



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**FACULDADE DE FARMÁCIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS**

Ana Carolina Chagas Portela

**PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE FARINHAS DOS FEIJÕES CAUPÍ  
(*Vigna unguiculata* L. Walp.), GUANDU (*Cajanus cajan* L.  
Millspaugh) E MANGALÔ (*Phaseolus lunatus* L.) OBTIDAS SOB  
DIFERENTES CONDIÇÕES DE SECAGEM**

Salvador - BA  
2018

**Ana Carolina Chagas Portela**

**PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE FARINHAS DOS FEIJÕES CAUPI  
(*Vigna unguiculata* L. Walp.), GUANDU (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) E  
MANGALÔ (*Phaseolus lunatus* L.) OBTIDAS SOB DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE SECAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos, à Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ciência de Alimentos.

Prof<sup>o</sup> Dr. Ederlan de Souza Ferreira

**Orientador**

Prof<sup>o</sup> Dr. Ferlando Lima Santos

Prof<sup>a</sup> Maria P. Spínola Miranda

**Coorientadores**

Salvador - BA

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA),  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Portela, Ana Carolina Chagas

Propriedades funcionais de farinhas dos feijões  
caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.), guandu (*Cajanus  
cajan* L. Millspaugh) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.)  
obtidas sob diferentes condições de secagem / Ana  
Carolina Chagas Portela. -- Salvador, 2018.

77 f. : il

Orientador: Ederlan de Souza Ferreira.

Coorientadora: Maria da Pureza Spínola Miranda.

Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-graduação em  
Ciência de Alimentos) -- Universidade Federal da  
Bahia, Faculdade de Farmácia, 2018.

1. Propriedades funcionais. 2. Leguminosas. I.  
Ferreira, Ederlan de Souza. II. Miranda, Maria da  
Pureza Spínola. III. Título.



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
FACULDADE DE FARMÁCIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DE ALIMENTOS

## TERMO DE APROVAÇÃO

ANA CAROLINA CHAGAS PORTELA

PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE FARINHAS DOS FEIJÕES CAUPÍ  
(*Vigna unguiculata* L. Walp.), GUANDU (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) E  
MANGALÔ (*Phaseolus lunatus* L.) OBTIDAS SOB DIFERENTES  
CONDIÇÕES DE SECAGEM

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos (nível Mestrado Acadêmico) da Faculdade de Farmácia da Universidade Federal da Bahia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ciência de Alimentos.

Aprovada em 29 de março de 2018.

BANCA EXAMINADORA

---

Dr. Ederlan de Souza Ferreira  
Universidade Federal da Bahia  
Orientador

---

Dr. Celso Duarte Carvalho Filho  
Universidade Federal da Bahia

---

Dr<sup>a</sup>. Ryzia de Cássia Vieira Cardoso  
Universidade Federal da Bahia

## **Agradecimentos**

Minha profunda gratidão às grandes oportunidades que a vida me proporcionou para que pudesse alcançar este objetivo.

À minha queridíssima mãe, Vitória, por todo seu apoio e amor.

Aos meus orientadores Prof<sup>o</sup> Dr. Ferlando Lima, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Maria P. Spínola e Prof<sup>o</sup> Dr. Ederlan Ferreira pelas ideias, críticas, apoio e ensinamentos durante esta caminhada.

Às minhas amigas mais próximas e àquelas que encontrei durante o curso pelo incentivo e auxílio nos estudos e laboratórios.

Aos meus colegas de trabalho da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia pelo apoio e auxílio nas análises.

Muito obrigada!

## RESUMO

As sementes de feijões apresentam uma importante contribuição nutricional, econômica e social, sobretudo em países em desenvolvimento. As espécies *Vigna unguiculata* L. Walp. (feijão-caupí), *Cajanus cajan* L. Millspaugh (Guandu) e *Phaseolus lunatus* L. (mangalô) são utilizadas na alimentação humana, porém ainda de forma incipiente. A incorporação de farinha de leguminosas pode contribuir positivamente na composição nutricional de alguns produtos. Assim, este estudo avaliou o efeito da temperatura (40, 50, 60 °C) e do tempo (6, 9, 12 h) de secagem nos feijões caupí, guandu e mangalô sobre algumas propriedades funcionais de suas farinhas, tais como: a capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO), índices de absorção de água (IAA) e solubilidade em água (ISA), atividade de emulsão (AE) e estabilidade de emulsão (EE), capacidade de formação de gel, atividade de água (Aw), e também da composição centesimal, pH, fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante. Os resultados da composição centesimal demonstraram um teor de proteína maior para a farinha de mangalô com 32,4%. A concentração de fenólicos totais e o percentual de atividade antioxidante foi maior para a farinha de guandu,  $14,6 \pm 0,5$  mg/AG.g<sup>-1</sup> e 63%, respectivamente. A umidade, Aw e densidade apresentaram valores esperados para farinhas, já os resultados observados para as propriedades funcionais demonstraram que o IAA e ISA não tiveram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, no entanto houve uma diferença significativa ( $p < 0,05$ ) na CAA apenas na farinha de mangalô entre os tratamentos 40 e 50 °C no tempo de 6 horas. Porém, quanto a CAO não foi observada diferença significativa nenhum dos tratamentos. A AE apresentou aumento nos tratamentos 50 °C nos tempos estudados, contudo a EE foi baixa em todas as farinhas. A concentração de 12% das farinhas estudadas demonstrou ser suficiente para a formação de gel na maioria das condições. No entanto, foi possível observar pela análise de componentes principais uma correlação positiva entre AE, CAO, Aw e densidade nas farinhas guandu e mangalô para tratamentos 60 °C em todos os tempos, no entanto a farinha de caupí teve correlação positiva entre EE, CAA, Aw, IAA, ISA e densidade, principalmente em tratamentos de 50 °C em todos os tempos. De modo geral, com o tratamento 40 °C e 9 horas se obtêm, para todas as farinhas, bons resultados, contudo a depender da finalidade no uso das farinhas, algumas propriedades funcionais podem ser potencializadas em tratamentos diferentes.

**Palavras-chave:** Leguminosas. Condições de secagem. Compostos bioativos. Propriedades funcionais. Componentes principais.

## ABSTRACT

Bean seeds have an important nutritional, economic and social contribution, especially in developing countries. The species *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (cowpea), *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh (pigeon pea) and *Phaseolus lunatus* L. (lima bean) are used in human feeding, but still in an incipient way. The incorporation of leguminous flour can contribute positively to the nutritional composition of some products. Thus, this study evaluated the effect of temperature (40, 50, 60 °C) and drying time (6, 9, 12 h) on cowpea, pigeon pea and lima bean on some functional properties of their flours, such as: water absorption (WA) and oil (OA), water absorption index (WAI) and water solubility index (WSI), emulsion activity (EA) and emulsion stability (ES), gel formation capacity, water activity (Aw), and also of the centesimal composition, pH, total phenolics, total flavonoids and antioxidant activity. The results of the centesimal composition showed a higher protein content for lima bean flour with 32,4%. The total phenolic concentration and the percentage of antioxidant activity were higher for pigeon pea flour,  $14,6 \pm 0,5$  mg / g.g-1 and 63%, respectively. The results showed that the WAI and WSI did not show significant difference ( $p > 0,05$ ) between the treatments, however, there was a significant difference ( $p < 0,05$ ) in WA only in the lima bean between treatments 40 and 50 °C in the time of 6 hours. However, for OA, no significant difference was observed in either treatment. The EA presented increase in the treatments 50 °C in the studied times, however the ES was low in all the flours. The concentration of 12% of the flours studied was shown to be enough for gel formation under most conditions. However, it was possible to observe a positive correlation between EA, OA, Aw and density in the pigeon pea and lima bean flours for treatments 60 °C at all times studied, however, the cowpea flour had a positive correlation between ES, WA, Aw, WAI, WSI and density, especially in 50 °C treatments at all times. In general, with the treatment 40 °C and 9 hours, good results are obtained for all flours, however depending on the purpose in the use of the flours, some functional properties can be potencialized in different treatments.

**Keywords:** Legumes. Drying conditions. Bioactive compounds. Functional properties. Main components.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Capítulo I –</b>	<b>Propriedades funcionais de farinhas dos feijões caupí (<i>vigna unguiculata</i> L. walp.), guandu (<i>cajanus cajan</i> L. millspaugh) e mangalô (<i>phaseolus lunatus</i> L.) obtidas sob diferentes condições de secagem.....</b>	13
<b>Figura 1 –</b>	Feijão caupí imaturo.....	16
<b>Figura 2 –</b>	Feijão guandu imaturo.....	18
<b>Figura 3 –</b>	Feijão mangalô imaturo.....	19
<b>Figura 4 –</b>	A) Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C..... B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no amido.....	23 23
<b>Figura 5 –</b>	Estrutura química básica dos flavonoides e as variações mais encontradas em leguminosas.....	27
<b>Capítulo II –</b>	<b>Efeito das condições de secagem sobre as propriedades funcionais de caupí, guandu e mangalô.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 1 –</b>	Fluxograma para a obtenção das farinhas a partir dos grãos de feijões caupí, guandu e mangalô.....	51
<b>Figura 2 –</b>	Umidade relativa e atividade de água das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.....	56
<b>Figura 3 –</b>	Capacidade de absorção de água e de óleo das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.....	62
<b>Figura 4 –</b>	Atividade e estabilidade de emulsão das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.....	64
<b>Figura 5 –</b>	Análise de componentes principais das propriedades físico-químicas e funcionais das farinhas dos feijões. CAA: capacidade de absorção de água, CAO: capacidade de absorção de óleo, IAA: índice de absorção de água, ISA: índice de solubilidade em água. As condições de desidratação dos feijões estão demonstradas, de acordo com a ordem: Temperatura_tempo.....	69

## LISTA DE TABELAS

<b>Capítulo I –</b>	<b>Propriedades funcionais de farinhas dos feijões caupí (<i>vigna unguiculata</i> L. walp.), guandu (<i>cajanus cajan</i> L. millspaugh) e mangalô (<i>phaseolus lunatus</i> L.) obtidas sob diferentes condições de secagem.....</b>	<b>13</b>
<b>Tabela 1 –</b>	Espécies de leguminosas comumente consumidas no Brasil.....	15
<b>Tabela 2 –</b>	Composição centesimal de alguns feijões consumidos no Brasil.....	21
<b>Tabela 3 –</b>	Aplicações das propriedades funcionais das proteínas na elaboração de produtos.....	30
<b>Capítulo II –</b>	<b>Efeito das condições de secagem sobre as propriedades funcionais de caupí, guandu e mangalô.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabela 1 –</b>	Composição centesimal, pH, compostos bioativos e atividade antioxidante das farinhas produzidas a partir da secagem dos feijões à 50 °C e 6 horas.....	56
<b>Tabela 2 –</b>	Propriedades físico-químicas das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.....	60
<b>Tabela 3 –</b>	Concentração necessária das farinhas (m/v) obtidas sob diferentes condições de secagem para a formação de gel.....	67

## Índice

<b>1. Introdução</b> .....	10
<b>2. Objetivos</b> .....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
<b>Capítulo I</b>	
<b>Propriedades funcionais de farinhas dos feijões caupí (<i>vigna unguiculata</i> L. walp.), guandu (<i>cajanus cajan</i> L. millspaugh) e mangalô (<i>phaseolus lunatus</i> L.) obtidas sob diferentes condições de secagem.....</b>	<b>13</b>
<b>3. Fundamentação teórica</b> .....	<b>14</b>
3.1 Sementes de leguminosas.....	14
3.2 Feijão caupí.....	16
3.3 Feijão guandu.....	18
3.4 Feijão mangalô.....	19
3.5 Aspectos nutricionais.....	21
3.5.1 Carboidratos e fibras.....	22
3.5.2 Proteínas.....	24
3.5.3 Vitaminas e minerais.....	25
3.5.4 Compostos bioativos.....	26
3.6 Leguminosas na prevenção de doenças crônicas.....	28
3.7 Propriedades funcionais da farinha de leguminosas.....	29
3.7.1 Índice de absorção e solubilidade em água.....	30
3.7.2 Capacidade de absorção de água e absorção de óleo.....	31
3.7.3 Emulsificação.....	31
3.7.4 Capacidade de formação de gel.....	32
3.8. Obtenção de farinha vegetal e alterações nas propriedades funcionais.....	33
3.9. Importância econômica da farinha de leguminosas.....	34
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>36</b>
<b>Capítulo II</b>	
<b>Efeito das condições de desidratação sobre as propriedades funcionais das farinhas de caupí, guandu e mangalô.....</b>	<b>45</b>
<b>1. Introdução</b> .....	<b>48</b>
<b>2. Material e métodos</b> .....	<b>49</b>
2.1 Delineamento experimental.....	49
2.2 Análises físico-químicas das farinhas integrais.....	50
2.2.1 Composição centesimal e determinação de pH.....	51
2.2.2 Determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante.....	52
2.3 Propriedades físico-químicas.....	53
2.4 Índices de absorção (IAA) e solubilidade em água (ISA).....	53
2.5 Capacidade de absorção de água (CAA).....	54
2.6 Capacidade de absorção de óleo (CAO).....	54
2.7 Atividade de emulsão (AE) e estabilidade de emulsão (EE).....	54
2.8 Capacidade de formação de gel.....	55
2.9 Análise estatística.....	55
<b>3. Resultados e discussão</b> .....	<b>55</b>
<b>4. Conclusão</b> .....	<b>70</b>
<b>Referências Bibliográficas</b> .....	<b>71</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Da família *Fabaceae* ou *Leguminosae* as espécies de feijões têm grande importância econômica e social, contribuindo como fonte de energia, proteínas, micronutrientes, compostos bioativos e fibras dietéticas, na alimentação da população, principalmente de países em desenvolvimento (FREIRE FILHO et al., 2011; SUÁREZ-MARTÍNEZ et al., 2016). No Brasil, a espécie *Phaseolus vulgaris* L., conhecida popularmente por feijão-comum e feijão-carioca representa a principal semente de leguminosa utilizada na alimentação, no entanto a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., conhecida como feijão caupí ou feijão de corda, tem aumentado sua produção. Na safra de 2016/17, no estado da Bahia, o aumento foi de 247 kg/ha para 528 kg/ha, um acréscimo de 113,9%, da safra anterior. Apesar de ter a maior área de cultivo na região Nordeste, a produção do feijão caupí é mais abundante na região Centro-Oeste, devido ao investimento tecnológico direcionado para esta região (CONAB, 2017b; FREIRE FILHO et al., 2011).

Outras espécies de feijões também são utilizadas na alimentação humana, porém ainda de forma incipiente. As espécies *Cajanus cajan* L. Millspaugh (feijão guandu) e *Phaseolus lunatus* L. (feijão mangalô ou feijão lima) são cultivadas como uma alternativa de renda para pequenos produtores, notadamente da agricultura familiar. Estas são frequentemente utilizadas em sistemas agrícolas para a forragem, melhoramento e recuperação do solo, no entanto são também comercializados principalmente em feiras livres como grãos ainda imaturos (AZEVEDO et al., 2007; FREIRE FILHO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2007).

Alguns estudos têm demonstrado a importância do consumo de leguminosas para a promoção da saúde e prevenção de doenças crônicas, relacionando a presença de flavonoides, compostos fenólicos, e sua ação antioxidante e de inibição de enzimas, com o controle da glicose e da pressão arterial, enquanto que as proteínas e os peptídeos têm sido associados à ação hipocolesterolêmica. Igualmente, as fibras alimentares, o amido resistente, e os oligossacarídeos, presentes nas leguminosas, que são parcial ou totalmente fermentáveis no intestino promovendo a proliferação da microbiota benéfica e a produção de ácidos graxos de cadeia curta, têm sido associados à prevenção da constipação intestinal e de alguns tipos de câncer (RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2015; CLEMENTE; OLIAS, 2017).

Contudo, o elevado conteúdo proteico é o aspecto nutricional de maior interesse nas leguminosas, uma vez que é uma fonte de proteínas de baixo custo e sustentável quando comparada com as fontes de origem animal. Neste sentido, muitas pesquisas têm objetivado o melhoramento da produção e da qualidade das sementes de leguminosas, bem como a sua utilização na forma de farinha, com o intuito de agregar valor nutricional e funcional a diversos produtos alimentícios. Portanto, o conhecimento das propriedades funcionais relacionadas à ligação com a água, com o óleo, a formação de emulsão e gel, é fundamental para que as farinhas de leguminosas passem a ser uma alternativa na substituição parcial ou total da farinha de trigo ou de outros ingredientes funcionais (FENDRI et al., 2016; KAUR; SINGH; KAUR, 2017; OLIVIERO; FOGLIANO, 2016; RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018).

Por outro lado, estas farinhas apresentam características indesejáveis como, alterações sensoriais (*flavor*), presença de inibidores de proteases (compostos antinutricionais), deficiência de aminoácidos sulfurados, e um maior tempo necessário para a sua preparação. Com o objetivo de reduzir estas características, alguns estudos têm reportado a aplicação de diferentes condições de tratamento térmico (ANDRADE et al., 2016; LYKOMITROS; FOGLIANO; CAPUANO, 2016; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). No entanto, o tratamento térmico também pode impactar nas propriedades funcionais das farinhas, devido a alterações dos componentes químicos, afetando a sua aplicação em formulações de alimentos (MA et al., 2011; PEYRANO; SPERONI; AVANZA, 2016).

Devido a este fato é fundamental obter informações se há alterações nas propriedades funcionais das farinhas de leguminosas quando estas são obtidas após algum tratamento térmico, uma vez que estas propriedades influenciam a qualidade do produto final.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo geral**

Analisar as propriedades funcionais de farinhas dos feijões caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.), guandu (*Cajanus cajan* L. millspaugh) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.) obtidas sob diferentes condições de secagem.

### **2.2 Objetivos específicos**

- ✓ Determinar o pH, a composição centesimal, o teor de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante das farinhas de feijão caupú, guandu e mangalô;
  
- ✓ Avaliar a umidade, densidade, atividade de água, capacidade de absorção de água (CAA), capacidade de absorção de óleo (CAO), índices de absorção de água (IAA), solubilidade em água (ISA), atividade de emulsão (AE), estabilidade de emulsão (EE), e capacidade de formação de gel das farinhas de acordo com diferentes condições de temperatura e tempo de secagem.

## Capítulo I

Propriedades funcionais de farinhas dos feijões caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.), guandu (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.) obtidas sob diferentes condições de secagem

---

### 3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

#### 3.1 Sementes de leguminosas

Derivada da palavra latina “legumen”, a palavra “legume” significa sementes colhidas em vagens. A *Food and Agriculture Organization of the United Nation* (FAO) denomina o termo “pulse” (do latim “puls”) para sementes que contêm pequenas quantidades de gordura, enquanto para aquelas contendo grandes quantidades de gordura (como soja e amendoim) são denominadas “oleaginosas”, e todas são reconhecidas como plantas leguminosas (FAO, 2016). Todas as leguminosas pertencem a família *Fabaceae* ou *Leguminosae* que possui distribuição cosmopolita, e é considerada a terceira maior família de angiospermas, com espécies de grande importância econômica e social, contribuindo como fonte de energia, proteínas, micronutrientes e fibras dietéticas, de milhões de indivíduos, principalmente em países em desenvolvimento (FREIRE FILHO et al., 2011; SUÁREZ-MARTÍNEZ et al., 2016). Todavia, as leguminosas ainda são consideradas secundárias, quanto à preferência de consumo, quando comparadas com os cereais, e a sua produção acaba sendo prejudicada por esse motivo (NEDUMARAN et al., 2015).

Desde 1980, a produção global de algumas espécies de leguminosas como a *Cicer arietinum* (grão de bico), *Cajanus cajan* (feijão guandu), *Vigna unguiculata* (feijão caupi), *Phaseolus vulgaris* (feijão comum), *Lens culinares* (lentilha), *Vicia faba* (feijão fava), *Glycine max* (soja) e *Arachis hypogaea* (amendoim), tem crescimento em uma taxa pequena de 1% por ano. Conforme levantamento da FAO, cerca de 61% da produção mundial de feijão comum, é originária de Myanmar, no Sul da Ásia, seguido da Índia. Surgem, ainda, como maiores produtores, o Brasil, a China, os Estados Unidos e o México, contudo os grandes produtores de feijão, também são os grandes consumidores do produto, o que torna menor o excedente exportável, desta forma, o comércio mundial de feijão torna-se bastante limitado (CONAB, 2017a; NEDUMARAN et al., 2015).

Na **Tabela 1** abaixo estão descritas algumas das espécies de leguminosas mais consumidas mundialmente. Dentre as várias espécies do gênero *Phaseolus*, cinco são cultivadas no continente americano: *Phaseolus vulgaris* L., *P. lunatus* L., *P. coccineus* L., *P. acutifolius* A. Gray e *P. polyanthus* Greeman. Para o gênero *Vigna*, a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é a que tem maior produção mundial (FREIRE FILHO et al., 2011; DEBOUCK, 1999).

