,13 ^a	1,72 ± 0,08 ^b	2,02 ± 0,11 ^a
ΣAGS	39,15	35,50	35,10	35,59	34,69	37,29	32,82	34,18	33,57	37,52	24,61	21,88
C18:1n9cis Oleico	3,92 ± 0,13 ^c	5,39 ± 0,05 ^a	5,18 ± 0,06 ^b	2,96 ± 0,25 ^c	5,18 ± 0,16 ^a	4,05 ± 0,12 ^b	8,22 ± 0,60 ^c	9,14 ± 0,07 ^b	17,28 ± 0,24 ^a	11,60 ± 0,17 ^c	12,51 ± 0,26 ^b	15,20 ± 0,10 ^a
ΣAGMI	3,92	5,39	5,18	2,96	5,18	4,05	8,22	9,14	17,28	11,60	12,51	15,20
C18:2n6cis Linoleico	34,71 ± 0,22 ^a	33,79 ± 0,19 ^b	33,49 ± 0,16 ^b	42,20 ± 0,20 ^a	39,78 ± 0,27 ^b	36,70 ± 0,22 ^c	51,62 ± 0,15 ^a	50,94 ± 0,35 ^b	45,40 ± 0,41 ^c	43,26 ± 0,14 ^c	50,05 ± 0,01 ^a	49,07 ± 0,33 ^b
C18:3n3 α-Linolénico	22,09 ± 0,06 ^c	25,20 ± 0,10 ^b	26,10 ± 0,21 ^a	19,19 ± 0,29 ^c	20,28 ± 0,08 ^b	21,91 ± 0,22 ^a	7,26 ± 0,14 ^a	5,73 ± 0,04 ^b	3,75 ± 0,16 ^c	7,52 ± 0,43 ^c	12,74 ± 0,17 ^b	13,84 ± 0,12 ^a
C20:2 <i>cis</i> -11,14- Eicosadienóico	0,12 ± 0,00 ^b	0,12 ± 0,00 ^b	0,13 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,00 ^b	0,06 ± 0,00 ^b	0,10 ± 0,00 ^a	0,09 ± 0,00 ^b	n.d.	0,10 ± 0,01 ^a	0,10 ± 0,01 ^a	n.d.
ΣAGPI	56,92	59,11	59,71	61,45	60,13	58,66	58,98	56,76	49,15	50,89	62,88	62,92

Legenda: para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* ou secas), dentro de cada espécie, individualmente. Os valores são expressos através da média ± desvio-padrão.

AGS, ácidos gordos saturados; AGMI, ácidos gordos monoinsaturados; AGPI, ácidos gordos polinsaturados; n.d., não detetado.

Tabela 17. Composição dos ácidos gordos (% relativa) para cada estado das sementes (germinada, *in natura* e seca) entre diferentes espécies.

ÁCIDOS GORDOS	Semente germinada				Semente <i>in natura</i>				Semente seca			
	<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Vicia faba</i>	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Phaseolus lunatus</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Vicia faba</i>	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Phaseolus lunatus</i>	<i>Vigna unguiculata</i>	<i>Vicia faba</i>	<i>Cajanus cajan</i>	<i>Phaseolus lunatus</i>
C14:0 Mirístico	0,30 ± 0,03 ^a	0,33 ± 0,00 ^a	0,33 ± 0,02 ^a	0,34 ± 0,04 ^a	0,21 ± 0,01 ^c	0,48 ± 0,01 ^a	0,42 ± 0,00 ^b	0,21 ± 0,01 ^c	0,22 ± 0,03 ^c	0,43 ± 0,04 ^a	0,30 ± 0,01 ^b	0,27 ± 0,01 ^b
C15:0 Pentadecanóico	0,21 ± 0,01 ^c	0,30 ± 0,00 ^b	0,29 ± 0,01 ^b	0,35 ± 0,04 ^a	0,11 ± 0,01 ^c	0,22 ± 0,01 ^a	0,21 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,00 ^b	0,10 ± 0,01 ^c	0,20 ± 0,02 ^a	0,13 ± 0,01 ^b	n.d.
C16:0 Palmitico	24,63 ± 0,29 ^a	22,85 ± 0,23 ^b	21,30 ± 0,49 ^c	24,62 ± 0,48 ^a	22,24 ± 0,05 ^b	22,18 ± 0,05 ^b	23,47 ± 0,24 ^a	15,54 ± 0,13 ^c	21,53 ± 0,12 ^b	22,64 ± 0,13 ^a	21,10 ± 0,58 ^b	10,90 ± 0,54 ^c
C17:0 Margárico	0,38 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,00 ^c	0,42 ± 0,02 ^a	0,42 ± 0,03 ^a	0,34 ± 0,02 ^{bc}	0,35 ± 0,01 ^b	0,41 ± 0,01 ^a	0,31 ± 0,01 ^c	0,31 ± 0,01 ^b	0,32 ± 0,01 ^b	0,44 ± 0,01 ^a	0,20 ± 0,01 ^c
C18:0 Estearico	4,58 ± 0,03 ^c	5,98 ± 0,05 ^a	4,47 ± 0,07 ^c	5,54 ± 0,08 ^b	4,59 ± 0,06 ^c	6,18 ± 0,02 ^a	5,13 ± 0,04 ^b	4,35 ± 0,03 ^d	4,60 ± 0,11 ^d	7,89 ± 0,07 ^a	7,08 ± 0,16 ^b	5,60 ± 0,11 ^c
C20:0 Araquídico	1,44 ± 0,03 ^a	1,10 ± 0,01 ^c	1,29 ± 0,03 ^b	1,04 ± 0,01 ^d	1,47 ± 0,00 ^a	0,95 ± 0,02 ^c	1,30 ± 0,02 ^b	0,79 ± 0,03 ^d	1,58 ± 0,00 ^a	1,30 ± 0,01 ^b	1,30 ± 0,02 ^b	1,11 ± 0,05 ^c
C21:0 Heneicosanóico	0,17 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,00 ^d	0,24 ± 0,00 ^a	0,13 ± 0,01 ^c	0,09 ± 0,01 ^b	0,05 ± 0,00 ^d	0,14 ± 0,01 ^a	0,07 ± 0,00 ^c	0,11 ± 0,00 ^b	0,08 ± 0,01 ^c	0,21 ± 0,00 ^a	0,21 ± 0,02 ^a
C22:0 Beénico	3,62 ± 0,08 ^a	1,71 ± 0,02 ^d	2,10 ± 0,04 ^c	2,26 ± 0,04 ^b	3,67 ± 0,05 ^a	1,10 ± 0,07 ^c	1,45 ± 0,05 ^b	0,86 ± 0,08 ^d	3,78 ± 0,01 ^a	1,45 ± 0,04 ^c	1,62 ± 0,03 ^b	1,16 ± 0,02 ^d
C23:0 Tricosanóico	0,78 ± 0,06 ^a	0,61 ± 0,05 ^b	0,61 ± 0,03 ^b	0,78 ± 0,04 ^a	0,44 ± 0,02 ^c	0,92 ± 0,03 ^a	0,44 ± 0,02 ^c	0,59 ± 0,06 ^b	0,45 ± 0,04 ^b	0,57 ± 0,03 ^a	0,31 ± 0,01 ^c	0,41 ± 0,01 ^b
C24:0 Linhocérico	3,06 ± 0,03 ^a	2,29 ± 0,01 ^b	1,75 ± 0,05 ^d	2,04 ± 0,13 ^c	2,34 ± 0,05 ^a	2,27 ± 0,03 ^a	1,21 ± 0,01 ^c	1,72 ± 0,08 ^b	2,41 ± 0,01 ^a	2,41 ± 0,03 ^a	1,08 ± 0,02 ^c	2,02 ± 0,11 ^b
∑AGS	39,15	35,59	32,82	37,52	35,50	34,69	34,18	24,61	35,10	37,29	33,57	21,88
C18:1n9cis Oleico	3,92 ± 0,13 ^c	2,96 ± 0,25 ^d	8,22 ± 0,60 ^b	11,60 ± 0,17 ^a	5,39 ± 0,05 ^c	5,18 ± 0,16 ^c	9,14 ± 0,07 ^b	12,51 ± 0,26 ^a	5,18 ± 0,06 ^c	4,05 ± 0,12 ^d	17,28 ± 0,24 ^a	15,20 ± 0,10 ^b
∑AGMI	3,92	2,96	8,22	11,6	5,39	5,18	9,14	12,51	5,18	4,05	17,28	15,20
C18:2n6cis Linoleico	34,71 ± 0,22 ^d	42,20 ± 0,20 ^c	51,62 ± 0,15 ^a	43,26 ± 0,14 ^b	33,79 ± 0,19 ^d	39,78 ± 0,27 ^c	50,94 ± 0,35 ^a	50,05 ± 0,01 ^b	33,49 ± 0,16 ^d	36,70 ± 0,22 ^c	45,40 ± 0,41 ^b	49,07 ± 0,33 ^a
C18:3n3 α -Linolénico	22,09 ± 0,06 ^a	19,19 ± 0,29 ^b	7,26 ± 0,14 ^c	7,52 ± 0,43 ^c	25,20 ± 0,10 ^a	20,28 ± 0,08 ^b	5,73 ± 0,04 ^d	12,74 ± 0,17 ^c	26,10 ± 0,21 ^a	21,91 ± 0,22 ^b	3,75 ± 0,16 ^d	13,84 ± 0,12 ^c
C20:2 <i>cis</i> -11,14- Eicosadienóico	0,12 ± 0,00 ^a	0,07 ± 0,00 ^c	0,10 ± 0,00 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	0,12 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,00 ^c	0,09 ± 0,00 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,00 ^a	0,06 ± 0,00 ^b	n.d.	n.d.
∑AGPI	56,92	61,45	58,98	50,89	59,11	60,13	56,76	62,88	59,71	58,66	49,15	62,92

