



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de São José do Rio Preto

Wellington Mamoro Umeda

Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos  
bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

São José do Rio Preto  
2017

Wellington Mamoro Umeda

Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos  
bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração - Ciência e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq – Proc. 132964/2016-3

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neuza Jorge

São José do Rio Preto  
2017

Umeda, Wellington Mamoro.

Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) / Wellington Mamoro Umeda. -- São José do Rio Preto, 2017  
100 f. : il., tabs.

Orientador: Neuza Jorge

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas

1. Tecnologia de alimentos. 2. Feijão. 3. Leguminosa 4. Alimentos funcionais. 5. Antioxidantes. 6. Nutrição I. Jorge, Neuza II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas. III. Título.

CDU – 633.33

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca do IBILCE  
UNESP - Campus de São José do Rio Preto

Wellington Mamoro Umeda

Caracterização nutricional, capacidade antioxidante e compostos  
bioativos de grãos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração - Ciência e Tecnologia de Alimentos, junto ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, do Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de São José do Rio Preto.

Financiadora: CNPq – Proc. 132964/2016-3

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neuza Jorge

Comissão Examinadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neuza Jorge  
UNESP – São José do Rio Preto  
Orientadora

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Maria Moreno Luzia  
UEMG – Frutal

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Irene Rodrigues Freitas  
UNORP – São José do Rio Preto

São José do Rio Preto  
17 de março de 2017

“O êxito da vida não se mede  
pelo caminho que você conquistou,  
mas sim, pelas dificuldades  
que superou no caminho”.

(Abraham Lincoln)

Aos meus pais, Silvio e Kiyoko,  
aos meus irmãos, Marcelo e Bruno,

dedico.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois Ele possibilitou todas as minhas conquistas até agora me dando liberdade de escolha.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neuza Jorge, por toda atenção e dedicação dispensada.

À Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Maria Moreno Luzia, pela realização das análises cromatográficas deste trabalho.

Aos professores do Departamento de Engenharia de Alimentos do IBILCE, Javier e Vanildo pelas orientações e momentos de descontração.

Ao professor David Banzatto, pelo auxílio da análise estatística realizada neste trabalho.

Ao técnico e amigo do Laboratório de Óleos e Gorduras, Luiz Carlos Camolezi, pelo apoio, paciência e pela descontração em certos momentos durante esses dois anos.

Ao químico João Reis Salgado Costa Sobrinho, pela realização das análises de minerais deste trabalho, realizadas na Universidade Estadual do Maranhão.

Agradeço pelos ensinamentos, amizade e acolhida durante todos estes anos de convivência a todos os meus amigos que participaram de alguma forma nesta etapa. E de convivência diária Tiago, Elisa, Yara, Raul, Luciene, Arturo, Mari, Mara, Kamila, Patrícia, Marília, Carol, Mirian, Manoel e Maria Elaine pelo companheirismo, conselhos e suporte.

Aos amigos, Marcelo Vicensi, Giovanna Bisolo, Maxwell, Lígia, Silvester, Gisele, Helder, Carlos Eduardo, Fernanda, Gustavo, Henrique e Márcio, que mesmo de longe, torceram muito ao longo desses dois anos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, CNPq, pela concessão da bolsa de estudos.

Aos membros da comissão examinadora, pelas críticas e sugestões.

Aos meus pais, Silvio e Kiyoko, meus irmãos, Marcelo e Bruno, por terem me deixado livre para escolher os caminhos seguidos, todo apoio em minhas decisões, me socorrido nas horas mais difíceis e me dado os meios que possibilitaram nessa etapa.

Aos meus ditians, Eiichi e Seichi (em memória), minhas batians, Massui (em memória) e Hideko.

A todos que, direta ou indiretamente, torceram para que eu alcançasse o desenvolvimento nessa etapa.

## RESUMO

O feijão é uma leguminosa largamente consumida no mundo pela maior parte da população e nele estão associadas diferentes propriedades nutricionais, funcionais e antioxidantes. Nos últimos anos vêm sendo efetuados inúmeros estudos com o objetivo de relacionar o tipo de dieta consumida com doenças crônicas não transmissíveis. Desta maneira, o presente estudo teve como objetivos avaliar a caracterização nutricional, atividade antioxidante e os constituintes bioativos de duas variedades de feijão, Pérola (carioca) e BRS Valente (preto), em diferentes tratamentos, (cru, macerado e macerado/cozido). O feijão preto se sobressaiu apresentando maiores porcentagens de cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos. Os feijões macerados se destacaram com maiores teores de proteínas e carboidratos, enquanto que os macerados/cozidos com porcentagens mais elevadas de cinzas para o preto e proteínas, carboidratos e valor calórico para ambas as variedades. Quanto a teores de carotenoides e ácido ascórbico destacaram-se os feijões crus. Por outro lado, a vitamina E sobressaiu no tratamento macerado/cozido, nas duas variedades. Verificaram-se quantidades elevadas de potássio e fósforo nos tratamentos analisados. Os maiores valores de atividade antioxidante foram para os feijões que sofreram maceração/cozimento. Após tratamento térmico, o feijão carioca macerado/cozido apresentou maior concentração de fitosteróis. Em tocoferóis totais, assim como em compostos fenólicos, destacou-se o feijão preto macerado/cozido. Em relação aos ácidos graxos, destacaram-se a presença do  $\alpha$ -ácido linolênico, evidenciando sua importância nutricional para a dieta do brasileiro.

**Palavras-chave:** Potencial nutricional. Antioxidantes. Compostos funcionais. Dieta humana. Leguminosas.

## **ABSTRACT**

*Bean is a legume widely consumed in the world by most of the population and in it are associated different nutritional, functional and antioxidant properties. The last years of experience with toxicological studies with the objective of relating the type of diet consumed with chronic non-communicable diseases. The present study aims to evaluate the nutritional characterization, antioxidant activity and the bioactive constituents of two bean varieties, Pérola (carioca) and BRS Valente (black), in different treatments (raw, macerated and macerated/cooked). The black beans stood out presenting higher percentages of ashes, lipids, proteins and carbohydrates. Macerated beans stood out with the highest protein and carbohydrate contents, while macerated/cooked with higher percentages of ashes to black and protein, carbohydrate and caloric value for both varied. As for carotenoid and ascorbic acid contents, the raw beans were outstanding. On the other hand, untreated macerated/cooked vitamin E in both varieties. The potassium and phosphorus elevations were verified in the analyzed treatments. The highest values of antioxidant activity were for the beans that underwent maceration/cooking. After heat treatment, the carioca macerated/cooked beans had a higher concentration of phytosterols. In total tocopherols, as well as in phenolic compounds, black bean macerated/cooked. In relation to the fatty acids, a presence of  $\alpha$ -linolenic acid was emphasized, evidencing its nutritional importance for a brazilian diet.*

**Keywords:** *Nutritional potential. Antioxidants. Functional compounds. Human diet.*

*Legumes.*

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Principais estados produtores de feijão.....	16
<b>Figura 2.</b> Produção de feijão entre a safra de 2010/2011 até 2015/2016.....	17
<b>Figura 3.</b> Estrutura química de alguns esteróis. ....	26
<b>Figura 4.</b> Estrutura química dos tocoferóis. ....	27
<b>Figura 5.</b> Estruturas químicas dos ácidos graxos cis-linoleico e $\alpha$ -linolênico. ....	29
<b>Figura 6.</b> Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão carioca cru (a), feijão carioca macerado/cozido (b).....	55
<b>Figura 7.</b> Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão preto cru (a) e feijão preto macerado/cozido (b).....	56
<b>Figura 8.</b> Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão carioca macerado/cozido (a) e feijão preto macerado/cozido (b). ....	61
<b>Figura 9.</b> Cromatogramas da composição de ácidos graxos dos óleos extraídos de feijão carioca macerado/cozido (a) e feijão preto macerado/cozido (b). ....	64

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Concentrações (mg/g) dos ácidos linoleico, $\alpha$ -linolênico e razão n-6/n-3 em óleos vegetais. ....	29
<b>Tabela 2</b> - Composição química centesimal dos grãos das variedades de feijão para os tratamentos empregados.....	39
<b>Tabela 3</b> - Concentração de ácido ascórbico, carotenoides, vitamina E dos grãos de feijão para os tratamentos empregados. ....	43
<b>Tabela 4</b> - Caracterização dos macrominerais dos grãos de feijão para os tratamentos empregados.....	46
<b>Tabela 5</b> - Caracterização dos microminerais dos grãos de feijão para os tratamentos empregados.....	48
<b>Tabela 6</b> - Atividade antioxidante dos óleos de feijão para os tratamentos empregados pelos métodos FRAP, DPPH, ABTS <sup>•+</sup> . ....	50
<b>Tabela 7</b> - Compostos fenólicos totais (mg EAG/g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.....	52
<b>Tabela 8</b> - Fitosteróis (mg/100 g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados. ....	54
<b>Tabela 9</b> - Tocoferóis (mg/100 g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados. ....	59
<b>Tabela 10</b> - Ácidos graxos (%) e relação oleico/linoleico dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.....	63
<b>Tabela 11</b> - Classes de ácidos graxos (%) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados. ....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

ABTS <sup>•+</sup>	2,2- azino-bis-(3- ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)
AG	Ácido gálico
ANOVA	Análise de variância
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOCS	<i>American Oil Chemists ' Society</i>
Ca	Cálcio
CLAE	Cromatografia líquida de alta eficiência
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Cu	Cobre
DPPH	Radical livre 2,2-difenil-1-picril-hidrazil
EAG	Equivalente de ácido gálico
F <sub>calc</sub>	Valor F calculado
Fe	Ferro
Fe <sup>2+</sup>	Complexo ferroso
Fe <sup>3+</sup>	Complexo férrico
FRAP	<i>Ferric Reducing Antioxidant Power</i>
FT	Fenólicos totais
F <sub>tab</sub>	Valor F tabelado
G.L.	Graus de liberdade
IBRAFE	Instituto Brasileiro do feijão e pulses
K	Potássio
LDL	<i>Low Density Lipoprotein</i>
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Na	Sódio
P	Fósforo
$\rho$	Probabilidade de significância
R•	Radical livre
R <sub>1</sub>	Radical 1
R <sub>2</sub>	Radical 2

R <sub>3</sub>	Radical 3
TPTZ	2,4,6-tripiridil-1,3,5-triazina
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i>
Zn	Zinco

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 Objetivo geral .....	14
2.2 Objetivos específicos .....	14
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>15</b>
3.1 Feijão - panorama mundial e brasileiro .....	15
3.2 Classificação e botânica.....	18
3.3 Composição nutricional .....	19
3.4 Influência de tratamentos térmicos nas propriedades do feijão.....	21
3.5 Antioxidantes.....	22
3.6 Constituintes bioativos .....	24
3.6.1 <i>Fitosteróis</i> .....	25
3.6.2 <i>Tocoferóis</i> .....	26
3.6.3 <i>Ácidos graxos</i> .....	28
3.6.4 <i>Compostos fenólicos</i> .....	30
<b>4. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>32</b>
4.1 Material.....	32
4.1.1. <i>Coleta das variedades de feijão</i> .....	32
4.1.2. <i>Tratamentos</i> .....	32
4.1.3. <i>Extração dos óleos</i> .....	32
4.2 Métodos.....	33
4.2.1. <i>Composição centesimal do feijão</i> .....	33
4.2.2. <i>Caracterização nutricional do feijão</i> .....	33
4.2.3. <i>Capacidade antioxidante do óleo de feijão</i> .....	34
4.2.4 <i>Caracterização dos óleos extraídos do feijão</i> .....	35
4.3 Análise estatística .....	37

<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>38</b>
5.1 Composição centesimal do feijão .....	38
5.1.1. <i>Umidade</i> .....	38
5.1.2. <i>Cinzas</i> .....	38
5.1.3. <i>Lipídios</i> .....	40
5.1.4. <i>Proteínas</i> .....	40
5.1.5. <i>Carboidratos</i> .....	41
5.1.6. <i>Valor calórico</i> .....	41
5.2 Caracterização nutricional do feijão .....	42
5.2.1. <i>Ácido ascórbico</i> .....	42
5.2.2. <i>Carotenoides</i> .....	43
5.2.3. <i>Vitamina E</i> .....	44
5.2.4. <i>Minerais</i> .....	45
5.3 Capacidade antioxidante dos óleos de feijão .....	49
5.3.1. <i>FRAP</i> .....	49
5.3.2. <i>DPPH*</i> .....	49
5.3.3. <i>ABTS**</i> .....	50
5.4 Caracterização dos óleos extraídos do feijão .....	51
5.4.1. <i>Fitosteróis</i> .....	53
5.4.2. <i>Tocoferóis</i> .....	58
5.4.3. <i>Ácidos graxos</i> .....	62
5.4.4. <i>Compostos fenólicos totais</i> .....	51
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>67</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>68</b>
<b>APÊNDICES</b> .....	<b>91</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão é um excelente alimento, fornecendo nutrientes essenciais ao ser humano, como proteínas, minerais, vitaminas, carboidratos e fibras. Representa um dos alimentos mais tradicionais na dieta alimentar do brasileiro. Portanto, a sua contribuição como fonte de proteínas e calorias é bastante significativa.

As dietas contribuem significativamente para a manutenção de uma vida saudável. Nos últimos anos vêm sendo realizados inúmeros estudos com o objetivo de relacionar o tipo de dieta consumida com as doenças crônicas não transmissíveis. Assim, muitos alimentos passaram a ser considerados na etiopatogênia destas doenças, enquanto outros se destacam pelos seus efeitos protetores. Estes apresentam propriedades que podem influenciar na evolução e diagnóstico de muitas destas doenças, cuja taxa de morbidade e mortalidade ainda são significativas no nosso meio.

Porém, com o início do novo milênio, vive-se em ritmo acelerado, muito diferente daquele vivenciado antigamente. Aumentou-se o ritmo de trabalho, o de consumo, o tempo para o lazer e as interações sociais, e diminuiu-se o tempo para as refeições. Essa praticidade e rapidez imposta pela sociedade contemporânea acabam derrubando as convenções ditas pela sociedade, construídas historicamente e pautadas pela tradição e pelos costumes. As refeições feitas em família, em casa, com horário determinado e um cardápio planejado estão cada vez mais raras.

Diante disso, a população tem buscado o consumo de alimentos industrializados e *fast foods*, deixando de consumir o prato base da alimentação, que é o arroz com feijão, para consumir uma alimentação rica em ácidos graxos saturados, trans e colesterol, e pobre em fibras. Considerando a importância nutricional da combinação arroz e feijão, ela deve ser resgatada ou mantida, valorizada e incentivada como elemento central da cultura da alimentação da população brasileira.

Desta maneira, fez-se necessário realizar um estudo de duas variedades de feijões, submetidos a diferentes tratamentos, com a finalidade de identificar a

qualidade nutricional, antioxidante e os constituintes bioativos.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O presente estudo teve como objetivo principal avaliar a atividade antioxidante de duas variedades de feijão, Pérola (carioca) e BRS Valente (preto), e analisar os constituintes bioativos dos óleos extraídos dos feijões submetidos a diferentes tratamentos: cru, macerado, macerado/cozido.

### 2.2 Objetivos específicos

i. Caracterizar as variedades de grãos de feijão brasileiro, submetidos a diferentes tratamentos, quanto à composição química centesimal (umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos por diferença e valor calórico);

ii. Caracterizar nutricionalmente os grãos de feijão quanto aos conteúdos de ácido ascórbico, carotenóides totais, vitamina E e minerais, submetidos a diferentes tratamentos;

iii. Determinar a capacidade antioxidante *in vitro* dos óleos de feijão, submetidos a diferentes tratamentos, por meio dos sistemas FRAP, DPPH<sup>•</sup> e ABTS<sup>•+</sup>;

iv. Avaliar os efeitos das duas variedades e condições de preparo sobre os constituintes bioativos (fitosteróis, tocoferóis, ácidos graxos essenciais e compostos fenólicos), submetidos a diferentes tratamentos.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Feijão - panorama mundial e brasileiro

Devido à diferença de hábitos alimentares e grande diversidade de variedades entre países, o feijão tem consumo restrito e até inexistente em alguns em algumas regiões e países desenvolvidos. Tem como principais produtores e consumidores, o Brasil, como principal consumidor, seguido da Índia, China e o México. O tipo carioca é o mais consumido no Brasil, sendo que não há boa aceitação no mercado externo (CONAB, 2017).

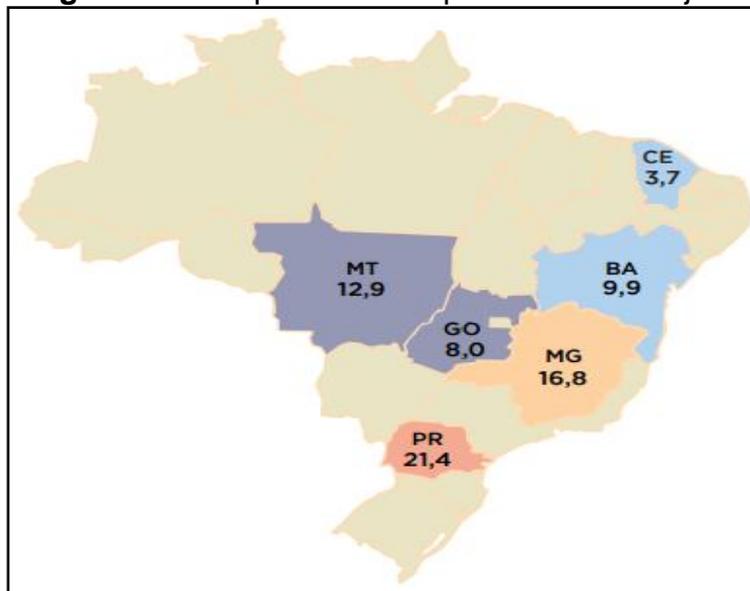
Na Região do MERCOSUL, o segundo maior produtor é a Argentina que exporta a quase totalidade da sua produção interna. A Argentina é o principal fornecedor de feijão preto para o Brasil, que é destinado para o mercado do Rio de Janeiro. A totalidade do feijão preto produzido na Argentina é exportada, sendo o Brasil o principal importador (CONAB, 2017).

Tanto a produção quanto as preferências no consumo de feijão são bem definidas no Brasil. Há clara prevalência do feijão carioca, que é produzido em quase todo o território nacional. A produção dessa classe é distribuída de forma uniforme nas três safras. O Centro-Sul é a principal região produtora (82% do total), com destaque para o estado de Minas Gerais, responsável por cerca de 16,8% da produção nacional. A produção de feijão preto concentra-se na região Sul (98%), sendo 60% do volume produzido oriundo da 1ª safra. O principal estado produtor é o Paraná, que responde por 66% (310 mil toneladas) da produção nacional. Na safra 2015/2016, a produção de feijão carioca representou 68,1% do volume total, a de feijão preto 17,4%, de acordo com a Figura 1 (CONAB, 2017).

A primeira safra conhecida como a das águas é assim chamada porque o plantio e a colheita são beneficiados pelo alto índice de chuvas. O plantio dessa safra na região Centro-Sul vai de agosto a dezembro e no Nordeste, de outubro a fevereiro. Feita no período com o menor índice de chuva no país. A segunda é chamada de safra da seca. O plantio nessa cultura acontece de dezembro a março. Já a terceira, a safra irrigada é assim conhecida por se referir à colheita do feijão

irrigado, que têm a concentração do plantio na região Centro-Oeste e sudeste, de abril a junho (IBRAFE, 2016).

**Figura 1.** Principais estados produtores de feijão.



Fonte: CONAB (2017).  
Dados em%.

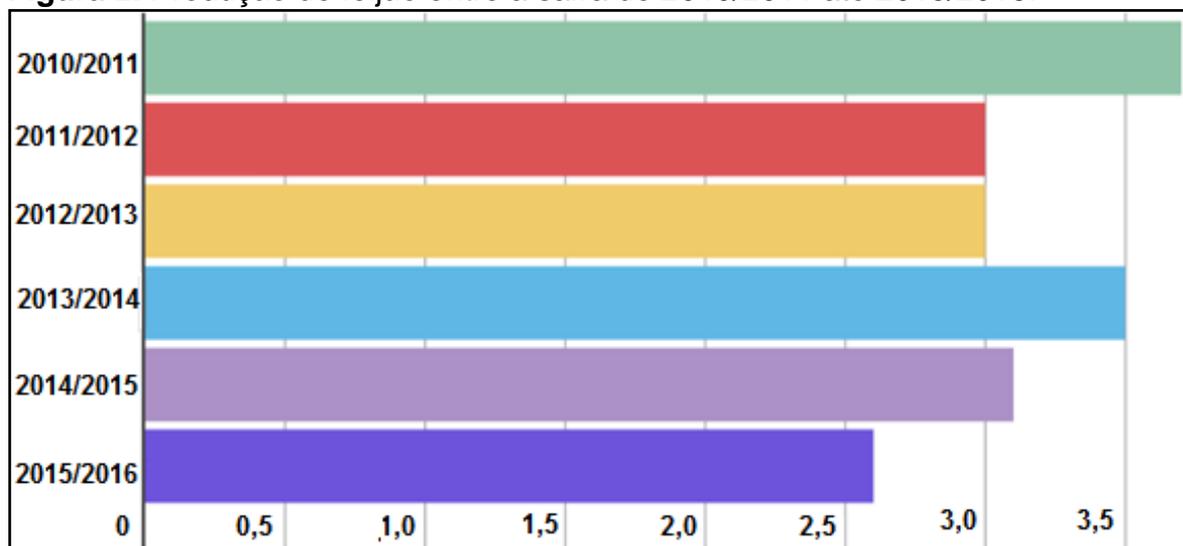
Como o arroz, o feijão é parte da cesta básica dos brasileiros. A produção de feijão é ajustada de acordo com o consumo, uma tendência que deve se manter nos anos seguintes. As importações servem para suprir a diferença entre a produção e o consumo. Tem uma taxa anual projetada de aumento da produção de 0,9% e consumo ao redor de 1,1% ao ano, para o período 2010/2011 a 2020/2021 (CONAB, 2017).

O consumo médio anual do feijão tem sido de 2,8 milhões de toneladas, exigindo pequenas quantidades de importação. As projeções de produção e consumo indicam que pode haver alguma importação de feijão nos próximos anos. Porém, a magnitude dos números de importação, entre 150 e 200 mil toneladas nos próximos anos corresponde a mais do que se tem importado no Brasil em anos recentes. A seguir, a Figura 2 retrata a produção de feijão entre as safras de 2010/2011 até 2015/2016 (CONAB, 2017).