**Tabela 1** – Espécies de leguminosas comumente consumidas no mundo.

Nome botânico	País ou região
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>Vicia faba</i>	México
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i>	América do Norte
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Cicer arietinum</i>	Brasil
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Cajanus cajan</i>	Ilhas Caribenhas
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>Vigna radiata</i> , <i>Lens culinares</i>	Índia
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>Vigna unguiculata</i> , <i>Vicia faba</i>	África
<i>Phaseolus vulgaris</i> , <i>Vigna radiata</i> , <i>Vicia faba</i> , <i>Pisum sativum</i>	Europa

Fonte: Michaels (2016).

O Brasil é o terceiro na produção mundial de feijão comum, com aproximadamente 3 milhões de toneladas ao ano, em uma área estimada de cultivo de 3,2 milhões de hectares. Dos países que compõem o Mercosul, o Brasil é o maior consumidor também. Entre as regiões do país, o maior polo produtor é a região Sul, seguida das regiões Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e Norte (CONAB, 2017a; SEAB, 2017).

Dentre as várias espécies de feijão cultivadas no Brasil, para efeito de regulamento técnico, somente aquelas dos gêneros *Phaseolus* e *Vigna* são consideradas como feijão pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo as duas mais importantes economicamente no país (BRASIL, 2008). Por outro lado, ainda que de forma incipiente, as espécies *Cajanus cajan* L. Millspaugh (feijão guandu) e *Phaseolus lunatus* L. (feijão mangalô ou feijão fava ou lima), apresentam uma importância econômica e social na região Nordeste do Brasil, assim como a espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., pois são cultivadas como uma alternativa de renda por pequenos produtores (AZEVEDO et al., 2007; FREIRE FILHO et al., 2011; GUIMARÃES et al., 2007; SOUZA et al., 2007).

Com o intuito de promover um amplo debate e atenção global para o papel que as leguminosas têm na alimentação humana e de animais, seu potencial de produtividade e sua contribuição para uma agricultura sustentável, a FAO, designou o ano de 2016 como: Ano Internacional das Sementes de Leguminosas (*International Year of Pulses*) (FAO, 2016). Além da sua participação na alimentação, as

leguminosas são frequentemente utilizadas como cultivos de rotação, devido ao seu papel importante na fixação do nitrogênio no solo (LEWIS et al., 2005; NEDUMARAN et al., 2015).

### 3.2 Feijão caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

O feijão caupí é uma planta granífera, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walp., originária da África, introduzida no Brasil pelos portugueses, no século XVI, é cultivado em regiões tropicais e subtropicais da África, Ásia, América, Europa e Oceania, abrangendo mais de 65 países. É conhecido também como feijão de corda ou macassar e possui maior adaptação à condição de severidade hídrica e resistência às pragas, que o feijão comum, estando bem adaptada às condições edafoclimáticas do Nordeste do Brasil, principalmente em regiões semiáridas. A caracterização e classificação dos grãos do feijão se dá quanto à cor, forma, tamanho e quanto ao tipo de anel do hilo e halo, não somente para fins de descrição de cultivares, mas, principalmente, para fins comerciais (FROTA; ARÊAS; SOARES, 2008; PADULOSI, 1997).

A **Figura 1** mostra o feijão caupí, de acordo com Freire Filho et al. (2005), pode ser classificado como um feijão da classe branco e subclasse olho-marrom.



**Figura 1** – Feijão caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) imaturo. Fonte: Autoria própria.

No Brasil, uma parte da produção do feijão caupí destina-se ao próprio consumo e a outra parte é comercializada por feirantes, merceiros e empacotadores que repassam para distribuidores ou fazem venda direta para consumidores e empresas exportadoras. O mercado de exportação constitui uma importante opção de negócio para o Brasil, uma vez que alguns países como Canadá, Argélia, Portugal e Índia, são tradicionalmente importadores desse feijão. Por ser um sistema de produção manual, principalmente na colheita, é ainda um mercado em que predomina a agricultura familiar. Comercialmente o feijão caupí é vendido como grão seco, quase a totalidade do mercado como feijão verde (vagem ou grão), principalmente nas feiras livres, e uma pequena parte na forma de farinha para acarajé (FREIRE FILHO et al., 2011).

A área de cultivo e a produção do feijão caupí na região Norte e Centro-Oeste é pequena, porém o percentual de produtividade, no período de 2005 a 2009 foi de 94,92 e 109,76%, respectivamente. Valores que foram maiores que a produtividade da região Nordeste, que no mesmo período apresentou 37,66%, apesar desta região possuir uma área de cultivo e uma produção maior. Os parâmetros da cultura na região Nordeste não são satisfatórios, contudo constitui uma situação de oportunidade, uma vez que aumentar a produção não é necessário abrir mais áreas, mas sim, investir em tecnologia, como ocorre principalmente na região Centro-Oeste (FREIRE FILHO et al., 2011). Apesar disso, na safra de 2016/17, o estado da Bahia, aumentou a sua produção de 247 kg/ha para 528 kg/ha, um acréscimo de 113,9%, da safra anterior. No entanto, a produção na região Centro-Oeste ainda é bem maior devido ao investimento tecnológico principalmente no Mato Grosso que apresentou produtividade superior a 1.000 kg/ha na safra de 2016/2017 (CONAB, 2017b).

### **3.3 Feijão guandu (*Cajanus cajan* L. Millspaugh)**

O feijão guandu é uma planta perene ou anual, ereta e arbustiva, podendo alcançar 4 m de altura, de vida curta, da ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Cajanus*, espécie *Cajanus cajan* (L.) Millspaugh. É originária da África e Extremo Oriente, introduzida no Brasil possivelmente durante o período da escravidão, e é conhecida como andu ou gandu ou quando, dependendo da região.

Pode ser cultivada em diversas regiões de clima tropical, tolerando bem à seca, e é pouco exigente em relação à fertilidade do solo (SOUZA et al., 2007).

As sementes deste feijão, entre duas e nove por vagem, são de formato aproximadamente redondo, com 4 a 8 mm de diâmetro, de cor verde ou púrpura quando imaturas; quando maduras, apresentam cores variadas, como o branco, o amarelo, o castanho e o preto (NENE; SHEILA, 1990). A **Figura 2** mostra o feijão guandu ainda imaturo na cor verde.

A planta possui seu sistema radicular profundo e com ramificações tornando-a capaz de resistir ao estresse hídrico, possibilitando romper camadas adensadas de solo, mostrando não somente seu maior potencial na absorção de água, mas também a possibilidade de reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas. Isso possibilita a incorporação de matéria orgânica com elevados teores de nitrogênio, favorecendo o melhoramento dos solos, e o crescimento de outras culturas como milho e soja (BELTRAME; RODRIGUES, 2007).



**Figura 2** – Feijão guandu (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) imaturo. Fonte: Autoria própria.

A colheita do feijão guandu representa cerca de 5% da produção mundial de feijões podendo alcançar até 3 t/ha<sup>-1</sup>, dependendo da época de semeadura. O maior produtor mundial é a Índia, que tem essa cultura como base de sua alimentação, com 90% da produção mundial (AZEVEDO et al., 2007; SANTOS et al., 1999).

No entanto, no Brasil, em sua maior parte a produção ocorre em sistemas agrícolas de base familiar, especialmente no semiárido, sendo utilizada para alimentação humana e animal. Esta leguminosa serve como complemento da renda

familiar, pois os grãos ainda verdes são vendidos nas feiras livres (AZEVEDO et al., 2007).

Os dados referentes à área de cultivo e produção do feijão guandu no Brasil, ainda não analisados separadamente, devido ao pequeno volume produzido e comercializado, entrando no cômputo da produção de feijões da agricultura familiar, sem distinção da sua espécie.

### 3.4 Feijão mangalô (*Phaseolus lunatus* L.)

O feijão mangalô, também conhecida como feijão fava ou lima, tem origem asiática, de ciclo anual, herbácea, do tipo trepador que pertence à ordem Fabales, família Fabaceae, subfamília Faboideae, gênero *Phaseolus*, espécie *Phaseolus lunatus* L., é cultivada na América do Norte, na América do Sul, na Europa, no leste e oeste da África e no sudeste da Ásia (VIEIRA, 1992).

A vagem possui de duas a quatro sementes, que exibem grande variação de tamanho e cor de tegumento (SANTOS et al., 2002). De acordo com Santos (2008), o feijão mangalô presente na América do Sul tem como características o seu tamanho grande e o formato achatado. Comercialmente são vendidos os grãos verdes ou maduros, normalmente em feiras livres (AZEVEDO et al., 2007). A **Figura 3** mostra o feijão mangalô em estágio fisiológico imaturo.



**Figura 3** – Feijão mangalô (*Phaseolus lunatus* L.) imaturo. Fonte: Autoria própria.

A planta possui uma eficiente fixação de nitrogênio, tendo alto potencial para uso como adubação verde, a qual é considerada um processo chave para o manejo agrícola sustentável, podendo proporcionar aos agricultores, menor dependência quanto à aplicação de fertilizantes químicos. É também importante planta forrageira, devido à sua elevada produção de fitomassa (SANTOS, 2008).

No Brasil, o feijão mangalô é cultivado em todas as regiões e tem grande importância, principalmente na região Nordeste, sendo o estado da Paraíba o maior produtor nacional. Seu cultivo, geralmente, é realizado de forma bastante rústica, normalmente em consórcio com milho, mandioca ou gramíneas tropicais. É bastante resistente à seca, ao excesso de umidade e ao calor, possibilitando o prolongamento do período da colheita na época de seca, razão que justifica sua importância econômica e social no Nordeste do país (AZEVEDO; FRANCO; ARAÚJO, 2003).

Assim como ocorre com o feijão guandu, os dados referentes à área de cultivo e produção do feijão mangalô no Brasil, ainda não analisados separadamente, devido ao pequeno volume produzido e comercializado, entrando também no cômputo da produção de feijões da agricultura familiar, sem distinção da sua espécie.

### **3.5 Aspectos nutricionais**

Fontes importantes de macronutrientes e micronutrientes, os feijões desempenham um papel fundamental nas dietas tradicionais de muitas regiões do mundo. Além de seu valor nutricional, há muito tempo se reconhece que as leguminosas são alimentos funcionais, que promovem a saúde e têm propriedades terapêuticas, sendo uma excelente fonte de antioxidantes naturais que previnem doenças.

A maioria dos nutrientes está primordialmente nos cotilédones, que tem como constituintes principais as proteínas e os carboidratos, representando 15-25% e 50-75%, respectivamente, do peso total das sementes. Os demais constituintes são vitaminas, minerais, fibras e lipídios normalmente em menor quantidade (1-3% do peso das sementes), exceto para as oleaginosas. Embora, a maioria dos minerais esteja presente nos cotilédones, alguns como o cálcio e o ferro apresentam-se em proporções mais significativas no tegumento das sementes (SATHE, 2016).

A **Tabela 2** descreve a composição centesimal das principais espécies de feijão consumidas no Brasil.

**Tabela 2** – Composição centesimal de alguns feijões consumidos no Brasil.

Feijão	Umidade (%)	Proteína (%)	Carboidratos (%)	Lipídios (%)	Cinzas (%)	Fibras totais (%)
Carioca	10 – 14	21 – 28	34 – 65	1,7 – 1,8	3 - 4	14
Preto	11	23 – 25	44 – 50	1,0	4,0	16
Caupí	9 – 10	24 – 30	51 – 60	1,7 – 2	3	19
Guandu	8 – 10	20 – 25	65 – 69	2 – 3	3 - 4	15
Mangalô	10,2	23 – 25	63	1,15	4,30	12

Dados compilados de Du et al. (2014), Frota, Arêas e Soares (2008), Guimarães et al. (2007), Kaushal, Kumar e Sharma (2012), Marquezi et al. (2017), Silva, Brigide, Canniatti-Brazaca (2013), Tiwari et al. (2008).

### 3.5.1 Carboidratos e fibras

Os feijões apresentam um elevado conteúdo de carboidratos totais (55-70%) que difere entre espécies e variedades, e inclui mono-, di-, e oligossacarídeos. O amido é, de modo geral, o polissacarídeo mais abundante, representando entre 70-80% do total. Além disso, fazem parte da composição dos feijões, os carboidratos não digeríveis como o amido resistente, alguns oligossacarídeos, como a rafinose, estaquiose e verbascose e as fibras alimentares (GUILLON; CHAMP, 2002).

Os grânulos de amido estão presentes nos vegetais em leucoplastos, servem de reserva energética e suas dimensões variam de acordo com as espécies. No feijão comum, os grânulos de amido apresentam-se esféricos ou elipsóides (MARQUEZI et al., 2016). No que concerne à quantidade de amido, há uma diferença entre os grãos verdes e os maduros. A ativação da enzima frutose 2-6 biofosfatase, que atua na síntese de sacarose, eleva o teor de açúcares nos grãos verdes e reduz o teor de amido, o que ocorre de modo inverso para os grãos maduros, quando enzimas envolvidas na formação do amido passam a atuar (SALGADO et al., 2005a).

O amido é formado por dois glicanos: amilose e amilopectina, polímeros fortemente ligados por pontes de hidrogênio e ordenados de forma radial em camadas concêntricas. Entre estas camadas existem regiões amorfas que apresentam ligações mais fracas, o que possibilita a penetração da água no grânulo e ação hidrolítica de ácidos e enzimas. A amilose é formada por cadeias lineares de unidades de glicose em ligações glicosídicas do tipo  $\alpha$ -(1  $\rightarrow$  4), enquanto que a amilopectina é formada

por unidades de glicose unidas em ligações do tipo  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) e  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6), formando uma estrutura ramificada responsável pela formação de cristalinidade e birrefringência (DENARDIN; SILVA, 2008).

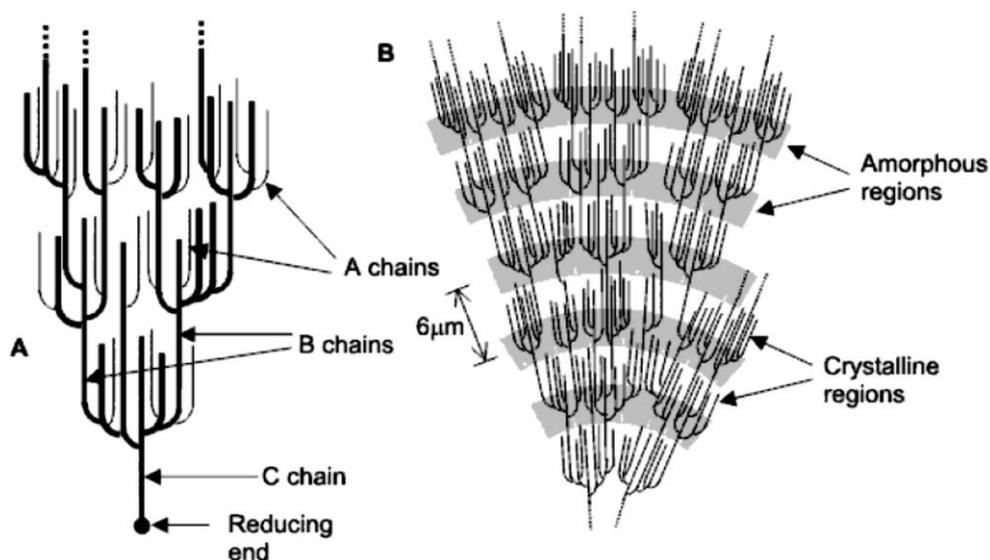
As proporções em que estas estruturas se apresentam diferem em relação às fontes botânicas, variedades de uma mesma espécie, até em uma mesma variedade, de acordo com o grau de maturação da planta. Para o amido de feijões Hoover et al. (2010) observaram um elevado teor de amilose em relação a outros amidos como os de cereais e de tuberosas. Deste modo, tende a apresentar alta temperatura de gelatinização, resistência ao cisalhamento, rápida retrogradação e elevada sinérese, o que torna sua aplicação interessante em alguns processos.

O grau de cristalinidade está relacionado com a solubilidade dos polissacarídeos em meio aquoso, influenciando na velocidade de digestão, absorção e biodisponibilidade de nutrientes. Na **Figura 4** está representada a forma diferenciada como as cadeias de amilopectina estão organizadas, sendo classificadas de cadeias A, B e C, conforme o tipo de ligações glicosídicas e a presença ou não de ramificações.

Os amidos dos cereais se enquadram na cadeia do tipo A, mais estáveis termodinamicamente e mais compactos que a do tipo B, presente nas batatas e em vegetais verdes. A forma C é considerada uma mistura das características da cadeia não redutora de glicose do tipo A e a presença de ramificações da cadeia do tipo B, composta por ligações  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 4) e  $\alpha$ -(1 $\rightarrow$ 6), com grupamento terminal redutor, podendo ser subclassificada em Ca, Cb e Cc, de acordo com a semelhança com os padrões A e B ou entre os dois tipos, respectivamente. Esta cadeia é mais resistente à ação da  $\alpha$ -amilase, e é característica das leguminosas e sementes, apresentando um intumescimento restrito, uma temperatura de gelatinização entre 60 e 89 °C, boa estabilidade térmica, alta viscosidade e a produção de um gel opaco (DENARDIN; SILVA, 2008; SATHE, 2016).

A formação do amido resistente (AR) está relacionada com a modificação da estrutura granular do amido. Este em contato com água e uma temperatura elevada, incham irreversivelmente. Isto se inicia nas regiões amorfas, devido à fragilidade das ligações de hidrogênio nessas áreas, e se expande para a periferia. À medida que os grânulos continuam se expandindo, ocorre a lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa, resultando no aumento substancial das propriedades reológicas do sistema. O conjunto de mudanças que envolvem a ruptura

da estrutura granular, o inchamento, a hidratação e a solubilização das moléculas de amido, é definido como o fim da gelatinização. Altos graus de cristalinidade tornam os grânulos mais resistentes a gelatinização (SINGH et al., 2003). Quando resfriado reorganizam-se as estruturas, principalmente a amilose, forma-se um gel, e devido à interação entre as moléculas ocorre a expulsão da água (sinérese), em um fenômeno denominado de retrogradação. A amilose retrograda mais rapidamente, tendo forte tendência a reassociar-se, por meio da formação de pontes de hidrogênio. Por outro lado, a amilopectina retrograda numa taxa muito menor, durante um longo período de tempo (DENARDIN; SILVA, 2008).



**Figura 4** – A) Classificação das cadeias da amilopectina em tipo A, B e C. B) Estrutura da amilopectina formando as regiões amorfas e cristalinas no amido. Fonte: Denardin e Silva (2008).

Por isso, o AR é um composto heterogêneo que está associado ao processo de gelatinização seguida da retrogradação, sendo classificado de acordo com a estrutura física e a susceptibilidade da ação enzimática. Desta forma tem-se: AR1, com grânulos fisicamente inacessíveis, encapsulados na matriz do alimento, que, geralmente, ocorrem com o cisalhamento de grãos de leguminosas e sementes; AR2 presente em banana verde, batata e alimentos processados, com gelatinização incompleta; e AR3, formado em alimentos submetidos à elevada temperatura em presença de água (SALGADO et al., 2005b).

Quanto às fibras alimentares, estas são definidas como componentes comestíveis de plantas, resistentes à digestão e à absorção no intestino delgado

humano, mas que são completa ou parcialmente fermentadas pela microbiota intestinal. Os feijões possuem em torno de 23-32% de fibras totais, que são principalmente componentes estruturais da parede celular, polímeros constituídos de açúcares e fenólicos interligados entre si e com proteínas, em uma matriz amorfa, emaranhada com microfibrilas de celulose. As fibras podem ser classificadas como solúveis (pectinas, galactomananos) e insolúveis (celulose e hemicelulose), no entanto têm sua quantidade susceptível ao tratamento térmico, que melhora a qualidade da fibra solúvel, e reduz a quantidade de fibra insolúvel presente nos grãos (O'SHEA; ARENDT; GALLAGHER, 2012; WANG et al., 2010).

A celulose é constituída de resíduos de glicose unidos por ligações  $\beta$ -(1 $\rightarrow$ 4) que formam regiões cristalinas com outros polissacarídeos não amido. No entanto nos feijões, a hemicelulose presente na matriz amorfa da parede celular é constituída principalmente de xiloglucanos (resíduos de glicose), já as pectinas são as mais abundantes, presentes também nos cotilédones, e compostas por arabinose e ácido galacturônico. Estão presentes também, os galactomananos que são compostos por resíduos de manose e galactose ligados entre si, que atuam como polissacarídeos de reserva da parede celular depositados no endosperma das sementes e mobilizados durante a sua germinação (O'SHEA; ARENDT; GALLAGHER, 2012; KUTOS et al., 2003). Em seu estudo, Brummer, Kaviani e Tosh (2015) verificaram que depois da glicose, os açúcares predominantes nos feijões, lentilhas e ervilhas eram, em ordem decrescente de concentração, arabinose (6,5-11,6%), xilose (3,2-4,2%) e galactose (1,5-2,0%). Manose e ramnose foram os de menor prevalência (1,0%).