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*), dentro de cada tipo de semente, individualmente. Os valores são expressos através da média ± desvio-padrão.

AGS, ácidos gordos saturados; AGMI, ácidos gordos monoinsaturados; AGPI, ácidos gordos polinsaturados; n.d., não detetado.

4.1.3. VITAMINA E

Outro componente com interesse para a saúde do consumidor e importante na preservação do produto é a vitamina E. Esta é uma vitamina lipossolúvel constituída por um grupo de 8 vitâmeros, designadamente, α -tocoferol, β -tocoferol, γ -tocoferol, δ -tocoferol, α -tocotrienol, β -tocotrienol, γ -tocotrienol e δ -tocotrienol. A vitamina E desempenha um papel fundamental na protecção do organismo contra os efeitos prejudiciais de espécies reactivas de oxigénio (ROS), formadas metabolicamente ou encontradas no ambiente. Os danos oxidativos induzidos nas células e nos tecidos têm sido relacionados com várias doenças. No entanto, podem ser inibidos pela acção antioxidante desta vitamina, juntamente com a vitamina C e os carotenóides. Além disso, protegem os AGPI da peroxidação, mantendo a integridade das membranas celulares. Em geral, o vitâmero α -tocoferol é o mais abundante nos tecidos e plasma e é o que contém maior actividade biológica em relação aos restantes (Yoshida *et al.*, 2003). Contudo, o vitâmero γ -tocoferol é o que mostra a maior actividade antioxidante em alimentos (Boschin & Arnoldi, 2011).

Os resultados da vitamina E entre os diferentes estados de semente são apresentados nas Tabelas 18 e 19 e estão expressos em $\mu\text{g}/100\text{ g}$ de gordura em peso seco e peso fresco, respectivamente.

Verifica-se que em todas as espécies estudadas não se detetam todos os vitâmeros. Não se deteta em nenhuma amostra, o vitâmero β -tocoferol e as formas de três tocotrienóis, β -tocotrienol, γ -tocotrienol e δ -tocotrienol.

Pela análise das Tabela 18 e 19, verifica-se que o vitâmero mais abundante em todas as sementes da espécie *Vigna unguiculata* é o δ -tocoferol, o que está de acordo com o estudo de Carvalho *et al.* (2012), que analisou 7 genótipos brasileiros desta espécie e detectou elevadas quantidades de δ -tocoferol.

Nas restantes espécies, o vitâmero mais abundante é o γ -tocoferol, o que também está concordante com vários estudos realizados em diferentes leguminosas (Torres *et al.*, 2007; Boschin & Arnoldi, 2011; Padhi *et al.*, *in press*), sendo este, como referido anteriormente, o vitâmero mais eficiente na prevenção da auto-oxidação dos alimentos (Zhang *et al.*, 2014).

Na Tabela 18, observa-se que nas espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus* há uma diminuição do vitâmero predominante na semente germinada, comparativamente à semente seca. Em contrapartida, nas espécies *Vicia faba* e *Cajanus*

cajan há um aumento de todos os vitâmeros na semente germinada, em comparação, à semente seca. A mesma relação verifica-se para o total da vitamina E.