A produção brasileira de grãos de feijão na safra 2015/2016 alcançou 2.512,9 mil toneladas, o que corresponde a uma queda de 27,24% em comparação com 3.453,7 mil toneladas de toneladas na safra de 2014/2015. A queda na

produção é resultado de adversidades climáticas (CONAB, 2017).

**Figura 2.** Produção de feijão entre a safra de 2010/2011 até 2015/2016.



Dados em milhões de toneladas.  
Fonte: Adaptado de CONAB (2017).

Quanto ao consumo, o feijão preto tem maior aceitação no sul do país e nos estados do Rio de Janeiro, Minas Gerais e Espírito Santo. O tipo carioca é aceito em praticamente todo o país, o que justifica sua maior participação na produção nacional. Já o feijão caupi é mais consumido nas regiões Norte e Nordeste (CONAB, 2017).

Segundo WELCH et al. (2000), as leguminosas suprem quantidades significativas de energia e proteína de baixo valor biológico para grande parte da população. O consumo do feijão comum é relativamente alto, principalmente entre pessoas com escassos recursos, nas quais geralmente se encontra a desnutrição em graus variáveis.

Porém, mesmo com as altas de preços nas prateleiras de supermercados, os brasileiros não deixam de consumir o feijão para o famoso combinado com o “arroz e feijão”, por ser uma alimentação considerada já tradicional. Algumas pessoas aderem à substituição do feijão por produtos semelhantes, como os grãos de lentilha ou grão de bico, pertencentes às leguminosas.

No Brasil, o feijão é amplamente consumido, apesar do consumo *per capita* ter caído de 19 kg/hab/ano na década de 90 para 16 kg/hab/ano na década

seguinte, possivelmente pelo processo de urbanização e mudanças nos hábitos alimentares (WANDER et al., 2007).

### 3.2 Classificação e botânica

O feijão comum, pertence à classe Dicotiledoneae, família Leguminosae, subfamília Papilionoidae e gênero *Phaseolus*. O gênero *Phaseolus* compreende todas as espécies conhecidas como feijão, sendo a *Phaseolus vulgaris* L. a mais conhecida e a que possui inúmeras variedades tais como Ouro Branco, Pérola, BRS Radiante, Timbó, BRS Valente, Diamante Negro, entre outras. No Brasil, essas variedades de feijão estão presentes na culinária dos vinte e sete Estados do país, consumidas, principalmente, junto com o arroz, mas também com as carnes, na forma de sopas, caldos, baião de dois, acarajé, feijão-tropeiro, salada, guisado, ensopado, feijoada, tutu à mineira e em outros pratos típicos de cada região. Em países orientais, o feijão utilizado é o da variedade Adzuki, pertencente à espécie *P. angularis*. Já na África e Ásia, a variedade Lima das espécies *P. lunatos* e *P. limenses* é a mais consumida pela população (KANAMORI et al., 1982; PROLLA, 2006).

É uma planta herbácea, trepadeira ou rasteira, levemente pubescente, cujo ciclo de vida varia de aproximadamente 65 a 120 dias, dependendo da cultivar e das condições da época de cultivo. Pode apresentar quatro tipos de hábito de crescimento, sendo um tipo denominado “determinado” e os outros três definidos como “indeterminados”. Ostenta vagens retas ou ligeiramente curvas, achatadas ou arredondadas, com bico reto ou curvado, em geral com 9 a 12 cm de comprimento, e com 3 a 7 sementes (PROLLA, 2006).

No feijão são reconhecidas três partes distintas: tegumento, cotilédone e eixo embrionário (DUEÑAS, HERNANDEZ; ESTRELLA, 2006). A parte mais importante em termos de peso é o cotilédone. Este contém proteínas e carboidratos, enquanto que o revestimento (tegumento) da semente contém a maior concentração de compostos fenólicos. O grão de feijão pode apresentar diversas formas (arredondada, elíptica ou reniforme), com tamanhos variáveis e uma ampla variabilidade de cores (branca, creme, vermelha, preta, rosa, roxa, alaranjada entre outras), dependendo da cultivar.

### 3.3 Composição nutricional

Dos alimentos vegetais mais ricos em proteínas estão as leguminosas. Quando cozidas, contêm de 6 a 11% de proteínas. Dentre as leguminosas estão incluídas o feijão e também a lentilha, a ervilha seca, a fava, o tremoço, a soja e o grão-de-bico. O feijão contém ainda carboidratos complexos e é rico em fibras alimentares, vitaminas do complexo B, ferro, cálcio, outros minerais, e constituintes bioativos. O conteúdo de lipídios encontrados no feijão é muito baixo, variando de 0,8 a 2,0%, podendo oscilar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais e tipo de solo onde são cultivados (GEIL; ANDERSON, 1994).

Normalmente, o feijão é preparado e cozido a partir de sua forma seca, retendo grande parte de seus nutrientes originais. Embora o feijão seja rico em ferro, esse nutriente é menos biodisponível que o fornecido por alimentos de origem animal, como carnes. Entretanto, para aumentar a utilização biológica desse mineral, recomenda-se o consumo concomitante de alimentos ricos em vitamina C proveniente das frutas cítricas e verduras (HALLBERG, 1993).

Segundo estudo realizado por Toledo e Canniatti-Brazaca (2008), o feijão apresenta um conteúdo elevado de minerais como ferro, zinco, cálcio, cobre e manganês e vitaminas como: C (8,93 mg/100 g), B1 (0,56 mg/100 g), B2 (0,24 mg/100 g), B3 (1,76 mg/ 100 g), B6 (0,34 mg/ 100 g), K (16,71 mg/ 100 g), A (0,21 mg/ 100 g) e E (0,82 mg/ 100 g).

O teor de lipídios do feijão é de aproximadamente 2,0% contendo ácidos graxos altamente insaturados (MABALEHA; YEBOAH, 2004). Além disso, apresenta elevadas quantidades de ácidos graxos essenciais, linoleico (C18:3 n-6) e  $\alpha$ -linolênico (C18:3 n-3), que variam de 45 a 72%, dependendo da variedade (GARCIA et al., 2000; RYAN et al., 2007; YOSHIDA et al., 2009). Trabalhos realizados demonstraram que o consumo do feijão possui benefícios associados a doenças cardiovasculares, principalmente na redução do colesterol LDL - *Low Density Lipoprotein* (WINHAM et al., 2007).

As fibras alimentares são compostas pelas frações solúveis e insolúveis.

As partes solúveis são compostas por: substâncias pécticas, gomas, algumas hemiceluloses e  $\beta$ -glucanas, responsáveis por atuarem como importante agente hipoglicemiante e hipocolesterolemiante, auxiliando no controle dos níveis de glicose no sangue em diabéticos e na prevenção de doenças cardiovasculares. (GUERRA et al., 2004). A parte insolúvel é constituída por celulose, lignina e a maioria das hemiceluloses. A fração insolúvel auxilia na prevenção de câncer de cólon e de problemas intestinais (TOPPING, 1991; MOORE et al., 1998).

Apesar das vantagens, o feijão apresenta algumas características indesejáveis que tendem a limitar sua aceitabilidade ou seu valor nutricional, tais como o fenômeno *hard-to-cook* ou “difícil de cozinhar” e a presença de fatores antinutricionais como os taninos e fitatos. O *hard-to-cook* afeta a qualidade e a aceitabilidade do feijão, pois com o endurecimento dos grãos, aumenta-se o tempo de cocção e, conseqüentemente, ocorre redução de sua palatabilidade e qualidade nutricional (RIBEIRO et al., 2005).

Denomina-se ácido ascórbico devido à função atribuída na prevenção do escorbuto. E ao termo vitamina C como definição genérica em relação aos compostos que apresentam associação atividade biológica qualitativa (MARCUS; COULSTON, 1991).

A vitamina C exerce na parte interior do corpo humano nos dois sentidos da reação de óxido-redução. Na reação de oxidação há a formação de ácido dehidroascórbico, pelo deslocamento, através de agentes oxidantes, de dois átomos de hidrogênio. E na reação de redução na transferência de dois átomos de hidrogênio, tornando-o, novamente, o ácido ascórbico (PAULING, 1988).

O ácido ascórbico é fundamental para os seres humanos, pois age como antioxidantes, ou seja, protegem de radicais livres e nutrem as células, assim como o alfa-tocoferol e o beta-caroteno (PADH, 1991). Vários motivos podem controlar a biodisponibilidade da vitamina C, em seres humanos, como: sua junção com a proteína do soro ou no plasma e a configuração em que se encontra e o consumo dietético (DHARIWAL; LEVINE, 1991).

Os pigmentos amplamente distribuídos na natureza, com mais de 700 compostos identificados, os carotenoides estão presentes em animais, plantas superiores e micro-organismos. Além da função pigmento, estes possuem funções

cardiovasculares e da degeneração macular relacionada à idade, e alguns podem ser precursores de vitamina A (KRINSKY, 1994; MERCADANTE; SILVA, 2002).

Os carotenoides são conhecidos por serem antioxidantes naturais onde atuam como sequestradores de radicais livres, ou seja, inibem a propagação da reação em cadeia, seja ela *in vitro* ou *in vivo* (VAN DEN BERG, 1999). A oxidação é a principal transformação que os carotenoides sofrem nos alimentos, onde há a eliminação e alteração de cor. É instável ao pH e ao tratamento térmico nos alimentos (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Vitamina E é a designação comum de oito compostos lipossolúveis, dos quais desempenham atividades biológicas características, onde o  $\alpha$ -tocoferol é o principal potente antioxidante (BALL, 1998; BIANCHINI; PENTEADO, 2003).

A relevância dessa vitamina é cada vez maior justamente às finalidades que exerce no organismo como agente antioxidante, aumenta a expectativa de vida e na defesa a doenças crônicas não transmissíveis, como Parkinson, Alzheimer, câncer e doenças cardiovasculares (BIANCHINI; PENTEADO, 2003; BRIGELIUS-FLOHÉ et al., 2002; MEYDANI, 2000).

A vitamina E previne a deterioração oxidativa celular pela inativação de radicais livres e espécies reativas ao oxigênio. Presentemente, são discutidas as suas características não-antioxidantes, na modulação da sinalização relativa à célula e da transcrição de genes (MUNTEANU et al., 2004).

### 3.4 Influência de tratamentos térmicos nas propriedades do feijão

A maceração do feijão, prévia ao cozimento, conhecida como “demolhar” ou “colocar de molho” é uma prática utilizada frequentemente para amolecer o feijão e antecipar o seu processo de cozimento (TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

O tempo de cozimento diminui à medida que aumenta o tempo de maceração, no entanto, a maioria dos macro e micronutrientes, principalmente minerais e vitaminas são perdidas durante este processo (REHMAN; SHAH, 2004). O cozimento do feijão sem a água de maceração, influencia também no teor de compostos fenólicos, provocando uma redução no seu teor (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008; GRANITO; PAOLINI; PEREZ, 2008).

Toledo e Canniatti-Brazaca (2008) avaliaram alguns métodos de cozimento em feijão carioca: cozimento em micro-ondas, em panela de pressão e em panela normal, com e sem prévia maceração. Concluíram que a ausência de maceração provoca um aumento no tempo de cozimento, levando a uma inativação mais efetiva dos taninos. O cozimento em micro-ondas preservou a disponibilidade dos aminoácidos lisina e metionina e, apresentou valores superiores de fibras insolúveis relativamente aos métodos restantes. O teor de fibra solúvel foi superior nas amostras maceradas quando a água de maceração foi utilizada e quando o cozimento foi efetuado em panelas, normal e de pressão. Quando a água de cozimento foi desprezada ocorreu uma diminuição no teor de fibras totais para todos os tipos de cozimento.

Bennink e Barret (2004) realizaram estudo visando quantificar o teor fenólico na água de cozimento e no feijão após o cozimento em feijões comerciais enlatados. Observou-se que no feijão existe uma grande quantidade de compostos fenólicos, no entanto, mais de 50% desses compostos são transferidos para a água de cozimento.

De acordo com o estudo realizado por Garcia et al. (2000), empregando tratamentos com calor em grãos de feijão verde, obteve-se um aumento no conteúdo de ácidos graxos, com predominância do ácido  $\alpha$ -linolênico, cujos valores foram de 24,21% para o feijão cru, 33,40% para o cozimento em pressão, 41,28% em vapor, 41,50% sob fervura e de 44,30% em micro-ondas. Os autores concluíram que os tratamentos térmicos inibem a lipase, causando uma queda acentuada na lipoxigenase.

Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005) estudaram a avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto irradiado, e detectaram que em grãos irradiados de feijão preto, crus e cozidos não houve alteração no teor de ferro e foi possível detectar uma diminuição na quantidade de ácido fítico, conforme o aumento da irradiação.

### 3.5 Antioxidantes

Biologicamente, os antioxidantes podem ser denominados como substâncias sintéticas ou naturais, adicionadas aos produtos para prevenir ou

retardar sua deterioração pela ação do oxigênio do ar. E bioquimicamente, os antioxidantes são designados de enzimas ou outras substâncias orgânicas, como vitamina E, capazes de amenizar os efeitos nocivos da oxidação em tecidos (HUANG; OU; PRIOR, 2005).

Estruturalmente, os antioxidantes são compostos aromáticos que possuem pelo menos uma hidroxila, podendo ser sintéticos, largamente utilizados pela indústria de alimentos, ou naturais, que fazem parte da constituição de diversos alimentos (PODSEDEK, 2007).

Os antioxidantes, além de serem moléculas naturais, previnem a formação descontrolada de radicais livres e espécies reativas de oxigênio ou também, podem inibir sua reação com as estruturas biológicas, conseqüentemente, interrompe a reação em cadeia, o que evidencia a formação de radicais com baixa reatividade, barrando a propagação desta reação, sendo neutralizados por ação de um outro radical, o que pode gerar produtos estáveis ou que podem ser recuperados por outro antioxidante (VALKO et al., 2004).

Através do mecanismo de ação dos antioxidantes, podem ser classificados em primários e secundários. Os primários agem na interrupção da cadeia da reação através da doação de hidrogênio ou de elétrons aos radicais livres, tornando-os produtos termodinamicamente estáveis e/ou podem a vir reagir com outro radical livre. Já os secundários atuam no retardamento da etapa de iniciação da autoxidação, por diferentes procedimentos quem podem ser desde a complexação de metais, desativação do oxigênio singlete, sequestro de oxigênio, decomposição de hidroperóxidos para a não formação de espécie não radical ou absorção da radiação ultravioleta (ANGELO; JORGE, 2007).

Existem diversos métodos para a extração dos compostos antioxidantes em vegetais. Dentre esses, podem ser citados os métodos tradicionais de extração utilizando solventes orgânicos (como água, etanol, éter e metanol) e a extração supercrítica com o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Sob o ponto de vista químico, não há como selecionar a metodologia mais eficiente para a extração desses compostos que podem sofrer a influência de diversos fatores, por exemplo, a natureza do vegetal, o solvente empregado na extração, o tamanho das partículas, o tempo e a temperatura de extração (SUHAJ, 2006).

Desta forma, os métodos mais comumente utilizados para avaliar a capacidade antioxidante em vegetais são os que envolvem a medida do desaparecimento de radicais livres coloridos, por meio de espectrofotometria, tais como sistema do  $\beta$ -caroteno/ácido linoleico (LAI; LIM, 2016); *2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl* (DPPH<sup>\*</sup>) (ACHAT et al., 2016); *ferric-reducing antioxidant power* (FRAP) (HUANG; OU; PRIOR, 2005; WANG et al., 2012) e *2,2-azino-bis-(3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid)* (ABTS<sup>\*+</sup>) (GRANDOIS et al., 2017).

Essas metodologias vêm sendo bastante utilizadas na determinação da capacidade antioxidante de alimentos e produtos naturais devido à sua relativa simplicidade, rapidez e sensibilidade (ARNAO, 2000).

Segundo Dueñas et al. (2016), entre as leguminosas, o feijão vem ganhando cada vez mais atenção por sua excelente fonte de antioxidantes dietéticos. Eles não são apenas fontes ricas de componentes nutricionais, como proteínas e vitaminas, mas também excelentes fontes de constituintes funcionais, incluindo fibras e polifenóis.

Em estudo longitudinal de nove anos, Wang et al. (2011) descobriram que a ingestão de 20 g de leguminosas por dia pode ser correlacionada à redução da mortalidade por doenças cardiovasculares.

### 3.6 Constituintes bioativos

Compostos bioativos são constituintes extras nutricionais e ocorrem tipicamente em pequenas quantidades nos alimentos. O estudo desses constituintes bioativos inspirou o conceito de alimentos funcionais.

Uma definição bastante abrangente de alimento funcional proposta por Day et al. (2009), seria qualquer alimento, natural ou processado, que além de seus nutrientes, possua componentes adicionais que atuem no metabolismo e fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos à saúde, além de retardar o aparecimento de doenças crônico-degenerativas e melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas.

Segundo Cicerale et al. (2009), acredita-se que a alimentação influencia nas doenças mais comuns da sociedade como doenças cardiovasculares, câncer, hipertensão e obesidade. Não é conhecido, ainda, o grau em que a dieta previne

essas doenças, mas uma estimativa comumente aceita pelos especialistas é que pelo menos um terço dos casos de câncer e em torno de metade das patologias de coração, artérias e hipertensão podem ser atribuídos à dieta.

Como constituintes bioativos presentes nos alimentos com ação funcional, podem ser citados os grupos de compostos tais como fitosteróis, tocoferóis, compostos fenólicos, ácidos graxos essenciais, entre outros (POKORNÝ, 2007).

O teor de compostos bioativos quem compõe naturalmente nos alimentos pode ser variar de acordo com: espécie, estágio de maturação, clima, diferentes práticas de cultivo, quantidade de incidência solar, localização da região onde a planta foi cultivada e também, de acordo com o tratamento térmico a que foi submetido (PAES, 2011).

### 3.6.1 *Fitosteróis*

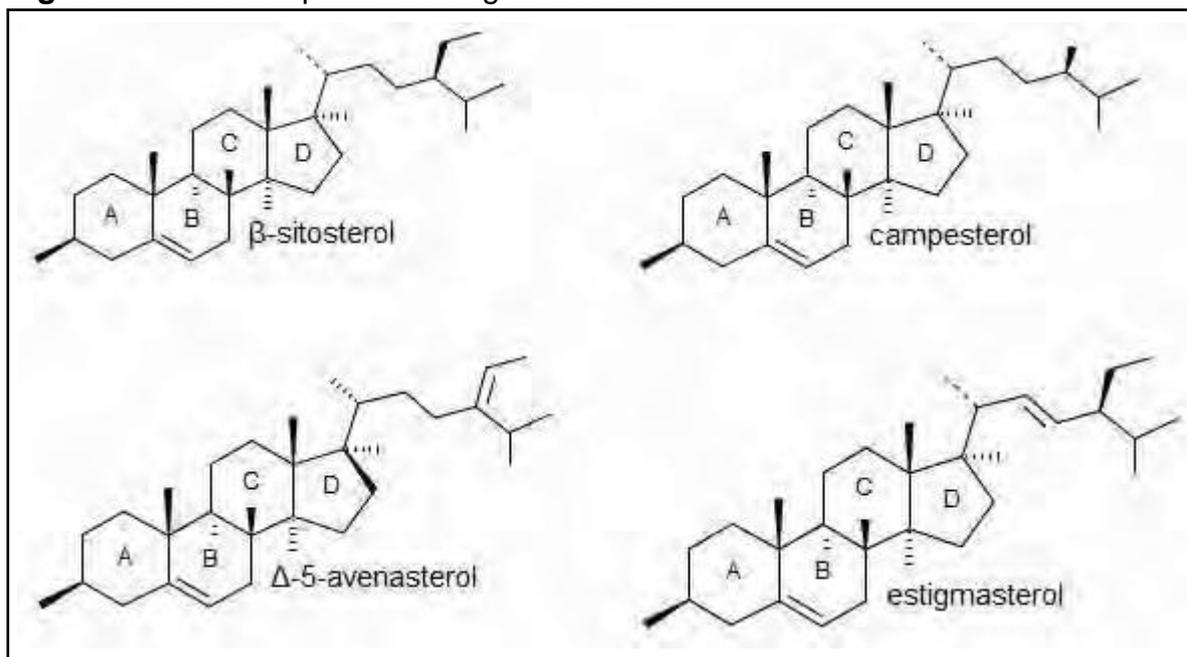
Compostos como os fitosteróis são conhecidos por seu efeito hipocolesterolêmico (FERRETTI et al., 2010; SANCLEMENTE et al., 2012), propriedades antiinflamatórias e antitumorais (RACETTE et al., 2009).

Os fitosteróis mais comuns são os insaturados que correspondem aos esteróis e os saturados aos estanois. Podem ser convertidos em fitostanois por hidrogenação química (MOREAU et al., 2002).

Os fitosteróis e os esteróides possuem uma estrutura básica, o ciclopentanoperidrofenantreno, que se assemelha a estrutura do colesterol, tendo a cadeia lateral como diferenciação (CLAYTON et al., 1998). A maior parte dos fitosteróis possui cadeias longas com 28 ou 29 carbonos com uma ou duas ligações duplas (MOREAU et al., 2002).

Os fitosteróis de origem vegetal possuem estrutura química similar a dos esteróis de origem animal, o colesterol. São particularmente abundantes no reino vegetal, presentes em frutas, sementes, folhas e talos.  $\beta$ -sitosterol, estigmasterol e campesterol são os principais fitosteróis encontrados e constituem 95% dos fitosteróis totais identificados em vegetais (MAGUIRE et al., 2004). A Figura 3 retrata a estrutura química de alguns fitosteróis encontrados em algumas plantas.

**Figura 3.** Estrutura química de alguns esteróis.



Fonte: Ramírez-Jiménez et al. (2015).

Estes fitosteróis, em óleos vegetais, são encontrados como esterois livres ou esterificados juntamente com ácidos graxos ou com monossacarídeos (VERLEYEN et al., 2002). Em cereais são encontrados de forma glicosilada e, na forma livre, são solúveis no óleo (em torno de 2%) e, insolúveis em água. Na forma de ésteres, a solubilidade aumenta cerca de 20%. A taxa de redução do nível de colesterol não é modificada pelos fitosteróis esterificados com ácidos graxos, ou seja, no intestino delgado, estes são hidrolisados por uma enzima chamada de colesterol esterase, resultando em ácidos graxos e esteróis livres (NTANIOS, 2001).

Os vegetais são as maiores fontes de fitosteróis, podem-se citar os cereais, castanhas, legumes e frutas. Em média, em dietas ocidentais, a média de ingestão ocorre entre 200 a 400 mg/dia (PIIRONEN et al., 2000).