Os oligossacarídeos mais abundantes nos feijões (até 10% do peso seco da semente) são a rafinose, estaquiose, verbascose, tem seu conteúdo influenciado pelo grau de maturação dos grãos, e também não são digeridos pelo trato gastrointestinal, respondendo parcialmente pela produção de flatulência. Quando imaturos a presença maior de glicose, frutose e sacarose, principalmente no tegumento e cotilédone, entretanto, na senescência, o conteúdo de rafinose aumenta (LANDRY; FUCHS; HU, 2016; SUÁREZ-MARTÍNEZ et al., 2016).

### **3.5.2 Proteínas**

Uma combinação do arroz com o feijão é recomendada como uma forma fundamental de garantir o consumo balanceado de aminoácidos diariamente. Sabe-

se que as leguminosas são fonte de lisina, porém limitante em aminoácidos sulfurados, o que ocorre de modo inverso nos cereais. As proteínas presentes nos feijões acumulam-se em sua maior parte no cotilédone e podem ser classificadas em dois tipos: armazenamento e metabólicas. As globulinas são as proteínas de armazenamento, insolúveis ou parcialmente solúveis em água, e representam a classe proteica principal com cerca de 50 a 80% do conteúdo total, variando de acordo com o gênero, espécie e variedade botânica. É constituída por duas proteínas isoladas, identificadas pelos coeficientes de sedimentação em ultracentrifugação (unidades Svedberg), como globulinas tipo-legumina e globulinas tipo-vicilina, 11S e 7S, respectivamente. Para a maioria das plantas dicotiledôneas a fração 11S é o componente principal, exceto para os gêneros *Phaseolus* e *Vigna* que possuem maior proporção da fração 7S que são proteínas glicosiladas, pobres em resíduos metionil ou com metionina localizada em peptídeos hidrofóbicos e de difícil acesso devido à conformação compacta. Os aminoácidos mais comuns presentes nas leguminosas possuem característica polar como a lisina, o ácido aspártico, ácido glutâmico e a arginina, exceto a leucina que tem característica apolar (LOURENÇO, 2000).

As albuminas são proteínas necessárias no metabolismo e correspondem às enzimas e outras proteínas metabólicas das sementes, entre elas os inibidores de tripsina, da  $\alpha$ -amilase, lectinas (relacionadas a defesa das sementes) e lipoxigenases (relacionadas a degradação de ácidos graxos e o desenvolvimento do *flavor* de feijão). São mais solúveis em água e correspondem de 10 a 30% da proteína total das leguminosas (SGARBIERI, 1996).

Em relação à estrutura, as proteínas das leguminosas são compostas por um conteúdo maior de folhas  $\beta$ , relacionadas a uma maior resistência à desnaturação e à digestão, e menor conteúdo de estruturas em  $\alpha$ -hélice (CARBONARO; MASELLI; NUCARA, 2015).

### 3.5.3 Vitaminas e minerais

É reconhecido que os feijões são boas fontes de elementos essenciais como as vitaminas do complexo B, especialmente tiamina, riboflavina, niacina e folacina, bem como, excelentes fontes de minerais, incluindo cálcio, ferro, cobre, zinco, fósforo, magnésio e potássio. A maior parte dos minerais está presente nos cotilédones dos

feijões, porém o cálcio e o ferro estão presentes em uma maior proporção no tegumento das sementes (SATHE, 2016).

Por outro lado, Trinidad et al. (2010) observaram que a soja, o feijão caupí e mungo são as melhores fontes de ferro, enquanto que o amendoim e o caupí são fontes de zinco, e o feijão guandu de cálcio. No entanto, o conteúdo elevado de ácido fítico na soja, no feijão mungo, caupí e amendoim, e de taninos no feijão guandu e caupí, reduzem bastante a disponibilidade *in vitro*, principalmente do ferro e do cálcio. Um estudo realizado por Ramírez-Cárdenas, Leonel e Costa (2008) demonstrou o efeito da maceração e do cozimento do feijão comum no teor de minerais, e observaram que o cozimento realizado com o desprezo da água utilizada na maceração dos grãos, promoveu uma maior perda de nutrientes.

#### 3.5.4 Compostos bioativos

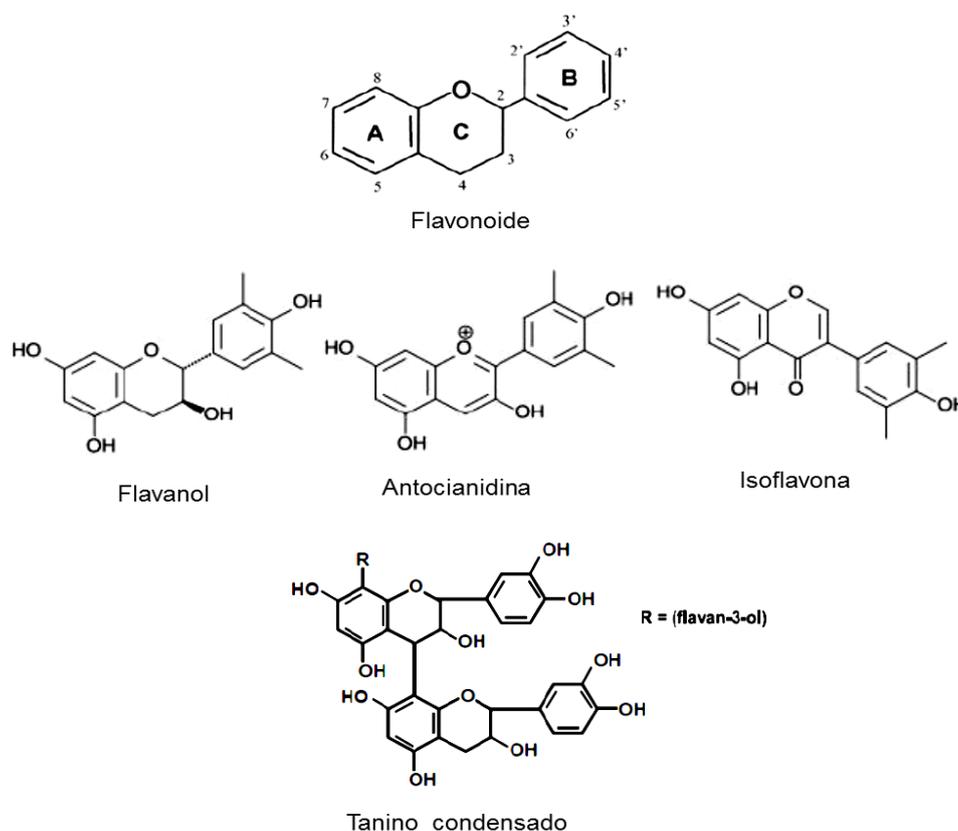
Os compostos fenólicos são encontrados principalmente no tegumento das sementes de leguminosas e tem estruturalmente a presença de um ou mais anéis aromáticos com um ou mais grupos hidroxilas (-OH) ligados que aparecem nos compostos de forma livre ou combinada, e fazem parte dos mecanismos naturais de defesa da planta contra processos oxidativos. Além das sementes, as farinhas de leguminosas também apresentam estes compostos que se caracterizam como fenóis simples, fenilpropanoides, derivados do ácido benzóico, flavonoides e taninos (BOUDJOU et al., 2013; GUAJARDO-FLORES; SERNA-SALDÍVAR; GUTIÉRREZ-URIBE, 2013; XU; CHANG, 2007).

As sementes que apresentam mais pigmentação tendem a ter uma quantidade de compostos fenólicos maior, do que aquelas com pouca pigmentação. Assim foi observado por Dueñas et al. (2016), que a composição físico-química e o processamento térmico influenciam no teor de compostos fenólicos das leguminosas. Os mesmos autores verificaram também uma notável presença de compostos fenólicos ligados às fibras alimentares, principalmente as insolúveis em feijões crus ou processados.

A **Figura 5** mostra a estrutura química básica dos flavonoides e das variações identificados em maior proporção nas leguminosas. Os flavonoides apresentam peso molecular baixo e são compostos por dois anéis aromáticos (A e B) ligados por uma ponte ao carbono 3 (C6 – C3 – C6). O anel A deriva do acetato e o anel B do ácido

chiquímico. Variações no anel hetrocíclico C originam as diversas classes de flavonoides através de substituições como hidrogenação, hidroxilação, metilação, malonilações, sulfatações e glicosilações. A maioria está ligado à açúcares (glicose, ramnose, arabinose, galactose) que permitem a absorção dos flavonoides pelo organismo (NIELSEN et al., 2006; SINGH et al., 2017).

Entre os flavonoides presentes nas leguminosas estão os flavanóis (catequinas), antocianidina (cianidina), isoflavona (genisteína), principalmente na soja, e os taninos condensados (proantocianidinas) que são compostos oligoméricos ou poliméricos de flavonoides (flavan-3-ol) (SINGH et al., 2017).



**Figura 5** – Estrutura química básica dos flavonoides e as variações mais encontradas em leguminosas. Fonte: Hollman e Katan (1999), Lekha e Lonsane (1997), Santos-Buelga e Williamson (2003).

Além dos compostos fenólicos e flavonoides, diversas funções de atividade biológica e regulatória, promotoras da saúde, têm sido associadas a muitos componentes de origem vegetal, principalmente as sementes fontes de proteína,

como as leguminosas. Peptídeos de diferentes tamanhos, considerados apenas como compostos antinutricionais, têm mostrado exercer efeito benéfico à saúde humana, entre eles, os inibidores de proteases Kunitz, Bowman-Birk,  $\alpha$ -amilase, lectinas, e as proteínas de armazenamento 7S e 11S (CARBONARO; MASELLI; NUCARA, 2015).

No entanto, a relação entre a estrutura proteica e suas sequências bioativas ainda não estão totalmente esclarecidas. Ressalta-se que os compostos bioativos das proteínas se modificam durante o processo tecnológico e de digestão, o que pode gerar mudanças profundas na sua estrutura e, conseqüentemente, sua biodisponibilidade e bioatividade. Além disso, algumas proteínas e peptídeos são potencialmente alergênicos ou tóxicos, características importantes a serem consideradas. (REBELLO; GREENWAY; FINLEY, 2014; SENECHAL; KUSSMANN, 2011).

### **3.6 Leguminosas na prevenção de doenças crônicas**

Uma característica do consumidor contemporâneo é optar por facilidades que poupam tempo de preparo e diminuem a frequência das compras. Por esse motivo, apesar de ser um dos maiores consumidores de feijão do mundo, a população da América Latina, sobretudo os mais jovens, têm modificado o seu padrão de consumo. No Brasil, a aquisição de alimentos tradicionais, como o arroz e o feijão, tem se tornado cada vez menos presente na mesa brasileira, uma redução de 60 e 49%, respectivamente, de acordo com a Pesquisa de Orçamentos Familiares – POF 2008-2009 (IBGE, 2010; NEDUMARAN et al., 2015; OLIVIERO; FOGLIANO, 2016).

Por outro lado, devido ao reconhecimento dos benefícios à saúde, atrelados ao consumo de leguminosas, especialmente aqueles relacionados à redução dos riscos de doenças cardiovasculares, diabetes do tipo 2 e a prevenção de vários tipos de câncer, é que algumas políticas de saúde pública têm buscado estimular o aumento da ingestão de feijões, lentilhas, ervilhas, tremoços e até mesmo da soja pela população (SUÁREZ-MARTÍNEZ et al., 2016).

Um estudo de Guajardo-Flores, Serna-Saldívar e Gutiérrez-Urbe (2013) verificaram a ação antioxidante e antiproliferativa de flavonoides e saponinas presentes no feijão preto, assim como outros estudos verificaram que flavonoides extraídos do feijão preto inibiram o crescimento de células cancerosas do cólon, mama, fígado e próstata (BAWADI, 2005; BOBE et al., 2008; THOMPSON et al.,

2012). Por sua vez, Sreerama, Sashikala e Pratape (2012) observaram outro tipo de ação, a inibição da atividade da enzima conversora de angiotensina I (ECA-I), da  $\alpha$ -amilase e da  $\alpha$ -glucosidase. A primeira envolvida com a regulação da pressão arterial e as duas últimas com a homeostase da glicose, portanto tendo importância no controle de indivíduos hipertensos e diabéticos.

Além dos flavonoides e compostos fenólicos, estudos clínicos e epidemiológicos têm documentado uma série de proteínas e peptídeos que também possuem efeitos anticarcinogênico, hipocolesterolêmico, antioxidante, antimicrobiano e no controle da glicose e pressão arterial (JENKINS et al., 2010; LUNA VITAL et al., 2014; SCARAFONI; MAGNI; DURANTI, 2007). Martínez-Villaluenga et al. (2008) verificaram que a proteólise da globulina 7S da soja ( $\beta$ -conglucina) pode ter efeito na inibição do acúmulo de gordura nos adipócitos. Ferreira (2010) e Silva et al. (2018) em ensaios *in vivo* verificaram que tanto a  $\beta$ -conglucina da soja quanto a  $\beta$ -vignina do feijão caupí, exercem um importante efeito sobre o metabolismo de colesterol.

As fibras alimentares presentes nas leguminosas também participam da prevenção de doenças. O aumento do peristaltismo intestinal promovido pelas fibras insolúveis e o aumento da absorção de água pelas fibras solúveis no cólon, previne a obstipação. A viscosidade destas promove ainda, o controle da liberação de glicose ajudando no manejo da diabetes tipo 2 e obesidade, e também diminuem a reabsorção de colesterol pela habilidade de ligação com os ácidos biliares, auxiliando indivíduos hipercolesterolêmicos e com doença cardiovascular (CLEMENTE; OLIAS, 2017).

Além disso, as fibras, o amido resistente, a lignina e os oligossacrídeos são, em parte ou totalmente, fermentados por bactérias no intestino formando ácidos graxos de cadeia curta, como butirato, propionato e acetato, que estão relacionados ao crescimento de microbiota benéfica, portanto são considerados como prebióticos. O propionato tem mostrado efeitos importantes também na inibição da atividade da enzima hidróxi-3-metilglutaril-CoA redutase, limitando a síntese de colesterol, e o butirato mostrou aumento da diferenciação celular e prevenção na formação de tumores no cólon (RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2015; CLEMENTE; OLIAS, 2017).

### **3.7 Propriedades funcionais da farinha de leguminosas**

O intumescimento, a ligação e a retenção de água são características importantes do amido que influenciam as propriedades funcionais das farinhas. No

entanto, a composição proteica e a sua afinidade com o solvente, no caso dos alimentos, a água, é decisiva para a maior parte das propriedades. Na **Tabela 3** abaixo estão relacionadas as propriedades funcionais das proteínas e a sua aplicação em alimentos.

**Tabela 3** – Aplicações das propriedades funcionais das proteínas na elaboração de produtos alimentícios.

<b>Propriedades funcionais</b>	<b>Aplicação em produtos</b>
Solubilidade	Bebidas, texturizados
Emulsionante	Sopas, pão, produtos cárneos, tortas
Gelatinização	Queijos, iogurtes, produtos cárneos
Viscosidade	Sopas, molhos, mingaus, bebidas
Espessante	Pães, produtos de confeitaria
Absorção de gordura	Produtos cárneos
Formação e estabilidade de espuma	Corbetura de bolos, sobremesas, tortas

Adaptado de Lourenço (2000).

### 3.7.1 Índice de absorção (IAA) e solubilidade de água (ISA)

O IAA indica principalmente a capacidade que um produto tem de reter a água após um processo de aquecimento, e, o ISA está diretamente relacionado aos constituintes hidrofílicos presentes na farinha, por isso estas são propriedades críticas por influenciarem no desempenho de outras (SINGH et al., 2003). Deste modo, fatores intrínsecos como a composição e sequência de aminoácidos; concentração, tamanho e conformação das moléculas; e a relação hidrofobicidade/hidrofiliidade de superfície influenciam estas propriedades. Na mesma medida, fatores extrínsecos como o tratamento térmico aplicado ao alimento ou à proteína, concentrações de sais, pH do meio, condições de processamento, também tornam-se importantes (GUERRERO et al., 2002; ZAYAS, 1997).

A manutenção de uma boa textura do produto final está relacionada com o IAA como verificado por Ramírez-Jiménez et al. (2017) quando acrescentou a farinha de feijão fava nas formulações de barras de cereal. Em geral, a solubilidade é maior em pH alcalino na faixa de pH 8,0 a 12,0 e em valores de pH ácido, pH 1,0 a 4,0, devido ao excesso de cargas de mesmo sinal que produz repulsão das moléculas. Isto não

ocorre quando a faixa de pH é 4,5 a 5,5, faixa do ponto isoelétrico das proteínas, onde as cargas são iguais e nulas, ocorrendo insolubilização das proteínas formando precipitados proteicos (LOURENÇO, 2000; SGARBIERI, 1996).

Sanjeeva et al. (2010) verificaram este fato com a maior solubilidade de farinhas de grão de bico na faixa de pH acima de 6,2. Por outro lado, Aguilera et al. (2009) verificaram que pode ocorrer redução das propriedades funcionais das proteínas, tais como a solubilidade, após a sua desnaturação, uma vez que o processamento térmico promove rompimento das ligações e exposição de regiões hidrofóbicas, há a formação de agregados proteicos menos solúveis.

### **3.7.2 Capacidade de absorção de água (CAA) e absorção de óleo (CAO)**

A CAA e a CAO estão relacionadas à habilidade de um alimento captar, respectivamente, água ou óleo, de modo espontâneo. Alguns fatores influenciam diretamente estas capacidades, como o peso e conformação das moléculas, densidade e distribuição das cargas elétricas, pH e a temperatura. A medida destas capacidades (conteúdo de água ou óleo/ g de alimento) é aferida através da quantidade de água ou óleo que permanece no alimento após a exposição a um excesso de água ou de óleo, sem aquecimento, e aplicação de uma força centrífuga de separação (SGARBIERI, 1996).

Para as farinhas a CAA está diretamente relacionada com a quantidade de constituintes hidrofílicos, principalmente polissacarídeos e proteínas compostas por aminoácidos polares. Além disso, o amido danificado após um tratamento térmico favorece a absorção de água pela farinha. No entanto, a CAO relaciona-se com o tipo de proteína e suas cadeias de aminoácidos apolares, que quanto mais hidrofóbicas, maior a ligação com os lipídios, proporcionando maior retenção do sabor e do flavor dos produtos (CHINMA et al., 2012; DU et al., 2014; KAUR; SINGH, 2005).

Em um estudo de Ma et al. (2011) a CAA e CAO de farinhas de variedades de grão de bico e lentilha foram aumentadas por uma mudança na estrutura física das moléculas, quando estas passaram por tratamento térmico, possibilitando aumento da porosidade e maior exposição de aminoácidos apolares no interior das proteínas.

### **3.7.3 Emulsificação**

A emulsão compreende a dispersão de dois líquidos imiscíveis, apresentando uma fase contínua ou dispersante e uma fase dispersa na forma de gotículas (PEARCE; KINSELLA, 1976; ORNELLAS; JUNQUEIRA; SILVESTRE, 2000).

O principal agente emulsificante de uma emulsão estável é aquele que diminui a tensão superficial existente entre duas fases e permite a formação da emulsão. As proteínas são fundamentais na emulsão, uma vez que possuem na mesma molécula frações hidrofílicas e hidrofóbicas, que permitem a formação de uma camada entre as duas fases separando-as. Por isso, uma emulsão do tipo óleo em água, as proteínas mais polares são mais úteis na formação e estabilidade da emulsão, pois o alimento entra em contato inicialmente com a água, e depois com óleo sobre agitação intensa (SGARBIERI, 1996).

É possível verificar a capacidade máxima de uma atividade de emulsificação até o momento em que pode ser observado o colapso da emulsão. Visualmente é possível saber a ocorrência disto, através da separação de fases. No entanto, a sua estabilidade é observada quando a emulsão é submetida à ação do calor e de uma força centrífuga para acelerar a separação de fases (SGARBIERI, 1996).

#### **3.7.4 Capacidade de formação de gel**

A etapa inicial da formação de gel ocorre após a gelatinização induzida pelo calor e posterior polimerização das moléculas do amido e das proteínas, produzindo uma estrutura tridimensional capaz de imobilizar fisicamente parte do solvente, através de ligações dissulfídicas intermoleculares, interações hidrofóbicas, iônicas e pontes de hidrogênio. A proporção de amilopectina, presente no amido, controla a formação de gel devido as regiões cristalinas que requerem uma energia térmica maior para romper a barreira cinética até a completa dissociação (FRANCO et al., 2002). Deste modo para a formação de gel das farinhas de feijão não é necessário empregar muita energia térmica, uma vez que no amido de sua composição há maior proporção de amilose.

As macromoléculas quando em suspensão aquosa formam coloides de maior ou menor fluidez dependendo da concentração e natureza das mesmas. Tudo se processa com o resfriamento da solução coloidal e o aumento da viscosidade até uma maior rigidez, conhecida como “ponto de gel”. Mantem-se a integridade física do gel

pelas forças de atração e repulsão entre as moléculas de proteína e destas com o solvente circundante (SGARBIERI, 1996).