O α -tocotrienol é o vitâmero menos abundante, tanto em peso seco, como peso fresco. No entanto, os resultados da Tabela 18 revelam um aumento significativo de α -tocotrienol nas espécies *Vigna unguiculata* e *Vicia faba* com a germinação. Contrariamente, nas outras espécies não se verificam diferenças significativas ($p>0,05$) entre as sementes germinada e seca.

Relativamente às amostras em peso fresco (Tabela 19), nas espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus* há uma diminuição significativa do vitâmero predominante na semente germinada, em comparação com a semente seca. Porém, nas espécies *Vicia faba* e *Cajanus cajan*, não se verificam diferenças significativas ($p>0,05$) entre a semente germinada e a semente seca, mas sim um decréscimo significativo do vitâmero abundante nas sementes *in natura*, em comparação com as sementes germinada e seca.

A comparação dos perfis de Vitamina E entre as diferentes espécies estão representadas nas Tabelas 20 e 21. Na semente germinada, verifica-se que os vitâmeros α -tocoferol e γ -tocoferol estão presentes em quantidades superiores na espécie *Cajanus cajan*, enquanto que, os teores de δ -tocoferol não apresentam diferenças significativas ($p>0,05$) entre as espécies *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*, tanto na semente germinada como na semente seca.

Na semente *in natura*, os vitâmeros α -tocoferol e γ -tocoferol estão presentes em quantidades significativamente superiores ($p<0,05$) na espécie *Phaseolus lunatus*. Na semente seca, o teor em α -tocoferol é mais elevado nas espécies *Vicia faba* e *Cajanus cajan*, enquanto o γ -tocoferol aparece em quantidades superiores nas espécies *Vigna unguiculata* e *Phaseolus lunatus*.

De um modo geral, o valor total de vitamina E em peso seco nas sementes germinadas varia entre 1,4 e 8,0 mg/ 100 g, nas sementes *in natura* varia de 1,3 a 5,3 mg/ 100 g, e nas sementes secas encontra-se entre 1,4 e 10,3 mg/ 100 g. Quanto ao valor total de vitamina E em peso fresco, na semente germinada varia entre 0,4 a 2,8 mg/ 100 g, na semente *in natura* entre 0,4 a 2,1 mg/ 100 g, e na semente seca encontra-se desde 1,2 a 7,6 μ g/ 100 g. A espécie *Vigna unguiculata* é a que apresenta os valores totais mais elevados de vitamina E, tanto em peso seco como peso fresco.

Em suma, as leguminosas estudadas são excelentes fontes de tocoferóis, apresentando valores superiores a 90%. Os tocoferóis têm capacidade de atenuar o dano

dos radicais livres e, para além disso, desempenham um papel na prevenção da doença de Alzheimer e do cancro (Ryan *et al.*, 2007). Contudo, a longa cozedura necessária antes do consumo pode parcialmente destruir os tocoferóis (Arnoldi *et al.*, 2015).

Tabela 18. Perfil de vitamina E das sementes das espécies de leguminosas estudadas (peso seco).

Amostras		α -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	α -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
<i>Vigna unguiculata</i>	Germinada	463,66 \pm 57,45 ^a	113,34 \pm 3,10 ^a	n.d.	1629,05 \pm 226,16 ^b	n.d.	n.d.	5822,48 \pm 56,39 ^b	n.d.
	<i>In natura</i>	239,83 \pm 25,60 ^b	15,18 \pm 1,66 ^a	n.d.	656,23 \pm 58,95 ^c	n.d.	n.d.	4246,53 \pm 49,34 ^c	n.d.
	Seca	237,16 \pm 2,58 ^b	72,54 \pm 2,16 ^b	n.d.	3307,11 \pm 175,95 ^a	n.d.	n.d.	6728,24 \pm 11,54 ^a	n.d.
<i>Vicia faba</i>	Germinada	485,70 \pm 7,50 ^a	158,87 \pm 3,81 ^a	n.d.	2219,08 \pm 228,24 ^a	n.d.	n.d.	647,52 \pm 63,91 ^a	n.d.
	<i>In natura</i>	189,15 \pm 25,49 ^c	77,47 \pm 2,03 ^b	n.d.	1026,15 \pm 187,86 ^b	n.d.	n.d.	245,75 \pm 4,44 ^b	n.d.
	Seca	313,07 \pm 10,02 ^b	70,25 \pm 1,29 ^b	n.d.	726,42 \pm 137,97 ^b	n.d.	n.d.	331,68 \pm 41,59 ^b	n.d.
<i>Cajanus cajan</i>	Germinada	602,97 \pm 65,35 ^a	124,54 \pm 12,67 ^a	n.d.	5238,89 \pm 579,46 ^a	n.d.	n.d.	602,16 \pm 50,80 ^a	n.d.
	<i>In natura</i>	224,47 \pm 4,35 ^b	82,20 \pm 1,69 ^a	n.d.	718,80 \pm 90,70 ^c	n.d.	n.d.	302,45 \pm 19,94 ^b	n.d.
	Seca	366,48 \pm 20,71 ^b	95,77 \pm 0,51 ^a	n.d.	2628,39 \pm 6,89 ^b	n.d.	n.d.	285,52 \pm 8,85 ^b	n.d.
<i>Phaseolus lunatus</i>	Germinada	210,72 \pm 26,64 ^b	135,08 \pm 0,99 ^a	n.d.	572,87 \pm 20,63 ^b	n.d.	n.d.	446,94 \pm 43,85 ^a	n.d.
	<i>In natura</i>	449,03 \pm 46,04 ^a	92,50 \pm 0,16 ^b	n.d.	3209,02 \pm 369,23 ^a	n.d.	n.d.	532,81 \pm 73,82 ^a	n.d.
	Seca	154,18 \pm 8,20 ^b	117,88 \pm 12,96 ^{ab}	n.d.	3315,71 \pm 59,83 ^a	n.d.	n.d.	430,10 \pm 24,52 ^a	n.d.

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* e secas), dentro de cada amostra, individualmente.

Os valores são expressos através da média \pm desvio-padrão; n.d., não detectado.

Tabela 19. Perfil de vitamina E das sementes das espécies de leguminosas estudadas (peso fresco).