### 3.6.2 Tocoferóis

Compostos como os tocoferóis, são monofenólicos existentes em vegetais, principalmente em sementes oleaginosas e folhas. São considerados os mais importantes antioxidantes naturais em óleos vegetais e apresentam atividade de vitamina E (OLIVEIRA et al., 2008). Além disso, possuem efeito cardioprotetor,

devido à inibição da oxidação LDL (MAGUIRE et al., 2004).

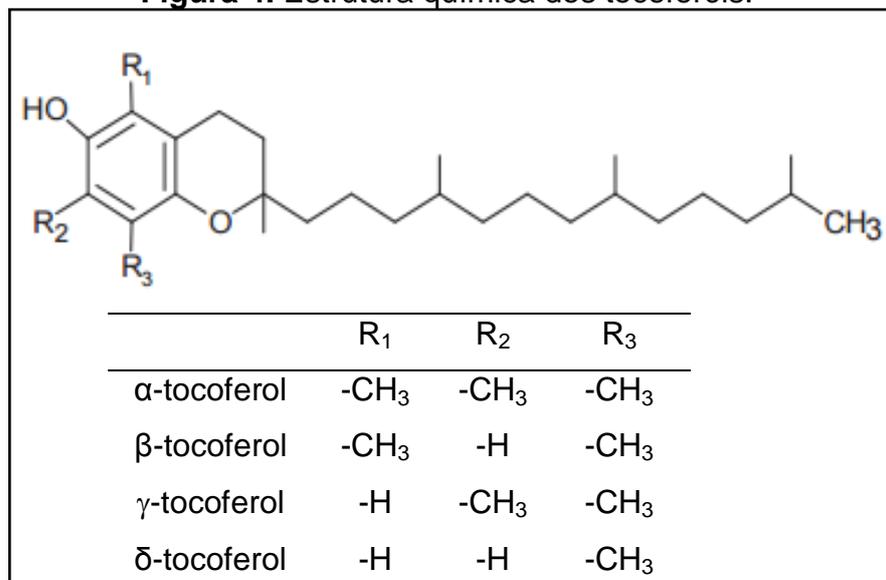
Diante disto, a ingestão de tocoferol tem papel importante no melhoramento da função imune e na limitação de incidências e progressão de muitas doenças degenerativas incluindo certos tipos de câncer, catarata, desordens neurológicas e doenças cardiovasculares (MAGUIRE et al., 2004; YANG, 2009).

Os tocoferóis são definidos como substâncias lipossolúveis que existem na natureza, essencialmente, em 4 formas de vitamina E, associadas em série de compostos com estrutura química similar:  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -,  $\delta$ -tocoferol (Figura 4). Os compostos da série tocoferóis possuem cadeia saturada ligada ao anel (CERT et al., 2000).

Dentre as fontes mais importantes de tocoferóis, destacam-se o gérmen de trigo, semente de girassol, óleo de soja e alface (MADHAVI et al., 1996). Genótipo da planta, condições climáticas de crescimento e colheita, quantidade de ácidos graxos poli-insaturados, condições de processamento e armazenamento são fatores essenciais na quantidade de tocoferóis (RABASCALL; RIERA, 1987).

Geralmente, a atividade antioxidante dos tocoferóis diminui quando sua concentração excede a ótima, podendo apresentar efeito pró-oxidante, que pode ser mais pronunciado com o aumento da temperatura (entre 40 e 60°C) (EVANS et al., 2002).

**Figura 4.** Estrutura química dos tocoferóis.



Fonte: Adaptado de Ramalho e Jorge (2006).

Os tocoferóis são oxidados por agentes oxidantes, podem-se citar: a presença de luz, metais, calor e o meio alcalino. Oxidam-se mais lentamente quando estão em atmosfera de oxigênio junto com ausência de luz, mesmo em temperaturas superiores em torno de 200°C. No entanto, quando há presença de oxigênio, a estabilidade do  $\alpha$ -tocoferol diminui pela metade a cada 10°C, quando se passa dos 40°C (MARTINS, 2006).

### 3.6.3 Ácidos graxos

Segundo Cahoon et al. (2007), os ácidos graxos essenciais para o organismo humano são os ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico, nos quais a primeira dupla ligação está situada a seis e a três carbonos, respectivamente, do grupo metila inicial. Esses dois ácidos graxos são compostos que dão origem a outros ácidos graxos biologicamente ativos, como ácidos araquidônico, eicosapentaenoico (EPA) e docosahexaenoico (DHA).

Os ácidos graxos poli-insaturados n-3 e n-6 diminuem a concentração de LDL no sangue, sendo que os ácidos graxos n-3 também reduzem os níveis de triglicerídios plasmáticos (CAHOON; SCHMID, 2008).

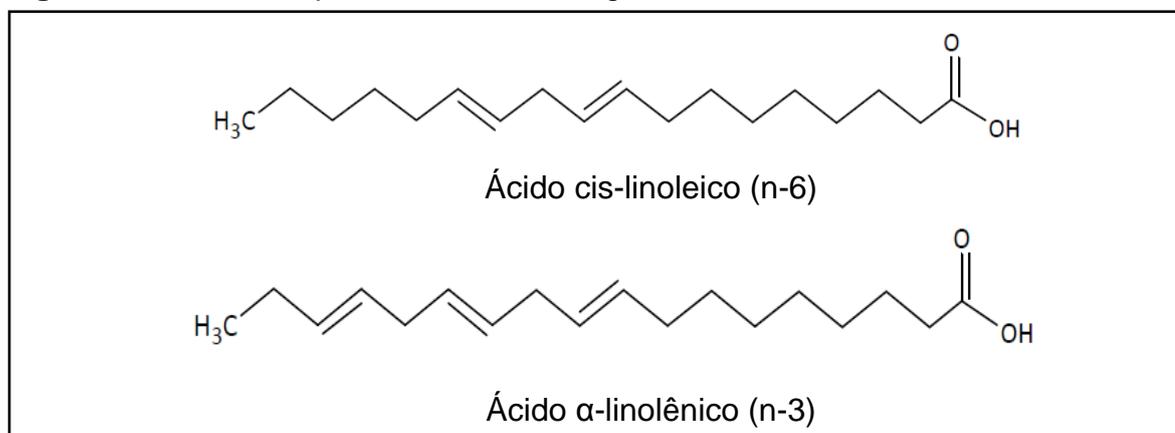
Alguns ácidos graxos insaturados produzem efeitos especiais no organismo vivo são chamados ácidos graxos essenciais. Estes, não são sintetizados pelo organismo humano e, deste modo, devem ser adquiridos durante a dieta, já que, são essenciais à vida. Dos ácidos graxos essenciais, existem dois tipos: a série dos ácidos graxos n-6, derivada do ácido cis-linoleico (C18:2), e a série dos n-3, derivada do ácido  $\alpha$ -linolênico (C18:3) (DAS, 2006). As estruturas químicas dos ácidos graxos n-6 e n-3 são evidenciadas na Figura 5.

Em estudo realizado por Ryan et al. (2007), sobre a composição de ácidos graxos de óleos extraídos de várias sementes, grãos e legumes observou-se quantidades elevadas de ácido  $\alpha$ -linolênico para o feijão da espécie *Phaseolus vulgaris* L. (45,69%).

Ácidos graxos n-3, ácido eicosapentaenóico (EPA) e ácido docosahexaenoico (DHA) possuem como principais fontes os peixes de origem marinha. Podem-se citar as espécies mais ricas em n-3, por exemplo: a sardinha

com 3,3 g/100 g, o arenque com 1,7 g/100 g, a anchova e o salmão, ambos com 1,4 g/100 g de peixe cru (NASIFF-HADAD; MERINO-IBARRA, 2003).

**Figura 5.** Estruturas químicas dos ácidos graxos cis-linoleico e  $\alpha$ -linolênico.



Fonte: Rose e Connolly (1999).

Manhezi et al. (2008) afirmam que em virtude dos ácidos linoleico ( $\omega$ 6) e linolênico ( $\omega$ 3) não serem sintetizados pelos mamíferos, são chamados de ácidos graxos essenciais e devem ser obtidos na dieta.

Em óleos vegetais, o óleo de soja, linhaça e canola apresentam altas quantidades de ácido  $\alpha$ -linolênico (n-3) quando comparados aos óleos de milho e de girassol. Já o óleo de linhaça apresenta aproximadamente 55% de ácidos graxos n-3, 14,5% de cis-linoleico (n-6) e 18,6% ácido graxo oleico (n-9) (WANG et al., 2012). A Tabela 1 apresenta as concentrações dos ácidos linoleico e  $\alpha$ -linolênico em alguns óleos vegetais.

**Tabela 1** - Concentrações (mg/g) dos ácidos linoleico,  $\alpha$ -linolênico e razão n-6/n-3 em óleos vegetais.

Óleos vegetais	Ácidos graxos (mg/g)		Relação
	n-6	n-3	n-6/n-3
Canola	203,0	93,0	0,2
Linhaça	127,0	533,0	0,2
Milho	523,0	11,6	45,1
Oliva	97,6	7,6	12,8
Soja	510,0	68,0	7,5

Fonte: Martin et al. (2006).

Óleos ricos em ácido oleico (C18:1, n-9) possuem dupla ligação que está localizada entre os carbonos 9 e 10, contados a partir do grupo metila também é recomendado. Apesar de não ser considerado um óleo graxo essencial, o ácido oleico exerce função neutra sobre a colesterolemia, ou seja, tem a função de aumentar o nível da fração de colesterol de lipoproteínas de alta densidade (HDLc) e podem reduzir o nível de fração de colesterol de lipoproteínas de baixa densidade (LDLc), esses ácidos graxos também estão associados à redução da incidência de doenças cardíacas (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2010).

#### 3.6.4 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo assim, são encontrados em vegetais e frutas (IGNAT et al., 2011). Quimicamente, os fenólicos possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais (LEE et al., 2005).

Possuem estrutura variável e com isso, são multifuncionais. São conhecidos cerca de 5 mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenóis simples, cumarinas, taninos e ligninas (YANG et al., 2009).

Os compostos fenólicos possuem diversas funções, assim como os antioxidantes, pois podem atuar de várias formas, como: combatem os radicais livres, quelatam metais de transição, interrompem a reação de propagação dos radicais livres, modificam o potencial redox do meio e reparam a lesão de moléculas atacadas por radicais livres (PODSEDEK, 2007; KYUNGMI; EBELER, 2008).

O feijão contém uma grande diversidade de flavonóides, antocianinas, proantocianidinas e isoflavonas, bem como alguns ácidos fenólicos (GIRISH et al., 2012).

Os compostos fenólicos encontram-se presentes predominantemente no tegumento (revestimento) do feijão, e são importantes fitonutrientes, reconhecidos por reduzirem o risco de desenvolvimento de patologias, como arteriosclerose, cancro e outras doenças crônicas (ANDARWULAN et al., 2012).

As propriedades benéficas dos fenólicos têm sido atribuídas, em parte, à

sua atividade antioxidante. Existem cerca de cinco mil fenóis, dentre eles, destacam-se os flavonóides, ácidos fenólicos, fenólicos simples, cumarinas, taninos condensados, ligninas e tocoferóis (ANGELO; JORGE, 2007).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

#### 4.1.1. Coleta das variedades de feijão

Foram adquiridos durante a safra de 2015/2016 três lotes das variedades de grãos de feijão brasileiro, o Pérola (carioca) e BRS Valente (preto), pesando 1.000 g cada, comercializados nos supermercados da cidade de São José do Rio Preto-SP. Em seguida, os grãos de feijão foram homogeneizados e armazenados à temperatura ambiente.

#### 4.1.2. Tratamentos

Os grãos de feijões foram submetidos aos seguintes tratamentos:

- i. Feijões crus (cru), carioca e preto, moídos em microprocessador e peneirados (20 *mesh*) até a obtenção de um pó homogêneo;
- ii. Feijões crus, carioca e preto, com maceração (macerado), na proporção de feijão:água (1:2, p/v) por 5 horas à temperatura ambiente;
- iii. Feijões cozidos, carioca e preto, com maceração (macerado/cozido), na proporção de feijão:água (1:2, p/v) por 5 horas à temperatura ambiente e posteriormente cozido com a água de maceração, em panela de pressão, durante 20 minutos.

Os feijões macerados e macerados/cozidos (juntamente com o caldo de cocção) foram secos, em estufa com circulação de ar forçada por 24 horas a 40°C, sendo posteriormente moídos em microprocessador e peneirados (20 *mesh*) até a obtenção de um pó homogêneo.

As duas variedades de grãos de feijão, em pó, foram armazenadas à temperatura ambiente em recipientes plásticos vedados com tampas de rosca e devidamente rotulados, até o momento das análises.

#### 4.1.3. Extração dos óleos

Os óleos foram extraídos dos tratamentos empregados, secos e triturados através do método de Bligh e Dyer (1959). Após a extração, a mistura de solvente e óleo foi filtrada em funil de vidro contendo sulfato de sódio anidro. Em seguida, o solvente foi evaporado sob pressão reduzida a 40°C. Os óleos obtidos foram acondicionados em frascos de vidro âmbar, inertizados com nitrogênio gasoso, selados e armazenados em freezer (-18°C) para posterior realização das análises.

## 4.2 Métodos

### 4.2.1. Composição centesimal do feijão

- Umidade, realizada em estufa a vácuo a 70°C com pesagem a cada 2 horas, até a obtenção de peso constante, segundo o método Ca 2d-25 da American Oil Chemists Society (AOCS, 2009).
- Cinzas, avaliadas por calcinação a 550°C de acordo com o método Ba 5a-49 da AOCS (1993).
- Lipídios, determinados por extração com éter de petróleo a 40-60°C utilizando extrator Soxhlet por 5 horas, de acordo com o método Ba 3-38 da AOCS (2009).
- Proteínas, obtidas por meio da análise de Kjeldahl, sendo o teor de proteínas totais, expresso em %, utilizando fator 6,25, segundo método 984.13 da Association of *Official Analytical Chemists* (AOAC, 1995).
- Carboidratos totais, obtidos por diferença, subtraindo-se de 100 as porcentagens de umidade, cinzas lipídios e proteínas.
- Valor calórico, calculado utilizando fator de correção de 4 kcal/g para os teores de proteínas e carboidratos, e 9 kcal/g para lipídios, segundo o método de Merrill e Watt (1973).

### 4.2.2. Caracterização nutricional do feijão

- Ácido ascórbico, determinado de acordo com o método de Klein e Perry

(1982), utilizando ácido metafosfórico a 1% e 2,6-diclorofenolindofenol. A leitura foi realizada após 30 minutos a 515 nm e os resultados expressos em mg/100 g.

- Carotenoides totais, com leituras realizadas entre 453 e 505 nm para o isômero  $\beta$ -caroteno e 645 e 663 nm para o isômero licopeno. Foram determinados segundo metodologia descrita por Nagata e Yamashita (1992) e os resultados expressos em mg/100 g.

- Vitamina E, determinada a partir da composição de tocoferóis no óleo por cromatografia líquida de alta eficiência segundo método oficial da AOCS Ce 8-89 (2009), expressa como equivalentes de  $\alpha$ -tocoferol (mg/100 g). Fatores de conversão para a Vitamina E:  $\alpha$ -tocoferol x 1,00;  $\beta$ -tocoferol x 0,40;  $\gamma$ -tocoferol x 0,1;  $\delta$ -tocoferol x 0,01 (MCLAUGHLIN; WEIHRAUCH, 1979).

- Minerais (Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P, e Zn), extraídos com ácidos nítrico e perclórico (2:1, v/v) em digestão orgânica, segundo método o da AOAC 984.27 (2005) e caracterizados/quantificados em espectrofotômetro de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado, marca Varian (Walnut Creek, CA, USA), modelo 720-ES, utilizando uma curva de calibração para cada mineral e o Na foi analisado com fotômetro de chama, marca Digimed, modelo DM-61, expressos em mg/100 g, realizada na Universidade Estadual do Maranhão.

#### *4.2.3. Capacidade antioxidante do óleo de feijão*

- FRAP, realizado conforme metodologia descrita por Szydłowska-Czerniak et al. (2008a), empregando mistura de tampão acetato a 300 mM, solução 10 mM/L de TPTZ a 40 mM de ácido clorídrico e 20 mM/L de solução aquosa de cloreto férrico. Esse sistema foi mantido aproximadamente a 37°C por 30 minutos e a absorvância medida a 593 nm. Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão, em concentrações de 50 a 2.000 mM/L, cuja equação da reta foi obtida com coeficiente de determinação de 0,9992 e o resultado expresso em  $\mu\text{mol Trolox}/100 \text{ g}$ .

- DPPH<sup>•</sup>, determinado de acordo com o método proposto por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), onde foi preparada uma solução etanólica de DPPH (2,2-difenil-1-picrihidracil) a  $6 \times 10^{-5}$  M e soluções etanólicas de trolox (ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametil-cromano-2-carboxílico) que foram utilizadas para a curva padrão em concentrações de 0,19 a 0,93 mM. No procedimento foram pipetados 100  $\mu$ L de amostra diluída em 2,9 mL da solução de DPPH em um tubo de ensaio âmbar. A absorvância das amostras foi lida a 515 nm em espectrofotômetro (modelo UV mini-1240, Shimadzu) após 25 minutos de reação. O coeficiente de determinação da curva utilizando as soluções de trolox foi de  $R^2 = 0,9995$ . A atividade antioxidante foi expressa em %, de acordo com a equação 1.

$$\%_{\text{DPPH}^{\bullet}} = 100 - (\text{Abs}_{\text{amostra}}/\text{Abs}_{\text{branco}}) \times (100/\text{Abs}_{\text{controle}}) \quad (\text{Equação 1})$$

- ABTS<sup>•+</sup>, segundo método descrito por Re et al. (1999), o radical ABTS<sup>•+</sup> foi formado pela reação da solução a 7 mmol/L com a solução de persulfato de potássio a 140 mmol/L, mantidos no escuro por 12-16 horas. A leitura das amostras foi realizada a 734 nm após 6 minutos de reação. Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão, em concentrações de 50 a 2.000 mmol/L, cuja equação da reta foi obtida com coeficiente de determinação de 0,9997 e o resultado expresso em  $\mu$ mol Trolox/100 mg.

#### 4.2.4 Caracterização dos óleos extraídos do feijão

- Compostos fenólicos totais, obtidos por espectrofotometria (Singleton; Rossi, 1965). Uma alíquota de 0,1 mL do extrato metanólico foi misturada a 0,5 mL do reagente Folin Ciocalteu, 1,5 mL de solução saturada de carbonato de sódio (20%) e 6,0 mL de água destilada. Após duas horas de reação em temperatura ambiente a absorvância da mistura foi medida a 765 nm em espectrofotômetro (Shimadzu, modelo UV-Vis mini 1240), e utilizada para calcular o conteúdo de compostos fenólicos totais nas frações lipídicas. Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando ácido gálico como padrão (0 a 500 mg/L). O teor de compostos fenólicos totais foi expresso como miligrama de equivalente de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g).

- Composição de fitosteróis, determinada por cromatografia gasosa, a partir da matéria insaponificável, obtida segundo Duchateau et al. (2002). Foi utilizado cromatógrafo gasoso, marca Shimadzu (Chiyoda-ku, Tokyo, Japan), modelo GC-2010 Plus, equipado com detector de ionização de chama, injetor e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida Restek (30 m x 0,25 mm, 0,20  $\mu$ m). A temperatura da coluna inicializou-se em 100°C por 2 min, aquecida a 15°C/min até 260°C e mantida em isoterma durante 35 minutos. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 280 e 320°C, respectivamente. O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 40 mL/min. Os fitosteróis foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros com os componentes separados das amostras e a quantificação foi feita por padronização interna ( $\beta$ -colestanol = 5 $\alpha$ -cholestano-3 $\beta$ -ol, grau de pureza de 95%) com base nas áreas dos picos, utilizando padrões de campesterol, estigmasterol e  $\beta$ -sitosterol (Supelco, Bellefonte, USA), com grau de pureza de 99, 95 e 98%, respectivamente. Os teores de fitosteróis individuais foram expressos como mg/100 g;

- Composição de tocoferóis, determinada por cromatografia líquida de alta eficiência segundo método oficial da AOCS Ce 8-89 (2009). Foi utilizado cromatógrafo líquido de alta eficiência, marca Varian (Walnut Creek, CA, USA), modelo Pro-Star, equipado com detector de fluorescência e injetor manual. De acordo com as condições da análise foi utilizada coluna de sílica Microsorb 100 Si (250 x 4,6 mm, 5  $\mu$ m), fluxo de 1,2 mL/min e comprimento de onda de excitação em 290 nm e de emissão em 330 nm e como fase móvel foi utilizado n-hexano/álcool isopropílico (95,5:0,5 v/v). Os tocoferóis foram identificados por comparação com o tempo de retenção dos padrões puros analisados nas mesmas condições das amostras. A quantificação de cada isômero foi realizada por padronização externa com base nas áreas dos picos, utilizando padrões de  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol (Supelco, Bellefonte, USA), com grau de pureza de 99,9, 98,0, 99,4 e 99,6%, respectivamente. Os teores de tocoferóis individuais foram expressos como mg/100 g;

- Composição de ácidos graxos, determinada por cromatografia em fase gasosa com esterificação prévia das amostras, segundo procedimento descrito pela AOCS Ce 2-66 (2009). O método consiste de metilação alcalina da amostra, seguida por metilação ácida e extração com n-hexano. Para a análise cromatográfica de ácidos graxos utilizou-se cromatógrafo gasoso, marca Varian (Walnut Creek, CA, USA), modelo GC 3900, equipado com detector de ionização de chama, injetor e amostrador automático. Os compostos foram separados em coluna capilar de sílica fundida CP-Sil 88 (60 m x 0,25 mm; 0,20  $\mu$ m). A temperatura da coluna inicializou-se em 90°C por 4 min, aquecida a 10°C/min até 195°C e mantida em isoterma durante 16 minutos. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 230 e 250°C, respectivamente. O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 30 mL/min. Os ácidos graxos foram identificados pela comparação dos tempos de retenção de padrões puros de ésteres metílicos de ácidos graxos com os componentes separados das amostras e a quantificação foi feita por normalização de área (%). Utilizando-se como padrão uma mistura composta de 37 ésteres etílicos de ácidos graxos (Supelco, Bellefonte, USA), de C16:0 a C18:3n3, com pureza entre 99,1 e 99,9%;

#### 4.3 Análise estatística

O experimento foi realizado em esquema fatorial 3 x 2 (tratamentos e variedades de feijão), no delineamento inteiramente casualizado (BANZATTO; KRONKA, 2006). Os resultados obtidos das determinações analíticas dos grãos, em triplicata, e dos óleos de feijão, em duplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias foram testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, obtidos por meio do programa ASSISTAT, versão 7.7.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 Composição centesimal do feijão

As análises de variância para os dados da composição centesimal dos grãos de feijões, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 1. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para efeitos principais, tratamentos e variedades (cinzas e lipídios) e para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 2.