### **3.8 Obtenção de farinha vegetal e alterações nas propriedades funcionais**

A desidratação é muito utilizada como método de conservação de grãos frescos, priorizando a preservação de características sensoriais e nutricionais após o processo. Este consiste em eliminar a água de um produto por evaporação, com transferência de calor e massa. A transferência de calor do ar para o alimento se dá comumente por convecção, em equipamentos de circulação de ar forçado, onde a instalação, operação e manutenção tem um custo menor. Contudo, a desidratação também pode ser um método de secagem para a obtenção de farinhas vegetais (ENGEL et al., 2016; LEWICKI, 2006; ISLAM; HAQUE; ISLAM, 2012; REIS et al., 2017). No entanto, antes da desidratação é recomendado que os vegetais sejam branqueados (temperatura de ebulição em curto tempo e resfriamento rápido logo em seguida), a fim de destruir completamente as funções catalíticas das polifenoloxidasas (CELESTINO, 2010).

Durante o processo o encolhimento do vegetal ocorre primeiro na superfície e gradualmente no interior, aumentando conforme o tempo da desidratação, promovendo perda do turgor e da funcionalidade da membrana plasmática. Mudanças químicas e biológicas resultam em modificações nas propriedades físicas e funcionais, que irão variar de acordo com a temperatura, velocidade do ar, tempo de secagem, do tipo de grão e do teor inicial e final da umidade (LEWICKI; PAWLAK, 2003).

Modificações na microestrutura foram observadas por Ma et al. (2011) que verificaram regiões amorfas, mistura de proteínas e amido (pré-gelatinização) nas farinhas de variedades de lentilha, ervilha e grão de bico que passaram por tratamento térmico. O mesmo propiciou um aumento das propriedades de absorção de água, óleo, emulsão e formação de gel destas farinhas. Por outro lado, este mesmo autor ressalta que a maioria dos estudos avaliam farinhas de leguminosas de grãos inteiros que foram submetidos à pré-tratamento térmico (branqueamento), a maceração e/ou cozimento (90 a 100 °C por 20 a 30 minutos), e que nestes casos o amido e as proteínas são compartimentalizados nas paredes da semente, restringindo a interligação entre as moléculas, e mantendo a integridade da estrutura do amido.

### 3.9 Importância econômica da farinha de leguminosas

O uso de leguminosas como cobertura de solo é uma conhecida forma econômica que o agricultor dispõe para realizar adubação orgânica. Sabe-se que nas raízes das leguminosas estão presentes bactérias do gênero *Rhizobium* que fixam o nitrogênio atmosférico no solo. Além disso, há outras vantagens, como a produção de massa verde e a fácil decomposição até chegarem ao estado de húmus (SOUZA et al., 2007).

No entanto, os feijões não trazem apenas vantagens agrícolas, mas também estão presentes na indústria de alimentos como uma alternativa sustentável de fonte proteica, e como uma forma de baixo custo para substituir produtos de origem animal (SHARIF et al., 2018). Atualmente há uma pressão crescente de ativistas e agências governamentais para que se reduza a produção, e conseqüente consumo de carne e outros de origem animal. Isso se deve à evidência do impacto ambiental que a pecuária produz. Neste sentido, busca-se desenvolver produtos análogos a carne a partir de proteínas extraídas de grãos, sementes, tipicamente soja, trigo ou ervilha, e outras fontes não animal (cogumelos) (JONES, 2016).

Neste sentido, as farinhas de feijão têm grande potencial de utilização no desenvolvimento de novos produtos para o consumo humano. O conhecimento de sua composição química e propriedades funcionais permite que a indústria de alimentos inove em formulações ou utilize as farinhas como aditivos alimentares, melhorando não só as características tecnológicas, mas também funcionais e nutricionais do produto final, com contribuição direta para a saúde da população (AGUILERA et al., 2011).

Particularmente, a fortificação de alimentos à base de cereais com farinha de leguminosas tem sido reconhecida como estratégica para complementar a qualidade nutricional e trazer possibilidades tecnológicas para produtos de panificação e massas (ANGIOLONI; COLLAR, 2012). Frota et al. (2010) desenvolveram produtos de panificação (rocambolê e biscoito) enriquecidos com farinha de feijão caupi, e obtiveram uma aceitação de 70% dos avaliadores e elevação da qualidade e quantidade de nutrientes, principalmente no teor de proteínas e, dos minerais, ferro, zinco, magnésio, potássio e da vitamina piridoxina. Shrivastava e Chakraborty (2018) obtiveram um pão, com boas características tecnológicas para a comercialização, substituindo parcialmente a farinha de trigo por farinha de grão de bico fermentada.

A substituição total da farinha de trigo na elaboração de massas, por farinhas vegetais livres de glúten, tem despertado cada vez mais o interesse pela farinha de feijão como uma alternativa ao mercado de consumidores com doença celíaca (JNAWALI; KUMAR; TANWAR, 2016). Giuberti et al. (2015) e Bouasla, Wojtowicz e Zidoune (2017) desenvolveram massas com farinha de arroz e diferentes proporções de farinha de leguminosas com uma melhor capacidade de absorção de água e uma estrutura interna mais coesiva. Em outro estudo, Omohimi et al. (2014) demonstraram o potencial que a farinha do feijão mucuna, cultura subutilizada da África, tem na formulação de um análogo de carne, com propriedades funcionais adequadas para o seu desenvolvimento. Aidoo et al. (2010) desenvolveram uma bebida de chocolate substituindo o leite de origem animal pelo extrato vegetal do amendoim e feijão caupí e observaram um bom potencial de mercado para o produto que foi bem aceito pelos avaliadores.

## Referências bibliográficas

AGUILERA, Y. et al. Bioactive phenolic compounds and functional properties of dehydrated bean flours. **Food Research International**. v. 44, p. 774-780, 2011.

\_\_\_\_\_; ESTEBAN, R. M.; BENÍTEZ, V.; MOLLÁ, E.; MARTÍN-CABREJAS, M. A. Starch, functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 57, n. 22, p. 10682-10688, 2009.

AIDOO, H. et al. Development and characterization of dehydrated peanut–cowpea milk powder for use as a dairy milk substitute in chocolate manufacture. **Food Research International**. v. 43, p. 79-85, 2010.

ANDRADE, J. C. et al. The effect of thermal treatment of whole soybean flour on the conversion of isoflavones and inactivation of trypsin inhibitors. **Food Chemistry**. v. 194, p. 1095-1101, 2016.

ANGIOLONI, A.; COLLAR, C. High legume-wheat matrices: An alternative to promote bread nutritional value meeting dough viscoelastic restrictions. **European Food Research and Technology**. v. 234, p. 273-284, 2012.

AZEVEDO, R. L. et al. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. **Revista da Fapese**, v.3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.

AZEVEDO, J. N.; FRANCO, L. J. D.; ARAUJO, R. O. C. **Composição química de sete variedades de feijão-lima**. Comunicado Técnico. Teresina: Embrapa Meio-Norte. v.152, 4p. 2003.

BAWADI, H. A. Inhibition of Caco-2 colon, MCF-7 and Hs578T breast, and DU 145 prostatic cancer cell proliferation by water-soluble black bean condensed tannins. **Cancer Letters**. v. 218, p. 153-162, 2005.

BELTRAME, T.P.; RODRIGUES, E. Feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) na restauração de florestas tropicais. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 1, p. 19-28, jan./mar. 2007.

BOBE, G. et al. Dietary cooked navy beans and their fractions attenuate colon carcinogenesis in azoxymethane-induced Ob/Ob mice. **Nutrition and Cancer**. v. 60, n. 3, p 373-381, 2008.

BOUDJOU, S. et al. Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. **Food Chemistry**. v. 138, p. 1543-1550, 2013.

BOUASLA, A.; WÓJTOWICZ, A.; ZIDOUNE, M. N. Gluten-free precooked rice pasta enriched with legumes flours: Physical properties, texture, sensory attributes and microstructure. **LWT - Food Science and Technology**. v. 75, p. 569-577, 2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12 de 28 mar. 2008. **Regulamento Técnico do Feijão**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 mar. 2008.

BRUMMER, Y.; KAVIANI, M.; TOSH, S. M. Structural and functional characteristics of dietary fibre in beans, lentils, peas and chickpeas. **Food Research International**. v. 67, p. 117-125, 2015.

CARBONARO, M.; MASELLI, P.; NUCARA, A. Structural aspects of legume proteins and nutraceutical properties. **Food Research International**. v. 76, p. 19–30, 2015.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de Secagem de Alimentos**. Embrapa Cerrados, 2010. 51 p.

CHINMA, C. E. et al. Chemical, functional and pasting properties of defatted starches from cowpea and soybean and application in stiff porridge preparation. **Nigerian Institute of Food Science and Technology**. v. 30, n. 2, p. 80-88, 2012.

CLEMENTE, A.; OLIAS, R. Beneficial effects of legumes in gut health. **Current Opinion in Food Science**. v. 14, p. 32-36, 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Perspectivas para a agropecuária**. v. 5. Brasília, ago., 2017a. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_09\\_06\\_09\\_30\\_08\\_perspectivas\\_da\\_agropecuaria\\_bx.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. v. 4, n. 6. Brasília, mar., 2017b. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_07\\_12\\_11\\_17\\_01\\_boletim\\_graos\\_julho\\_2017.pdf](https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_07_12_11_17_01_boletim_graos_julho_2017.pdf)>. Acesso em: 18 fev. 2018.

DEBOUCK, D. G. Diversity in *Phaseolus* species in relation to the common bean. In: SINGH, S. P. (Ed.) **Common beans improvement in the twentyfirst century**. Dordrecht: Kluwer, 1999. p.25-52.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L. P. da. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**. p. 1-10, out. 2008.

DUEÑAS, M. et al. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **LWT - Food Science and Technology**. v. 66, p. 72-78, 2016.

DU, S. et al. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. **LWT - Food Science and Technology**. v. 55, p. 308-313, 2014.

ENGEL, B. et al. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**. v. 6, n. 1, p. 31-44, 2016.

FENDRI, L. B. et al. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. **LWT - Food Science and Technology**. v. 73, p. 584-591, 2016.

FERREIRA, E. de S. et al.  $\beta$ -Conglycinin (7S) and glycinin (11S) exert a hypocholesterolemic effect comparable to that of fenofibrate in rats fed a high-cholesterol diet. **Journal of Functional Foods**. v. 2, p. 275-283, 2010.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Global Research and Funding Survey on Pulse Productivity and Sustainability. **International Year of Pulses 2016**. jan. 2016.

FRANCO, C. M. L. et al. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. *Cereal Chemistry*, v.79, n.2, p.243-248, 2002.

FREIRE FILHO, F. R. et al. Melhoramento genético. In: FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. de A.; RIBEIRO, V. Q. **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, Teresina, 2005. p. 29-92.

\_\_\_\_\_ et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p.

\_\_\_\_\_ et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético e perspectivas**. In: VIDAL NETO, F. das C.; CAVALCANTI, J. J. V. Melhoramento genético de plantas no Nordeste. 1 ed. Editora: Embrapa, Brasília, cap. 4, p. 85-137, 2013.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp), cultivar BRS-Milênio. *Ciênc. Technol. Aliment*. Campinas, v. 28, n.2, p. 470-476, abr.-jun. 2008.

\_\_\_\_\_. MORGANO, M. A.; SILVA, M. G. da.; ARAÚJO, M. A. da M.; MOREIRA-ARAÚJO, R. S. dos R. Utilização da farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp.) na elaboração de produtos de panificação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 30, supl. 1, p. 44-50, 2010.

GIUBERTI, G. et al. Cooking quality and starch digestibility of gluten free pasta using new bean flour. **Food Chemistry**. v. 175, p. 43-49, 2015.

GUAJARDO-FLORES, D.; SERNA-SALDÍVAR, S. O.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Evaluation of the antioxidant and antiproliferative activities of extracted saponins and flavonols from germinated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**. v. 141, p. 1497-1503, 2013.

GUERRERO, V. C. et al. Functional properties of flours and protein isolates from *Phaseolus lunatus* and *Canavalia ensiformis* seeds. **J. Agric. Food Chem.**, v. 50, p. 584-591, 2002.

GUILLON, F.; CHAMP, M. M. Carbohydrate fractions of legumes: Uses in human nutrition and potential for health. **British Journal of Nutrition**. v. 88, p.293-306, 2002.

GUIMARÃES, W. N. R. et al. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 11, n. 1, p. 37-45, 2007.

HOLLMAN, P. C. H.; KATAN, M. B. Dietary flavonoids: intake, health effects and bioavailability. **Food and Chemical Toxicology**. v. 37, p. 937-942, 1999.

HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. **Food Res Int**. v. 43, p. 399-413, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: análise da disponibilidade domiciliar de alimentos e do estado nutricional no Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE; 2010. Disponível em: < <https://loja.ibge.gov.br/pesquisa-de-orcamentos-familiares-2008-2009-avaliacao-nutricional-da-disponibilidade-domiciliar-de-alimentos-no-brasil.html>>. Acesso em: 03 mar. 2018.

ISLAM, M. S.; HAQUE, M. A.; ISLAM, M. N. Effects of Drying Parameters on Dehydration of Green Banana (*Musa sapientum*) and its Use in Potato (*Solanum tuberosum*) Chips Formulation. **The Agriculturists**. v. 10, n.1, p. 87-97, 2012.

JENKINS, D. J. A. et al. Soy protein reduces serum cholesterol by both intrinsic and food displacement mechanisms. **Journal of Nutrition**. v. 140, p. 2302-2311, 2010.

JNAWALI, P.; KUMAR, V.; TANWAR, B. Celiac disease: Overview and considerations for development of gluten-free foods. **Food Science and Human Wellness**. v. 5, p.169-176, 2016.

JONES, O. G. et al. Recent advances in the functionality of non-animal sourced proteins contributing to their use in meat analogs. **Current Opinion in Food Science**. v. 7, p. 7-13, 2016.

KAUR, M.; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**. v. 91, p. 403-411, 2005.

KAUR, M.; SINGH, V.; KAUR, R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**. v. 9, p. 14-20, 2017.

KAUSHAL, P.; KUMAR, V.; SHARMA, H. K. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. **LWT - Food Science and Technology**. v. 48, p. 59-68, 2012.

KUTOS, T. et al. Dietary fibre content of dry and processed beans. **Food Chemistry**. v. 80, p. 231-235, 2003.

LANDRY, E. J.; FUCHS, S. J.; HU, J. Carbohydrate composition of mature and immature faba bean seeds. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 50, p. 55-60, 2016.

LEWICKI, P. P. Design of hot air drying for better foods. **Trends in Food Science & Technology**. v. 17, p. 153-163, 2006.

LEWICKI, P. P.; PAWLAK, G. Effect of Drying on Microstructure of Plant Tissue. **Drying technology**. v. 21, n. 4, p. 657-683, 2003.

LEWIS, G. et al. **Legumes of the world**. Royal Botanic Gardens: Kew, 2005.

LEKHA, P. K.; LONSANE, B. K. Production and application of Tannic Acyl Hydrolase: State of the art. **Advances in Applied Microbiology**, v. 44, 1997.

LOURENÇO, E. J. Propriedades funcionais de proteínas: solubilidade, emulsão e formação de gel. In: LOURENÇO, E. J. **Tópicos de proteínas de alimentos**. Editora: Funep, 2000. p. 233-293.

LOS, F. G. B. et al. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**. v.19, p.63-71, 2018.

LUNA VITAL, D. A. et al. Peptides in common bean fractions inhibit colorectal cancer cells. **Food Chemistry**. v. 157, p. 347-355, 2014.

LYKOMITROS, D.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*) - Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts. **Food Research International**. v. 89, p. 860-869, 2016.

MA, Z. et al. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flour. **Food Research International**. v. 44, p. 2534-2544, 2011.

MARQUEZI, M. et al. Physical and chemical properties of starch and flour from different common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal Food Technology**. v. 19, p.1-8, 2016.

\_\_\_\_\_. et al. Chemical and functional properties of different common Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal Food Technology**. v. 20, p.1-9, 2017.

MARTÍNEZ-VILLALUENGA, C. et al. Beta-conglycinin embeds active peptides that inhibit lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes in vitro. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 56, p. 10533-10543, 2008.

MICHAELS, T. E. Grain Legumes and Their Dietary Impact: Overview. In: WRIGLEY, C. et al. **Encyclopedia of Food Grains**. Oxford: Elsevier, 2016. p. 265-273.

NEDUMARAN, S. et al. Grain Legumes Production, Consumption and Trade Trends in Developing Countries. **International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics**, India, v. 60, 2015.

NENE, Y.L.; SHEILA, V.K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y.L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K **The Pigeonpea**. Cambridge: CAB International/ ICRISAT, 1990. p.1- 14.

NIELSEN, I. L. F. et al. Bioavailability is improved by enzymatic modification of the citrus flavonoid hesperidin in humans: a randomized, double-blind, crossover trial. **Journal of Nutrition**. v. 136, p. 404-408, 2006.

OLIVIERO, T.; FOGLIANO, V. Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta. **Trends in Food Science & Technology**. v. 51, p. 58-64, 2016.

OMOHIMI, C. et al. Effect of thermo-extrusion process parameters on selected quality attributes of meat analogue from mucuna bean seed flour. **Official Journal of Nigerian Institute of Food Science and Technology**. v. 32, n. 1, p. 21-30, 2014.

ORNELLAS, C. B. D.; JUNQUEIRA, R. G.; SILVESTRE, M. P. C. Efeito da Adição de NaCl sobre as propriedades funcionais do plasma bovino e de seus hidrolisados tripticos. **Cienc. Tecnol. Alim**. v. 20, n. 3, p. 391-397, 2000.

O'SHEA, N.; ARENDT, E. K.; GALLAGHER, E. Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**. v. 16, p.1-10, 2012.

PADULOSI, S. Origin taxonomy, and morphology of *Vigna unguiculata* (L.) Walp. In: SINGH, B. B.; MOHAN RAJ, D. R.; DASHIELL, K. E.; JACKAI, L. E. N. **Advances in cowpea research**. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture, Tsukuba. p. 1-12, 1997.

PEARCE, K. N.; KINSELLA, J. E. Emulsifying properties of proteins: evaluation of a turbidimetric technique. **J. Agric. Food. Chem.**, v. 26, n. 3, p. 716-723, 1976.

PEYRANO, F.; SPERONI, F.; AVANZA, M. V. Physicochemical and functional properties of cowpea protein isolates treated with temperature or high hydrostatic pressure. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 33, p. 38-46, 2016.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 28, n. 1, p. 200-213, jan./mar. 2008.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K. et al. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris* L. on lipid-lowering mechanisms. **Food Research International**. v.76, p. 92–104, 2015.

\_\_\_\_\_. et al. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**. v. 89, p. 674-680, 2018.

REIS, D. S. et al. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Braz. J. Food Technol.** v. 20, p. 1-7, 2017.

REBELLO, C. J.; GREENWAY, F. L.; FINLEY, J. W. A review of the nutritional value of legumes and their effects on obesity and its related co-morbidities. **Obesity Reviews**. v. 15, p.392-407, 2014.

SALGADO, S. M. et al. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 25, n. 3, p. 525-530, jul./set. 2005a.

\_\_\_\_\_. et al. Modificação da concentração de amido resistente em feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. walp). Por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Ciênc. Technol. Aliment.** v. 25, n. 2, p. 259-264, abr./jun. 2005b.

SANJEEWA, W. G. T. et al. Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours and application in low-fat pork bologna as a model system. **Food Research International**. v. 43, p. 617-626, 2010.

SANTOS-BUELGA, C.; WILLIAMSON, G. **Methods in polyphenol analysis**. London: Royal Society of Chemistry, 2003.

SANTOS, C. A. F et al. Introdução, coleta e caracterização de recursos genéticos de guandu para produção de grãos e forragem. In: QUEIROZ, M. A. de et al. **Recursos genéticos e melhoramento de plantas para o Nordeste brasileiro**. 1 ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 1999.

SANTOS, D. et al. A. Produtividade e morfologia de vagens e sementes de variedades de fava no Estado da Paraíba. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, n.10, p.1407-1412, Brasília, DF. 2002.

SANTOS, J, O. **Divergência genética em feijão-lima (*Phaseolus lunatus* L.)**. 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

SCARAFONI, A.; MAGNI, C.; DURANTI, M. Molecular nutraceuticals as a mean to investigate the positive effects of legume seed proteins on human health. **Trends in Food Science and Technol.** v.18, p. 454-463, 2007.

SECRETARIA DE ESTADO DA AGRICULTURA E DO ABASTECIMENTO. **Feijão - Análise da Conjuntura Agropecuária**. Nov. 2017. Disponível em: <[http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018/\\_feijao\\_2017\\_18.pdf](http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/2018/_feijao_2017_18.pdf)>. Acesso em: 23 fev. 2018.

SENECHAI, S.; KUSSMANN, M. Nutriproteomics: Technologies and applications for identification and quantification of biomarkers and ingredients. **Proceedings of the Nutrition Society**. v. 70, p. 351-364, 2011.

SGARBIERI, V. C. Propriedades funcionais das proteínas e dos alimentos proteicos. In: SGARBIERI, V. C. **Proteínas em alimentos proteicos**. Editora: Livraria Varela, 1996. p. 260-275.

SHARIF, H. R. et al. Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants - A review. **Food Hydrocolloids**. v. 76, p. 2-16, 2018.