Amostras		α -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	α -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
<i>Vigna unguiculata</i>	Germinada	163,67 \pm 20,28 ^a	40,01 \pm 1,09 ^a	n.d.	575,05 \pm 79,84 ^b	n.d.	n.d.	2055,34 \pm 19,91 ^b	n.d.
	<i>In natura</i>	97,97 \pm 10,46 ^b	47,05 \pm 0,68 ^b	n.d.	268,07 \pm 24,08 ^c	n.d.	n.d.	1734,71 \pm 20,16 ^c	n.d.
	Seca	174,19 \pm 1,90 ^a	53,28 \pm 1,58 ^b	n.d.	2429,07 \pm 129,23 ^a	n.d.	n.d.	4941,89 \pm 8,47 ^a	n.d.
<i>Vicia faba</i>	Germinada	156,79 \pm 2,42 ^b	51,28 \pm 1,23 ^b	n.d.	716,32 \pm 73,67 ^a	n.d.	n.d.	209,02 \pm 20,63 ^{ab}	n.d.
	<i>In natura</i>	58,47 \pm 7,88 ^c	23,95 \pm 0,63 ^c	n.d.	317,18 \pm 58,07 ^b	n.d.	n.d.	75,96 \pm 1,37 ^b	n.d.
	Seca	263,48 \pm 8,43 ^a	59,12 \pm 1,08 ^a	n.d.	611,36 \pm 116,12 ^a	n.d.	n.d.	279,15 \pm 35,00 ^a	n.d.
<i>Cajanus cajan</i>	Germinada	226,60 \pm 24,56 ^a	46,80 \pm 4,76 ^b	n.d.	1968,78 \pm 217,76 ^a	n.d.	n.d.	226,29 \pm 19,09 ^a	n.d.
	<i>In natura</i>	73,63 \pm 1,43 ^b	26,96 \pm 0,55 ^c	n.d.	235,76 \pm 29,75 ^b	n.d.	n.d.	99,20 \pm 6,54 ^b	n.d.
	Seca	273,03 \pm 15,43 ^a	71,35 \pm 0,38 ^a	n.d.	1958,15 \pm 5,13 ^a	n.d.	n.d.	212,72 \pm 6,59 ^a	n.d.
<i>Phaseolus lunatus</i>	Germinada	62,96 \pm 7,96 ^b	40,36 \pm 0,30 ^b	n.d.	171,17 \pm 6,16 ^c	n.d.	n.d.	133,55 \pm 13,10 ^b	n.d.
	<i>In natura</i>	139,43 \pm 14,29 ^a	28,72 \pm 0,05 ^c	n.d.	996,40 \pm 114,64 ^b	n.d.	n.d.	165,44 \pm 22,92 ^b	n.d.
	Seca	121,63 \pm 6,47 ^a	92,99 \pm 10,22 ^a	n.d.	2615,76 \pm 47,20 ^a	n.d.	n.d.	339,31 \pm 19,35 ^a	n.d.

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para os diferentes tipos de sementes (germinadas, *in natura* e secas), dentro de cada amostra, individualmente.

Os valores são expressos através da média \pm desvio-padrão; n.d., não detectado.

Tabela 20. Comparação do perfil de vitamina E entre as diferentes espécies de leguminosas estudadas (peso seco).

Amostras		α -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	α -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
SEMENTE GERMINADA	<i>Vigna unguiculata</i>	463,66 \pm 57,45 ^b	113,34 \pm 3,10 ^c	1629,05 \pm 226,16 ^b	n.d.	n.d.	5822,48 \pm 56,39 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	485,70 \pm 7,50 ^b	158,87 \pm 3,81 ^a	2219,08 \pm 228,24 ^b	n.d.	n.d.	647,52 \pm 63,91 ^b	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	602,97 \pm 65,35 ^a	124,54 \pm 12,67 ^{bc}	5238,89 \pm 579,46 ^a	n.d.	n.d.	602,16 \pm 50,80 ^b	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	210,72 \pm 26,64 ^c	135,08 \pm 0,99 ^b	572,87 \pm 20,63 ^c	n.d.	n.d.	446,94 \pm 43,85 ^b	n.d.
SEMENTE IN NATURA	<i>Vigna unguiculata</i>	239,83 \pm 25,60 ^b	115,18 \pm 1,66 ^a	656,23 \pm 58,95 ^c	n.d.	n.d.	4246,53 \pm 49,34 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	189,15 \pm 25,49 ^b	77,47 \pm 2,03 ^c	1026,15 \pm 187,86 ^b	n.d.	n.d.	245,75 \pm 4,44 ^c	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	224,47 \pm 4,35 ^b	82,20 \pm 1,69 ^c	718,80 \pm 90,70 ^{bc}	n.d.	n.d.	302,45 \pm 19,94 ^{bc}	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	449,03 \pm 46,04 ^a	92,50 \pm 0,16 ^b	3209,02 \pm 369,23 ^a	n.d.	n.d.	532,81 \pm 73,82 ^b	n.d.
SEMENTE SECA	<i>Vigna unguiculata</i>	237,16 \pm 2,58 ^b	72,54 \pm 2,16 ^b	3307,11 \pm 175,95 ^a	n.d.	n.d.	6728,24 \pm 11,54 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	313,07 \pm 10,02 ^a	70,25 \pm 1,29 ^b	726,42 \pm 137,97 ^c	n.d.	n.d.	331,68 \pm 41,59 ^b	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	366,48 \pm 20,71 ^a	95,77 \pm 0,51 ^a	2628,39 \pm 6,89 ^b	n.d.	n.d.	285,52 \pm 8,85 ^b	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	154,18 \pm 8,20 ^c	117,88 \pm 12,96 ^a	3315,71 \pm 59,83 ^a	n.d.	n.d.	430,10 \pm 24,52 ^b	n.d.

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*), dentro de cada tipo de semente, individualmente.

Os valores são expressos através da média \pm desvio-padrão; n.d., não detectado.

Tabela 21. Comparação do perfil de vitamina E entre as diferentes espécies de leguminosas estudadas (peso fresco).