#### 5.1.1. Umidade

Em relação ao conteúdo de umidade das duas variedades de feijões, houve diferença significativa, sendo que, o feijão carioca cru obteve maior quantidade de umidade (7,96%). Resultado similar foi encontrado por Tozzete e Canniatti-Brazaca (2009) em grãos de feijão carioca recém-colhidos e armazenados com e sem vácuo por 3 meses (7,14%). Em feijão preto cru obteve 7,53% de umidade, valor inferior ao encontrado por Ribeiro et al. (2005) de 13,55%, onde essa diferença pode ser devido a diferenças de culturas, clima e local da plantação.

Já as quantidades de umidade do feijão preto variaram entre 2,86 e 3,80%, para macerado/cozido e macerado, respectivamente. Estes menores teores de umidade foram devido ao tratamento de secagem em estufa com circulação de ar (40°C/24 horas), após os tratamentos de maceração e cozimento.

#### 5.1.2. Cinzas

Quanto ao teor de cinzas, observou-se diferença significativa entre os tratamentos. Para o feijão carioca destacaram os tratamentos, cru e macerado, com 3,98 e 3,99%, respectivamente. Para o feijão preto, sobressaiu, o macerado/cozido com 4,27% com o maior porcentual. Isso pode ser devido ao contato com a água e aquecimento devido cozimento, isso fez com que compostos inorgânicos tenham sido liberados da matriz do feijão, elevando a quantidade.

**Tabela 2** - Composição química centesimal dos grãos das variedades de feijão para os tratamentos empregados.

<b>Análises</b> Tratamentos	<b>Variedades</b>	
	<b>Carioca</b>	<b>Preto</b>
<b>Umidade (%)</b>		
Cru	7,96 ± 0,13 <sup>aA</sup>	7,53 ± 0,06 <sup>aB</sup>
Macerado	3,23 ± 0,08 <sup>bB</sup>	3,80 ± 0,04 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	3,22 ± 0,02 <sup>bA</sup>	2,86 ± 0,02 <sup>cB</sup>
<b>Cinzas (%)</b>		
Cru	3,98 ± 0,01 <sup>aA</sup>	3,77 ± 0,01 <sup>cB</sup>
Macerado	3,99 ± 0,05 <sup>aA</sup>	3,90 ± 0,03 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	3,51 ± 0,02 <sup>bB</sup>	4,27 ± 0,02 <sup>aA</sup>
<b>Lipídios (%)</b>		
Cru	1,91 ± 0,01 <sup>aB</sup>	2,15 ± 0,01 <sup>aA</sup>
Macerado	1,54 ± 0,03 <sup>bB</sup>	2,14 ± 0,01 <sup>aA</sup>
Macerado/cozido	1,22 ± 0,01 <sup>cA</sup>	1,18 ± 0,01 <sup>bB</sup>
<b>Proteínas (%)</b>		
Cru	18,69 ± 0,24 <sup>bA</sup>	17,48 ± 0,10 <sup>bB</sup>
Macerado	18,74 ± 0,47 <sup>bA</sup>	19,24 ± 0,74 <sup>aA</sup>
Macerado/cozido	19,95 ± 0,45 <sup>aA</sup>	19,43 ± 0,13 <sup>aA</sup>
<b>Carboidratos* (%)</b>		
Cru	67,45 ± 0,30 <sup>bB</sup>	69,08 ± 0,10 <sup>cA</sup>
Macerado	72,49 ± 0,33 <sup>aA</sup>	70,91 ± 0,75 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	72,10 ± 0,49 <sup>aA</sup>	72,25 ± 0,10 <sup>aA</sup>
<b>Valor calórico (kcal/100 g)</b>		
Cru	361,80	365,55
Macerado	378,87	379,82
Macerado/cozido	379,27	377,43

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

\*Calculado por diferença.

A utilização da água de maceração na cocção preservou em maior quantidade o teor de cinzas, pois a maceração causa a lixiviação de minerais (BARAMPAMA; SIMARD, 1995). Quando a água de maceração não foi desprezada, os minerais solubilizados foram mantidos.

A cocção elevou os teores de cinzas, semelhante ao estudo realizado por Costa et al. (2006) onde foi encontrado valor de 4,00% de cinzas em feijão

macerado e cozido em panela de pressão na mesma água de maceração. Resultados semelhantes à outras leguminosas, como Canniatti-Brazaca (2006) que encontrou 3,94% em ervilhas frescas para o teor de cinzas e Ferreira et al. (2004) encontraram 3,74% em grãos-de-bico crus e 3,28% em grãos-de-bico cozidos.

### 5.1.3. Lipídios

As duas variedades de feijão apresentaram baixos teores de lipídios, destacando o feijão preto cru e macerado com maiores valores (2,15%). Resultados divergentes foram encontrados por Ramírez-Cardenas et al. (2008) que, em estudo sobre processamento doméstico com diferentes cultivares de feijões, inclusive o carioca, encontraram 1,27% para o feijão cru e 1,99% de lipídios após o cozimento.

O que pode ser evidenciado é que, independentemente da variedade do feijão, há uma diminuição nos teores de lipídios, quando o tratamento de maceração e tratamento térmico são empregados. O efeito de diminuição no teor de lipídios após o cozimento de cultivares de feijão comum também foi observado por Ramírez-Cárdenas et al. (2008). Estes autores enfatizam que a diminuição no conteúdo de lipídios pode ser devido às interferências durante a análise provocadas pela formação de um complexo lipídio-proteína.

Vários autores encontraram valores superiores de lipídios para leguminosas em relação ao presente estudo. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 3,83% em ervilhas frescas para o teor de lipídios. Ferreira et al. (2004) encontraram 4,71% em grãos-de-bico crus e 6,68% em grãos-de-bico cozidos. Teixeira (2010) analisou amendoim e encontrou 63,18% de lipídios.

### 5.1.4. Proteínas

Os maiores teores de proteínas foram encontrados nas duas variedades de feijão para o tratamento macerado/cozido. Para o carioca macerado/cozido obteve-se 19,95% e para o preto macerado/cozido 19,43%. Em estudo realizado com feijão cozido em panela de pressão, Oliveira et al. (2009) encontraram valores semelhantes de proteínas, 19,20% para feijão carioca.

Os processamentos térmicos como o cozimento podem provocar alterações físico-químicas nas proteínas, amido e outros componentes das leguminosas, afetando o seu valor nutritivo. Assim, o aumento do conteúdo de proteínas de grãos de feijão é atribuído ao processamento térmico, em razão da maior disponibilidade do conteúdo das proteínas em relação à solubilidade através das interações que as envolvem (RAMÍREZ-CÁRDENAS; LEONEL; COSTA, 2008).

Em geral, segundo Shrestha et al. (2002), as leguminosas são consideradas fontes relativamente abundantes de proteínas, tanto para humanos quanto para animais, pois contêm 18 a 25% de proteínas, podendo chegar a 40% na soja. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 28,72% em ervilhas frescas para o teor de proteínas. Ferreira et al. (2004) encontraram 25,73% em grãos-de-bico crus e 26,48% em grãos-de-bico cozidos, teores superiores comparados ao presente estudo.

#### *5.1.5. Carboidratos*

Nos resultados obtidos de carboidratos, os maiores teores encontrados foram para os feijões macerados e macerados/cozidos, independente da variedade. Resultados obtidos neste trabalho estão próximos aos de Ramírez-Cardenas et al. (2008) que, ao analisarem teores de carboidratos em diferentes cultivares de feijões cozidos, encontraram valores de 68,18 a 70,78%.

Os tratamentos de maceração e cozimento podem promover a redução do teor de fibras insolúveis nos grãos, refletindo no aumento do teor de carboidratos como mostra o estudo de Toledo e Canniatti-Brazaca (2008), em estudo com diversas variedades de feijões cozidos em diferentes maneiras. Entretanto, elas podem ser degradadas através do calor e cozimento (VIDAL-VALVERDE et al., 1993).

No presente estudo verificou-se quantidades superiores quando comparadas a estudos de outras leguminosas. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 29,29% em ervilhas frescas para o teor de carboidratos. Ferreira et al. (2004) encontraram 45,37% em grãos-de-bico crus e 38,86% em grãos-de-bico cozidos.

#### *5.1.6. Valor calórico*

Para o valor calórico, destacaram-se as duas variedades de feijões nos tratamentos, macerado e macerado/cozido. Verificou-se que o feijão carioca macerado/cozido apresentou 379,27 kcal/100 g, quantidade maior do que a encontrada no feijão cru (361,80 kcal/100 g). Já no feijão preto, destacou-se o feijão macerado (379,82 kcal/100 g) seguido do macerado/cozido (377,43 kcal/100 g).

Então, verificou-se que mesmo passando pelos tratamentos de maceração e cozimento, os feijões apresentaram valores calóricos superiores aos crus. Por outro lado, Thangadurai (2005) verificou diminuição do valor energético com o feijão *Vigna unguiculata* subespécie *Cylindrica* em que o feijão cru apresentou valor de 392,2 kcal/100 g (1.737 kJ) e o feijão cozido 382,4 kcal/100 g (1.705 kJ). Francisco e Resurreccion (2008) encontraram para o amendoim cru, o valor calórico de 567 kcal/100 g, valor superior ao encontrado em feijões crus deste tabalho.

## 5.2 Caracterização nutricional do feijão

As análises de variância para os dados de ácido ascórbico, carotenoides e vitamina E dos grãos de feijões, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 2. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades, e para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 3.

### 5.2.1. Ácido ascórbico

Para a concentração de ácido ascórbico no feijão, verificou-se diferença significativa para todas as variedades e tratamentos. Destacou-se, por não sofrer nenhum tratamento térmico, o feijão carioca cru com 5,83 mg/100 g. Todavia, com os tratamentos empregados, notou-se que no processo de maceração e cozimento houveram perdas significativas de ácido ascórbico com 1,02 e 0,21 mg/100 g, respectivamente. No entanto, para o feijão preto, a pequena presença da vitamina C ocorreu apenas no tratamento cru (0,89 mg/100 g).

**Tabela 3** - Concentração de ácido ascórbico, carotenoides, vitamina E dos grãos de feijão para os tratamentos empregados.

<b>Análises</b> Tratamentos	<b>Variedades</b>	
	<b>Carioca</b>	<b>Preto</b>
<b>Ácido ascórbico (mg/100 g)</b>		
Cru	5,67 ± 0,25 <sup>aA</sup>	0,89 ± 0,12 <sup>aB</sup>
Macerado	1,02 ± 0,06 <sup>bA</sup>	nd
Macerado/cozido	0,21 ± 0,05 <sup>cA</sup>	nd
<b>Carotenoides (mg/100 g)</b>		
Cru	0,16 ± 0,06 <sup>aB</sup>	0,41 ± 0,02 <sup>aA</sup>
Macerado	nd	nd
Macerado/cozido	nd	nd
<b>Vitamina E* (mg/100 g)</b>		
Cru	3,49 ± 0,57 <sup>bA</sup>	2,98 ± 1,10 <sup>cB</sup>
Macerado	2,29 ± 0,24 <sup>bB</sup>	4,28 ± 0,06 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	43,91 ± 0,94 <sup>aB</sup>	59,25 ± 0,44 <sup>aA</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

\*Obtida do óleo.

nd: não detectado.

Segundo Elbe (1986) e Henshall (1982), o ácido ascórbico se oxida de modo reversível a ácido dehidroascórbico e, logo, convertido irreversivelmente a ácido 2,3-dicetogulônico, onde perde sua característica vitamínica.

Segundo dados da USDA (2016), o feijão carioca cru apresenta 6,3 mg/100 g e o feijão cozido 0,8 mg/100 g, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo. Porém, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2011), indicam apenas traços para teores de ácido ascórbico para o feijão carioca cru e preto e nenhuma quantidade encontrada para o tratamento cozido. Penteado (2003) afirma ainda que a vitamina C é susceptível à oxidação química e enzimática que ocorre durante as etapas de processamento, como o cozimento ou armazenamento dos alimentos.

### 5.2.2. Carotenoides

Em relação à quantidade de carotenoides nos grãos de feijões, sobressaiu o feijão cru, em ambas as variedades, o feijão carioca apresentou 0,16 mg/100 g e no preto, 0,41 mg/100 g. Porém, não foram detectados concentrações de carotenoides nos tratamentos macerado e macerado/cozido. Rodriguez-Amaya (2011) afirma que, fatores como luz, calor, ação enzimática e oxidação oriunda por peróxidos promovem a deterioração desses carotenoides. E, segundo Lopes et al. (2005), a estabilidade dos carotenoides pode diferir para cada alimento, quando submetidos a processamentos, mas a principal causa da deterioração está ligada principalmente à oxidação.

Em dados da USDA (2016), não constam concentrações de carotenoides para feijões crus e cozidos. Essa variação pode ser de acordo com a origem, devido à localização, clima, condições ambientais e tipo de solo onde são cultivados.

### 5.2.3. *Vitamina E*

As concentrações de vitamina E presentes nos óleos de feijão estão expressas como  $\alpha$ -tocoferol. Evidenciou a grande quantidade de vitamina E contida nas duas variedades de feijão, carioca e preto, no tratamento macerado/cozido, com 43,91 e 59,25 mg/100 g, respectivamente. Isso pode ser devido ao contato com a água e cozimento, isso fez com que estes compostos tenham sido liberados da matriz do feijão, elevando a quantidade. Entretanto, em feijões não tratados termicamente, crus e macerados, os teores de vitamina E foram pequenas.

Em dados da USDA (2016), os feijões crus, carioca e preto, apresentam 0,21 mg/100 g. E em feijões cozidos, o carioca com 0,94 mg/100 g e o preto 0,87 mg/100 g. Verificou-se que, apesar da diferença entre os dados do trabalho e o da literatura tenham sido consideráveis, houve um aumento da concentração de vitamina E no tratamento cozido em relação ao cru.

Por outro lado, em estudo com óleo de soja, Lima e Glória (1999) encontraram 13,4 mg/100 g de  $\alpha$ -tocoferol. Segundo Griel et al. (2004), o amendoim possui entre 6,93 - 8,3 mg/100 g de vitamina E. No entanto, Fernandes (2011) encontrou em sua pesquisa 41,98 mg/100 g de vitamina E.

No Brasil, segundo Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), através da RDC n°. 269, de 22 de setembro de 2005, a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de Vitamina E é de 10 mg/dia de  $\alpha$ -tocoferol (BRASIL, 2005). Tendo em vista este dado e os resultados obtidos deste trabalho, o feijão cozido, das duas variedades, pode ser considerada uma excelente fonte dessa vitamina.

#### 5.2.4. *Minerais*

As análises de variância para os dados dos macrominerais e microminerais dos grãos de feijões, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas nos Apêndices 3 e 4, respectivamente. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades (exceto, o ferro) e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se nas Tabelas 4 e 5. O teor de concentração de macronutrientes analisados está representado na Tabela 4 por cálcio, potássio, magnésio, sódio e fósforo, já os micronutrientes pelo cobre, ferro, manganês e zinco, na Tabela 5.

Na concentração de cálcio, observou-se que os maiores valores foram encontrados no tratamento macerado/cozido, em ambas as variedades, sendo que o carioca obteve 204,50 mg/100 g e o preto 195,33 mg/100 g. Houve diferença significativa entre as variedades e tratamentos, sendo que a quantidade de cálcio aumentou com o processo de cozimento em panela de pressão. Resultados inferiores foram encontrados por Ramírez-Cárdenas (2006) que obteve valores entre 106 a 185 mg/100 g em grãos cozidos para o cálcio, enquanto que, Canniatti-Brazaca (2006) 90 mg/100 g em ervilhas frescas e 101 mg/100 g para ervilhas enlatadas.

Para os teores de potássio e magnésio, que obtiveram o mesmo comportamento estatístico e verificou-se diferença significativa entre as variedades e tratamentos. Vale salientar que o feijão carioca macerado destacou-se com 373,44 mg/100 g de potássio e 98,63 mg/100 g de magnésio sobre os demais tratamentos, tal fato é justificado pela lixiviação de minerais no processo de maceração (TOLEDO; CANNIATTI-BRAZACA, 2008).

**Tabela 4** - Caracterização dos macrominerais dos grãos de feijão para os tratamentos empregados.

<b>Macrominerais</b>	<b>Variedades</b>		
	<b>Tratamentos</b>	<b>Carioca</b>	<b>Preto</b>
<b>Ca (mg/100 g)</b>			
	Cru	181,79 ± 0,01 <sup>CB</sup>	191,16 ± 0,25 <sup>bA</sup>
	Macerado	195,85 ± 0,04 <sup>bA</sup>	160,91 ± 0,05 <sup>CB</sup>
	Macerado/cozido	204,50 ± 0,02 <sup>aA</sup>	195,33 ± 0,10 <sup>aB</sup>
<b>K (mg/100 g)</b>			
	Cru	344,69 ± 0,01 <sup>CB</sup>	365,34 ± 0,11 <sup>bA</sup>
	Macerado	373,44 ± 0,02 <sup>aA</sup>	363,70 ± 0,01 <sup>CB</sup>
	Macerado/cozido	348,62 ± 0,03 <sup>bB</sup>	401,39 ± 0,52 <sup>aA</sup>
<b>Mg (mg/100 g)</b>			
	Cru	94,90 ± 0,01 <sup>bB</sup>	101,63 ± 0,08 <sup>bA</sup>
	Macerado	98,63 ± 0,02 <sup>aA</sup>	93,74 ± 0,01 <sup>CB</sup>
	Macerado/cozido	93,29 ± 0,02 <sup>CB</sup>	104,90 ± 0,10 <sup>aA</sup>
<b>Na (mg/100 g)</b>			
	Cru	5,94 ± 0,01 <sup>aA</sup>	0,97 ± 0,05 <sup>CB</sup>
	Macerado	1,24 ± 0,02 <sup>CB</sup>	2,96 ± 0,05 <sup>bA</sup>
	Macerado/cozido	3,99 ± 0,04 <sup>bB</sup>	4,87 ± 0,02 <sup>aA</sup>
<b>P (mg/100 g)</b>			
	Cru	349,52 ± 0,09 <sup>CB</sup>	360,53 ± 0,18 <sup>CA</sup>
	Macerado	385,20 ± 0,54 <sup>aB</sup>	402,06 ± 0,33 <sup>aA</sup>
	Macerado/cozido	353,37 ± 0,36 <sup>bB</sup>	376,61 ± 0,11 <sup>bA</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

O feijão preto macerado/cozido, com o processo de maceração seguido de cocção obteve quantidade de potássio, com 401,39 mg/100 g e 104,90 mg/100 g de magnésio. Os valores encontrados de potássio foram inferiores aos encontrados por Mesquita et al. (2007), que variaram entre 151 e 248 mg/100 g para feijões cozidos. Oliveira et al. (2008) encontraram 265 mg/100 g para feijão cru e 209 mg/100 g para o feijão cozido. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 373 mg/100 g

em ervilhas frescas e 638 mg/100 g para ervilhas enlatadas para o potássio. Ainda neste mesmo estudo, o autor encontrou 114 mg/100 g em ervilhas frescas e 94 mg/100 g em ervilhas enlatadas para o macromineral magnésio. Ferreira et al. (2004) encontraram teores de potássio e magnésio, 12,5 e 1,36 mg/100 g, respectivamente, em grãos-de-bico crus e 882 e 119 mg/100 g, respectivamente em grãos-de-bico cozidos.

Houve diferença significativa em relação ao teor de sódio nas variedades e tratamentos. No feijão carioca destacou-se o feijão cru (5,94 mg/100 g), visto que, não passou por nenhum processo de maceração e cozimento. Em contrapartida, o processo de cocção favoreceu o aumento do teor de sódio no feijão preto macerado/cozido com 4,87 mg/100 g. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 73 mg/100 g em ervilhas frescas. Ferreira et al. (2004) encontraram 46 mg/100 g em grãos-de-bico crus e 27 mg/100 g em grãos-de-bico cozidos, valores superiores aos encontrados no presente estudo.

Em relação ao fósforo, verificou-se que há diferença significativa. Sobressaíram as duas variedades de feijão, carioca e preto, no tratamento macerado, com 385,20 e 402,06 mg/100 g, respectivamente, onde processo de cocção promoveu a redução do teor de fósforo, valores inferiores obtidos por Oliveira et al. (2008) de 441 mg/100 g. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 617 mg/100 g em ervilhas frescas e 296 mg/100 g para ervilhas enlatadas para o fósforo. Ferreira et al. (2004) encontraram 402 mg/100 g em grãos-de-bico crus e 400 mg/100 g em grãos-de-bico cozidos.

A quantidade de cobre e manganês no presente trabalho verificou apenas pequenas quantidades. Resultados similares dos demonstrados por Ramírez-Cárdenas (2006), dos quais variaram entre 0,6 e 1 mg/100 g de cobre em grãos crus e 0,4 a 2 mg/100 g para feijões cozidos. Mesquita et al. (2007) encontraram teores entre 1 e 3 mg/100 g de manganês, sendo valores diferentes dos encontrados neste trabalho. Quando comparados com outras leguminosas, verificou-se teores inferiores de manganês. Canniatti-Brazaca (2006) encontrou 279 mg/100 g em ervilhas frescas e 490 mg/100 g para ervilhas enlatadas para o manganês.

**Tabela 5** - Caracterização dos microminerais dos grãos de feijão para os tratamentos empregados.

<i>Microminerais</i>	<i>Variedades</i>		
	<i>Tratamentos</i>	<i>Carioca</i>	<i>Preto</i>
<b><i>Cu (mg/100 g)</i></b>			
	Cru	0,28 ± 0,89 <sup>bB</sup>	0,51 ± 0,02 <sup>aA</sup>
	Macerado	0,21 ± 1,06 <sup>aB</sup>	0,53 ± 0,09 <sup>aA</sup>
	Macerado/cozido	0,20 ± 0,54 <sup>aB</sup>	0,67 ± 0,02 <sup>cA</sup>
<b><i>Fe (mg/100 g)</i></b>			
	Cru	6,02 ± 0,89 <sup>aA</sup>	5,75 ± 0,02 <sup>bB</sup>
	Macerado	5,67 ± 1,06 <sup>bA</sup>	5,03 ± 0,09 <sup>bA</sup>
	Macerado/cozido	6,00 ± 0,54 <sup>bB</sup>	6,91 ± 0,02 <sup>aA</sup>
<b><i>Mn (mg/100 g)</i></b>			
	Cru	0,85 ± 0,01 <sup>bA</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>aB</sup>
	Macerado	0,73 ± 0,08 <sup>cA</sup>	nd
	Macerado/cozido	0,94 ± 0,01 <sup>aA</sup>	0,78 ± 0,01 <sup>bB</sup>
<b><i>Zn (mg/100 g)</i></b>			
	Cru	4,26 ± 0,01 <sup>aA</sup>	3,29 ± 0,01 <sup>bB</sup>
	Macerado	4,06 ± 0,08 <sup>bA</sup>	2,52 ± 0,01 <sup>cB</sup>
	Macerado/cozido	3,85 ± 0,01 <sup>cA</sup>	3,67 ± 0,01 <sup>aB</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Segundo Ramírez-Cárdenas (2006), o ferro é o micronutriente de maior representatividade no feijão, o que diverge deste presente trabalho. Porém, destacou-se o feijão carioca cru (6,02 mg/100 g) no qual não houve processamento de maceração e cozimento. Por outro lado, o processo térmico influenciou diretamente a quantidade de ferro, no feijão preto macerado/cozido com 6,91 mg/100 g. Mesquita et al. (2007) encontraram concentrações de ferro entre 7 e 12 mg/100 g em diferentes linhagens de feijão. Ferreira et al. (2004) encontraram 8 mg/100 g em grãos-de-bico crus e cozidos de ferro.