SATHE, S. K. Beans, Overview. In: WRIGLEY, C. et al. **Encyclopedia of Food Grains**. Oxford: Elsevier, 2016. p. 297-306.

SHRIVASTAVA, C.; CHAKRABORTY, S. Bread from wheat flour partially replaced by fermented chickpea flour: Optimizing the formulation and fuzzy analysis of sensory data. **LWT - Food Science and Technology**. v. 90, p. 215-223, 2018.

SILVA, M.O.; BRIGIDE, P.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Composição de cultivares de feijão comum. **Alim. Nutr. = Braz. J. Food Nutr.**, Araraquara, v.24, n.3, p. 339-346, jul./set. 2013.

SILVA, M. B. de et al. In vitro and in silico studies of 3-hydroxy-3-methyl-glutaryl coenzyme A reductase inhibitory activity of the cowpea Gln-Asp-Phe peptide. **Food Chemistry**. v. 259, p. 270-277, 2018.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**. v. 81, n. 219-231, 2003.

SINGH, B. et al. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. **Food Research International**. v. 101, p. 1-16, 2017.

SOUZA, F. H. D. et al. **Produção de sementes de Guandu**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, n. 69, p. 68, 2007. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Documentos69.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**. v. 133, p.156-162, 2012.

SUÁREZ-MARTÍNEZ, S. E. et al. Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. **Journal of Food**. v. 14, n. 1, p. 131-137, 2016.

THOMPSON, M. D. et al. Cell signaling pathways associated with a reduction in mammary cancer burden by dietary common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Carcinogenesis**. v. 33, n. 1, p. 226-232, 2012.

TIWARI, B.K. et al. Effect of Various Pre-treatments on Functional, Physiochemical, and Cooking Properties of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L). **Food Sci Tech Int.** v.14, n.6, p.487–495. 2008.

TRINIAD, T. P et al. The potential health benefits of legumes as a good source of dietary fibre. **Br J Nutr.** v. 103, p. 569–574, 2010.

VIEIRA, R.F. A cultura do feijão-lima. **Informe Agropecuário.** v.16, n.17, p.30-37. Belo Horizonte, MG. 1992.

WANG, N. et al. Effect of cooking on the composition of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and chickpeas (*Cicer arietinum* L.). **Food Research International.** v. 43, n. 2, p. 589-594, 2010.

XU, B.J.; CHANG, S.K.C. A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents. **Journal of Food Science** v. 72, n. 2, p. 159-166, 2007.

ZAYAS, J. F. **Functionality of proteins in food.** Heidelberg: Springer, 1997.

## Capítulo II

Manuscrito: Efeito das condições de secagem sobre as propriedades funcionais das farinhas de caupí, guandu e mangalô

---

**Efeito das condições de secagem sobre as propriedades funcionais das  
farinhas de caupí, guandu e mangalô**

**Effect of different drying conditions on the functional properties of cowpea,  
pigeon pea, and lima bean flours**

Ana Carolina Chagas Portela(a), Ferlando Lima Santos(b), Maria P. Spinola  
Miranda(a); Ederlan de Souza Ferreira\*(a)

<sup>a</sup>Faculdade de Farmácia, Universidade Federal da Bahia, Rua Barão de Jeremoabo,  
40170-115, Salvador, BA, Brasil

<sup>b</sup>Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Av. Carlos Amaral, nº 1015, Santo  
Antônio de Jesus, BA, Brasil

*Running title: Effect of dehydration conditions on the functional properties of beans  
flours...*

**\*ENDEREÇO PARA CORRESPONDÊNCIA:**

Prof. Ederlan de Souza Ferreira  
Departamento de Análises Bromatológicas  
Universidade Federal da Bahia  
Rua Barão de Jeremoabo, 147  
40.170-115, Salvador, Brasil  
Endereço de e-mail: [ederlan.ferreira@ufba.br](mailto:ederlan.ferreira@ufba.br)  
Telefone: (71) 3283-6932

## RESUMO

As farinhas de feijões têm potencial econômico por agregarem valor nutricional e funcional à produtos alimentícios. No entanto, suas propriedades funcionais podem ser influenciadas pelo tratamento térmico realizado nos feijões. Com isso, o propósito deste estudo foi analisar o efeito da temperatura (40, 50, 60 °C) e do tempo (6, 9, 12 horas) de secagem dos feijões caupí, guandu e mangalô na capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO), índices de absorção de água (IAA) e solubilidade em água (ISA), atividade de emulsão (AE) e estabilidade de emulsão (EE), capacidade de formação de gel, atividade de água (Aw), umidade e densidade de suas farinhas. Além disso, foi avaliada a composição centesimal, teor de compostos fenólicos e flavonoides totais, atividade antioxidante e determinação do pH. Foram utilizados a análise multivariada ANOVA e o Método de análise de componentes principais na avaliação dos dados. Na composição centesimal observou-se maior teor de proteína para a farinha de mangalô (32,4%) e concentração de fenólicos totais e atividade antioxidante maiores,  $14,6 \pm 0,5$  mg/AG.g<sup>-1</sup> e 63%, respectivamente para a farinha de guandu. A umidade, Aw, densidade e pH apresentaram valores esperados para farinhas. O IAA e ISA não tiveram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre os tratamentos, assim como a CAO. No entanto a CAA, apenas na farinha de mangalô, em tratamentos de 40 e 50 °C no tempo de 6 horas apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Houve aumento da AE nos tratamentos de 50 °C, nos tempos estudados, para todas as farinhas, contudo a EE foi menor do que o esperado. A concentração de 12% das farinhas estudadas demonstrou ser suficiente para a formação de gel na maioria das condições. Além disso, observou-se na análise de componentes principais uma correlação positiva entre AE, CAO, Aw e densidade nas farinhas guandu e mangalô para tratamentos de 50 e 60 °C em todos os tempos de secagem, no entanto a farinha de caupí teve correlação positiva entre EE, Aw, IAA, ISA e densidade, principalmente em tratamentos de 40, 50 e 60 °C em tempos de 9 e/ou 12 horas. De modo geral, com o tratamento 40 °C e 9 horas se obtêm, para todas as farinhas, bons resultados, contudo a depender da finalidade no uso das farinhas, algumas propriedades funcionais podem ser potencializadas em tratamentos diferentes.

**Palavras-chave:** Compostos bioativos. Capacidade emulsificante. Formação de gel. Novos produtos.

## 1 INTRODUÇÃO

Os grãos de leguminosas são considerados excelente fonte de proteínas (18-35%), carboidratos complexos (40-65%), fibras (11-15%) e minerais (3-8%), além disso o consumo habitual desses grãos tem sido reconhecido como promotor de benefícios à saúde, especialmente aqueles relacionados à redução dos riscos de doenças cardiovasculares, do diabetes do tipo 2 e a prevenção de vários tipos de câncer. Desse modo, algumas políticas de saúde pública têm buscado estimular o aumento do consumo de feijões, lentilhas, ervilhas, tremoços e até mesmo da soja, pela população (GUAJARDO-FLORES; SERNA-SALDÍVAR; GUTIÉRREZ-URIBE, 2013; SUÁREZ-MARTÍNEZ et al., 2016).

Historicamente no Brasil, a espécie *Phaseolus vulgaris* L., conhecida popularmente por feijão-comum e feijão-carioca representa a principal leguminosa utilizada na alimentação humana. A espécie *Vigna unguiculata* L. Walp. (feijão caupí ou de corda) está crescendo tanto na área de cultivo quanto na produção, principalmente na região Centro-Oeste. Todavia, existem outras espécies de feijões também utilizadas na alimentação brasileira, embora não se tenha muitos dados de registro de sua produção e consumo no país, são elas: *Cajanus cajan* L. Millspaugh (feijão guandu) e *Phaseolus lunatus* L. (feijão mangalô ou feijão lima) (FREIRE FILHO et al., 2013; GUIMARÃES et al., 2007; SOUZA et al., 2007).

Apesar da insuficiência de dados, estas espécies apresentam uma importância econômica e social sobretudo na região Nordeste do Brasil, pois são cultivadas como uma alternativa de renda por pequenos produtores, notadamente na agricultura familiar. Além disso, são frequentemente utilizadas em sistemas agrícolas para forragem, melhoramento e recuperação do solo, deixando, no entanto, de explorar seu potencial econômico na alimentação humana (AZEVEDO et al., 2007; EMBRAPA, 2007; GUIMARÃES et al., 2007; SOUZA et al., 2007; SOUZA et al., 2008).

Na perspectiva tecnológica, estudos recentes têm sugerido a aplicação de farinhas de leguminosas como uma alternativa à substituição parcial ou total da farinha de trigo ou outros ingredientes (aditivos) funcionais de produtos, devido às suas propriedades nutricionais, físico-químicas e funcionais. Além disso, existe uma necessidade crescente voltada ao desenvolvimento de alimentos saudáveis, funcionais e de consumo mais prático, utilizando matérias-primas a partir de fontes

sustentáveis e subutilizadas, especialmente, como fonte de proteína, em virtude da do alto custo de produção da proteína de origem animal (ANDRADE et al., 2016; FENDRI et al., 2016; KAUR; SINGH; KAUR, 2017; OLIVIERO; FOGLIANO, 2016; RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018; SHARIF et al., 2018).

Está bem estabelecido na literatura que a aplicabilidade de farinhas dos grãos de leguminosas na elaboração de produtos alimentares depende essencialmente da sua composição proteica, pois as propriedades funcionais relacionadas à proteína, incluindo a ligação à água e gordura, propriedades emulsionantes, capacidade de formação de espuma e gelificação, conferem características benéficas que facilitam a sua utilização em sistemas de fabricação de alimentos (KAUR; SINGH, 2005).

Entretanto, estas farinhas podem atribuir características indesejáveis no produto final, tais como, alterações sensoriais (*flavor*), presença de inibidores de proteases (compostos antinutricionais), deficiência de aminoácidos sulfurados, e um maior tempo necessário para o seu preparo (ANDRADE et al., 2016; RAMÍREZ-JIMÉNEZ et al., 2018). Com o intuito de reduzir estas características, diferentes condições de tratamento térmico prévio podem ser aplicados (ANDRADE et al., 2016; LYKOMITROS; FOGLIANO; CAPUANO, 2016; RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008). Por outro lado, o tratamento térmico também pode impactar nas propriedades funcionais das farinhas, devido às alterações dos componentes químicos, o que afeta a sua aplicação em formulações de alimentos (MA et al., 2011; PEYRANO; SPERONI; AVANZA, 2016).

Dentre as técnicas adotadas para secagem e tratamento térmico dos grãos de leguminosa têm-se a secagem por convecção, comumente empregada na conservação de grãos, hortaliças e frutas, também pode ser utilizada como um método para a obtenção de farinhas vegetais (ENGEL et al., 2016; ISLAM; HAQUE; ISLAM, 2012; REIS et al., 2017).

Assim, este estudo analisou o efeito da temperatura e do tempo de secagem das sementes dos feijões caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp), guandu (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.), sobre as propriedades funcionais de suas farinhas.

## **2 Material e métodos**

### **2.1 Delineamento experimental**

Os grãos dos feijões caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp), guandu (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) e mangalô (*Phaseolus lunatus* L.) foram gentilmente cedidos por produtores da agricultura familiar da cidade de Santo Antônio de Jesus (Bahia, Brasil), produzidos no período de janeiro e maio de 2017. Foram cedidos 2 Kg de cada espécie.

A **Figura 1** mostra o fluxograma com os procedimentos realizados para a obtenção das farinhas. Inicialmente os grãos foram selecionados quanto à sua integridade física e maturação fisiológica. Em seguida, foram submetidos a processo de branqueamento (imersão) por aquecimento (100 °C/4 min.) seguido de resfriamento (4 °C/4 min.) (SILVA et al., 2000).

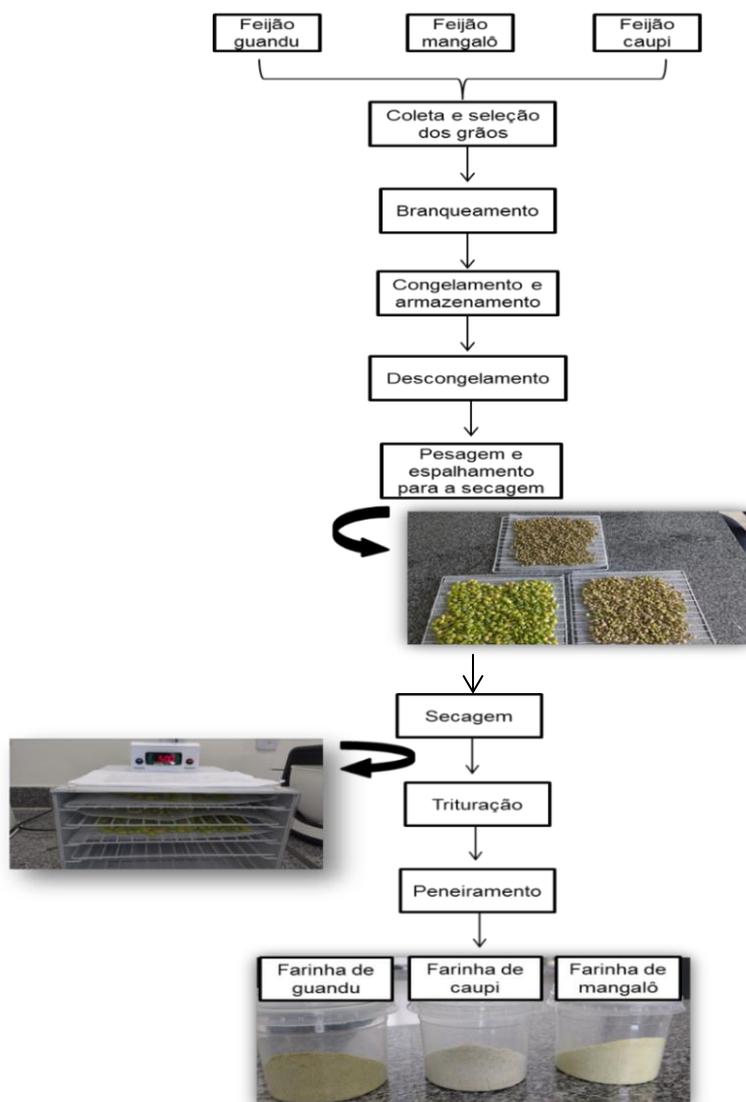
Os feijões branqueados foram acondicionados em embalagens de polietileno e armazenados em temperatura de congelamento (- 20 °C) em sacos de polietileno contendo 300 g de cada feijão. O branqueamento foi realizado no momento em que os feijões foram entregues. Posteriormente, após uma semana, os feijões recebidos nos períodos de janeiro e maio foram descongelados (em temperatura de 7 a 10 °C, por 24 horas) e misturados entre si, em quantidade suficiente para que não houvessem grãos sobrepostos no momento da secagem.

Os feijões foram colocados em bandejas de material atóxico, em seguida o excesso de água foi retirado por meio de uma leve pressão, sobre os grãos, com um papel absorvente. A secagem foi realizada utilizando um secador elétrico com circulação forçada de ar, equipado com controle de temperatura eletrônico (Pratic Dryer, Meloni, Viçosa, Minas Gerais, Brasil), em um fluxo de ar na velocidade de 1 m.s<sup>-1</sup>, nas diferentes temperaturas (40, 50 e 60 °C) e tempos (6, 9 e 12 h). Após a secagem, os grãos foram completamente triturados em um liquidificador (Philips Walita, 750 W de potência), por cerca de 1 minuto. O material obtido foi tamisado até a obtenção de uma farinha homogênea (granulometria de 42 mesh). As farinhas foram acondicionadas em recipientes de polietileno (em temperatura ambiente 25 °C) até a realização das análises.

## 2.2 Análises físico-químicas das farinhas integrais

Nas farinhas obtidas (50 °C/6 h) a partir dos grãos dos feijões caupí, guandu e mangalô foram realizadas as seguintes análises: pH, substâncias voláteis a 105 °C

(umidade), resíduo mineral fixo (cinzas totais), proteína bruta, lipídeos totais, compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante.



**Figura 1** - Fluxograma para a obtenção das farinhas a partir dos grãos de feijões caupí, guandu e mangalô.

### 2.2.1 Composição centesimal e determinação do pH

De acordo com metodologias descritas pela AOAC (2005), o pH foi determinado em suspensões de 2 g das farinhas de cada espécie em 20 mL de água destilada, por um medidor de bancada (Simpla pH140). A umidade pela diferença entre a massa inicial e final de amostras secas em estufa com circulação de ar forçada a 105 °C, até peso constante. O teor de cinzas foi determinado após a incineração da amostra em

mufla a 550 °C, por 4 horas. A quantidade de proteína bruta foi estimada através da quantificação do nitrogênio total pelo método de Kjeldahl, utilizando como fator de conversão 5,7. A quantificação do lipídeo total foi realizada através da extração por Soxhlet, utilizando éter etílico em refluxo contínuo à temperatura de 45-50 °C, por 5 horas. Os carboidratos totais foram estimados por diferença, considerando a soma dos demais componentes determinados.

### **2.2.2 Determinação de compostos fenólicos totais, flavonoides totais e atividade antioxidante**

De acordo com a metodologia adaptada de Xu e Chang (2007), uma porção de 1 g das farinhas foi homogeneizada com 10 mL de água destilada, agitadas por 30 segundos e, em seguida, centrifugadas (3.000 rpm/3 min/25 °C). O extrato aquoso obtido (sobrenadante) foi filtrado (47 mm), volume ajustado e utilizado para as análises subsequentes.

Os fenólicos totais foram quantificados através do método de Folin-Ciocalteu, com modificações (SINGLETON; ROSSI, 1965). Uma alíquota de 200 µL do extrato aquoso foi diluída com água destilada, em balão volumétrico, avolumado para 8 mL. Depois, foi adicionado o reagente Folin-Ciocalteu (500 µL), e aguardou-se 5 minutos. Em seguida, foi adicionada (1,5 mL) a solução de carbonato de sódio (7,5%). O material foi aquecido (100 °C/ 5 min.), resfriado à temperatura ambiente (25 °C) e a leitura da absorvância foi realizada em espectrofotômetro no comprimento de onda de 765 nm. A quantificação foi realizada utilizando uma curva padrão de ácido gálico (SigmaAldrich®, St. Louis, Missouri, EUA), sendo representada pela seguinte equação:  $Y = 0,0006.x + 0,04414$ , onde  $R^2 = 0,99046$ , e os resultados são expressos em mg.AG.g<sup>-1</sup>, em base seca.

Os flavonoides totais foram quantificados utilizando a metodologia descrita por Lee et al. (2003), com algumas modificações. Uma alíquota de 1 mL do extrato aquoso foi diluída com água destilada, em balão volumétrico, avolumado para 4 mL. Depois, foi adicionado 300 µL da solução de nitrito de sódio (5%), 300 µL da solução de cloreto de alumínio (10%) e 2 mL da solução de hidróxido de sódio (1M), e, após 5 minutos, foi realizada a leitura da absorvância em espectrofotômetro no comprimento de onda de 510 nm. A quantificação foi realizada utilizando uma curva padrão de catequina (SigmaAldrich®, St. Louis, Missouri, EUA), sendo representada pela seguinte

equação:  $Y = 0,001x + 0,0259$ , onde  $R^2 = 0,9999$ , e os resultados são expressos em  $\text{mg.CAE.g}^{-1}$ , em base seca.

A atividade antioxidante (AA) foi estimada de acordo com a metodologia descrita por Brand-Willians et al. (1995), com modificações. Uma alíquota de 100  $\mu\text{L}$  do extrato aquoso foi homogeneizado em 3,9 mL da solução metanólica de DPPH (0,1 mM), e deixada em repouso por 30 minutos, sob abrigo da luz. Posteriormente, foram realizadas as leituras das absorvâncias em espectrofotômetro no comprimento de onda de 515 nm. Um controle negativo (branco) foi preparado na ausência dos extratos. A porcentagem da atividade antioxidante (%AA) foi calculada de acordo com a equação:  $\% \text{ AA} = (\lambda \text{ controle} - \lambda \text{ extrato} / \lambda \text{ controle}) \times 100$ .

### 2.3 Propriedades físico-químicas

As características de densidade, umidade relativa (%) e atividade de água foram determinadas nas farinhas obtidas por diferentes condições de temperatura (40, 50 e 60 °C) e tempo (6, 9 e 12 h).

A determinação da densidade foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Kaur e Singh (2005). A umidade relativa foi determinada de acordo como descrito no item 2.2.1, proposto pela AOAC (2005) e a atividade de água ( $A_w$ ) por leitura direta utilizando um determinador de atividade água AquaLab lite (Decagon®, São José dos Campos, São Paulo).