Amostras		α -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	α -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	β -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	γ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocoferol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)	δ -tocotrienol ($\mu\text{g}/100\text{ g}$)
SEMENTE GERMINADA	<i>Vigna unguiculata</i>	163,67 \pm 20,28 ^{ab}	40,01 \pm 1,09 ^b	n.d.	575,05 \pm 79,84 ^b	n.d.	n.d.	2055,34 \pm 19,91 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	156,79 \pm 2,42 ^b	51,28 \pm 1,23 ^a	n.d.	716,32 \pm 73,67 ^b	n.d.	n.d.	209,02 \pm 20,63 ^b	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	226,60 \pm 24,56 ^a	46,80 \pm 4,76 ^{ab}	n.d.	1968,78 \pm 217,76 ^a	n.d.	n.d.	226,29 \pm 19,09 ^b	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	62,96 \pm 7,96 ^c	40,36 \pm 0,30 ^b	n.d.	171,17 \pm 6,16 ^c	n.d.	n.d.	133,55 \pm 13,10 ^c	n.d.
SEMENTE IN NATURA	<i>Vigna unguiculata</i>	97,97 \pm 10,46 ^a	47,05 \pm 0,68 ^a	n.d.	268,07 \pm 24,08 ^b	n.d.	n.d.	1734,71 \pm 20,16 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	58,47 \pm 7,88 ^b	23,95 \pm 0,63 ^c	n.d.	317,18 \pm 58,07 ^b	n.d.	n.d.	75,96 \pm 1,37 ^c	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	73,63 \pm 1,43 ^b	26,96 \pm 0,55 ^{bc}	n.d.	235,76 \pm 29,75 ^b	n.d.	n.d.	99,20 \pm 6,54 ^b	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	139,43 \pm 14,29 ^a	28,72 \pm 0,05 ^b	n.d.	996,40 \pm 114,64 ^a	n.d.	n.d.	165,44 \pm 22,92 ^b	n.d.
SEMENTE SECA	<i>Vigna unguiculata</i>	174,19 \pm 1,90 ^b	53,28 \pm 1,58 ^b	n.d.	2429,07 \pm 129,23 ^{ab}	n.d.	n.d.	4941,89 \pm 8,47 ^a	n.d.
	<i>Vicia faba</i>	263,48 \pm 8,43 ^a	59,12 \pm 1,08 ^b	n.d.	611,36 \pm 116,12 ^c	n.d.	n.d.	279,15 \pm 35,00 ^{bc}	n.d.
	<i>Cajanus cajan</i>	273,03 \pm 15,43 ^a	71,35 \pm 0,38 ^a	n.d.	1958,15 \pm 5,13 ^b	n.d.	n.d.	212,72 \pm 6,59 ^c	n.d.
	<i>Phaseolus lunatus</i>	121,63 \pm 6,47 ^b	92,99 \pm 10,22 ^a	n.d.	2615,76 \pm 47,20 ^a	n.d.	n.d.	339,31 \pm 19,35 ^b	n.d.

Legenda: Para cada parâmetro, letras diferentes representam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os resultados obtidos para as diferentes espécies (*Vigna unguiculata*, *Vicia faba*, *Cajanus cajan* e *Phaseolus lunatus*), dentro de cada tipo de semente, individualmente.

Os valores são expressos através da média \pm desvio-padrão; n.d., não detectado.

5. CONCLUSÃO

As leguminosas têm elevados teores de proteína e fibra e apesar do seu baixo teor de gordura, a sua fracção lípidica é de elevada qualidade nutricional, contribuindo para uma dieta equilibrada e, quando complementada com os cereais, podem ser um bom substituto de uma fonte proteica de origem animal. O consumo regular pode prevenir doenças crónicas e combater os problemas crescentes da obesidade.

Os resultados deste estudo comprovam a riqueza nutricional destes alimentos e que a germinação pode influenciar positivamente a composição nutricional, dependendo da espécie.

Para além da riqueza nutricional, as leguminosas desempenham um papel importante na sustentabilidade e disponibilidade alimentar. Uma vez que têm a capacidade de fixar o azoto atmosférico, diminuindo o uso de fertilizantes à base de azoto e, tendo um impacto positivo no solo.

Em suma, as leguminosas são um excelente alimento, quer em termos nutricionais, quer em termos de sustentabilidade, pelo que o seu consumo deve ser promovido ao longo do ciclo da vida, sendo também importante envolver a indústria alimentar para desenvolver produtos inovadores que tenham com base os nutrientes oferecidos por estes alimentos.

5.1. PERSPETIVAS DE TRABALHO FUTURO

Considerando os resultados obtidos e verificando-se o elevado teor proteico, é de todo o interesse analisar a composição em aminoácidos das diferentes espécies de leguminosas.

Tendo em conta que a germinação provoca alterações na composição nutricional, também era importante explorar se há alterações nos teores de vitaminas, minerais e de anti-nutrientes.

Outros estudos em leguminosas portuguesas deverão ser efectuados, de forma a comparar os valores com os resultados obtidos para verificar se a influência da origem geográfica, provoca alterações na composição nutricional.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abberton, M. (2010). Enhancing the role of legumes: potential and obstacles. Em M. Abberton, R. Conant, & C. Batello (Eds.), *Grassland carbon sequestration: management, policy and economics* (pp. 177–187). Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- 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*, 8120-8125.
- Akande, K. E., & Fabiyi, E. F. (2010). Effect of processing methods on some antinutritional factors in legume seeds for poultry feeding. *International Journal of Poultry Science*, *9*, 996-1001.
- Akibode, S., & Maredia, M. (2011). Global and regional trends in production, trade and consumption of food legume crops. Disponível em <https://impact.cgiar.org/sites/default/files/images/Legumetrendsv2.pdf>. Acedido em 17.01.2017
- Akpınar, N., Akpınar, M. A., & Türkoglu, S. (2001). Total lipid content and fatty acid composition of the seeds of some *Vicia L.* species. *Food Chemistry*, *74*, 449-453.
- Alonso, B. O., Rovira, R. F., Vegas, C. A., & Pedrosa, M. M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, *14*, 72-76.
- Altieri, M. A., & Koohafkan, P. (2008). *Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities*. Malaysia: Third World Network.
- Amarteifio, J. O., Munthali, D. C., Karikari, S. K., & Morake, T. K. (2002). The composition of pigeon peas (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) grown in Botswana. *Plant Foods for Human Nutrition*, *57*, 173-177.
- Antova, G. A., Stoilova, T. D., & Ivanova, M. M. (2014). Proximate and lipid composition of cowpea (*Vigna unguiculata* L.) cultivated in Bulgaria. *Journal of Food Composition and Analysis*, *33*, 146-152.