As quantidades de zinco presentes não se diferenciaram entre os grãos crus e macerados para variedade carioca com 4,26 e 4,06 mg/100 g, respectivamente e, para o feijão preto cru e macerado/cozido com 3,29 e 3,67 mg/100 g. O tratamento

térmico promoveu a redução do teor de zinco no feijão carioca e no feijão preto macerado. Mesquita et al. (2007) apresentaram valores similares aos encontrados nas variedades analisadas, 4 a 7 mg/100 g de zinco para feijões cozidos. Ferreira et al. (2004) encontraram 3 mg/100 g em grãos-de-bico crus e cozidos para o micromineral zinco.

### 5.3 Capacidade antioxidante dos óleos de feijão

As análises de variância para os dados da atividade antioxidante dos grãos de feijões, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 5. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 6.

#### 5.3.1. FRAP

As capacidades antioxidantes das duas variedades de feijões cru, macerado e macerado/cozido, pelos métodos FRAP, DPPH<sup>\*</sup> e ABTS<sup>\*\*</sup> estão na Tabela 6. Pelo método FRAP, para feijão carioca não houve diferença significativa entre os tratamentos, o que pode ser explicado pelo fato de que os tratamentos utilizados não influenciaram sobre as propriedades antioxidantes.

Empregando o mesmo método e variedade de feijão, Boateng e Walker. (2008) observaram maior efeito antioxidante em grão torrado em relação ao cru, divergindo do resultado obtido. No feijão preto, verificou-se diferença significativa entre todos os tratamentos realizados. O feijão cru obteve maior atividade antioxidante em relação aos demais tratamentos.

Com feijão caupi (*Vigna unguiculata* L.), Thangadurai (2005) observou uma queda de 8,95% da atividade antioxidante em grãos crus em relação aos grãos cozidos. Segundo Talukdar (2013), a atividade antioxidante dos grãos crus foi superior aos grãos torrados, atribuindo a perda de substâncias antioxidantes ao tratamento térmico empregado.

#### 5.3.2. DPPH<sup>\*</sup>

Pelo método DPPH\*, observou-se diferença estatística entre as variedades e tratamentos estudados. O feijão preto macerado/cozido e carioca macerado foram os que se destacaram com maiores atividades antioxidantes, 76,44 e 72,54%, respectivamente; enquanto que, independentemente da variedade, o cru foi o tratamento que apresentou menores efeitos antioxidantes.

**Tabela 6** - Atividade antioxidante dos óleos de feijão para os tratamentos empregados pelos métodos FRAP, DPPH, ABTS\*\*.

<b>Método</b> Tratamentos	<b>Variedades</b>	
	<b>Carioca</b>	<b>Preto</b>
<b>FRAP (<math>\mu\text{mol de trolox}/100\text{ g}</math>)</b>		
Cru	325,79 $\pm$ 1,93 <sup>aB</sup>	642,93 $\pm$ 2,60 <sup>aA</sup>
Macerado	320,43 $\pm$ 3,97 <sup>aB</sup>	462,76 $\pm$ 2,55 <sup>cA</sup>
Macerado/cozido	325,53 $\pm$ 3,09 <sup>aB</sup>	561,25 $\pm$ 3,50 <sup>bA</sup>
<b>DPPH* (%)</b>		
Cru	28,70 $\pm$ 0,05 <sup>cB</sup>	42,35 $\pm$ 0,20 <sup>cA</sup>
Macerado	72,54 $\pm$ 0,37 <sup>aA</sup>	53,86 $\pm$ 0,72 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	53,45 $\pm$ 0,08 <sup>bB</sup>	76,44 $\pm$ 0,29 <sup>aA</sup>
<b>ABTS** (<math>\mu\text{mol trolox}/\text{mg}</math>)</b>		
Cru	74,10 $\pm$ 0,09 <sup>cB</sup>	80,53 $\pm$ 0,01 <sup>cA</sup>
Macerado	84,36 $\pm$ 0,02 <sup>bA</sup>	83,75 $\pm$ 0,06 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	89,74 $\pm$ 1,11 <sup>aB</sup>	98,57 $\pm$ 1,29 <sup>aA</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

De acordo Valdês (2010), amostras de feijões cozidos com e sem água de maceração apresentaram maior atividade antioxidante em relação aos feijões crus. Segundo, Siddhuraju (2006) e Dueñas et al. (2006), os antioxidantes fenólicos podem aumentar durante o aquecimento, devido à possível formação de produtos da reação de Maillard, como o hidroximetilfurfural (HMF), que produz uma elevada atividade antioxidante.

### 5.3.3. ABTS\*\*

As maiores atividades antioxidantes foram encontradas nas duas variedades de feijão para o tratamento macerado/cozido. Para o carioca macerado/cozido obteve-se 89,74  $\mu\text{mol}$  trolox/mg de óleo e para o preto macerado/cozido 98,57  $\mu\text{mol}$  trolox/mg. Em contrapartida, os outros tratamentos, cru e macerado, obtiveram menores atividades antioxidantes.

Os feijões coloridos têm teores de compostos fenólicos superiores aos dos feijões brancos e, em geral, os feijões coloridos contêm maior teor de flavonóides (BENINGER; HOSFIELD, 2003; PELLEGRINI et al., 2006). Vários trabalhos referem que o teor de taninos é superior nos feijões coloridos comparativamente com os feijões claros, tendo assim uma atividade antioxidante mais elevada.

Wang et al. (2010), avaliaram a capacidade antioxidante de leguminosas e frutas e, verificaram que o primeiro grupo apresentaram a maior capacidade antioxidante de sequestro de radicais livres, enquanto que o segundo apresentou os maiores teores de polifenóis.

## 5.4 Caracterização dos óleos extraídos do feijão

### 5.4.1. *Compostos fenólicos totais*

As análises de variância para os dados dos teores de compostos fenólicos totais dos óleos de feijão, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 6. O teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 7.

Quanto ao teor de compostos fenólicos totais, para as duas variedades de feijão, carioca e preto, destacou o tratamento macerado/cozido, com 5,09 e 5,36 mg EAG/g, respectivamente. Os dados da tabela salientam que, apesar do tratamento térmico utilizado, os teores de compostos fenólicos aumentaram no tratamento macerado/cozido em relação aos dois tratamentos que não utilizaram calor (cru e macerado).

**Tabela 7** - Compostos fenólicos totais (mg EAG/g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.

Tratamentos	Variedades	
	Carioca	Preto
Cru	4,52 ± 0,15 <sup>bA</sup>	4,56 ± 0,12 <sup>bA</sup>
Macerado	4,62 ± 0,06 <sup>bB</sup>	5,31 ± 0,04 <sup>aA</sup>
Macerado/cozido	5,09 ± 0,09 <sup>aB</sup>	5,36 ± 0,16 <sup>aA</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Xu e Chang (2007) encontraram em feijões pretos crus 1,28 a 6,89 mg EAG/g, quantidades que se enquadram aos encontrados no presente estudo, onde essa variação pode oscilar de acordo com a variedade, origem, localização, clima, condições ambientais e tipo de solo onde são cultivados (GEIL; ANDERSON, 1994).

Bunea et al. (2008) justificam o fato do aumento desses compostos fenólicos, em estudo com feijões, onde o tratamento térmico pode promover ruptura da matriz alimentar, desprendendo maiores teores de compostos fenólicos inerentes à moléculas maiores.

Porém, no tratamento macerado, apresentaram valores intermediários em relação aos tratamentos, cru e macerado/cozido, com 4,62 para o feijão carioca e 5,31 mg EAG/g para o feijão preto. O processo de maceração, segundo Botelho (2014), não é para favorecer a disponibilidade de compostos fenólicos, e sim, para diminuir o tempo de preparo de feijão.

Entre as variedades de feijões, verificou-se que há maior quantidade de compostos fenólicos totais no feijão preto macerado/cozido. Visto que, em feijões coloridos possuem um teor de compostos fenólicos superior aos dos feijões brancos e, em geral, os feijões coloridos contêm maior teor de flavonóides. (BENINGER; HOSFIELD, 2003; PELLEGRINI et al., 2006; RÁMIREZ-CÁRDENAS et al., 2008).

Em análise com outras leguminosas cruas, Xu e Chang (2007) encontraram na soja preta uma variação de 3,73 a 6,18 mg EAG/g. Em ervilhas verdes, 1,04 a

1,53 mg EAG/g, no grão-de-bico 1,54 a 1,81 mg EAG/g e 1,02 a 7,53 mg EAG/g na lentilha.

#### 5.4.2. Fitosteróis

As análises de variância para os dados de fitosteróis de óleos de feijão, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 7. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 8.

Pode-se verificar que, na Figura 6, de todos os isômeros de fitosteróis, exceto o  $\beta$ -sitosterol, para o feijão carioca, há maior quantidade no tratamento macerado/cozido em relação ao tratamento cru. Por outro lado, para o feijão preto, foram detectados maiores quantidades de fitosteróis no tratamento cru, comparando-se com o tratamento macerado/cozido (Figura 7).

Os fitosteróis estão presentes em pequenas quantidades na fração insaponificável da matéria vegetal. A maior parte dos óleos vegetais compreende cerca de 100 - 1.500 mg/100 g. Dentre os vários tipos de fitosteróis, destaca-se o  $\beta$ -sitosterol existente em maior quantidade (FERNANDES; CABRAL, 2007).

Os fitosteróis encontrados em maiores quantidades foram: campesterol, estigmasterol e  $\beta$ -sitosterol, sendo o estigmasterol e o  $\beta$ -sitosterol os mais consideráveis. Martins et al. (2013) analisaram teores de fitosteróis totais em feijões das variedades carioca e preto e encontraram quantidades entre 16,17 - 16,76 mg/100 g, e 15,62 - 15,75 mg/100 g, respectivamente, sendo o  $\beta$ -sitosterol como predominante, o que se assemelha com os resultados obtidos nesse trabalho.

O teor de brassicasterol se manteve constante na variedade carioca nos tratamentos cru e macerado (2,86 mg/100 g) e com destaque para o macerado/cozido (7,03 mg/100 g). Por outro lado, no feijão preto, há maiores teores de brassicasterol entre os tratamentos cru e macerado com 3,30 e 3,57 mg/100g, respectivamente, uma vez que não passaram por processamentos.

**Tabela 8** - Fitosteróis (mg/100 g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.

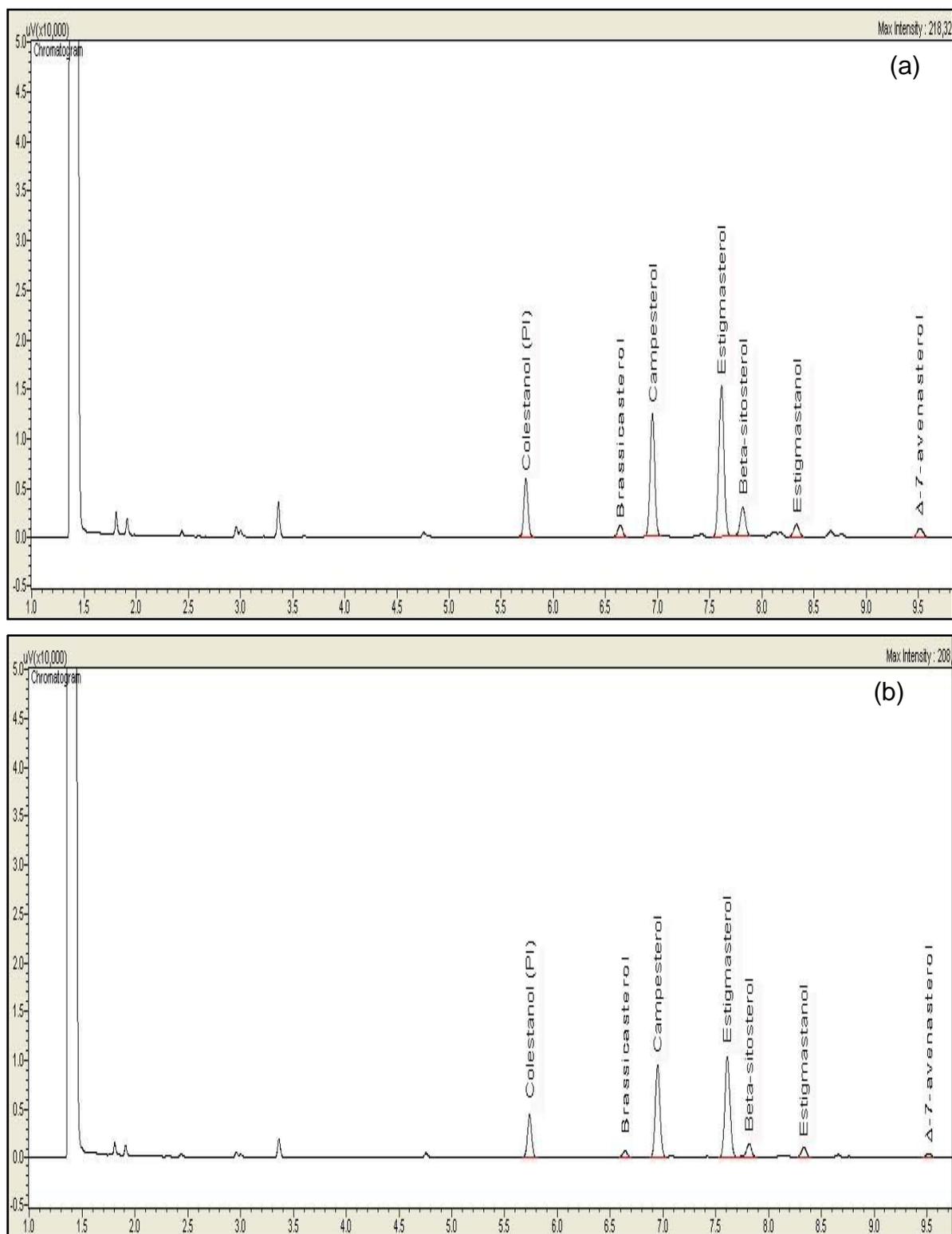
<i>Fitosterol</i> Tratamentos	<i>Variedades</i>	
	<i>Carioca</i>	<i>Preto</i>
<b><i>Brassicasterol</i></b>		
Cru	2,86 ± 0,09 <sup>bA</sup>	3,30 ± 7,01 <sup>abA</sup>
Macerado	2,86 ± 0,30 <sup>bB</sup>	3,57 ± 0,23 <sup>aA</sup>
Macerado/cozido	7,03 ± 0,08 <sup>aA</sup>	2,67 ± 0,26 <sup>bB</sup>
<b><i>Campesterol</i></b>		
Cru	27,43 ± 0,47 <sup>cB</sup>	29,44 ± 0,10 <sup>aA</sup>
Macerado	29,13 ± 0,16 <sup>bA</sup>	27,03 ± 0,18 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	94,59 ± 0,07 <sup>aA</sup>	20,80 ± 0,09 <sup>cB</sup>
<b><i>Estigmasterol</i></b>		
Cru	45,45 ± 0,42 <sup>bB</sup>	49,27 ± 0,17 <sup>aA</sup>
Macerado	43,23 ± 0,04 <sup>cB</sup>	43,53 ± 0,17 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	103,54 ± 0,29 <sup>aA</sup>	33,77 ± 0,28 <sup>cB</sup>
<b><i>β-sitosterol</i></b>		
Cru	46,62 ± 0,13 <sup>aA</sup>	46,03 ± 0,13 <sup>aB</sup>
Macerado	45,64 ± 0,27 <sup>bA</sup>	41,46 ± 0,20 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	14,17 ± 0,20 <sup>cB</sup>	32,45 ± 0,28 <sup>cA</sup>
<b><i>Estigmastanol</i></b>		
Cru	4,23 ± 0,11 <sup>bB</sup>	15,60 ± 0,33 <sup>aA</sup>
Macerado	4,67 ± 0,18 <sup>cB</sup>	nd
Macerado/cozido	10,40 ± 0,11 <sup>aA</sup>	nd
<b><i>Δ-7-avesnasterol</i></b>		
Cru	0,94 ± 0,46 <sup>cB</sup>	3,02 ± 0,01 <sup>aA</sup>
Macerado	1,12 ± 0,18 <sup>bB</sup>	2,36 ± 0,03 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	2,86 ± 0,20 <sup>aA</sup>	1,83 ± 0,18 <sup>cB</sup>
<b><i>Total</i></b>		
Cru	124,67 ± 0,74 <sup>bB</sup>	143,41 ± 0,71 <sup>aA</sup>
Macerado	123,82 ± 0,06 <sup>cA</sup>	114,30 ± 0,18 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	225,58 ± 0,06 <sup>aA</sup>	88,86 ± 0,65 <sup>cB</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

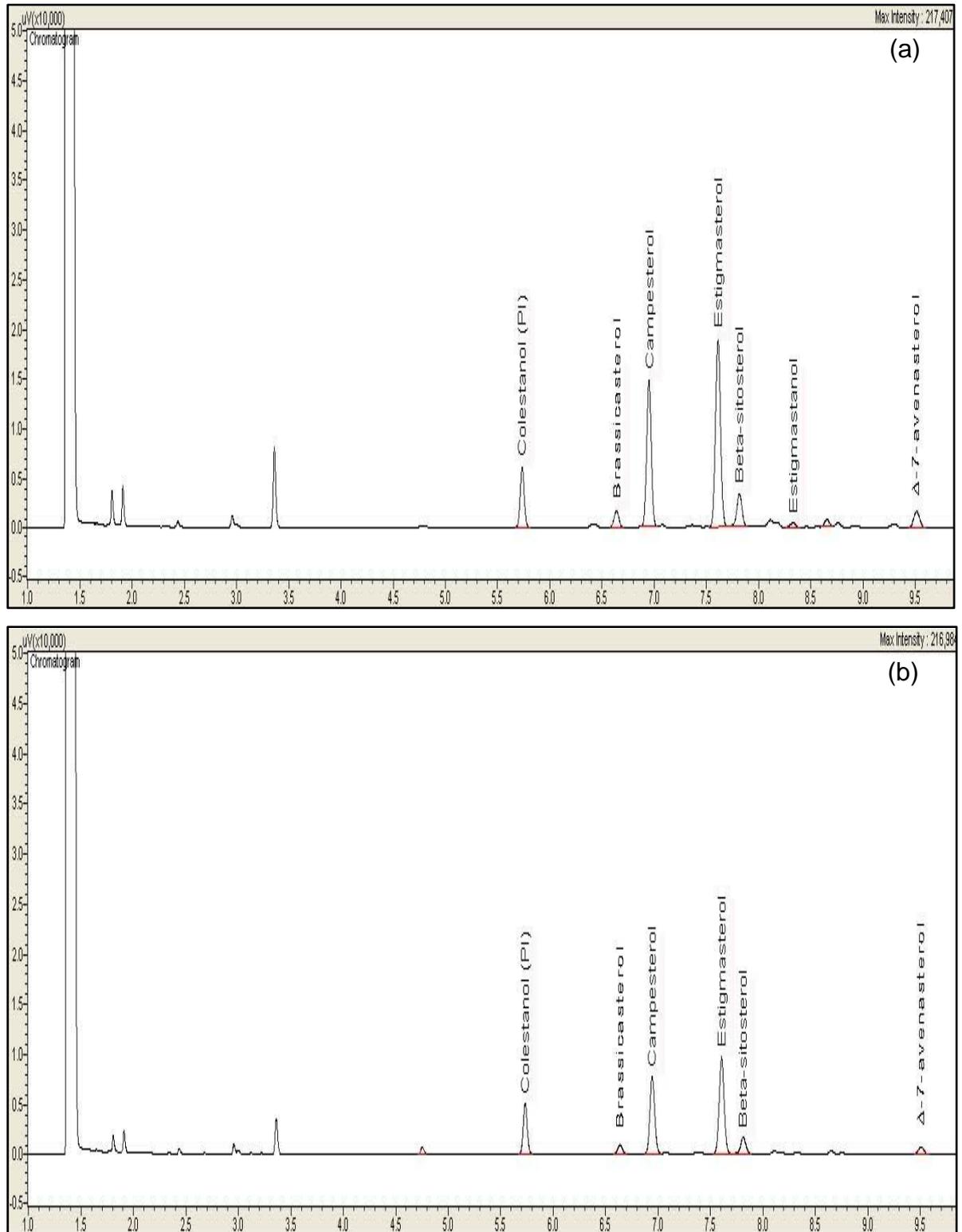
Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

nd: não detectado.

**Figura 6.** Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão carioca cru (a), feijão carioca macerado/cozido (b).



**Figura 7.** Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão preto cru (a) e feijão preto macerado/cozido (b).



Em relação aos teores de campesterol e estigmasterol, dentre as duas variedades e os tratamentos, sobressaiu o feijão carioca macerado/cozido com 94,59 e 103,54 mg/100 g, respectivamente. Kalogeropoulos et al. (2010), que estudaram feijões carioca crus e cozidos consumidos no Mediterrâneo, encontraram 1,19 e 4,82 mg/100 g, respectivamente.

O  $\beta$ -sitosterol, citado acima como um dos principais fitosteróis encontrados em óleos de feijão, destacou-se nas duas variedades de feijão cru, 46,62 mg/100 g para o carioca e 46,03 mg/100 g para o preto.

Ryan et al. (2007) encontraram em sua pesquisa que o fitosterol mais abundante no feijão é o sitosterol, contendo 86,5 mg/100 g. Além disso, outros autores relataram que o sitosterol é o principal fitosterol encontrado em feijão, Iriti et al. (2009) relataram 27,2 mg/100 g. Para feijão preto, o fitosterol relatado mais abundante também é o sitosterol, conforme Nyström et al. (2012).