### 2.4 Índices de absorção (IAA) e solubilidade em água (ISA)

O IAA e o ISA foram determinados de acordo com o método sugerido Du et al. (2014). Amostras (2,5 g) das farinhas foram homogeneizadas em água destilada (30 mL) e aquecidas (70 °C/30 min.) em banho-maria. Depois, as suspensões foram resfriadas (25 °C/5 min.) e centrifugadas (3.000 rpm/20 min./25 °C). O sobrenadante foi recolhido e a massa do resíduo (peso em g) foi determinada, após o processo de secagem em estufa com circulação de ar forçada (105 °C/3 h) para a determinação do material solubilizado. Em seguida, a massa do sedimento após a centrifugação (peso em g) também foi mensurada. O IAA e o ISA foram calculados de acordo com as equações, respectivamente:  $IAA = \text{Massa do sedimento após a}$

*centrifugação/Massa inicial da amostra; % ISA = (Massa do resíduo após a secagem/Massa inicial da amostra) x 100*

## **2.5 Capacidade de absorção de água (CAA)**

A CAA das farinhas foi determinada através do método de Beuchat (1977). Amostras (1,0 g) foram homogeneizadas em água destilada (10 mL) em tubos a temperatura ambiente (25 °C). O material foi agitado vigorosamente por 30 segundos, depois centrifugado (5.000 rpm/30 min./25 °C). O sobrenadante foi descartado e a massa do precipitado foi aferido (g de água/g de amostra). A CAA foi calculada de acordo com a equação:  $CAA (g/g) = (massa\ do\ precipitado - massa\ inicial\ da\ amostra)/massa\ inicial\ da\ amostra$ .

## **2.6 Capacidade de absorção de óleo (CAO)**

A CAO das farinhas foi determinada através do método de Lin et al. (1974), com algumas adaptações. Amostras (0,5 g) de cada farinha foram homogeneizadas em óleo de soja (6 mL) em tubos a temperatura ambiente (25 °C). O material foi agitado vigorosamente por 1 minuto, depois permaneceu em repouso 30 minutos. Em seguida, os tubos foram centrifugados (3.000 rpm/25 min./25 °C). O sobrenadante (excesso de óleo) foi descartado e a massa do precipitado foi aferida (g de óleo/g de amostra). A CAO foi calculada de acordo com a equação:  $CAO (g/g) = (massa\ do\ precipitado - massa\ inicial\ da\ amostra)/massa\ inicial\ da\ amostra$ .

## **2.7 Atividade de emulsão (AE) e estabilidade de emulsão (EE)**

A atividade e estabilidade da emulsão formada pelas farinhas foram avaliadas através do método de Naczki et al. (1985), com adaptações. Amostras das farinhas (0,5 g) foram homogeneizadas em água destilada (5 mL), depois foi adicionado o óleo de soja (5,0 mL) e novamente homogeneizado por agitação mecânica vigorosa por 1 minuto. Após aguardar 2 minutos, o volume da emulsão foi registrado. Em seguida, o material foi centrifugado (1.100 rpm/5 min./25 °C) e o volume da emulsão após o processo de centrifugação foi mensurado. A atividade de emulsão (%) foi calculada

pela seguinte equação:  $\%AE = (\text{volume da camada emulsionada após a centrifugação} / \text{volume da camada emulsionada antes da centrifugação}) \times 100$ .

Para a análise de estabilidade da emulsão, as suspensões foram aquecidas (85 °C/15 min.) em banho-maria, resfriadas (25 °C/5 min.) e centrifugadas (1.100 rpm/5 min./25 °C). A estabilidade de emulsão (%) foi calculada pela seguinte equação:  $\%EE = (\text{volume de emulsão remanescente após o aquecimento} / \text{volume da camada emulsionada antes do aquecimento}) \times 100$ .

## 2.8 Capacidade de formação de gel

A capacidade de formação de gel foi determinada através do método de Sathe e Salunkhe (1981). Amostras das farinhas em diferentes concentrações (2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18 e 20%, m/v) foram homogeneizadas em 5 mL de água destilada. As suspensões foram aquecidas em banho-maria (98 °C/30 min.), depois foram resfriadas em água fria (8 °C/5 min.) e mantidas sob refrigeração (4 °C/120 min.). Posteriormente, a formação do gel foi observada quando não houve deslocamento da suspensão pela inversão do tubo.

## 2.9 Análise estatística

Os dados obtidos para os diferentes tratamentos foram avaliados por ANOVA e as médias foram analisadas estatisticamente pelo teste de Tukey, adotando-se um nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas no *Software Livre R* (v. 3.4.3). A análise de componentes principais (ACP) e a correlação linear de Pearson foi aplicada nos resultados obtidos para as propriedades físico-químicas e funcionais das farinhas obtidas por diferentes condições de desidratação.

## 3 Resultados e discussão

Na **Tabela 1** estão apresentados os resultados encontrados para a composição centesimal, pH, teores de fenólicos e flavonoides totais, e da atividade antioxidante das farinhas avaliadas. Observa-se valores de pH neutro para todas as farinhas, sendo as farinhas de feijão caupí (FFC) e guandu (FFG) aquelas com pH levemente alcalino, no entanto não apresentando diferença estatística. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Marquezi et al. (2017), que analisaram o pH de

diferentes cultivares de feijão vermelho, carioca e preto, encontrando valores entre 6,31 e 6,46.

**Tabela 1** - Composição centesimal, pH, compostos bioativos e atividade antioxidante das farinhas produzidas a partir da secagem dos feijões à 50 °C e 6 horas.

Parâmetros	Farinha integral		
	Guandu	Mangalô	Caupí
pH	6.5 ± 0.00 <sup>a</sup>	6.2 ± 0.00 <sup>a</sup>	6.6 ± 0.00 <sup>a</sup>
Umidade (%)	10.0 ± 3.32 <sup>a</sup>	13.11 ± 1.95 <sup>a</sup>	10.00 ± 2.73 <sup>a</sup>
Cinzas (%)	2.65 ± 0.08 <sup>a</sup>	2.74 ± 0.04 <sup>a</sup>	2.76 ± 0.04 <sup>a</sup>
Proteína bruta (%N.6,25)	24,64 ± 0.76 <sup>a</sup>	32.37 ± 0.40 <sup>b</sup>	24.90 ± 0.22 <sup>a</sup>
Lipídios totais (%)	2.49 ± 0.01 <sup>a</sup>	1.74 ± 0.02 <sup>b</sup>	1.99 ± 0.00 <sup>c</sup>
Carboidratos totais (%)	60.23 ± 3.80 <sup>a</sup>	50.05 ± 1.62 <sup>b</sup>	60.35 ± 2.79 <sup>a</sup>
Fenólicos totais (mg.AG.g <sup>-1</sup> )*	14.64 ± 0.50 <sup>a</sup>	2.89 ± 0.91 <sup>b</sup>	9.72 ± 1.25 <sup>c</sup>
Flavonoides totais (mg.CAE.g <sup>-1</sup> )**	10.11 ± 0.30 <sup>a</sup>	3.08 ± 0.55 <sup>b</sup>	4.61 ± 0.20 <sup>c</sup>
Atividade Antioxidante (%)	63.21 ± 2.8 <sup>a</sup>	0.29 ± 1.08 <sup>b</sup>	24.54 ± 0.06 <sup>c</sup>

\*AG = Ácido gálico \*\*CAE = Catequina. Valores na mesma linha com letras iguais não apresentam diferença estatística ( $p > 0.05$ ). Dados expressos como média ± desvio padrão.

A umidade entre as farinhas não apresentou diferença significativa com valores entre 10 e 13,11%. Du et al. (2014) encontraram teor de umidade de 10,2% para a farinha de feijão mangalô (FFM), com secagem dos feijões à temperatura ambiente, valor inferior aos apresentados no presente estudo. No entanto, Gomes et al. (2012) obtiveram valores entre 14,3 e 15,8%, ao realizarem o processo de secagem utilizando três temperaturas diferentes (40, 50 e 60 °C).

Não houve diferença estatística entre os valores encontrados para o resíduo mineral fixo (cinzas). Estes foram inferiores aos relatados na literatura para a FFG 3,05% e FFM 4,30% (DU et al., 2014; KAUSHAL; KUMAR; SHARMA, 2012).

A quantidade de proteínas foi semelhante para as FFG e FFC, 24,64 e 24,90%, respectivamente, e diferente estatisticamente da FFM que apresentou um percentual maior de 32,37%. Estes valores confirmam a quantidade elevada de proteínas que está naturalmente nas leguminosas e seu potencial como fonte dietética. Estes resultados são próximos aos reportados por Gomes et al. (2012) para a FFC, de 24,6 a 26,5%, variando de acordo com a secagem realizada em 40, 50 e 60 °C. Contudo, diferente deste estudo, Du et al. (2014) encontraram um valor de 23,92% de proteínas para FFM.

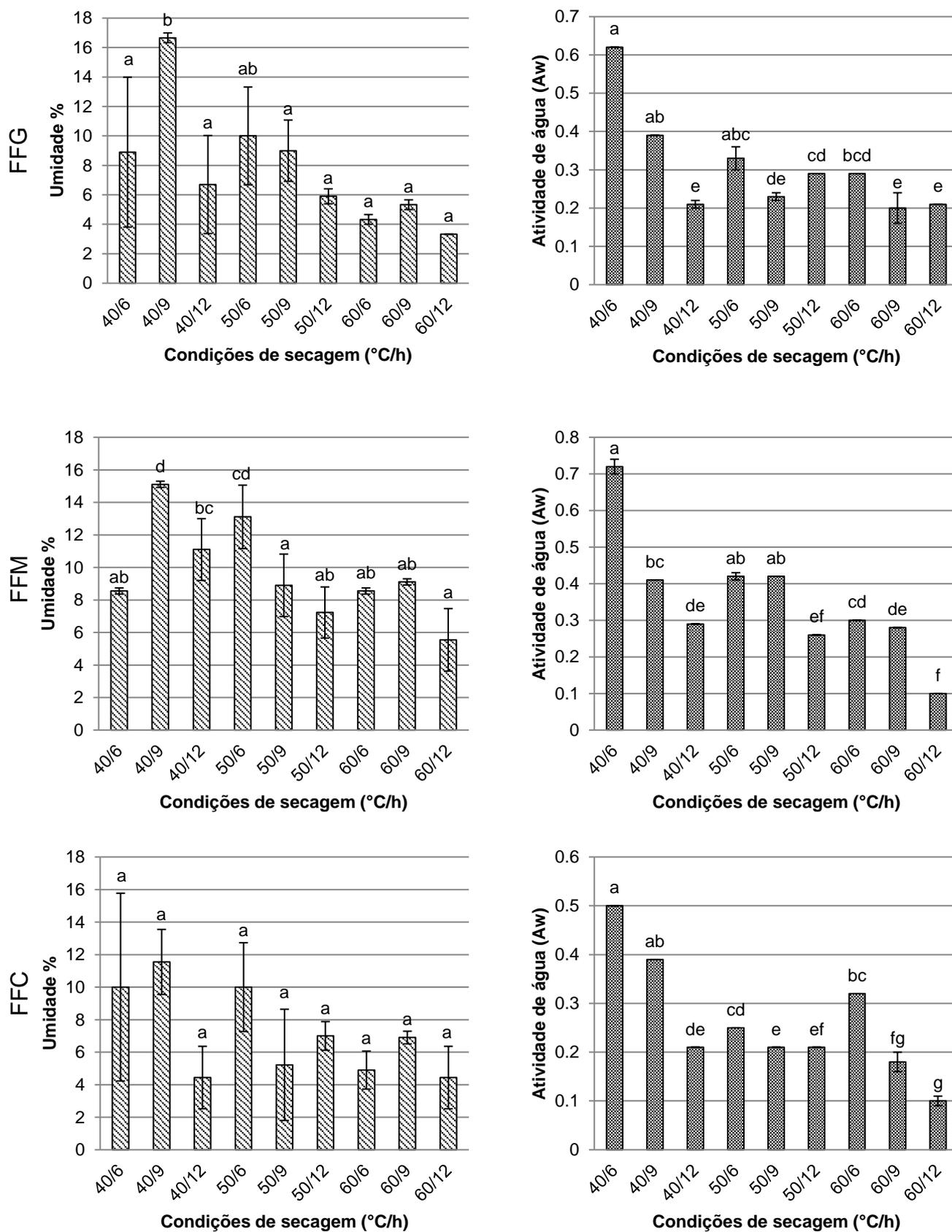
No entanto, o percentual de lipídios totais observados neste estudo teve diferença estatística entre as três farinhas, no entanto o percentual foi maior para a FFG (2,49%). Kaushal, Kumar e Sharma (2012) também encontraram um percentual mais elevado de lipídios para a FFG, no valor de 3,38%, em comparação com outros cereais analisados em seu estudo. No entanto, as FFC e FFM, apresentaram valores dentro do que era esperado para outras leguminosas, entre 0,82 e 2,12% (DU et al., 2014; GOMES; SILVA, 2003; GOMES et al., 2006; SANTOS et al., 2009).

Os carboidratos representam a maior fração na composição das farinhas. Apenas a FFM apresentou um percentual diferente estatisticamente das demais, com um valor de 50,05%. Percentual inferior ao encontrado por Marquezi et al. (2017), em diferentes cultivares de feijão comum, com valores de carboidratos totais de 57,8 a 62,9%, porém justificado pelo percentual elevado de proteínas. Outros autores reportaram percentuais maiores para a FFG (KAUSHAL; KUMAR; SHARMA, 2012; SOUZA et al., 1991) e menores para a FFC (FROTA; SOARES; AREAS, 2008; SALGADO et al., 2005).

As farinhas das espécies analisadas apresentaram diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) nas quantidades de compostos fenólicos, flavonoides e para o percentual de atividade antioxidante. Quanto aos compostos bioativos a FFG apresentou maior valor tanto de compostos fenólicos totais quanto de flavonoides, 14,64 mg.AG/g<sup>-1</sup> e 10,11 mg.CAE/g<sup>-1</sup>, respectivamente, seguido da FFC com 9,72 mg.AG/g<sup>-1</sup> e 4,61 mg.CAE/g<sup>-1</sup>. O estudo de Xu e Chang (2008), com variedades de soja, verificou maior quantidade de compostos fenólicos e flavonoides na casca, seguido do grão inteiro. Apesar das farinhas do presente estudo terem sido feitas com o grão inteiro, os valores foram menores aos encontrados por Sreerama, Sashikala e Pratape (2012) para FFC que foi de 12,1 mg.AG.g<sup>-1</sup> e 7,2 mg.CAE.g<sup>-1</sup>, no entanto, maiores do que os encontrados para o feijão comum cru, 3,44 mg.AG.g<sup>-1</sup> (SILVA et al., 2018).

Com relação, a atividade antioxidante (AA) o maior percentual foi da FFG com 63,21%, seguido da FFC com 24,54%. Boudjou et al. (2013) reportaram uma média de 45,18% de AA para o feijão fava e Evangelho et al. (2016) registraram valores que variaram entre 37,15 a 45,15% nas proteínas do feijão preto.

Na **Figura 2** estão apresentadas a umidade e atividade de água ( $A_w$ ) das farinhas obtidas através de diferentes condições de secagem. Estes são importantes indicadores de qualidade do produto, visto que resulta em maior estabilidade química e microbiológica (GOMES; SILVA, 2003).



**Figura 2** – Umidade relativa e atividade de água das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.

Conforme esperado, a umidade das farinhas tende a reduzir com o aumento da temperatura de secagem. Na resolução RDC nº 263, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), e a Instrução Normativa nº 8, do Ministério da Agricultura estabelecem o valor máximo de 15% para o teor de umidade de produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos (BRASIL, 2005a; BRASIL, 2005b). Entretanto, deve-se considerar que quanto menor a umidade das farinhas, maior a vida útil das mesmas, pois as alterações provocadas por reações químicas e ação microbiológica são desfavorecidas. A depender do tipo de produto desenvolvido, a umidade da farinha irá variar como descrito em alguns estudos que utilizaram farinhas de leguminosas para o desenvolvimento de pães (10 a 14%), produtos cárneos (9,5%), biscoitos e massas (14%) (CHÁVEZ-SANTOSCOY et al., 2016; CODA et al., 2017; SANJEEWA et al., 2010).

Verifica-se que a  $A_w$  reduziu à medida que houve aumento na temperatura e/ou no tempo de secagem variando 0,10 a 0,72, havendo diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Observa-se que os valores maiores de  $A_w$  foram obtidos em condições de temperatura a 40 °C e tempo de 6 horas para todas as farinhas, sabendo que uma  $A_w$  acima de 0,60 é considerada propícia para a multiplicação de micro-organismos patogênicos, na FFG e FFM a condição 40/6 não foi suficiente para obter uma  $A_w$  desejável (LABUZA, 1980). Gomes et al. (2012) verificaram um resultado semelhante com uma  $A_w$  de 0,70, na FFC, após uma secagem com temperatura de 40 °C.

Na **Tabela 2** são apresentados a densidade, índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA) das farinhas obtidas de diferentes condições de secagem.

Verifica-se um aumento da densidade das farinhas com o aumento da temperatura e/ou tempo das condições de secagem variando de 0,50 g/mL<sup>-1</sup> a 0,78 g/mL<sup>-1</sup> para a FFM e a FFC, respectivamente. Vale ressaltar que independente da farinha, o menor valor de densidade ocorreu no tratamento com temperatura de 40 °C e tempo de 6 horas. Resultado esperado devido à umidade observada das farinhas nesta condição de secagem (**Figura 2**). Valores similares foram encontrados no estudo de Du et al. (2014) que observaram uma densidade entre 0,54 a 0,81 g/mL<sup>-1</sup> para as farinhas de diversas leguminosas. O uso de farinhas com densidade menor é muito interessante para a produção de produtos que necessitem de uma textura mais leve e suave como as formulações infantis (KAUSHAL; KUMAR; SHARMA, 2012).

**Tabela 2** – Propriedades físico-químicas das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.

Farinhas	Tratamento (°C/h)	Densidade (g/mL <sup>-1</sup> )	IAA (g.g <sup>-1</sup> )**	ISA (%)***
Guandu	40/6	0.56 ± 0.00 <sup>e</sup>	4.48 ± 0.08 <sup>d</sup>	5.33 ± 0.91 <sup>b</sup>
	40/9	0.71 ± 0.00 <sup>b</sup>	5.11 ± 0.05 <sup>c</sup>	7.17 ± 0.82 <sup>ab</sup>
	40/12	0.70 ± 0.00 <sup>c</sup>	5.10 ± 0.03 <sup>c</sup>	6.66 ± 0.47 <sup>ab</sup>
	50/6	0.61 ± 0.01 <sup>d</sup>	4.50 ± 0.17 <sup>d</sup>	5.24 ± 0.50 <sup>b</sup>
	50/9	0.73 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.73 ± 0.15 <sup>d</sup>	7.16 ± 1.37 <sup>ab</sup>
	50/12	0.71 ± 0.00 <sup>b</sup>	5.60 ± 0.22 <sup>b</sup>	5.85 ± 0.92 <sup>ab</sup>
	60/6	0.70 ± 0.00 <sup>c</sup>	4.63 ± 0.02 <sup>d</sup>	4.42 ± 0.71 <sup>b</sup>
	60/9	0.73 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.71 ± 0.02 <sup>d</sup>	6.38 ± 0.00 <sup>ab</sup>
	60/12	0.73 ± 0.01 <sup>a</sup>	6.30 ± 0.10 <sup>a</sup>	8.20 ± 0.09 <sup>a</sup>
Mangalô	40/6	0.50 ± 0.00 <sup>g</sup>	4.90 ± 0.19 <sup>b</sup>	6.14 ± 0.24 <sup>ab</sup>
	40/9	0.71 ± 0.00 <sup>d</sup>	4.93 ± 0.12 <sup>b</sup>	5.85 ± 0.46 <sup>ab</sup>
	40/12	0.72 ± 0.00 <sup>c</sup>	4.71 ± 0.35 <sup>b</sup>	7.71 ± 0.49 <sup>a</sup>
	50/6	0.58 ± 0.00 <sup>f</sup>	4.81 ± 0.04 <sup>b</sup>	4.52 ± 0.38 <sup>b</sup>
	50/9	0.70 ± 0.00 <sup>d</sup>	5.06 ± 0.10 <sup>b</sup>	7.19 ± 0.01 <sup>a</sup>
	50/12	0.71 ± 0.00 <sup>d</sup>	5.52 ± 0.21 <sup>b</sup>	6.39 ± 0.80 <sup>ab</sup>
	60/6	0.65 ± 0.01 <sup>e</sup>	4.75 ± 0.23 <sup>b</sup>	5.59 ± 2.32 <sup>ab</sup>
	60/9	0.73 ± 0.00 <sup>b</sup>	4.72 ± 0.01 <sup>b</sup>	6.11 ± 0.46 <sup>ab</sup>
	60/12	0.76 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.86 ± 0.15 <sup>a</sup>	7.30 ± 0.58 <sup>a</sup>
Caupí	40/6	0.64 ± 0.00 <sup>f</sup>	5.48 ± 0.11 <sup>abc</sup>	6.19 ± 1.29 <sup>ab</sup>
	40/9	0.73 ± 0.00 <sup>c</sup>	4.88 ± 0.26 <sup>bc</sup>	7.44 ± 0.49 <sup>ab</sup>
	40/12	0.77 ± 0.01 <sup>a</sup>	4.85 ± 0.34 <sup>bc</sup>	7.46 ± 0.93 <sup>ab</sup>
	50/6	0.69 ± 0.00 <sup>e</sup>	4.93 ± 0.10 <sup>abc</sup>	6.60 ± 0.08 <sup>ab</sup>
	50/9	0.77 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.64 ± 0.37 <sup>c</sup>	8.30 ± 0.92 <sup>a</sup>
	50/12	0.74 ± 0.00 <sup>c</sup>	5.71 ± 0.03 <sup>ab</sup>	6.11 ± 0.94 <sup>ab</sup>
	60/6	0.71 ± 0.00 <sup>d</sup>	4.80 ± 0.08 <sup>c</sup>	6.58 ± 2.76 <sup>ab</sup>
	60/9	0.78 ± 0.00 <sup>a</sup>	4.77 ± 0.12 <sup>c</sup>	4.77 ± 0.12 <sup>b</sup>
	60/12	0.76 ± 0.00 <sup>b</sup>	6.08 ± 0.04 <sup>a</sup>	8.56 ± 0.40 <sup>a</sup>

\*Valores com letras iguais na mesma coluna para cada farinha não são significativamente diferentes ( $P > 0.05$ ). \*\*IAA = Índice de absorção de água. \*\*\*ISA = Índice de solubilidade em água. Dados expressos como média ± desvio padrão.