- AOAC. (2012). *Official Methods of Analysis of Analytical Chemistry*. (19^a ed.). Maryland, EUA: AOAC International.
- Araújo, M., Alves, R. C., Pimentel, F. B., Costa, A. S. G., Fernandes, T. J. R., Valente, L. M. P., Rema, P., Oliveira, M. B. P. P. (2015). New approach for vitamin E extraction in rainbow trout flesh: application in fish fed commercial and red seaweed-supplemented diets. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *117*, 1398-1405.
- Arnoldi, A., Zanoni, C., Lammi, C., & Boschini, G. (2015). The role of grain legumes in the prevention of hypercholesterolemia and hypertension. *Critical Reviews in Plant Sciences*, *34*, 144-168.
- Baloch, K., Rizwan, S., Mahmood, K., Jan, M. H., Hussain, J., Shah, A., Khan, I., Mehmood, Z., Iqbal, S., Azam, M., & Sajjad, A. (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*, 981-988.
- Barroso, M. R., Magalhães, M. J., Carnide, V., Martins, S., Vegas, C. A., & Cachón, M. R. (2007). *Caracterização e avaliação de diferentes espécies de leguminosas grão na região de Trás-os-montes*. Mirandela: Direcção Regional de Agricultura e Pescas do Norte - Núcleo de Documentação e Relações Públicas.
- Benítez, V., Cantera, S., Aguilera, Y., Mollá, E., Esteban, R. M., Díaz, M. F., & Martín-Cabrejas, M. A. (2013). Impact of germination on starch, dietary fiber and physicochemical properties in non-conventional legumes. *Food Research International*, *50*, 64-69.
- Berni, P. R. A., & Canniatti-Brazaca, S. G. (2011). Efeito da germinação e da sanitização sobre a composição centesimal, teor de fibras alimentares, fitato, taninos e disponibilidade de minerais em trigo. *Alimentos e Nutrição*, *22*, 407-420.
- Biswas, B., & Gresshoff, P. M. (2014). The role of symbiotic nitrogen fixation in sustainable production of biofuels. *International Journal of Molecular Sciences*, *15*, 7380-7397.
- Bora, P. (2014). Anti-nutritional factors in foods and their effects. *Journal of Academia and Industrial Research*, *3*, 285-290.

- Boschin, G., & Arnoldi, A. (2011). Legumes are valuable sources of tocopherols. *Food Chemistry*, *127*, 1199-1203.
- Calder, P. C. (2015). Functional roles of fatty acids and their effects on human health. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, *39*, 18S-32S.
- Calder, P. C., & Grimble, R. F. (2002). Polyunsaturated fatty acids, inflammation and immunity. *Journal of Clinical Nutrition*, *56*, 14-19.
- Caracuta, V., Barzilai, O., Khalaily, H., Milevski, I., Paz, Y., Vardi, J., Regev, L., & Boaretto, E. (2015). The onset of faba bean farming in the Southern Levant. *Scientific Reports*, *5*, 1-10.
- Carvalho, A. F. U., Sousa, N. M., Farias, D. F., Rocha-Bezerra, L. C. B., Silva, R. M. P., Viana, M. P., Gouveia, S. T., Sampaio, S. S., Sousa, M. B., Lima, G. P. G., Morais, S. M., Barros, C. C., & Filho, F. R. F. (2012). Nutritional ranking of 30 Brazilian genotypes of cowpeas including determination of antioxidant capacity and vitamins. *Journal of Food Composition and Analysis*, *26*, 81-88.
- Champ, M. M. (2002). Non-nutrient bioactive substances of pulses. *British Journal of Nutrition*, *88*, 307-319.
- Clemente, T. E., & Cahoon, E. B. (2009). Soybean oil: genetic approaches for modification of functionality and total content. *Plant Physiology*, *151*, 1030-1040.
- Considine, M. J., Siddique, K. H. M., & Foyer, C. H. (2017). Nature's pulse power: legumes, food security and climate change. *Journal of Experimental Botany*, *68*, 1815-1818.
- Craveiro, C. (2016). *Leguminosa a leguminosa, encha o seu prato de saúde*. Porto: Associação Portuguesa dos Nutricionistas.
- Craveiro, C. (2016b). *Pescar saúde*. Porto: Associação Portuguesa dos Nutricionistas.
- Derbyshire, E. (2011). The nutritional value of whole pulse and pulse fractions. In Tiwari, B. K., Gowen, A., & McKenna, B. (Eds.), *Pulse foods: processing, quality and nutraceutical applications* (pp 363-383). Manchester: Elsevier Inc.

- Dhakal, R., Park, E., Lee, S., & Baek, K. (2015). Soybean (*Glycine max* L. Merr.) sprouts germinated under red light irradiation induce disease resistance against bacterial rotting disease. *PLoS One*, *10*, 1-14.
- Dilis, V., & Trichopoulou, A. (2009). Nutritional and health properties of pulses. *Mediterranean Journal of Nutrition and Metabolism*, *1*, 149-157.
- Donangelo, C. M., Trugo, L. C., Trugo, N. M. F., & Eggum, B. O. (1995). Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. *Food Chemistry*, *53*, 23-27.
- Durán, D., Rey, L., Mayo, J., Zúñiga-Dávila, D., Imperial, J., Ruiz-Argueso, T., Martínez-Romero, E., & Ormeño-Orrillo, E. (2014). *Bradyrhizobium paxllaeri* sp. nov. and *Bradyrhizobium icense* sp. nov., nitrogen-fixing rhizobial symbionts of Lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Peru. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, *64*, 2072-2078.
- Duranti, M. (2006). Grain legume proteins and nutraceutical properties. *Fitoterapia*, *77*, 67-82.
- El-Adawy, T. A. (2002). Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, *57*, 83-97.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). (2006). Avaliação e aplicação de métodos de análise para o fracionamento do nitrogênio em amostras de alimentos para animais. Disponível em <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/48353/4/Boletim04.pdf>. Acedido em 20.05.2017.
- Fabbri, A. D. T., & Crosby, G. A. (2016). A review of the impact of preparation and cooking on the nutritional quality of vegetables and legumes. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, *3*, 2-11.
- Fernandes, T. J. R., Alves, R. C., Souza, T., Silva, J. M. G., Castro-Cunha, M., & Valente, L. M. P. (2012). Lipid content and fatty acid profile of Senegalese sole (*Solea senegalensis* Kaup, 1858) juveniles as affected by feed containing different amounts of plant protein sources. *Food Chemistry*, *134*, 1337-1342.