Para o isômero estigmastanol, dentre as amostras estudadas, apenas o feijão da variedade carioca macerado e macerado/carioca não foi detectado o estigmastanol. Porém, destacou-se o feijão preto cru com 15,60 mg/100 g. Kalogeropoulos et al. (2010) encontraram valores próximos de estigmastanol de 2,44 mg/100 g.

O  $\Delta$ -7-avenasterol foi o que apresentou menores quantidades nas duas variedades analisadas, dentre os tratamentos. O feijão carioca macerado/cozido apresentou 2,86 mg/100 g, porém, por outro lado, ressalta-se o feijão preto cru (3,02 mg/100 g) e o feijão preto macerado (2,36 mg/100 g), por não ter passado por processamento térmico.

Em fitosteróis totais, pode-se salientar o feijão carioca macerado/cozido com 225,50 mg/100 g, seguido pelo feijão preto cru (143,41 mg/100 g). Kalogeropoulos et al. (2010) encontraram 21,5 mg/100 g em feijão carioca cozido. Também, em contrapartida, o feijão preto macerado/cozido destacou-se pela concentração inferior (88,86 mg/100 g) comparado ao feijão preto cru.

Tal fato pode ser explicado por Ferretti et al. (2010) que afirmam que os fitosteróis pertencem um grupo de alcoóis de esteróides e que possui uma estrutura estável, que é difícil de se destruir a uma temperatura elevada. Além

disso, o processo térmico pode romper a membrana da parede celular e promover a liberação de fitosteróis.

Em contrapartida, para o feijão preto, todos os isômeros de fitosteróis diminuíram com o tratamento térmico, ou seja, no tratamento macerado/cozido. Pode ser que as quantidades de fitosteróis contidas nas matrizes da membrana da parede celular do feijão preto tenham se rompido com água durante o processo de maceração e, em consequência disso, tenham sofrido oxidação.

Segundo Awad et al. (1996) e Yeh et al. (2006), o  $\beta$ -sitosterol é o principal componente dos fitosteróis no amendoim e tem como função, efeito protetor ao câncer de colorretal. O teor de  $\beta$ -sitosterol no amendoim é de 47,20 mg/100 g, seguido pelo campesterol com 5,8 mg/100 g e estigmasterol com concentração de 7,7 mg/100 g.  $\Delta$ -7-avenasterol está presente em menor quantidade (GROSSO et al., 2000; FRANCISCO; RESURRECCION, 2008).

#### 5.4.3. Tocoferóis

As análises de variância para os dados de tocoferóis dos óleos de feijão, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 8. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para os efeitos principais, tratamentos e variedades e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 9.

Os tocoferóis são homólogos da vitamina E e existem diferentes isoformas ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ , e  $\delta$ ). Embora  $\alpha$ -tocoferol é considerado o principal contribuinte para a atividade de vitamina E; o  $\gamma$ -tocoferol é considerado um antioxidante mais eficiente (AMAROWICZ; PEGG, 2008).

Pode-se destacar a elevada quantidade de  $\alpha$ -tocoferol nas duas variedades de feijões no tratamento macerado/cozido, o carioca com 41,07 mg/100 g e o preto com 53,61 mg/100 g. Estes resultados demonstram que possuem quantidade significativas de vitamina E. Teores superiores de  $\alpha$ -tocoferol quando comparados com banco de dados da USDA (2014), verificado em feijão carioca cozido, com 0,94 mg/100 g e ao estudo de Kalogeropoulos et al. (2010), que estudaram feijões cozidos consumidos no mediterrâneo e encontraram 0,01 mg/100 g.

Já as menores quantidades de  $\alpha$ -tocoferol foram encontradas nos feijões macerados, nas duas variedades. No feijão carioca cru foi encontrado 1,39 mg/100 g. Boschini e Arnoldi (2011) não detectaram teores de  $\alpha$ -tocoferol.

**Tabela 9** - Tocoferóis (mg/100 g) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.

<b>Tocoferol</b>	<b>Variedades</b>	
	<b>Carioca</b>	<b>Preto</b>
<b>Tratamentos</b>		
<b><i><math>\alpha</math>-tocoferol</i></b>		
Cru	1,39 $\pm$ 0,49 <sup>bB</sup>	2,41 $\pm$ 0,99 <sup>bA</sup>
Macerado	0,65 $\pm$ 0,28 <sup>cA</sup>	nd
Macerado/cozido	41,07 $\pm$ 0,85 <sup>aB</sup>	53,61 $\pm$ 0,57 <sup>aA</sup>
<b><i><math>\gamma</math>-tocoferol</i></b>		
Cru	15,25 $\pm$ 0,57 <sup>bA</sup>	4,05 $\pm$ 0,85 <sup>cB</sup>
Macerado	12,04 $\pm$ 0,28 <sup>cB</sup>	31,27 $\pm$ 0,42 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	20,87 $\pm$ 0,64 <sup>aB</sup>	40,96 $\pm$ 0,92 <sup>aA</sup>
<b><i><math>\delta</math>-tocoferol</i></b>		
Cru	1,12 $\pm$ 0,14 <sup>bB</sup>	1,36 $\pm$ 0,14 <sup>cA</sup>
Macerado	1,13 $\pm$ 0,28 <sup>bB</sup>	1,61 $\pm$ 0,14 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	6,93 $\pm$ 1,20 <sup>aA</sup>	5,45 $\pm$ 0,49 <sup>aB</sup>
<b>Total</b>		
Cru	17,76 $\pm$ 0,92 <sup>bA</sup>	7,82 $\pm$ 1,70 <sup>cB</sup>
Macerado	13,82 $\pm$ 0,28 <sup>cB</sup>	32,88 $\pm$ 0,28 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	68,88 $\pm$ 0,28 <sup>aB</sup>	100,03 $\pm$ 0,30 <sup>aA</sup>

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

nd: não detectado.

O  $\beta$ -tocoferol não foi detectado nos óleos das duas variedades de feijão para os diferentes tratamentos. Boschini e Arnoldi (2011) analisaram óleos de feijão de oito variedades de feijão cru, inclusive o carioca e preto e também encontraram ausência deste isômero. De acordo com as faixas características do *Codex Alimentarium Commission* (2009) em alguns óleos, como gergelim, o  $\beta$ -tocoferol pode não ser detectado.

O  $\gamma$ -tocoferol consiste em um isômero de uma excelente capacidade antioxidante que, como benefício contribui para a proteção de ácidos graxos insaturados da oxidação lipídica. No presente trabalho, o óleo de feijão preto macerado/cozido apresentou maior quantidade de  $\gamma$ -tocoferol (40,96 mg/100 g), seguido do feijão preto macerado (31,27 mg/100 g) e feijão carioca macerado/cozido (20,87 mg/100 g). Valores superiores em comparação ao estudo de Kalogeropoulos et al. (2010), que encontraram 0,32 mg/100 g para feijão carioca cozido.

Boschin e Arnoldi (2011) obtiveram valores entre 3,26 e 2,73 mg/100 g de  $\gamma$ -tocoferol para óleos de seis variedades de feijão carioca e, 2,56 mg/100 g para o feijão preto, ambos crus, valores inferiores comparados com o presente estudo. Da mesma forma, Chen et al. (2015) estudaram diferentes variedades de feijões e encontraram valores inferiores de  $\gamma$ -tocoferol, entre 1,66 e 2,75 mg/100 g.

O  $\delta$ -tocoferol foi detectado em todos os tratamentos, destacando-se os feijões carioca e preto macerado/cozido com 6,93 e 5,45 mg/100 g, respectivamente. Kalogeropoulos et al. (2010) detectaram 0,32 mg/100 g de  $\delta$ -tocoferol, valor abaixo comparado ao presente trabalho.

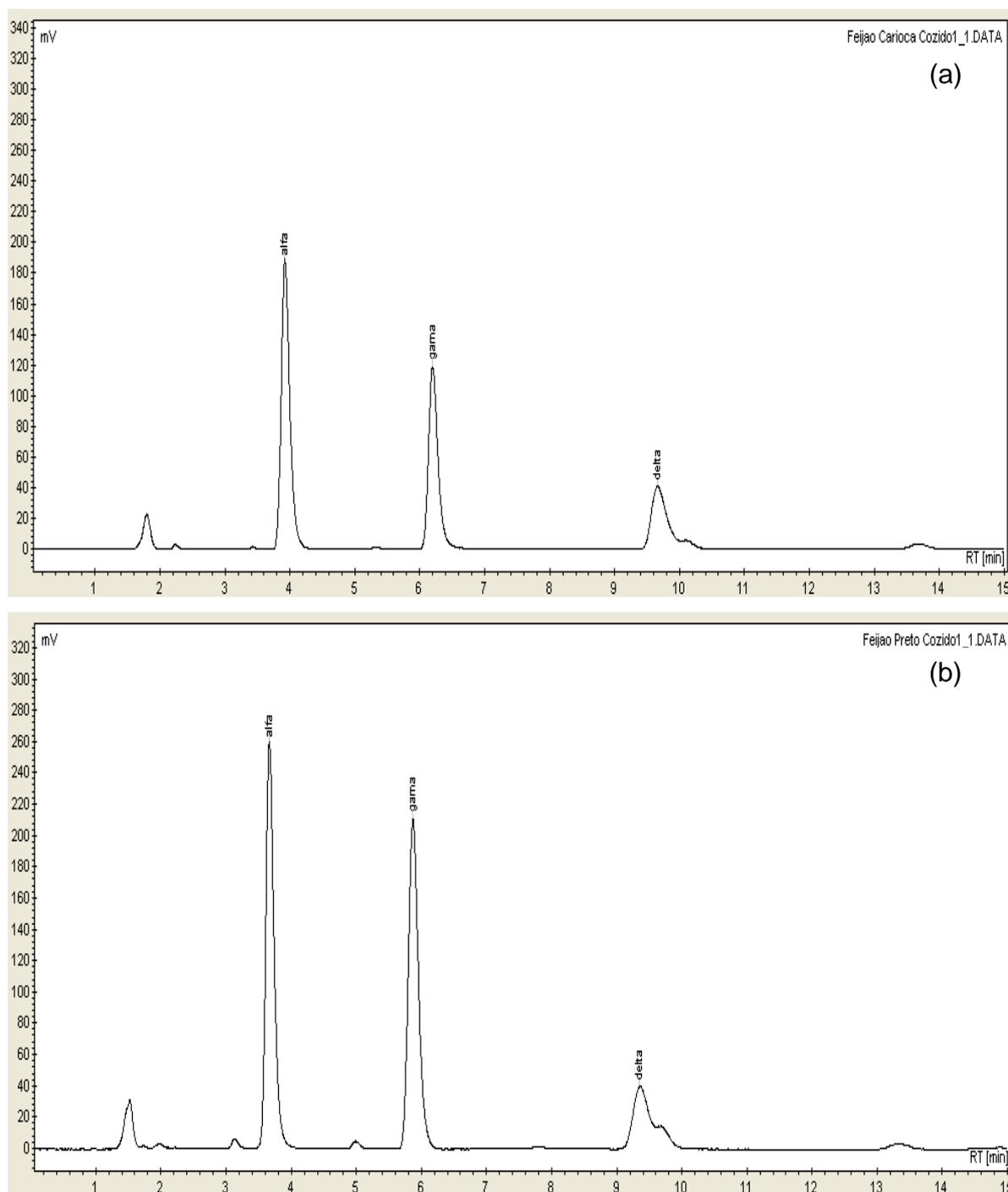
Em relação aos tocoferóis totais, destacam-se as duas variedades de feijão carioca e preto para o tratamento macerado/cozido, com 68,88 e 100,03 mg/100 g, respectivamente. Kalogeropoulos et al. (2010) encontraram 0,41 mg/100 g para o feijão carioca cozido, valor muito abaixo quando comparado ao presente estudo.

Em feijões crus, o carioca apresentou 17,76 mg/100 g e o preto 7,82 mg/100 g. Boschin e Arnoldi (2011) obtiveram valores entre 3,42 e 2,83 mg/100 g de tocoferóis totais para seis variedades de feijão cru; ainda, neste mesmo estudo, foi encontrado 2,67 mg/100 g para o feijão preto, valores inferiores comparados com a pesquisa realizada.

Pode-se verificar que de que todos os isômeros de tocoferóis analisados, independente da variedade, destacaram-se com maiores teores, o tratamento macerado/cozido. Este fato pode ser explicado por Seybold et al. (2004) que afirmam que os tocoferóis são liberados a partir do processo térmico onde há o rompimento da membrana da parede celular.

Nas duas variedades, destacou-se o tratamento macerado/cozido com as maiores quantidades dos isômeros  $\alpha$ -,  $\delta$ -,  $\gamma$ -tocoferol e, conseqüentemente, os tocoferóis totais, como pode ser evidenciado na Figura 8.

**Figura 8.** Cromatogramas da composição de fitosteróis dos óleos extraídos de feijão carioca macerado/cozido (a) e feijão preto macerado/cozido (b).



Shin et al. (2009) afirmam que o conteúdo de tocoferol total no amendoim pode variar de 19,0 a 25,7 mg/100 g, sendo representado em maior proporção pelo  $\alpha$ -tocoferol (7,8 a 13,5mg/100g) e  $\gamma$ -tocoferol (8,5 a 13mg/100g). Tuberoso et al. (2007) verificaram a quantidade de  $\alpha$ -tocoferol em óleo de amendoim cru e encontraram teores inferiores, de 1,34 mg/100 g.

#### 5.4.4. Ácidos graxos

As análises de variância para os dados de ácidos graxos de óleos de feijão, das variedades carioca e preto com os devidos tratamentos estão apresentadas no Apêndice 9. Foi observado que o teste F foi significativo ( $p < 0,01$ ) para efeitos os principais, tratamentos e variedades (exceto, o esteárico) e, para as interações tratamentos x variedades. Dessa forma, procedeu-se ao desdobramento das interações, cujos resultados encontram-se na Tabela 10.

A existência de ácidos graxos essenciais, principalmente o linoleico, por exemplo, do ponto de vista nutricional é significativo, visto que, este ácido graxo não é sintetizado pelo organismo e é indispensável para a composição de membranas celulares, hormônios e vitamina D (FRUHWIRTH; HERMETTER, 2007).

Segundo Grosso et al. (2000) e Ozcan (2010), os ácidos graxos saturados, palmítico e esteárico, são representados por 9,5 a 12% e 1,6 a 2,6%, respectivamente. Ainda, esses autores ressaltam que os ácidos graxos insaturados encontrados no amendoim são os oleico (30 a 57%) e linoleico (27 a 47%), no entanto, o ácido graxo  $\alpha$ -linolênico é encontrado em baixa quantidade, cerca de 0,30%.

No entanto, na relação oleico/linoléico (Tabela 10), quanto maior teor de oleico relativamente ao linoleico, melhor a qualidade do óleo em relação em evitar o acréscimo da fração de LDL colesterol (RASTOGI et al., 2004). No presente estudo, o valor da relação oleico/linoleico oscilou de 0,58 para o feijão preto macerado/cozido a 1,03 para o feijão carioca macerado.

É possível observar que os ácidos graxos majoritários identificados em todos os óleos extraídos de feijão, destacou-se o ácido palmítico, seguido do  $\alpha$ -linolênico.

Deve-se ressaltar também a presença do ácido graxo monoinsaturado oleico e o poli-insaturado linoleico (Figura 9).

**Tabela 10** - Ácidos graxos (%) e relação oleico/linoleico dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.

Ácido Graxo Tratamentos	Variedades	
	Carioca	Preto
<b>C16:0</b>		
Cru	34,30 ± 0,06 <sup>CB</sup>	36,51 ± 0,16 <sup>aA</sup>
Macerado	38,21 ± 0,01 <sup>aA</sup>	34,20 ± 0,04 <sup>CB</sup>
Macerado/cozido	34,75 ± 0,06 <sup>bA</sup>	34,58 ± 0,11 <sup>bB</sup>
<b>C18:0</b>		
Cru	2,05 ± 0,02 <sup>bA</sup>	2,05 ± 0,02 <sup>bA</sup>
Macerado	1,98 ± 0,07 <sup>bA</sup>	2,08 ± 0,04 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	2,86 ± 0,00 <sup>aA</sup>	2,67 ± 0,06 <sup>aB</sup>
<b>C18:1n9c</b>		
Cru	15,96 ± 0,09 <sup>bA</sup>	15,96 ± 0,10 <sup>aA</sup>
Macerado	16,61 ± 0,09 <sup>aA</sup>	15,28 ± 0,02 <sup>bB</sup>
Macerado/cozido	13,79 ± 0,04 <sup>CB</sup>	14,06 ± 0,04 <sup>CA</sup>
<b>C18:2n6c</b>		
Cru	16,62 ± 0,03 <sup>aA</sup>	16,63 ± 0,01 <sup>CA</sup>
Macerado	16,09 ± 0,01 <sup>bB</sup>	22,57 ± 0,01 <sup>bA</sup>
Macerado/cozido	15,24 ± 0,01 <sup>CB</sup>	24,06 ± 0,01 <sup>aA</sup>
<b>C18:3n3</b>		
Cru	31,07 ± 0,08 <sup>aA</sup>	31,14 ± 0,04 <sup>aA</sup>
Macerado	28,75 ± 0,01 <sup>CA</sup>	21,54 ± 0,04 <sup>CB</sup>
Macerado/cozido	30,78 ± 0,01 <sup>bA</sup>	24,64 ± 0,03 <sup>bB</sup>
<b>Relação Oleico/linoleico</b>		
Cru	0,96	0,96
Macerado	1,03	0,68
Macerado/cozido	0,90	0,58

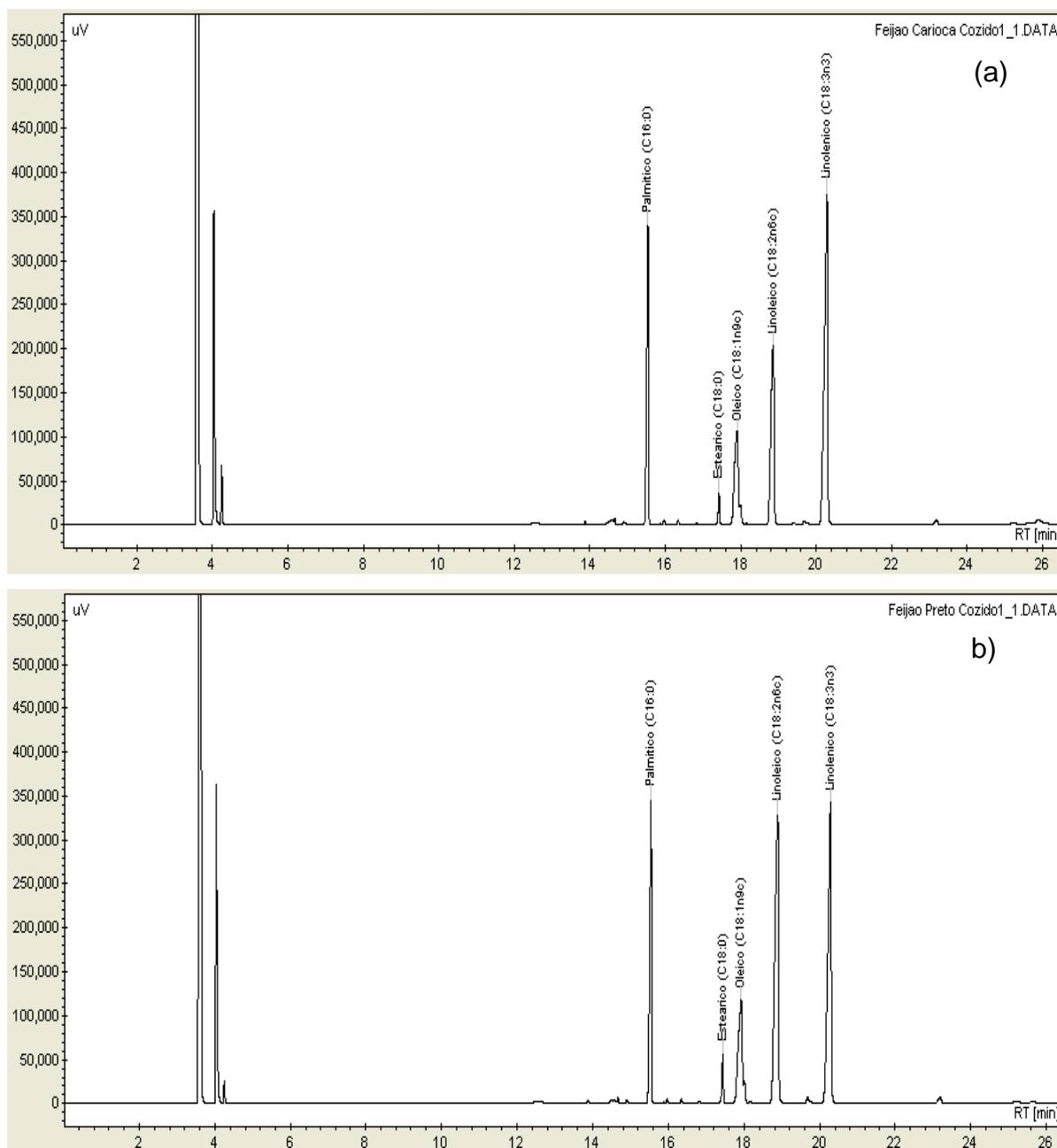
C16:0 palmítico; C18:0 esteárico; C18:1n9c oleico; C18:2n6c linoleico; C18:3n3  $\alpha$ -linolênico.

Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na coluna não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ).

De acordo com Rabascall e Riera (1987), valores da relação oleico/linoleico apresentados entre as pesquisas podem ser devido aos teores de ácidos graxos poli-insaturados existentes que podem variar desde a espécie, variedade até mesmo as condições de processamento e extração destes óleos.

**Figura 9.** Cromatogramas da composição de ácidos graxos dos óleos extraídos de feijão carioca macerado/cozido (a) e feijão preto macerado/cozido (b).



Quanto à quantidade de ácidos graxos saturados, destacaram-se os óleos extraídos de grãos de feijão preto macerado com 40,60% e o feijão carioca macerado/cozido com 40,19%. Já os monoinsaturados e poli-insaturados variaram de 13,79 a 16,61% e de 44,12 a 48,69%, respectivamente, como se pode verificar na Tabela 11.