Para o IAA os maiores valores observados foram em farinhas da secagem com temperatura de 60° C e tempo de 12 horas na FFG e FFC, 6,30 e 6,08 g de água.g<sup>-1</sup> de amostra, respectivamente, no entanto apenas houve diferença significativa na FFG ( $p < 0,05$ ) (**Tabela 2**). Resultados semelhantes foram observados em outros estudos (DU et al., 2014; KAUSHAL; KUMAR; SHARMA, 2012), no entanto maiores que o encontrado por Ramírez-Jiménez et al. (2018) na farinha de feijão comum (2,92 g de água.g<sup>-1</sup> de amostra).

Chinma et al. (2012) observaram que o poder de intumescimento do amido da FFC foi maior com o aumento da temperatura do banho-maria, atingindo seu máximo aos 90 °C, provavelmente devido a maior afinidade do amido danificado com a água. Diferente da capacidade de absorção de água (CAA) que afere a captação

espontânea de água pela farinha, o IAA indica principalmente a capacidade de retenção da água pelo amido após um aquecimento.

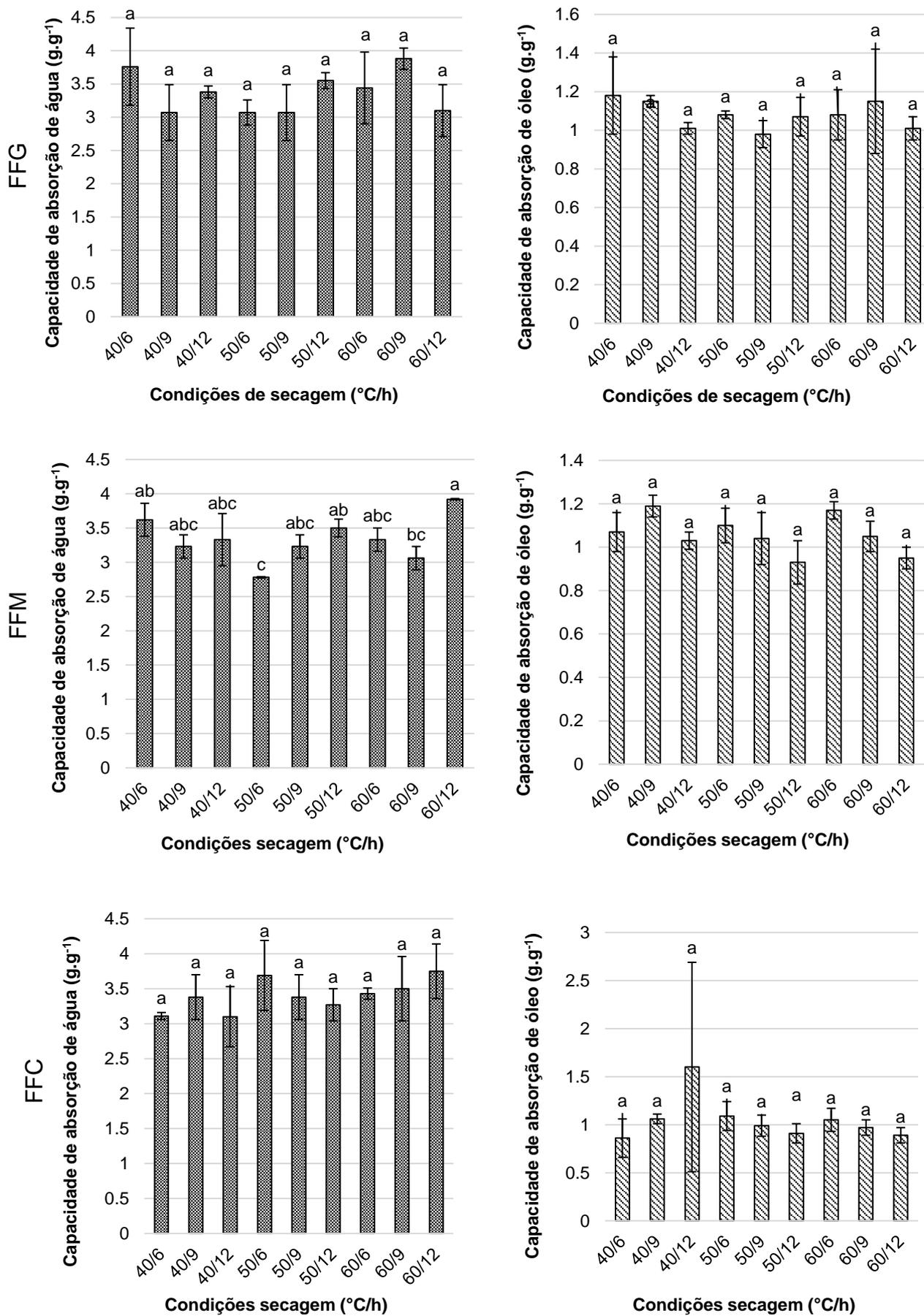
Quando o amido entra em contato com a água fria, os grânulos incham ligeiramente devido à difusão e absorção de água nas regiões amorfas, mas esse processo é reversível pela secagem (WHO, 1998). No entanto, quando os grânulos são aquecidos em água, eles incham irreversivelmente (gelatinização), causando perda da organização estrutural. A lixiviação da amilose da fase intergranular para a fase aquosa resulta no aumento substancial das propriedades reológicas e funcionais do sistema (SINGH et al., 2003). Isto interfere diretamente na textura e qualidade do produto final, especialmente no preparo de massas e produtos de panificação.

O percentual ISA está relacionado aos componentes, presentes nas farinhas que são solúveis em água. Verifica-se na **Tabela 2**, que os maiores valores observados foram em farinhas da secagem com temperatura de 60° C e tempo de 12 horas, no entanto, observa-se que para a maioria dos tratamentos não houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Contudo, estes resultados foram menores aos registrados no estudo de Du et al. (2014), de 29,14% para FFM, e próximo ao verificado por Kaushal, Kumar e Sharma (2012) de 12,4% para FFG.

A solubilidade das farinhas está relacionada ao tipo de proteína, peso molecular e características dos aminoácidos presentes, além dos polissacarídeos, que em geral possuem em sua estrutura, cadeias moleculares irregulares, menos hábeis em se aproximar, facilitando assim, uma maior solubilidade. Também atuam como influenciadores, as condições ambientais como o pH, a temperatura e a força iônica (BEMILLER; HUBER, 2010). De acordo com seu estudo, Mune, Minka e Mbome (2014), observaram que a redução na solubilidade do concentrado de proteína do feijão caupí ocorreu por interferência da temperatura de secagem, que promoveu desnaturação das proteínas, exposição de grupos hidrofóbicos e a agregação proteica com conseqüente insolubilidade.

A **Figura 3** mostra os resultados para a capacidade de absorção de água (CAA) e de óleo (CAO) das farinhas obtidas nas diferentes condições de secagem.

De modo geral, a CAA das três farinhas não apresentou diferença significativa entre as condições de secagem, evidenciando que, um tratamento com baixo gasto de energia e tempo, pode ser aplicado a qualquer uma destas farinhas para obter os mesmos resultados de reidratação.



**Figura 3** – Capacidade de absorção de água e de óleo das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.

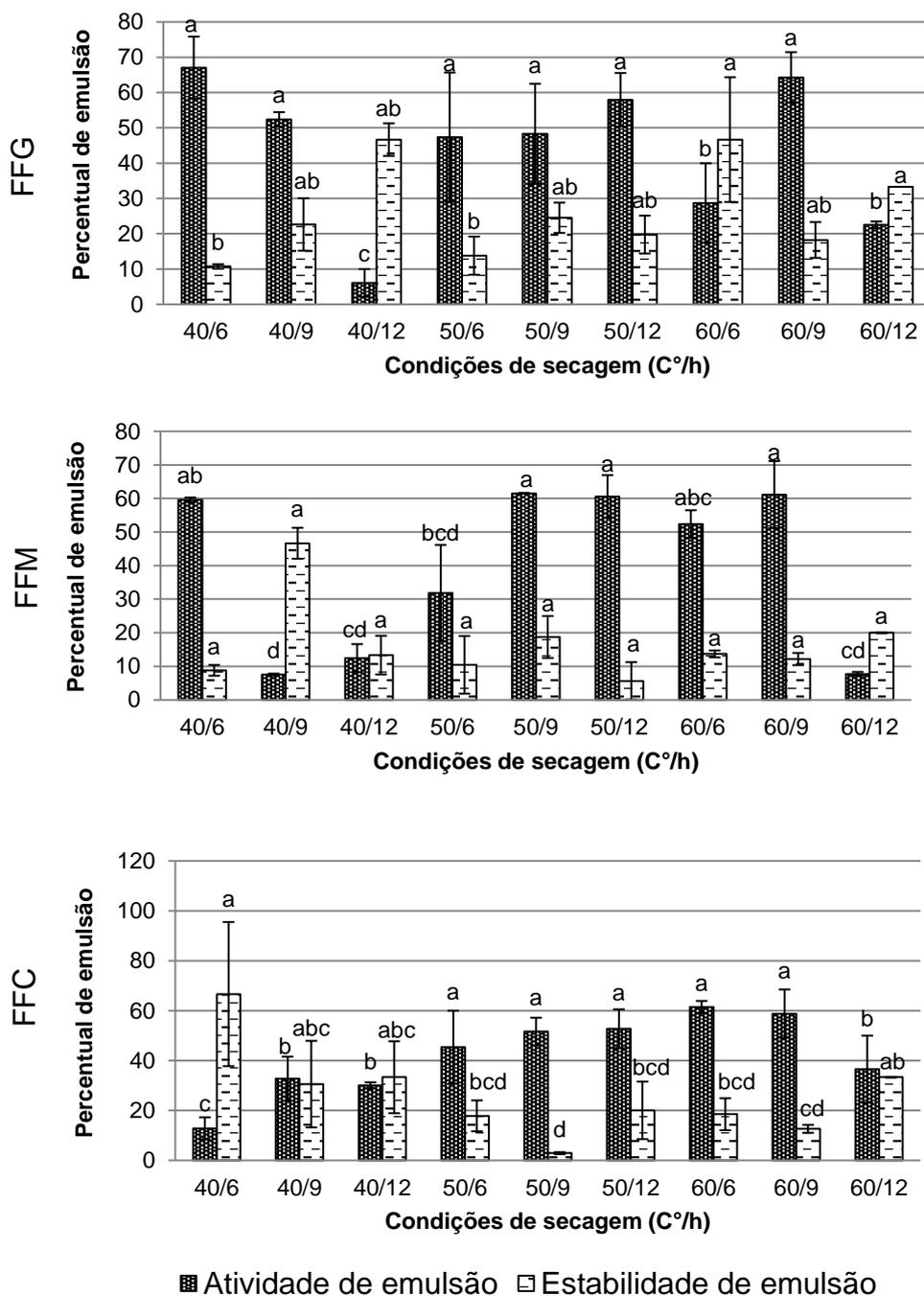
De acordo com Kaushal, Kumar e Sharma (2012) em seu estudo com farinhas de leguminosas, dentre elas a FFG, a CAA foi de 1,33 g de água.g<sup>-1</sup> de amostra, valor bem inferior ao observado no presente estudo que variou de 2,78 a 3,92 g.g<sup>-1</sup>. Outros estudos reportaram uma CAA de farinhas de leguminosas também inferiores, variando de 1,12 a 2,75 g.g<sup>-1</sup> (DU et al., 2014; KAUR; SINGH, 2005; MARQUEZI et al., 2017; OKEZIE; BELLO, 1988; SATHE; SALUNKHE, 1981). No entanto, é importante destacar que a obtenção das farinhas nestes estudos foi realizada com temperaturas de secagem dos grãos variando de 25 a 50 °C, e em tempos que nem sempre foram referidos pelos autores.

As farinhas têm a sua capacidade de absorver água aumentada quanto maior for a quantidade de constituintes hidrofílicos, principalmente polissacarídeos ramificados e proteínas compostas por aminoácidos polares, influenciando principalmente na textura do produto alimentício. Além disso, o aumento da temperatura e a força de cisalhamento, promovem o rompimento das ligações, estruturas químicas e físicas, danificando os grânulos de amido, o que favorece a absorção de água pela farinha (BEMILLER; HUBER, 2010; CHINMA et al., 2012; DU et al., 2014).

A capacidade de absorção de óleo (CAO), não teve diferença significativa entre as condições de secagem para todas as farinhas com valores variando entre 0,86 a 1,60 g de óleo.g<sup>-1</sup> de amostra (**Figura 3**). Estes resultados foram próximos aos encontrados por Kaushal, Kumar e Sharma (2012) e Du et al. (2014) em seus estudos com farinhas de diferentes leguminosas.

Sabe-se que a CAO, de modo espontâneo, pode ser influenciada pela presença de compostos hidrofóbicos como os lipídios, proteínas com cadeias de aminoácidos apolares, assim como a proporção de amilose presente nos grânulos de amido que constituem as farinhas dos feijões. Quanto mais hidrofóbicos os componentes de um sistema, maior a retenção do sabor e do *flavor* dos produtos (KAUR; SINGH, 2005; SIKORSKI; POKORNY; DAMODARAN, 2010). Em uma análise realizada por Sathe e Salunkhe (1981), verificou-se que a farinha do feijão comum apresentava CAA e CAO menores que a sua proteína concentrada, concluindo que o tipo, quantidade e estrutura das proteínas influenciavam diretamente nas propriedades funcionais.

A **Figura 4** apresenta a atividade de emulsão (AE) e estabilidade de emulsão (EE) das farinhas obtidas nas diferentes condições de secagem.



**Figura 4** – Atividade e estabilidade de emulsão das farinhas obtidas por diferentes condições de secagem.

Na análise da AE das farinhas foi verificada diferença significativa entre as condições de secagem aplicadas (**Figura 4**). Para a FFG a AE apresentou percentuais maiores em condições de secagem a 40, 50 e 60 °C, principalmente nos tempos de 6 e/ou 9 horas, com valores próximos ao que foi observado por Kaushal, Kumar e Sharma (2012), que verificaram uma AE para a FFG de 61%.

Observando os resultados de AE da FFM e FFC, verifica-se maior percentual em condições de secagem na temperatura a 50 e/ou 60 °C e tempo de 9 e/ou 12 horas, com alguns resultados acima de 60% de AE. Entretanto, é possível perceber para a FFM, que a secagem 40/6 originou uma AE de 59,60%, e esta não foi estatisticamente diferente da AE em condições de secagem que gastam mais energia e/ou maior tempo. Estes achados foram similares ao reportado por Du et al. (2014) que observaram AE de 63,77% para a FFM. Contudo, os estudos desenvolvidos por Kaur e Singh (2005) e Marquezi et al. (2017) reportaram AE entre 59,6 a 72,9% para diferentes cultivares de grão de bico e feijão comum, respectivamente.

A formação adequada de uma emulsão do tipo óleo-água, como a obtida neste estudo, está diretamente relacionada com a energia mecânica empregada (agitação intensa), que deve ser suficiente para formar gotículas, uma vez que, as gotas de gordura resistem à deformação. Neste sentido, a presença de emulsificantes, principalmente de proteínas e polissacarídeos, constituintes das farinhas, reduz o aporte de energia necessário por reduzir a tensão interfacial das gotículas. No entanto, deve-se considerar que em sistemas como as farinhas dos feijões, que contêm agregados moleculares de diversos tamanhos, aumentam a massa molar efetiva das proteínas, que são os emulsificantes principais, produzindo emulsões fracas, como verificado neste estudo (WALSTRA; VLIET, 2010).

Quando se observa a EE verificam-se valores que variaram de 2,91 a 66,66% (**Figura 4**). Os maiores percentuais estão relacionados a condições de secagem que tiveram menor temperatura e/ou tempo. Soria e Villamiel (2010) verificaram que a desnaturação proteica expõe muitos grupos hidrofóbicos que interagem entre si e formam agregados de proteína, desfavorecendo a formação de emulsões, devendo existir um balanço entre a exposição dos grupos hidrofóbicos e a agregação de moléculas de proteína.

Neste sentido, a maior influência na EE das farinhas estudadas, é a composição e flexibilidade conformacional das proteínas, uma vez que, o padrão de distribuição dos segmentos hidrofóbicos e hidrofílicos na superfície, assim como a rigidez das proteínas globulares, presentes em maior proporção nas leguminosas, causam limitações à adsorção e orientação na interface. Por isso, é imprescindível observar que um emulsificante pode ser muito apropriado para produzir gotículas, mas pode não ser eficiente para proporcionar estabilidade a longo prazo contra a coalescência (DAMODARAN, 2010; WALSTRA; VLIET, 2010).

Na **Tabela 3** estão os resultados da capacidade de formação de gel das farinhas obtidas sob diferentes condições de secagem. É possível verificar que a partir de uma concentração de 12%, na maioria das condições de secagem, houve formação de gel. No entanto, uma concentração menor de 10% foi suficiente para a formação de gel na FFG e FFM em todas as temperaturas de secagem, apenas nos tempos 6 e/ou 9 horas. Contudo, a FFC apenas apresentou a formação de gel, nesta concentração, na secagem a 60 °C, nos tempos 9 e 12 horas. O mesmo resultado foi reportado em outros estudos com diferentes leguminosas (KAUR; SINGH, 2005; MA et al., 2011; OKEZIE; BELLO, 1988).

Sathe e Salunkhe (1981) analisaram a formação de gel da farinha do feijão comum e de suas proteínas. Para a farinha, 10% foi suficiente para formar gel, no entanto quando analisaram as proteínas concentradas, em que há um menor teor de carboidrato na sua composição, observaram que 8% desse concentrado formava o gel. Quando a avaliação foi realizada com as proteínas isoladas (12%), albumina (18%) e globulina (acima de 20%), a concentração para formar o gel foi maior, sugerindo que não é apenas a quantidade de proteína que influencia, mas o tipo de proteína e a presença de outros componentes, principalmente o amido.

Segundo Ma et al. (2011), a gelatinização do amido e a interação deste com as proteínas, é facilitada nas farinhas, por estarem expostos e intimamente misturados. No entanto, em um aquecimento de 50 a 70° C, o amido nativo presente nos grãos inteiros, absorve água e entumesce de modo reversível, sendo a água removida pelo processo de secagem. Contudo, para a formação do gel, as farinhas precisam passar por um aquecimento, em meio aquoso, que promove perda da estrutura cristalina do amido, transformando-o irreversivelmente em amido gelatinizado. O resfriamento promove a formação do complexo proteína-polissacarídeo que constituem uma rede tridimensional, capaz de reter grande quantidade de água (KAUR; SINGH, 2005; SIKORSKI; POKORNY; DAMODARAN, 2010).

Para Malik e Saini (2017) a presença de polifenóis em amostras de semente e miolo de girassol influenciou na formação de gel, sendo necessária uma concentração de 8% quando o miolo de girassol tinha baixo conteúdo de polifenóis e uma concentração 16% quando a semente tinha um conteúdo de polifenóis mais elevado. Os polifenóis ligam-se aos sítios reativos das proteínas impedindo a interação entre si e com outros componentes, deste modo, prejudicam a maioria das propriedades funcionais, como a capacidade de formação de gel das farinhas. No presente estudo,

apesar da FFC apresentar menor quantidade de compostos fenólicos totais que a FFG (**Tabela 1**), observou-se que a maior parte da formação de gel ocorreu a partir de uma concentração de farinha de 12%, acima da concentração de 10% verificada na FFG.

**Tabela 3** – Concentração necessária das farinhas (m/v) obtidas sob diferentes condições de secagem para a formação de gel.

Farinhas	Temperatura (°C)	Tempo (horas)	Concentração da farinha (%)										
			2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
Guandu	40	6	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
	50	6	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
	60	6	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
Mangalô	40	6	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	
	50	6	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	60	6	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
Caupi	40	6	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	50	6	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
	60	6	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+	
		9	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	
		12	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	

\*(-) não houve formação de gel / (+) houve formação de gel.