- Fernández-Quintela, A., Macarulla, M. T., 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, 331-342.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2012). Food energy - methods of analysis and conversion factors. Disponível em http://www.fao.org/uploads/media/FAO_2003_Food_Energy_02.pdf. Acedido em 15.02.2017.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016a). Las legumbres y el cambio climático. Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Climate_SP_PRINT.pdf. Acedido em 24.06.2017.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016b). Pulses contribute to food security. Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/FoodSecurity_EN_PRINT.pdf. Acedido em 24.06.2017.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016c). Pulses and climate change. Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Climate_EN_PRINT.pdf. Acedido em 24.06.2017
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016d). Pulses and biodiversity. Disponível em <http://www.fao.org/3/a-i5389e.pdf>. Acedido em 24.06.2017.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016e). Health benefits of pulses. Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Health_EN_PRINT.pdf. Acedido em 24.06.2017
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2016f). Nutritional benefits of pulses. Disponível em http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/pulses-2016/docs/factsheets/Nutrition_EN_PRINT.pdf. Acedido em 10.06.2017

- Franchini, B., Rodrigues, S., Graça, P., & Almeida, M. (2004). A nova roda dos alimentos... um guia para a escolha alimentar diária. *Nutricias*, 4, 55-56.
- Frison, E. A, Cherfas, J., & Hodgkin, T. (2011). Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. *Sustainability*, 3, 238-253.
- Frota, K. M. G., Soares, R. A. M., & Arêas, J. A. G. (2008). Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28, 470-476.
- Gebrelibanos, M., Tesfaye, D., Raghavendra, Y., & Sintayeyu, B. (2013). Nutritional and health implications of legumes. *International journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 4, 1269-1279.
- Gharachorloo, M., Tarzi, B. G., & Baharinia, M. (2013). The effect of germination on phenolic compounds and antioxidant activity of pulses. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 90, 407-411.
- Ghavidel, R. A., & Prakash, J. (2007). The impact of germination and dehulling on nutrients, antinutrients, in vitro iron and calcium bioavailability and in vitro starch and protein digestibility of some legume seeds. *Food Science and Technology*, 40, 1292-1299.
- Granito, M., Brito, Y., & Torres, A. (2007). Chemical composition, antioxidant capacity and functionality of raw and processed *Phaseolus lunatus*. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 2801-2809.
- Grela, E. R., & Günter, K. D. (1995). Fatty acid composition and tocopherol content of some legume seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 52, 325-331.
- Gupta, R. K., Gupta, K., Sharma, A., Das, M., Ansari, I. A., & Dwivedi, P. D. (2017). Health risks and benefits of chickpea (*Cicer Arietinum*) consumption. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65, 6-22.
- Gupta, Y. P. (1987). Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 37, 201-228.

- Hayat, I., Ahmad, A., Masud, T., Ahmed, A., & Bashir, S. (2014). Nutritional and health perspectives of beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54, 580-592.
- Howieson, J. G., Yates, R. J., Foster, K. J., Real, D., & Besier, R. B. (2008). Prospects for the future use of legumes. In Dilworth, M. J., James, E. K., Sprent, J. I., & Newton, W. E. (Eds.), *Nitrogen-fixing leguminous symbioses* (pp. 363-394). The Netherlands: Springer.
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2014). *Balança Alimentar Portuguesa 2008-2012*. Disponível em https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=215764202&att_display=n&att_download=y. Acedido em 30.06.2017.
- Instituto Nacional de Estatística (INE). (2017). Consumo humano de leguminosas secas per capita (kg/ hab.) por espécie de leguminosas secas entre 2011/2012 a 2015/2016. Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000192&contexto=bd&selTab=tab2&xlang=pt. Acedido em 23.06.2017.
- International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). (2016). *Catch the Pulse*. Índia: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.
- Iqbal, A., Khalil, I. A., Ateeq, N., & Khan, M. S. (2006). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chemistry*, 97, 331-335.
- Iriti, M., & Varoni, E. M. (2017). Pulses, healthy, and sustainable food sources for feeding the planet. *International Journal of Molecular Sciences*, 18, 1-6.
- ISO 12966. (2011). Animal and Vegetable Fats and Oils - Gas Chromatography of Fatty Acid Methyl Esters - Part 2: Preparation of Methyl Esters of Fatty Acids. ISO.
- Jensen, E. S., Peoples, M. B., Boddey, R. M., Gresshoff, P. M., Hauggaard-Nielsen, H., Alves, B. J. R., & Morrison, M. J. (2012). Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32, 329-364.

- 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*, 1858-1864.
- Karr-Lilienthal, L. K., Kadzere, C. T., Grieshop, C. M., & Fahey, G. C. (2005). Chemical and nutritional properties of soybean carbohydrates as related to nonruminants: a review. *Livestock Production Science*, *97*, 1-12.
- Khalil, M. I., Salih, M. A., & Mustafa, A. A. (2017). Study of fatty acid composition, physiochemical properties and thermal stability of broad beans (*Vicia faba*) seed oil. *Agriculture and Biology Journal of North America*, *8*, 141-146.
- Khatoon, N., & Prakash, J. (2006). Nutrient retention in microwave cooked germinated legumes. *Food Chemistry*, *97*, 115-121.
- Khattab, R. Y., & Arntfield, S. D. (2009). Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2: antinutritional factors. *Food Science and Technology*, *42*, 1113-1118.
- Khokhar, S., & Apenten, R. K. O. (2003). Antinutritional factors in food legumes and effects of processing. In Squires, V. R. (Eds.), *The role of food, agriculture, forestry and fisheries in human nutrition* (pp. 82-116). Oxford: Encyclopedia of Life Support Systems.
- Kuo, Y., Rozan, P., Lambein, F., Frias, J., & Vidal-Valverde, C. (2004). Effects of different germination conditions on the contents of free protein and non-protein amino acids of commercial legumes. *Food Chemistry*, *86*, 537-545.
- Lima, J. R., Santos, N. D., Tozzi, A. M. G. A., & Mansano, V. F. (2017). Using legumes as indicators in the seasonally dry vegetation types in South America. *Ecological Indicators*, *73*, 708-715.
- Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J. A., & Watson, C. A. (2011). Models of biological nitrogen fixation of legumes: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *31*, 155-172.

- López-Martínez, L. X., Leyva-López, N., Gutiérrez-Grijalva, E. P., & Heredia, J. B. (*In press*). Effect of cooking and germination on bioactive compounds in pulses and their health benefits. *Journal of Functional Foods*. Doi: 10.1016/j.jff.2017.03.002.
- Mamilla, R. K., & Mishra, V. K. (2017). Effect of germination on antioxidant and ACE inhibitory activities of legumes. *Food Science and Technology*, *75*, 51-58.
- McCrorry, M. A., Hamaker, B. R., Lovejoy, J. C., & Eichelsdoerfer, P. E. (2010). Pulse consumption, satiety and weight management. *American Society for Nutrition*, *1*, 17-30.
- Mcdermott, J., & Wyatt, A. J. (2017). The role of pulses in sustainable and healthy food systems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, *1392*, 30-42.
- Messina, M. J. (1999). Legumes and soybeans: overview of their nutritional profiles and health effects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *70*, 439S-450S.
- Messina, V. (2014). Nutritional and health benefits of dried beans. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *100*, 437S-442S.
- Motta, C., Bento, C., Nascimento, A. C., & Santos, M. (2016). A importância das leguminosas na alimentação, nutrição e promoção da saúde. *Boletim Epidemiológico Observações*, *8*, 4-7.
- Mudryj, A. N., Yu, N., & Aukema, H. M. (2014). Nutritional and health benefits of pulses. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *39*, 1-8.
- 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.
- Myers, S. S., Smith, M. R., Guth, S., Christopher, D. G., Vaitla, B., Mueller, N. D., Dangour, A. D., & Huybers, P. (2017). Climate change and global food systems: potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health*, *38*, 259-277.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2005). *Lehninger principles of biochemistry*. (4^a ed.). EUA: Freeman.