**Tabela 11** - Classes de ácidos graxos (%) dos óleos de feijão para os tratamentos empregados.

<i>Classe de ácidos graxos</i>	<i>Variedades</i>		
	<i>Tratamentos</i>	<i>Carioca</i>	<i>Preto</i>
<b><i>Saturados</i></b>			
	Cru	36,34 ± 0,03	36,28 ± 0,10
	Macerado	38,56 ± 0,02	40,60 ± 0,01
	Macerado/cozido	40,19 ± 0,02	37,25 ± 0,09
<b><i>Monoinsaturados</i></b>			
	Cru	15,97 ± 0,01	15,96 ± 0,01
	Macerado	16,61 ± 0,01	15,29 ± 0,05
	Macerado/cozido	13,79 ± 0,03	14,06 ± 0,01
<b><i>Poli-insaturados</i></b>			
	Cru	47,70 ± 0,04	47,77 ± 0,05
	Macerado	44,84 ± 0,01	44,12 ± 0,07
	Macerado/cozido	46,02 ± 0,01	48,69 ± 0,08

Os óleos extraídos dos grãos de feijão compreendem compostos predominantemente por ácidos graxos insaturados, complementando mais de 50% do total. Sabe-se que o consumo de ácidos graxos insaturados proporciona menor risco para o aparecimento de doenças cardiovasculares, por evitar o acréscimo de taxas de colesterol sanguíneo. É possível verificar que dentre os óleos, as duas variedades do tratamento cru, que apresentaram em torno de 63,7% de ácidos graxos insaturados, é o que pode fornecer mais benefícios à saúde.

Nos feijões crus destacaram-se os ácidos graxos poli-insaturados, o  $\alpha$ -linolênico entre 31,06% para o carioca e 31,14% para o preto e, o ácido linoleico com 15,96% para ambas as variedades. Em estudos de diferentes variedades de

feijão realizados por Takayama et al. (1965), resultados foram divergentes em feijão carioca em relação ao teor de ácido linoleico (26,9%) e linolênico (42,6%).

Malacrida e Jorge (2003) relataram que o óleo de soja é composto por 59,8% de ácidos graxos poli-insaturados, dentre eles, os ácidos linoleico e linolênico, 23,6% de ácidos graxos monoinsaturados (ácido oléico) e 16,6% de ácidos graxos saturados, ácidos palmítico e esteárico.

Porém, pode ressaltar também, o feijão preto macerado/cozido com 62,75% de ácidos graxos insaturados, apesar de ter passado por tratamento térmico, houve uma leve queda dessa concentração em relação aos feijões crus.

Os ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados presentes no feijão carioca cozido compreendem 0,136, 0,133 e 0,235 mg/100 g (USDA, 2016), respectivamente, resultados semelhantes, em relação aos teores, encontrados nesse trabalho.

Freitas (2015) analisou óleos de soja bruto de 5 cinco marcas diferentes e verificou que os ácidos graxos saturados compreendem entre 14,55 a 17,10%, os ácidos graxos insaturados entre 82,90 e 85,45%.

## 6. CONCLUSÕES

De modo geral, o feijão preto se sobressaiu apresentando maiores porcentagens de cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos. Dentre dos tratamentos estudados, observou-se maiores teores de umidade para feijões crus e de lipídios para o feijão preto cru. Os feijões macerados se destacaram com maiores teores de proteínas e carboidratos, enquanto que os macerados/cozidos com maiores conteúdos de cinzas para o preto, e, proteínas e carboidratos, para ambas as variedades.

Notou-se quantidades significativas de ácido ascórbico e carotenoides nos feijões crus. Verificou-se quantidades expressivas de potássio no feijão carioca macerado e no preto macerado/cozido e fósforo no tratamento macerado, para ambas as variedades.

Pelo método FRAP, o feijão preto cru, apresentou maior atividade antioxidante; enquanto que pelos métodos, DPPH<sup>•</sup> e ABTS<sup>•+</sup>, verificou-se maior atividade antioxidante em feijão preto macerado/cozido. Teores de compostos fenólicos totais destacaram-se nos feijões no tratamento macerado/cozido.

Os fitosteróis que foram encontrados em maiores quantidades foram: campesterol, estigmasterol e  $\beta$ -sitosterol. Destacou-se o feijão preto macerado/cozido com maior concentração de fitosteróis totais. Pode-se destacar elevada quantidade de tocoferóis totais nas duas variedades de feijões para o tratamento macerado/cozido. Estes resultados demonstram quantidades significativas de vitamina E. Pode-se salientar também, a predominância do  $\gamma$ -tocoferol sobre os demais isômeros. Em relação aos ácidos graxos, evidenciou, a predominância dos ácidos graxos insaturados e poli-insaturados, com destaque para presença de ácido  $\alpha$ -linolênico ( $\omega$ 3), importante do ponto de vista nutricional, já que se trata de um ácido graxo essencial.

Com base nos resultados obtidos, pode-se evidenciar a importância nutricional do consumo de feijões em estudo, o carioca e o preto, na dieta do brasileiro, através da atividade antioxidante e dos seus constituintes bioativos, ainda presentes, após tratamento térmico utilizado.

## 7. REFERÊNCIAS

ACHAT, S.; RAKOTOMANOMANA, N.; MADANI, K.; DANGLES, O. Antioxidant activity of olive phenols and other dietary phenols in model gastric conditions: Scavenging of the free radical DPPH and inhibition of the haem-induced peroxidation of linoleic acid. **Food Chemistry**, London, v. 213, p. 135-142, 2016.

AMAROWICZ, R.; PEGG, R. B. Leguminosas como uma fonte de antioxidantes naturais. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 110, n. 10, p. 865-878, 2008.

ANDARWULAN, N.; KURNIASIH, D.; APRIADY, R. A.; RAHMAT, H. ROTO, A. V.; BOLLING, B. W. Polyphenols, carotenoids, and ascorbic acid in underutilized medicinal vegetables. **Journal of Functional Foods**, Barking, v. 4, n. 1, p. 339-347, 2012.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. Compostos fenólicos em alimentos: uma breve revisão. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 232-240, 2007.

AOCS. **Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society**. 6<sup>th</sup>, Champaign, 2009.

ARNAO, M. B. Some methodological problems in the determination of antioxidant activity using chromogen radicals: a practical case. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 11, n. 11, p. 419-421, 2000.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of the Association of Official Analytical Chemists International**. 18th ed. Maryland, 1995.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of the Association of Official Analytical Chemists International**. 18th ed. Maryland, 2005.

AWAD, A. B.; CHEN, Y. C.; FINK, C. S.; HENNESSEY, T. Beta-Sitosterol inhibits HT-29 human colon cancer cell growth and alters membrane lipids. **Anticancer Research**, Athens, v. 16, n. 5, p. 2797-2804, 1996.

BALL, G. F. M. Vitamin E. In: Bioavailability and analysis of vitamin in foods. London: Chapman & Hall; 1998. p. 195-239.

BANZATO, D. A.; KRONKA, S. N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal: FUNEP, 2006.

BARAMPAMA, Z.; SIMARD, R. E. Effects of soaking, cooking and fermentation on composition, in-vitro starch digestibility and nutritive value of common beans. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 48, n. 4, p. 349-365, 1995.

BENINGER, C. W.; HOSFIELD, G. L. Antioxidant activity of extracts, condensed tannin fractions and pure flavonoids from *Phaseolus vulgaris* L. seed coat color genotypes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 51, p. 7879-7883, 2003.

BENNINK, M. R.; BARRETT, K. G. Total phenolic content in canned beans. **Food Science and Human Nutrition**, Michigan, v. 47, p. 211-212, 2004.

BIANCHINI, R.; PENTEADO, M. V. C. Vitamina E. In: Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos. Barueri: Manole; 2003. p.23-164.

BLIGH, E. G., DYER, W. J. A rapid method for total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, Ottawa, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.

BOATENG, M. V. J.; WALKER, S. O. L. T. Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* spp. L.). **Food Science and Technology**, London, v. 41, n. 4, p. 1541-1547, 2008.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. Química do processamento de alimentos. 3. ed., São Paulo: Varela, 2001, 143 p.

BOSCHIN, G.; ARNOLDI, A. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism and nutritional significance. Legumes are valuable sources of tocopherols. **Food Chemistry**, London, v. 127, n. 3, p. 1199-1203, 2011.

BRAGA, N. R. **Possibilidades da cultura do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) na microrregião de Viçosa, Minas Gerais: competição entre cultivares e nutrição mineral**. Viçosa, 1997. 101 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº. 269, de 22 de setembro de 2005. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005. Aprova o **Regulamento técnico sobre a Ingestão Diária Recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais**. Brasília, 2005.

BRIGELIUS-FLOHÉ R.; KELLY, F. J.; SALONEN, J. T.; NEUZIL J.; ZINGG, J. M.; AZZI, A. The European perspective on vitamin E: current knowledge and future research. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 76, n. 4, p. 703-716, 2002.

BUNEA, A.; ANDJELKOVIC, M.; SOCACIU, C.; BOBIS, O.; NEACSU, M.; VERHÉ, R.; VAN CAMP, J. Total and individual carotenoids and phenolic acids contents in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). **Food Chemistry**, London, v. 108, p. 649-656, 2008.

CAHOON, E. B.; SCHMID, K. M. Metabolic engineering of the content and fatty acid composition of vegetable oils. **Advances in Plant Biochemistry and Molecular Biology**, New Delhi, v. 1, p. 167-169, 2008.

CAHOON, E. B.; SHOCKEY, J. M.; DIETRICH, C. R.; GIDDA, S. K.; MULLEN, R. T.; DYER, J. M. Engineering oilseeds for sustainable production of industrial and nutritional feedstocks: solving bottlenecks in fatty acid flux. **Current Opinion in Plant Biology**, London, v. 10, n. 3, p. 236-244, 2007.

CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Valor Nutricional de produtos de ervilha em comparação com ervilha fresca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 4, p. 766-771, 2006.

CERT, A., MOREDA, W., PÉREZ-CAMINO, M. C. Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 881, n. 1-2, p. 131-148, 2000.

CHEN P. X.; TANG Y.; MARCONE M. F.; PAULS P. K.; ZHANG B.; LIU R.; TSAO R. Characterization of free, conjugated and bound phenolics and lipophilic antioxidants in regular and non-darkening cranberry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Chemistry**, London, v. 185, p. 298-308, 2015.

CICERALE, S.; CONLAN, X. A.; SINCLAIR, A. J.; KEAST, R. S. Chemistry and health of olive oil phenolics. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 49, n. 3, p. 218-236, 2009.

CLAYTON, P. T.; WHITFIELD, P.; IYER, K. The role of phytosterols in the pathogenesis of liver complications of pediatric parenteral nutrition. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 14, p.158-164, 1998.

Codex Alimentarius. Food labelling complete texts revised in 2001. Food and agricultura organization – FAO – of the United Nations World Health organization. Disponível em: <<http://codexalimentarius.net>>. Acesso em: 12 dezembro de 2016.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <

[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_11\\_11\\_30\\_39\\_boletim\\_graos\\_janeiro\\_2017.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_11_11_30_39_boletim_graos_janeiro_2017.pdf)>. Acesso em janeiro de 2017.

COSTA, G. E. A.; QUEIROZ-MONICI, K. S.; REIS, S. M. P. M.; OLIVEIRA, A. C. Chemical composition, dietary fibre and resistant starch contents of raw and cooked peã, common bean, chickpea and lentil legumes. **Food Chemistry**, London, v. 94, n. 2, p. 327-330, 2006.

DAS, U. N. Essential fatty acids: biochemistry, physiology and pathology. **Biotechnology Journal**, Weinheim, v. 1, n. 4, p. 420-439, 2006.

DAY, L.; SEYMOUR, R. B.; PITTS, K. F.; KONCZAK, I.; LUNDIN, L. Incorporation of functional ingredients into foods. **Trends in Food Science & Technology**, Cambridge, v. 20, n. 9, p. 388-395, 2009.

DEL RÉ, P. V.; JORGE, N. Especiarias como antioxidantes naturais: aplicações em alimentos e implicação na saúde. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 14, n. 2, p. 389-399, 2012.

DHARIWAL, R. K. W.O., LEVINE, M. Ascorbic acid and dehydroascorbic acid measurements in human plasma and serum. **American Journal of Clinical Nutrition**, Philadelphia, v. 54, n. 4, p. 712-716, 1991.

DUCHATEAU, G. S. M. J. E.; BAUER-PLANCK, C. G.; LOUTER, A. J. H.; VAN DER HAM, M.; BOERMA, J. A.; VAN ROOIJEN, J. J. M.; ZANDBELT, P. A. Fast and accurate method for total 4-desmethyl sterol(s) content in spreads, fat-blends, and raw materials. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 79, n. 3, p. 273-278, 2002.

DUEÑAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes in relation to their phenolic contents. **Food Chemistry**, London, v. 98, p. 95-103, 2006.

DUEÑAS, T.; SARMENTO, Y.; AGUILERA, V.; BENITEZ, E.; MOLLÁ, R. M.; ESTEBAN, M. A. Impact of cooking and germination on phenolic composition and dietary fibre fractions in dark beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and lentils (*Lens culinaris* L.). **Food Science and Technology**, London, v. 66, p. 72-78, 2016.

ELBE, J. H. Chemical changes in plant and animal pigments during food processing. In: FENNEMA, O., CHANG, W., YILU, C. Role of chemistry in the quality of processed food. **Food and Nutrition Press**, 1986. cap. 5, p. 49-51.

EVANS, J. C.; KODALI, D. R.; ADDIS, P. B. Optimal tocopherol concentrations to inhibit soybean oil oxidation. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 79, n. 1, p. 47-51, 2002.

FERNANDES, D. C. **Efeito da amêndoa de baru, amendoim e castanha-do-pará no perfil sérico e na peroxidação de lipídios em ratos com dieta hiperlipídica.** 60 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Goiânia, 2011.

FERNANDES, P.; CABRAL, J. M. S. Phytosterols: Applications and recovery methods. **Bioresource Technology**, Essex, v. 98, n. 12, p. 2335-2350, 2007.

FERREIRA, A. C. P.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações químicas e nutricionais do grão-de-bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 80-88, 2006.

FERRETTI, G.; BACCHETTI, T.; MASCIANGELO, S.; BICCHIEGA, V. Effect of phytosterols on copper lipid peroxidation of human low-density lipoproteins. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 26, n. 3, p. 296-304, 2010.

FRANCISCO, M. L.; RESURRECCION, A. V. Functional components in peanuts. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 48, n. 8, p. 715-46, 2008.

FREITAS, I. R. **Caracterização físico-química e avaliação dos compostos bioativos de óleos brutos e refinados de soja, canola, milho e girassol**. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2015.

FRUHWIRTH, G. O.; HERMETTER, A. Seeds and oil of the Styrian oil pumpkin: components and biological activities. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 109, n. 1, p. 1128-1140, 2007.

GARCIA, C. L. A.; HERNANDEZ, J. L.; LOZANO, J. S. Gas chromatographic determination of the fatty-acid content of heat-treated green beans. **Journal of Chromatography**, Amsterdam, v. 891, p. 367-370, 2000.

GEIL, P. B.; ANDERSON, J. W. Nutrition and health implications of dry beans: a review. **Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 13, p. 549-558, 1994.

GIRISH, T. K.; PRATAPE, V. M.; PRASADA RAO, U. J. S. Nutrient distribution, phenolic acid composition, antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory potentials of black gram (*Vigna mungo* L.) and its milled by-products. **Food Research International**, Barking, v. 46, n. 1, p. 370-377, 2012.

GRANDOIS, J. L.; GUFFOND, D.; HAMON, E.; MARCHIONI, E.; WERNER, D. Combined microplate-ABTS and HPLC-ABTS analysis of tomato and pepper extracts reveals synergetic and antagonist effects of their lipophilic antioxidative components. **Food Chemistry**, London, v. 223, n. 4, p. 62-71, 2017.

GRANITO, M.; PAOLINI, M.; PEREZ, S. Polyphenols and antioxidant capacity of *Phaseolus vulgaris* stored under extreme conditions and processed. **Food Science and Technology**, London, v. 41, p. 994-999, 2008.

GRIEL, A. E.; EISSENSTAT, B.; JUTURU, V.; HSIEH, G.; KRIS-ETHERTON, P. M. Improved diet quality with peanut consumption. **The Journal of the American College of Nutrition**, New York, v. 23, n. 6, p. 660-668, 2004.

GROSSO, N. R.; NEPOTE, V.; GUZMA'N, C. A. Composition of Some Wild Peanut Species (*Arachis* L.) Seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, p. 806-809, 2000.

GRYNSPAN, F.; CHERYAN, M. Phytate-calcium interaction with soy protein. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 66, n. 1, p. 93-97, 1989.

GUERRA, N. B., DAVID, P. R. B. S.; MELO, D. D. M.; VASCONCELOS, A. B. B.; GUERRA, M. R. M. Modificações do método gravimétrico não enzimático para determinar fibra alimentar solúvel e insolúvel em frutos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 1, p.45-52, 2004.

GUINAZI, M.; MILAGRES, R. C. R. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M.; CHAVES, J. B. P. Tocoferóis e tocotrienóis em óleos vegetais e ovos. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2098-2103, 2009.

HALLBERG, L. Iron, zinc and other trace elements. In GARROW J, JAMES W (Eds.). **Human nutrition and dietetics**. 9th ed. Edinburg Churchill Livingstone, 1993.

HARBORNE, J. B. General procedures and measurement of total phenolics. **Methods in plant biochemistry. Plant phenolics**, London, v.1, p. 1-28, 1989.

HENSHALL, J. D. Ascorbic acid in fruit juices and beverages. In: COUNSELL, J. N. & HORNIG, D. H. Vitamin C (ascorbic acid). **Applied Science Publishers**. p. 123-137, 1982.

HUANG, D.; OU, B.; PRIOR, R. L. The chemistry behind antioxidant capacity assays. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 53, n. 6, p. 1841-1856, 2005.

IBRAFE – Instituto Brasileiro do Feijão: Época de plantios do feijão. Disponível em: <<http://www.ibrafe.org/>>. Acesso em 05 de dezembro de 2016.

IGNAT, I.; VOLF, I.; POPA, V. I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**, London, v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

IRITI, M.; DI MARO, A.; BERNASCONI, S.; BURLINI, N.; SIMONETTI, P. Nutritional traits of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds from plants chronically exposed to ozone pollution. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 57, p. 201-208, 2009.

JAYAPRAKASHA, G. K.; NEGI, P. S.; JENA, B. S.; RAO, L. J. M. Antioxidant and antimutagenic activities of *Cinnamomum zeylanicum* fruit extracts. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 20, n. 3-4, p.330-336, 2007.

JOHNSON, L. **Phytosterol oxidation products**: formation, analysis and occurrence. Swedish University Agricultural Sciences, v. 59, p. 777-783, 2004.

KALOGEROPOULOS, N., CHIOU, A., IOANNOU, M., KARATHANOS, T., HASSAPIDOU, M., ANDRIKOPOULLOS, N. K. Nutritional evaluation and bioactive microconstituents (phytosterols, tocopherols, polyphenols, triterpenic acids) in cooked dry legumes usually consumed in the Mediterranean countries. **Food Chemistry**, London, v. 121, p. 682-690, 2010.

KANAMORI, M.; IKEUCHI, T.; KOTARU, M. Aminoacid composition of protein fractions extracted from *Phaseolus* beans on the Field beans (*Vicia faba* L.). **Journal of Food Science**, Champaign, v. 47, n. 6, p. 1991-1994, 1982.

KIM, K. H.; TSAO, R.; YANG, R.; CUI, S. W. Phenolic acid profiles and antioxidant activities of wheat bran extracts and the effects of hydrolysis conditions. **Food Chemistry**, London, v. 95, n. 3, p. 466-473, 2006.

KLEIN, B. P.; PERRY, A. K. Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 47, p. 941-945, 1982.

KRINSKY, N. I. The biological properties of carotenoids. **Pure and Applied Chemistry**, Oxford, v. 66, n. 5, p. 1003-1010, 1994.

KYUNGMI, M.; EBELER, S. E. Flavonoid effects on DNA oxidation at low concentrations relevant to physiological levels. **Food and Chemical Toxicology**, Oxford, v. 46, n. 1, p. 96-104, 2008.

LAI, H.; LIM, Y. Evaluation of Antioxidant Activities of the Methanolic Extracts of Selected Ferns in Malaysia. **International Journal of Environmental Science and Development**, Londres, v. 2, n. 6, p. 442-446, 2011.

LAJOLO, F. M.; GENOVESE, M. I.; MENEZES, E. W. Qualidade nutricional. In: ARAUJO, R. S.; AGUSTÍN- RAVA, C.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (Coords.). *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Potafos, 1996. p. 71-99.

LARQUÉ, E.; SABATER-MOLINA, M.; ZAMORA, S. Biological significance of dietary polyamines. **Journal of Nutrition**, Rockville, v. 23, n. 1, p. 87-95, 2007.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, London, v. 91, n. 1, p. 131-137, 2005.

LIMA, A. S.; GLÓRIA, M. B. A. Aminas Bioativas em Alimentos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 33, n. 1, p. 70-79, 1999.

LOPES, A. S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. 193 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de

Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

MABALEHA, M. B.; YEBOAH, S. O. Characterization and compositional studies of the oils from some legume cultivars, *Phaseolus vulgaris*, grown in Southern Africa. **Journal American Oil Chemistry Society**, Urbana, v. 81, 361-364, 2004.

MADHAVI, D. L.; SINGHAL, R. S.; KULKARNI, P. R. Technological aspects of food antioxidants. In: MADHAVI, D. L.; DESHPANDE, S. S.; SALUNKHE, D. K. (Eds.). **Food antioxidants: technological, toxicological, and health perspectives**, p. 159-265, 1996.

MAGUIRE, L. S.; O'SULLIVAN, S. M.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; O'BRIAN, N. M. Fatty acid profile, tocopherol, squalene and phytosterol content of walnuts, almonds, peanuts, hazelnuts and the macadamia nut. **International Journal Food Sciences and Nutrition**, Abingdon, v. 55, n. 3, p. 171-178, 2004.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia**. 12. ed. São Paulo: Roca, 2010. 1382 p.

MAJER, P.; HIDEG, E. Developmental stage is an important factor that determines the antioxidant responses of young and old grapevine leaves under UV irradiation in a green-house. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 50, n. 1, p. 15-23, 2012.

MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Alterações do óleo de soja e da mistura azeite de dendê-óleo de soja em frituras descontínuas de batatas chips. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 2, 245-249, 2003.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação de estado nutricional das plantas**. 2. ed. Piracicaba: Potafos, 201 p. 1989.

MANHEZI, A. C.; MÁR, M.; CIA BACHIONI, M. M. B.; LIMA, Â.; PEREIRA, Â. L. Utilização de ácidos graxos essenciais no tratamento de feridas. **Revista Brasileira de Enfermagem**, Campinas, v. 61, n. 5, 2008.

MARCO, G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 594-598, 1968.