Outro fator importante são os grânulos de amido que podem apresentar semelhança quanto ao percentual de cristalinidade, mas são diferentes quanto à organização tridimensional das estruturas. Para Singh et al. (2003), as propriedades de entumescimento e gelatinização são controladas, em parte, pela composição do amido (proporção amilose:amilopectina e teor de fósforo), arquitetura granular (proporção de regiões cristalinas e amorfas) e estrutura molecular da amilopectina (comprimento de cadeia, extensão de ramificação, peso molecular). De acordo com Hoover e Zhou (2003), as leguminosas apresentam elevados teores de amilose (30 a

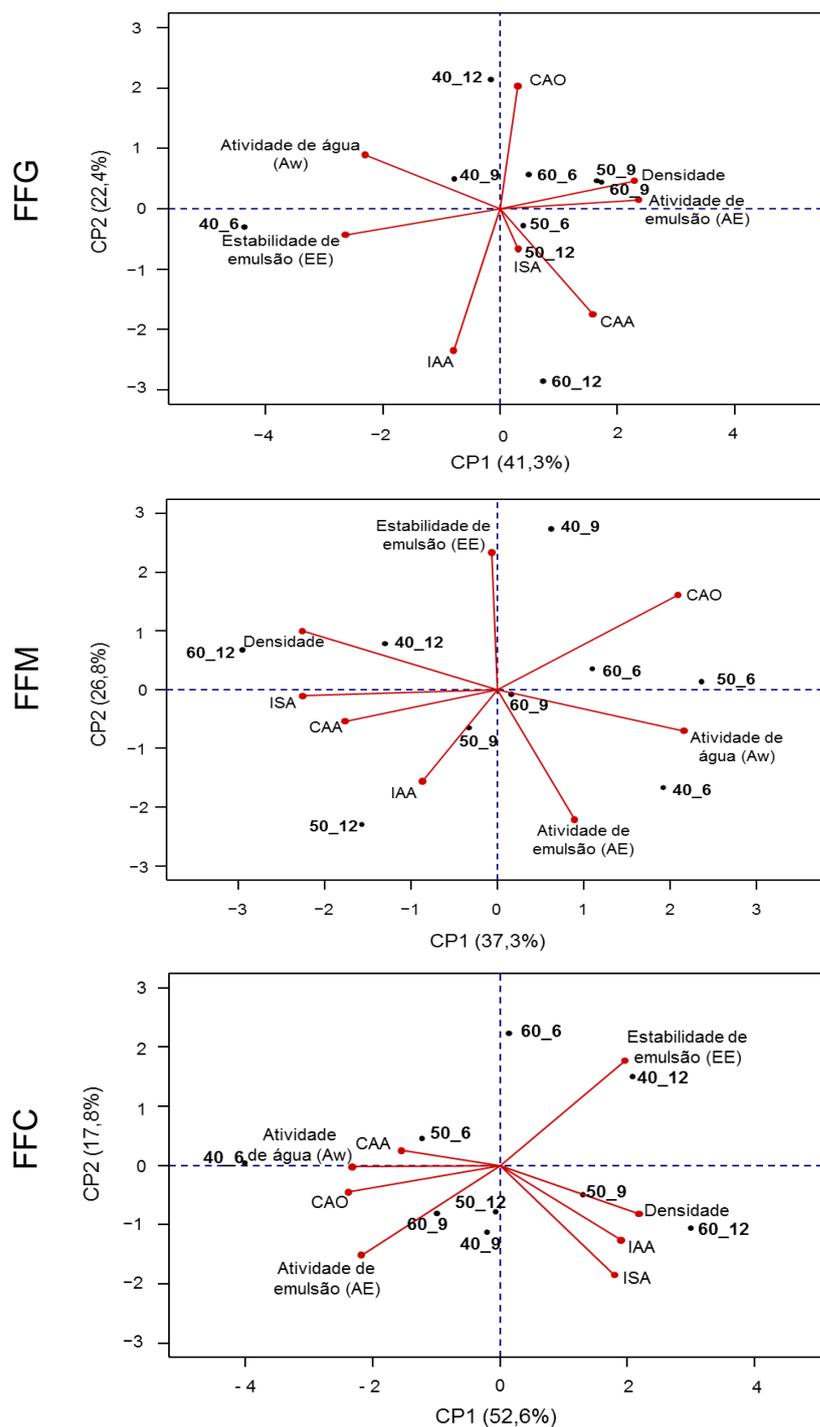
65%), com fortes interações entre si, e cristalinidade do tipo C. O grau de maturação do feijão caupí, observado no estudo de Salgado et al. (2005), influenciou nos padrões de cristalinidade, tendo o feijão verde uma estrutura cristalina mais resistente que o feijão maduro. Deste modo, considera-se que esta característica possa ter influenciado os resultados do presente estudo, uma vez que todos os feijões se encontravam verdes antes da secagem.

A **Figura 5** apresenta a análise de componentes principais aplicada sobre os dados das propriedades funcionais das farinhas, de cada espécie de feijão, obtidas após as diferentes condições de secagem.

Observa-se que os componentes CP1 e CP2 explicaram 63,7% dos resultados para a FFG. Houve correlação positiva entre a AE, CAO e a densidade da farinha, principalmente nas condições de secagem a 50 e 60 °C nos três tempos estudados. As farinhas com uma densidade maior, ou seja, com menor teor de água livre (**Figura 2**), possibilitam melhor interação hidrofóbica, promovendo a absorção espontânea de óleo e formação de emulsão. Outra correlação positiva também pode ser observada na FFG, entre a CAA e ISA, uma vez que a solubilidade dos constituintes químicos presentes na farinha influenciam na sua capacidade de absorção espontânea de água (LOURENÇO, 2000).

Observando-se a **Figura 5**, os componentes CP1 e CP2 explicaram 64,1% dos resultados para a FFM. Verifica-se correlação positiva entre a AE, Aw e a CAO, principalmente nas condições 50 e 60 °C e 6 horas de secagem. Sabe-se que uma Aw baixa (<0,3) corresponde à formação de uma monocamada de água ligada à superfície que não está disponível para reações químicas, favorecendo as ligações hidrofóbicas (LOURENÇO, 2000).

Os componentes CP1 e CP2 da FFC (**Figura 5**), explicaram 70,4% dos resultados. Verifica-se correlação positiva entre a EE, IAA, ISA e densidade, principalmente nas condições 40, 50 e 60 °C e 9 e/ou 12 horas de secagem. É possível que os constituintes não proteicos e suas ligações hidrofílicas tenham uma maior influência nestas propriedades, uma vez que se observa uma correlação negativa entre estes e a AE e CAO (**Figura 5**). Esta correlação negativa também é verificada na FFG e FFM, possibilitando observar que na composição das farinhas, há uma menor participação de componentes emulsificantes que sejam eficientes na estabilização de uma emulsão tanto quanto para a sua formação, notadamente as proteínas globulares (WALSTRA; VLIET, 2010).



**Figura 5** – Análise de componentes principais das propriedades físico-químicas e funcionais das farinhas dos feijões. CAA: capacidade de absorção de água, CAO: capacidade de absorção de óleo, IAA: índice de absorção de água, ISA: índice de solubilidade em água. As condições de desidratação dos feijões estão demonstradas, de acordo com a ordem: Temperatura\_tempo.

Um resultado diferente foi observado por Marquezi et al. (2017), em que a atividade e a estabilidade de emulsão de farinhas de diferentes cultivares do feijão comum, desidratados a 45 °C por 5 horas, se correlacionaram positivamente entre si. Existe a influência da temperatura moderada que promove ruptura da estrutura quaternária que pode interagir por meio de ligações não covalentes formando agregados solúveis, que posteriormente, podem estabelecer ligações cruzadas intermoleculares, insolubilizando os agregados, aumentando a viscosidade e auxiliando na estabilidade das emulsões (LOURENÇO, 2000).

#### **4 Conclusões**

As farinhas dos feijões guandu, mangalô e caupí possuem propriedades funcionais e compostos bioativos de grande potencial para serem utilizados na elaboração de novos produtos ou em substituição de farinhas em produtos convencionais, tendo em vista que um processo de secagem dos grãos a 40 °C e 9 horas se obtêm, para todas as farinhas, bons resultados, para CAA, CAO, IAA, ISA, contudo a depender da finalidade no uso das farinhas, algumas propriedades funcionais podem ser potencializadas em processo de secagem diferente, como na AE na temperatura 50 °C e tempo 12 horas para todas as farinhas. Contudo, ainda são necessários estudos que avaliem as propriedades funcionais dessas farinhas em substituição parcial ou total em formulações.

## Referências bibliográficas

- ANDRADE, J. C. et al. The effect of thermal treatment of whole soybean flour on the conversion of isoflavones and inactivation of trypsin inhibitors. **Food Chemistry**. v. 194, p. 1095-1101, 2016.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 18. ed. Gaithersburg, 2005.
- AZEVEDO, R. L. et al. Feijão Guandu: Uma Planta Multiuso. **Revista da Fapese**. v. 3, n. 2, p. 81-86, jul./dez. 2007.
- BEMILLER, J. N.; HUBER, K. C. **Carboidratos**. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de alimentos. 4 ed. Editora: Artmed, Porto Alegre, cap. 3, p. 76-129, 2010.
- BEUCHAT, L. R. Functional and electrophoretic characteristics of succinylated peanut flour proteins. **Journal Agricultural Food Chemistry**. v. 25, 1977.
- BOUDJOU, S. et al. Phenolics content and antioxidant and anti-inflammatory activities of legume fractions. **Food Chemistry**. v. 138, p. 1543–1550, 2013.
- BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebens Wissens Technology**. v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.
- BRASIL. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.
- BRASIL. Instrução normativa nº 8, de 2 de junho de 2005. Regulamento técnico de identidade e qualidade da farinha de trigo. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 3 jun. 2005.
- CHÁVEZ-SANTOSCOY, R. A. et al. Production of maize tortillas and cookies from nixtamalized flourenriched with anthocyanins, flavonoids and saponins extracted from black bean (*Phaseolus vulgaris*) seed coats. **Food Chemistry**. v. 192, p. 90-97, 2016.
- CHINMA, C. E. et al. Chemical, functional and pasting properties of defatted starches from cowpea and soybean and application in stiff porridge preparation. **Nigerian Institute of Food Science and Techonology**. v. 30, n. 2, p. 80-88, 2012.
- CODA, R. et al. Improvement of the protein quality of wheat bread through faba bean sourdough addition. **LWT - Food Science and Technology**. v. 82, p. 296-302, 2017.
- DAMODARAN, S. **Aminoácidos, peptídeos e proteínas**. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Química de alimentos. 4 ed. Editora: Artmed, Porto Alegre, cap. 5, p. 180-244, 2010.

DU, S.; JIANG, H.; YU, X.; JANE, J. Physicochemical and functional properties of whole legume flour. **LWT - Food Science and Technology**. v. 55, p. 308-313, 2014.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Guandu Petrolina: uma boa opção para sua alimentação / Embrapa Informação Tecnológica**. Embrapa Semiárido: Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, 2007.

ENGEL, B. et al. Tecnologias de atomização e desidratação: alternativas para a produção de farinhas a partir de vegetais. **Revista Jovens Pesquisadores**. Santa Cruz do Sul, v. 6, n. 1, p. 31-44, 2016.

EVANGELHO, J. A. do et al. Antioxidant activity of black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein hydrolysates. **Food Science Technology**. Campinas, v. 36, p. 23-27, apr. 2016.

FENDRI, L. B. et al. Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality. **LWT - Food Science and Technology**. v. 73, p. 584-591, 2016.

FREIRE FILHO, F. R. et al. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético e perspectivas**. In: VIDAL NETO, F. das C.; CAVALCANTI, J. J. V. Melhoramento genético de plantas no Nordeste. 1 ed. Editora: Embrapa, Brasília, cap. 4, p. 85-137, 2013.

FROTA, K. de M. G.; SOARES, R. A. M.; ARÊAS, J. A. G. Composição química do feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp), cultivar BRS-Milênio. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 2, p. 470-476, abr./jun. 2008.

GOMES, C. J.; SILVA, C. O. Elaboração e Análises físico-químicas de farinha de feijão. **Revista Ceres**. Viçosa, MG, v. 50, n. 292, p. 687-697, 2003.

\_\_\_\_\_. COSTA, N. M. B.; PIROZI, M. R. Desenvolvimento e caracterização de farinhas de feijão. **Revista Ceres**. Viçosa, MG, v. 53, n. 309, p. 548-558, 2006.

GOMES, G. M. S.; REIS, R. C.; SILVA, C. A. D. T. Obtenção de farinha de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**. Campina Grande, PB, v.14, n.1, p. 31-36, 2012.

GUAJARDO-FLORES, D.; SERNA-SALDÍVAR, S. O.; GUTIÉRREZ-URIBE, J. A. Evaluation of the antioxidant and antiproliferative activities of extracted saponins and flavonols from germinated black beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**. v. 141, p. 1497-1503, 2013.

GUIMARÃES, W. N. R. et al. Caracterização morfológica e molecular de acessos de feijão-fava (*Phaseolus lunatus* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 11, n. 1, p. 37-45, 2007.

HOOVER, R.; ZHOU, Y. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by R-amylose and resistant starch formation in legumes - a review. **Carbohydrate Polymers**. v. 54, p. 401-417, 2003.

ISLAM, M. S.; HAQUE, M. A.; ISLAM, M. N. Effects of drying parameters on dehydration of green banana (*Musa sapientum*) and its use in potato (*Solanum tuberosum*) chips formulation. **The Agriculturists**. v. 10, n. 1, p. 87-97, 2012.

KAUR, M.; SINGH, V.; KAUR, R. Effect of partial replacement of wheat flour with varying levels of flaxseed flour on physicochemical, antioxidant and sensory characteristics of cookies. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**. v. 9, p. 14-20, 2017.

\_\_\_\_\_; SINGH, N. Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. **Food Chemistry**. v. 91, p. 403-411, 2005.

KAUSHAL, P.; KUMAR, V.; SHARMA, H. K. Comparative study of physicochemical, functional, antinutritional and pasting properties of taro (*Colocasia esculenta*), rice (*Oryza sativa*) flour, pigeonpea (*Cajanus cajan*) flour and their blends. **LWT - Food Science and Technology**. v. 48, p. 59-68, 2012.

LABUZA, T. P. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. **Food Technology**. april. 1980. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/239667138\\_Effect\\_of\\_water\\_activity\\_on\\_reaction\\_kinetics\\_of\\_food\\_deterioration](https://www.researchgate.net/publication/239667138_Effect_of_water_activity_on_reaction_kinetics_of_food_deterioration)>. Acesso em: 29 jan. 2018.

LEE, K. W.; KIM, Y. J.; LEE, H. J.; LEE, C. Y. Cocoa has more phenolic phytochemicals and a higher antioxidant capacity than teas and red wine. **Journal Agricultural**. v. 51, p. 7292-7295, 2003.

LIN, M. J. Y.; HUMBERT, E. S.; SOSULSKI, F. W. Certain functional properties of sunflower meal products. **Journal of Food Science**. v. 39, 1974.

LYKOMITROS, D.; FOGLIANO, V.; CAPUANO, E. Flavor of roasted peanuts (*Arachis hypogaea*) - Part I: Effect of raw material and processing technology on flavor, color and fatty acid composition of peanuts. **Food Research International**. v. 89, p. 860-869, 2016.

LOURENÇO, E. J. Propriedades funcionais de proteínas: solubilidade, emulsão e formação de gel. In: LOURENÇO, E. J. **Tópicos de proteínas de alimentos**. 1. ed. Jaboticabal: Funep, 2000. cap. 6, p. 233-293.

MALIK, M. A.; SAINI, C. S. Polyphenol removal from sunflower seed and kernel: effect on functional and rheological properties of protein isolates. **Food Hydrocolloids**. v. 63, p. 705-715, 2017.

MA, Z. et al. Thermal processing effects on the functional properties and microstructure of lentil, chickpea, and pea flour. **Food Research International**. v. 44, p. 2534-2544, 2011.

MARQUEZI, M. et al. Chemical and functional properties of different common Brazilian bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v. 20, 2017.

MUNE, M. A. M.; MINKA, S. R.; MBOME, I. L. Optimising functional properties during preparation of cowpea protein concentrate. **Food Chemistry**. v. 154, p. 32-37, 2014.

NACZK, M.; DIOSADY, L. L.; RUBIN, L. J. Functional properties of canola meals produced by a two-phase solvent extraction systems. **Journal of Food Science**. v. 50, p. 1685-1692, 1985.

OKEZIE, B. O.; BELLO, A. B. Physicochemical and functional properties of winged bean flour and isolate compared with soy isolate. **Journal of Food Science**. v. 53, n. 2, 1988.

OLIVIERO, T.; FOGLIANO, V. Food design strategies to increase vegetable intake: The case of vegetable enriched pasta. **Trends in Food Science & Technology**. v. 51, p. 58-64, 2016.

PEYRANO, F.; SPERONI, F.; AVANZA, M. V. Physicochemical and functional properties of cowpea protein isolates treated with temperature or high hydrostatic pressure. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. v. 33, p. 38-46, 2016.

RAMÍREZ-CÁRDENAS, L.; LEONEL, A. J.; COSTA, N. M. B. Efeito do processamento doméstico sobre o teor de nutrientes e de fatores antinutricionais de diferentes cultivares de feijão comum. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 28, n. 1, p. 200-213, jan./mar. 2008.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K. et al. Functional properties and sensory value of snack bars added with common bean flour as a source of bioactive compounds. **LWT - Food Science and Technology**. v. 89, p. 674-680, 2018.

REIS, D. S. et al. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Food Technology**. Campinas, v. 20, 2017.

SALGADO, S. M. et al. Caracterização físico-química do grânulo do amido do feijão caupi. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 25, n. 3, p. 525-530, jul./set. 2005.

SANJEEWA, W. G. T. et al. Characterization of chickpea (*Cicer arietinum* L.) flours and application in low-fat pork bologna as a model system. **Food Research International**. v. 43, p. 617-626, 2010.

SANTOS, A. P. et al. Farinha de Feijão (*Phaseolus vulgaris*): Caracterização química e aplicação em torta de legumes. **Revista Ciências Exatas e Naturais**. v. 11, n. 2, 2009.

SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. Functional properties of great northern bean proteins: Emulsion, foaming, viscosity and gelation properties. **Journal of Food Science**. v. 46, p. 71-75, 1981.

SHARIF, H. R. et al. Current progress in the utilization of native and modified legume proteins as emulsifiers and encapsulants - A review. **Food Hydrocolloids**. v. 76, p. 2-16, 2018.

SIKORSKI, Z. E.; POKORNY, J.; DAMODARAN, S. Interações físicas e químicas dos componentes dos alimentos. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 14, p. 661-687.

SILVA, F. T. **Recomendações técnicas para o processamento de hortaliças congeladas**. Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2000. 14 p.

SILVA, M. O. et al. Phenolic compounds and antioxidant activity of two bean cultivars (*Phaseolus vulgaris* L.) submitted to cooking. **Brazilian Journal Food Technology**. Campinas, v. 21, 2018.

SINGH, N. et al. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. **Food Chemistry**. v. 81, n. 219-231, 2003.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**. v. 16, p. 144-158, 1965.

\_\_\_\_\_. ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTOS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Meth Enzymology**. v. 299, p. 152-78, 1999.

SREERAMA, Y. N.; SASHIKALA, V. B.; PRATAPE, V. M. Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. **Food Chemistry**. v. 133, p. 156-162, 2012.

SORIA, A.C.; VILLAMIEL, M. Effect of ultrasound on the technological properties and bioactivity of food: a review. **Trends Food Science and Technology**. v. 21, p. 323-331, 2010.

SOUZA, P. A. de et al. Avaliação físico-química e nutricional de grãos de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.). **Revista Alimentos e Nutrição**. São Paulo, v. 3, p. 51-62, 1991.

SOUZA, F. H. D. et al. **Produção de sementes de Guandu**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, n. 69, p. 68, 2007. Disponível em: <<http://www.cppse.embrapa.br/sites/default/files/principal/publicacao/Documentos69.pdf>>. Acesso em: 23 jan. 2018.

SOUZA, K. B. de et al. Importância de novas espécies de plantas de cobertura de solo para os tabuleiros costeiros. **Revista da Fapese**. v. 4, n. 2, p. 131-140, jul./dez. 2008.

SUÁREZ-MARTÍNEZ, S. E. et al. Bean seeds: leading nutraceutical source for human health. **Journal of Food**. v. 14, n. 1, p. 131-137, 2016.

WALSTRA, P.; VLIET, T. Sistemas dispersos: considerações básicas. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. cap. 13, p. 76-129.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Carbohydrates in human nutrition**. Rome: FAO, 1998.

XU, B. J.; CHANG, S. K. C. A comparative study on phenolic profiles and antioxidant activities of legumes as affected by extraction solvents. **Journal of Food Science**. v.72, p.159-166, n.2, 2007.

\_\_\_\_\_. Antioxidant capacity of seed coat, dehulled bean, and whole black soybeans in relation to their distributions of total phenolics, phenolic acids, anthocyanins, and isoflavones. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 56, p. 8365-8373, 2008.