- Nergiz, C., & Gokgoz, E. (2007). Effects of traditional cooking methods on some antinutrients and in vitro protein digestibility of dry bean varieties (*Phaseolus Vulgaris* L.) grown in Turkey. *International Journal of Food Science and Technology*, *42*, 868-873.
- Odeny, D. A. (2007). The potential of pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) in Africa. *Natural Resources Forum*, *31*, 297-305.
- Oghbaei, M., & Prakash, J. (2017). Nutritional properties of green gram germinated in mineral fortified soak water: I. Effect of dehulling on total and bioaccessible nutrients and bioactive components. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 871-879.
- Onder, M., & Kahraman, A. (2009). Antinutritional factors in food grain legumes. *1st International Symposium on Sustainable Development*, 40-44.
- Padhi, E. M. T., Liu, R., Hernandez, M., Tsao, R., & Ramdath, D. D. (*In press*). Total polyphenol content, carotenoid, tocopherol and fatty acid composition of commonly consumed Canadian pulses and their contribution to antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*. Doi: 10.1016/j.jff.2016.11.006.
- Patterson, E., Wall, R., Fitzgerald, G. F., Ross, R. P., & Stanton, C. (2012). Health implications of high dietary omega-6 polyunsaturated fatty acids. *Journal of Nutrition and Metabolism*, *2012*, 1-16.
- Phillippy, B. Q. (2003). Inositol phosphates in foods. *Advances in Food and Nutrition Research*, *45*, 1-60.
- 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*, 7029-7049.
- Reddy, N. R., Pierson, M. D., Sathe, S. K., & Salunkhe, D. K. (1985). Dry bean tannins: a review of nutritional implications. *Journal of the American Oil Chemists Society*, *62*, 541-549.

- Redondo-Cuenca, A., Villanueva-Suárez, M. J., Rodríguez-Sevilla, M. D., & Mateos-Aparicio, I. (2007). Chemical composition and dietary fiber of yellow and green commercial soybeans (*Glycine max*). *Food Chemistry*, *101*, 1216-1222.
- Ryan, E., Galvin, K., O'Connor, T. P., Maguire, A. R., & O'Brien, N. M. (2007). Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. *Plant Foods for Human Nutrition*, *62*, 85-91.
- Sá, J. C. M., Lal, R., Cerri, C. C., Lorenz, K., Hungria, M., & Carvalho, P. C. F. (2017). Low-carbon agriculture in South America to mitigate global climate change and advance food security. *Environment International*, *98*, 102-112.
- Sangronis, E., & Machado, C. J. (2007). Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *Food Science and Technology*, *40*, 116-120.
- Sílvia, F. (2011). Risco cardiovascular na infância e adolescência. *Revista Factores de Risco*, *23*, 08-13.
- Simopoulos, A. P. (2002). The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, *56*, 365-379.
- Singh, A. K., Bharati, R. C., Manibhushan, N. C., & Pedpati, A. (2013). An assessment of faba bean (*Vicia faba* L.) current status and future prospect. *African Journal of Agricultural Research*, *8*, 6634-6641.
- Singh, N. (2017). Pulses: an overview. *Journal of Food Science and Technology*, *54*, 853-857.
- 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*, 223-232.
- Sridhar, K. R., & Seená, S. (2006). Nutritional and antinutritional significance of four unconventional legumes of the genus *Canavalia*—a comparative study. *Food Chemistry*, *99*, 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.
- Tharanathan, R. N., & Mahadevamma, S. (2003). Grain legumes—a boon to human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*, *14*, 507-518.
- Torres, A., Frias, J., Granito, M., & Vidal-Valverde, C. (2007). Germinated Cajanus cajan seeds as ingredients in pasta products: chemical, biological and sensory evaluation. *Food Chemistry*, *101*, 202-211.
- Vadez, V., Berger, J. D., Warkentin, T., Asseng, S., Ratnakumar, P., Rao, K. P. C., Gaur, P. M., Munier-Jolain, N., Larmure, A., Voisin, A., Sharma, H. C., Pande, S., Sharma, M., Krishnamurthy, L., & Zaman, M. A. (2012). Adaptation of grain legumes to climate change: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, *32*, 31-44.
- Vale, A. P., Cidade, H., Pinto, M., & Oliveira, M. B. P. P. (2014). Effect of sprouting and light cycle on antioxidant activity of Brassica oleracea varieties. *Food Chemistry*, *165*, 379-387.
- Vasconcelos, I. M., Maia, F. M. M., Farias, D. F., Campello, C. C., Carvalho, A. F. U., Moreira, R. A., & Oliveira, J. T. A. (2010). Protein fractions, amino acid composition and antinutritional constituents of high-yielding cowpea cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, *23*, 54-60.
- Velasquez, M. T., & Bhathena, S. J. (2007). Role of dietary soy protein in obesity. *International Journal of Medical Sciences*, *4*, 72-82.
- Wang, H., He, H., & Wang, Z. (2013). Biodiversity and eoadaptability of legumes. *Advanced Materials Research*, *610-613*, 3488-3494.
- Xing, H., Liu, D. L., Li, G., Wang, B., Anwar, M. R., Crean, J., Lines-Kelly, R., & Yu, Q. (2017). Incorporating grain legumes in cereal-based cropping systems to improve profitability in southern New South Wales, Australia. *Agricultural Systems*, *154*, 112-113.

Yoshida, Y., Niki, E., & Noguchi, N. (2003). Comparative study on the action of tocopherols and tocotrienols as antioxidant: chemical and physical effects. *Chemistry and Physics of Lipids*, *123*, 63-75.

Zhang, B., Deng, Z., Tang, Y., Chen, P., Liu, R., Ramdath, D. D., Liu, Q., Hernandez, M., & Tsao, R. (2014). Fatty acid, carotenoid and tocopherol compositions of 20 Canadian lentil cultivars and synergistic contribution to antioxidant activities. *Food Chemistry*, *161*, 296-304.