MARCUS, R.; COULSTON, A. M. Vitaminas hidrossolúveis. In: GILMAN, A.G.; ROLL, T. W.; NIES, A. S. **As bases farmacológicas da terapêutica**. 8. Ed. Rio de Janeiro: Guanabara, 1991. p. 1017-1032.

MARTIN, C. A.; ALMEIDA, V. V.; RUIZ, M. R.; VISENTAINER, J. E. L.; MATSHUSHITA M.; SOUSA, N. E.; VISENTAINER, J. V. Ácidos graxos poli-insaturados ômega-3 e ômega-6: importância e ocorrência em alimentos. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 6, p. 761-770, 2006.

MARTINEZ-DOMINGUEZ, B.; IBAÑEZ, M. B.; RINCÓN, F. Acido fólico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. **Archivos Latino americanos de Nutrición**, Guatemala, v. 52, n. 3, p. 219-231, 2002.

MARTINS, C. C.; GOMES, F. B. A.; FERREIRA, J. A.; MONTONE, R. C. Marcadores orgânicos de contaminação por esgotos sanitários em sedimentos superficiais da baía de Santos, São Paulo. **Química Nova**, São Paulo, v. 31, n. 5, p.1008-1014, 2008.

MARTINS, C. M.; FONSECA, F. A.; BALLUS, C.A.; FIGUEIREDO NETO, A. M.; MEINHART, A. D.; GODOY, H. T.; IZAR, M. C. Common sources and composition of phytosterols and their estimated intake by the population in the city of São Paulo. **Journal Nutrition**, Rockville, v. 29, n. 6, p. 865-871, 2013.

MARTINS, P. F. **Estudos e experimentos para a concentração de tocoferóis e fitosteróis por meio da destilação molecular**. 224 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

MCLAUGHLIN, P. J.; WEIHRAUCH, J. L. Vitamin E content of foods. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 75, n. 6, p. 647-665, 1979.

MECHI, R; CANIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 109-114, 2005.

MERCADANTE, A. Z.; SILVA, S. R. Composição de carotenóides de Maracujá-Amarelo (*Passiflora edulis* flaricarpa/In natura). **Revista Ciência e Tecnologia dos Alimentos**, Campinas, v. 22, n. 3, p.254-258, 2002.

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods**: basis and derivation. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

MESQUITA, F. R.; CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; LIMA, R. A. Z. L.; ABREU, A. F. B. Linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.): composição química e digestibilidade protéica. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, p. 1114-1121, 2007.

MEYDANI, M. Effect of functional food ingredients: vitamin E modulation of cardiovascular diseases and immune status in the elderly. **The American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 71, p.1665S0-1668S, 2000.

MOORE, M. A., PARK, C. B., TSUDA, H. Soluble and insoluble fiber influences on cancer development. **Critical Reviews in Oncology/ Hematology**, Boca Raton, v. 27, n. 3, p. 229-242, 1998.

MOREAU, R. A.; WHITAKER, B. D; HICKS, K. B. Phytosterols, phytostanols, and their conjugates in foods: structural diversity, quantitative analysis, and healthpromoting uses. **Progress in Lipid Research**, Oxford, v. 41, n. 6, p. 457-500, 2002.

MUNTEANU, A.; ZINGG, J. M.; AZZI, A. Anti-atherosclerotic effects of vitamin E: myth or reality. **Journal of Cellular and Molecular Medicine**, New York, v. 8, n 1, p. 59-76, 2004.

NAGATA, M.; YAMASHITA, I. Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish**, Yokohama, v. 39, n. 10, 925-928, 1992.

NAIR, V. D.; PANNEERSELVAM, R.; GOPI, R. Studies on methanolic extract of *Rauvolfia* species from Southern Western Ghats of India – *In vitro* antioxidant properties, characterisation of nutrients and phytochemicals. **Industrial Crops and Products**, [S.I.]v. 39, p. 17-25, 2012.

NASIFF-HADAD, A.; MERINO-IBARRA, E. Acidos grasos omega-3: pescados de carne azul y concentrados de aceites de pescado. Lo bueno y lo malo. **Revista Cubana de Medicina**, La Habana, v. 42, n. 2, p. 49-55, 2003.

NTANIOS, F. Plant sterol-ester-enriched spreads as an example of a new functional food. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 103, n. 2, p. 102-106, 2001.

NYSTRÖM, L.; SCHÄR, A.; LAMPI A. M. Steryl glycosides and acylated steryl glycosides in plant foods reflect unique sterol patterns. **European Journal Lipid Science Technology**, Weinheim, v. 114, p. 656-669, 2012.

OLIVEIRA, A. C.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2008.

OLIVEIRA, A. C.; QUEIROZ, K. S.; HELBIG, E.; REIS, S. M. P. M. & CARRARO, F. O processamento doméstico do feijão comum ocasionou uma redução nos fatores antinutricionais fitatos e taninos, no teor de amido e em fatores de flatulência rafinose, estaquiase e verbascose. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Guatemala**, v. 51, n. 3, p. 276-283, 2001.

OZCAN, M. M. Some nutritional characteristics of kernel and oil of peanut (*Arachis hypogaea* L.). **Journal of Oleo Science**, Tokyo, v 50, n. 59, p. 1-5, 2010.

PADH, H. Vitamin C: never insights into its biochemical functions. **Nutrition Reviews**, New York, v. 49, n. 3, p. 65-70, 1991.

PAES, J. **Estudo da concentração do licopeno da polpa do mamão (*Carica papaya L.*) Por ultrafiltração em escala piloto**. 103 p Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2011.

PAULING, L. **Como viver mais e melhor: o que os médicos não dizem sobre sua saúde**. 4. Ed. São Paulo, 1998, p. 400.

PENTEADO, M. V. C. **Vitaminas: aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos**. São Paulo: Manole, 2003. 612 p.

PELLEGRINI, N.; SERAFINI, M.; SALVATORE, S.; DEL RIO, D.; BIANCHI, M.; BRIGHENTI, F. Total antioxidant capacity of spices, dried fruits, nuts, pulses, cereals and sweets consumed in Italy assessed by three different in vitro assays. **Molecular Nutrition & Food Research**, Weinheim, v. 50, p. 1030-1038, 2006.

PETERSON, J.; DWYER, J. Flavonoids: dietary occurrence and biochemical activity. **Nutrition Research**, Tarrytownv. 12, n. 18, p. 1995-2018, 1998.

PIIRONEN, V.; LINDSAY, D. G.; MIETTINEN, T. A.; TOIVO, J.; LAMPI, A. M. Plants sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 80, n. 7, p. 939-966, 2000.

PODSEDEK, A. Natural antioxidants and antioxidant capacity of *Brassica* vegetables. **Food Science and Technology**, London, v. 40, n. 1, p. 1-11, 2007.

POKORNÝ, J. Are natural antioxidants better - and safer - than synthetic antioxidants. **European Journal of Lipid Science and Technology**, Weinheim, v. 109, p. 629-642, 2007.

PRICE, M. L.; HAGERMAN, A. E.; BUTLER, L. G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeon peas, and human mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, n. 2, p. 459-461, 1980.

PROLLA, I. **Características físico-químicas de cultivares de feijão e efeitos biológicos da fração fibra solúvel**. 113 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

PROSKY, L.; ASP, N. G.; SCHWEIZER, T. F.; DEVRIES, J. W.; FURDA, I. Determination of insoluble and soluble dietary fibers in foods and food products. **Journal of the AOAC International**, London, v. 75, n. 2; p. 360-367, 1992.

RABASCALL, N. H.; RIERA, J. B. Variaciones del contenido en tocoferoles y tocotrienoles durante los procesos de obtención e hidrogenación de aceites comestibles. **Grasas y Aceites**, Sevilla, v. 38, n. 3, p. 145-148, 1987.

RACETTE, S. B.; SPEARIE, C. A.; PHILLIPS, K. M.; LIN, X.; MA, L.; OSTLUND, R. E. Phytosterol-deficient and high-phytosterol diets developed for controlled feeding studies. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 109, n. 12, p. 2043-2051, 2009.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. p.181-188.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 4, p. 755-760, 2006.

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. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, p. 200-213, 2008.

RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A. K.; REYNOSO-CAMACHO, R.; TEJERO, M. E.; LEÓN-GALVÁN, F.; LOARCA-PIÑA, G. Potential role of bioactive compounds of *Phaseolus vulgaris* L. on lipid-lowering mechanisms. **Food Research International**, Braking, v. 76, n. 1, p. 92-104, 2015.

RASTOGI, T.; REDDY, K. S.; SPIEGELMAN, D.; PRABHAKARAN, D.; WILLET, W. C.; STAMPFER, M. J.; ASCHERIO, A. Diet and risk of ischemic heart disease in India. **American Journal of Clinical Nutrition**, New York, v. 79, n. 4, p. 582-592, 2004.

RE, R. PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, New York, v. 26, n. 9, p. 1231-1237, 1999.

REHMAN, Z. U.; SHAH, W. H. Domestic processing effects on some insoluble dietary fibre components of various food legumes. **Food Chemistry**, London, v. 87, p. 613-617, 2004.

REYES-MORENO, C.; PAREDEZ-LÓPEZ, O. Hard-to-cook phenomenon in common beans - a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 33, n. 3, p. 227-286, 1993.

RIBEIRO, H. J. S. S.; PRUDENCIO-FERREIRA, S. H.; MIYAGUI, D. T. Propriedades físicas e químicas de feijão comum preto, cultivar lapar 44, após envelhecimento acelerado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 1, p. 165-169, 2005.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. A guide to carotenoid analysis in foods. Washington: ILSI Press, 2001. 64 p.

ROSE, D. P.; CONNOLLY, J. M. Omega-3 fatty acids as cancer chemopreventive agents. **Pharmacology & Therapeutics**, Oxford, v. 83, n. 3, p. 217-244, 1999.

RYAN, E.; GALVIN, K.; O'CONNOR, T. P.; MAGUIRE, A.; O'BRIEN, N. M. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains, and legumes. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, v. 62, p. 85-91, 2007.

SANCLEMENTE, T. MARQUES-LOPES, I.; FAJÓ-PASCUAL, M.; PUZO, J. Beneficios dietéticos asociados a la ingesta habitual de dosis moderadas de fitoesteroles presentes de forma natural en los alimentos. **Clínica e Investigación en Aterosclerosis**, Valência, v. 24, n. 1, p. 21-29, 2012.

SANTOS, C. R. A. A alimentação e seu lugar na história: os tempos da memória gustativa. **História: Questões & Debates**, v. 42, p. 11-31, 2005.

SEYBOLD, C.; FRÖHLICH, K.; BITSCH, R.; OTTO, K.; BÖHM, V. Changes in contents of carotenoids and vitamin e during tomato processing. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 52, n. 23, p. 7005-7010, 2004.

SHIN, E. C.; HUANG, Y. Z.; PEGG, R. B.; PHILLIPS, R. D.; EITENMILLER, R. R. Commercial runner peanut cultivars in the United States: tocopherol composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v. 57, n. 21, p. 10289-10295, 2009.

SHRESTHA, M.K.; PERI, I.; SMIRNOFF, P.; IRK, Y.; GOLAN-GOLDHIRSH, A. Jojoba seed meal proteins associated with proteolytic and protease inhibitory activities. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, London, v.50, p.5670-5675, 2002.

SIDDHURAJU, P. The antioxidant activity and free radical-scavenging capacity of phenolics of raw and dry heated moth bean (*Vigna aconitifolia*) (Jacq.) Marechal seed extracts. **Food Chemistry**, London, v. 99, n. 1, p. 149-157, 2006.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G. **Farmacognosia: da Planta ao medicamento**, Porto Alegre/Florianópolis Ed. Universidade/UFRGS/Ed. da UFSC, 1102p, 1999.

SINGLETON, V. L.; ROSSI JR, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965.

SOARES, A. G. Consumo e qualidade nutritiva. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5, 1996, Goiânia. **Anais...** Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 1996. v. 2, p. 73-79.

SOBRATTEE, M. A.; NEERGHEEN, V. S.; LUXIMON-RAMMA, A.; ARUOMA, O, I.; BAHORUN, T. Phenolics as potencial antioxidant therapeutic agents: mechanism and actions. **Mutation Research**, Amsderdam, v. 579, p. 200-213, 2005.

SUHAIJ, M. Spice antioxidants isolation and their antiradical activity: a review. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v. 19, n. 6-7, p. 531-537, 2006.

SZYDŁOWSKA-CZERNIAK, A.; KARLOVITS, G.; DIANOCZKI, C.; SZŁYK, E. Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of rapeseed and olive oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago v. 85, n. 2, p. 141-149, 2008.

TACO. Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 2011. Disponível em: <[https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco\\_4\\_edicao\\_ampliada\\_e\\_revisada](https://www.unicamp.br/nepa/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada)>. Acesso em: 05 dezembro 2016.

TAKAYAMA, K. K.; MUNETA, P.; WIESE, A. C. Lipid composition of dry beans and its correlation with cooking time. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 13, n. 3, p. 751, 1965.

TALUKDAR, D. Antioxidant potential and type II diabetes related enzyme inhibition properties of raw and processed legumes in indian himalayas. **Journal of Applied Pharmaceutical Science**, London, v. 3, n. 3, p. 13-19, 2013.

TEIXEIRA, H. L. **Composição química e perfil de ácidos graxos da castanha do fruto da castanhola (*Terminalia catappa* linn)**. 60 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.

THANGADURAI, D. Chemical composition and nutritional potential of vigna unguiculata ssp. cylindrica (fabaceae). **Journal of Food Biochemistry**, Westport, v. 29, n. 1, p. 88-98, 2005.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. Avaliação química e nutricional do feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) cozido por diferentes métodos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n. 2, p. 355-360, 2008.

TOPPING, D. L. Soluble fiber polysaccharides: effects on plasma cholesterol and colonic fermentation. **Nutrition Reviews**, New York, v. 49, n. 7, p. 195-203, 1991.

TOZETTE, B. N.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G. **Avaliação do teor de umidade em grãos de feijão cru (*Phaseolus vulgaris* L.) recém-colhidos e armazenados com e sem vácuo por 3 meses**. In: 16 SIICUPS, 2008, Piracicaba, 2009.

TUBEROSO, C. I. G.; KOWALCZYK, A.; SARRITZU, E.; CABRAS, P. Determination of antioxidant compounds and antioxidant activity in commercial oilseeds for food use. **Food Chemistry**, London, v. 103, n. 4, p. 1494-1501, 2007.

USDA. Agricultural Projections to 2016. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/oce081>>. Acesso em: julho 2016.

VALDÊS, S. T. **O efeito de genótipos de feijão e das formas usuais de preparo sobre a atividade antioxidante e a composição nutricional**. 101 p. Dissertação

(Mestrado em Nutrição), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

VALKO, M.; IZAKOVIC, M.; MAZUR, M.; RHODES, C.; TELSER, J. Role of oxygen radicals in DNA damage and cancer incidence. **Journal Molecular and Cellular Biochemistry**, Wesport, v. 266, n. 1-2, p. 37-56, 2004.

VAN DEN BERG, H. Carotenoid Interactions. **Nutrition Research**, Terrytown, v. 57, p. 1-10, 1999.

VERLEYEN, T.; VERHE, R.; DEWETTINCK, K.; HUYGHEBAERT, A.; DE GREYT, W. Analysis of free and esterified sterols in vegetable oils. **Journal of the American Oil Chemists Society**, Chicago, v. 79, n. 2, p. 117-122, 2002.

VIDAL-VALVERDE, C.; FRIAS, J.; VALVERDE, S. Changes in the carbohydrate composition of legumes after soaking and cooking. **Journal of American Diet Association**, New York, v.93, p.547-550, 1993.

VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: importância na agricultura e na alimentação humana. **Informe Agropecuário**, v. 16, n. 174, p. 5-11, 1992.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; STRINGUETA, P. C. Pigmentos naturais bioativos. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 1, p. 157-166, 2009.

WADA, M.; KIDO, H.; OHYAMA, K.; ICHIBANGASE, T.; KISHIKAWA, N.; OHBA, Y.; NAKASHIMA, M. N.; KURODA, N.; NAKASHIMA, K. Chemiluminescent screening of quenching effects of natural colorants against reactive oxygen species: evaluation of grape seed, monascus, gardênia and red radish extracts as multi-functional food additives. **Food Chemistry**, London, v. 101, p. 980-986, 2007.

WANDER, A. E.; GAZZOLA, R.; GAZZOLA, J.; RICARDO, T. R.; GARAGORRY, F. L. Evolução da produção e do mercado mundial do feijão. **XLV Congresso da SOBER: Conhecimento para Agricultura do Futuro**, p. 4-8, 2007.

WANG, K.; LIU, F.; LIU, Z.; HUANG, J.; XU, Z.; LI, Y.; CHEN, J.; GONG, Y.; YANG, X. Analysis of chemical components in oolong tea in relation to perceived quality. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 45, p. 913-920, 2010.

WANG S.; MELNYK, J. P.; TSAO, R.; MARCONE, M. F. Como os antioxidantes dietéticos naturais em frutas, legumes e legumes promovem a saúde vascular. **Food Research International**, Braking, v. 44, n. 1 (2011), pp. 14-22, 2011.

WANG, Y.; HUANG, S.; SHAO, S.; QIAN, L.; XU, P. Studies on bioactivities of tea (*Camellia sinensis* L.) fruit peel extracts: antioxidant activity and inhibitory potential against  $\alpha$ -glucosidase and  $\alpha$ -amylase in vitro. **Industrial Crops and Products**, [S.I.], v. 37, p. 520-526, 2012.

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

WELCH, R. M.; HOUSE, W. A.; BEEBE, S.; CHENG, Z. Genetic selection for enhanced bioavailable levels of iron in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 48, n. 8, p. 3576-3580, 2000.

WINHAM, D. M.; HUTCHINS, A. M.; JOHNSTON, C. S. Pinto bean consumption reduces biomarkers for heart disease risk. **Journal of American College of Nutrition**, New York, v 26, p. 243-249, 2007.

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

YEH, C. C.; YOU, S. L.; CHEN, C. J.; SUNG, F. C. Peanut consumption and reduced risk of colorectal cancer in women: a prospective study in Taiwan. **World Journal Gastroenterology**, London, v. 12, n. 2, p. 222-227, 2006.

YOSHIDA, H.; SAIKI, M.; YOSHIDA, N.; TOMIYAMA, Y.; MIZUSHINA, Y. Fatty acid distribution in triacylglycerols and phospholipids of broad beans (*Vicia faba*). **Food Chemistry**, London, v. 112, n. 4, p. 924-928, 2009.

ZHOU, K.; YU, L. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. **Food Science and Technology**, London, v. 39, n.10, p.1155-1162, 2006.

## APÊNDICES

### Apêndice 1 - Análises de variância para composição centesimal.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios				
		Umidade	Cinzas	Lipídios	Proteínas	Carboidratos
Tratamentos	2	40,28700**	0,00856**	1,11940**	3,89829**	27,28758**
Variedades	1	0,02478 <sup>ns</sup>	0,10933**	0,30691**	0,76006 <sup>ns</sup>	0,02091 <sup>ns</sup>
Tratamentos x variedades	2	0,047059**	0,42725**	0,15597**	1,09437**	3,84788**
Resíduo	12	0,00529	0,00087	0,00022	0,178	0,17307
Desvio padrão		2,12	0,24	0,02	0,44	1,89
Coeficiente de variação (%)		1,53	0,75	0,87	2,23	0,59

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

<sup>ns</sup> Não significativo ( $p > 0,05$ ).

**Apêndice 2** - Análises de variância para caracterização nutricional.

Causas da variação	G.L	Quadrados médios		
		Ácido ascórbico	Carotenoides	Vitamina E
Tratamentos	2	17,91755**	0,16056**	3.113,26091**
Variedades	1	18,06005**	0,03209**	94,13601**
Tratamentos x variedades	2	8,91965**	0,03209**	72,53661**
Resíduo	12	0,016560	0,00016	0,00444
Desvio padrão		1,99	0,15	2,32
Coeficiente de variação (%)		1,05	1,32	0,34

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 3** - Análises de variância para teores de macrominerais.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios				
		Ca	K	Mg	Na	P
Tratamentos	2	71.002,97437**	62.417,584**	1.348,1609**	823,38395**	240.776,010**
Variedades	1	60.334,92690**	202.500,35**	9.041,7269**	281,86951**	130.807,088**
Tratamentos x variedades	2	74.322,09960**	146.457,74**	10.788,773**	1.998,0958**	5.646,78525**
Resíduo	12	0,01315	0,04836	0,00297	0,00091	0,09747
Desvio Padrão		1,39	1,85	0,43	0,18	1,86
Coeficiente de variação (%)		0,01	0,01	0,01	0,09	0,01

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 4** - Continuação das análises de variância para teores de microminerais.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios			
		Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamentos	2	0,54942**	187,96814**	46,12521**	46,24490**
Variedades	1	53,29106**	0,28246 <sup>ns</sup>	43,39754**	363,1215**
Tratamentos x variedades	2	2,03522**	97,24222**	20,08978**	70,36027**
Resíduo	12	0,00073	0,37021	0,00191	0,00132
Desvio Padrão		1,80	5,65	3,12	5,75
Coeficiente de variação (%)		0,68	1,03	0,64	0,10

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

<sup>ns</sup> não significativo ( $p > 0,05$ ).

**Apêndice 5** - Análises de variância para atividade antioxidante.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios		
		FRAP	DPPH'	ABTS**
Tratamentos	2	62.412,07713**	1.634,4666**	430,97827**
Variedades	1	84.270,10892**	161,15307**	107,36009**
Tratamentos x variedades	2	40.716,73443**	717,31735**	35,96391**
Resíduo	6	8,4746	0,1327	0,48571
Desvio padrão		2,90	0,37	7,63
Coeficiente de variação (%)		0,66	0,67	0,82

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 6** - Análises de variância para compostos fenólicos totais.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios
Tratamentos	2	0,72061**
Variedades	1	0,51005**
Tratamentos x variedades	2	0,16205**
Resíduo	6	0,01233
Desvio padrão		2,32
Coeficiente de variação (%)		2,26

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 7 - Análises de variância para teores de fitosteróis.**

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios						
		Brassicasterol	Campesterol	Estigmasterol	$\beta$ -sitosterol	Estigmastenol	$\Delta$ -7-avenasterol	Fitosteróis totais
Tratamentos	2	386,6493**	115,542,838**	73,930,9035**	63,135,013**	5,904,145**	37,11843**	147.549,890**
Variedades	1	344,8624**	181,959,052**	143,742,871**	6,075,900**	445,544**	175,64401**	541.021,086**
Tratamentos x variedades	2	811,5811**	181,688,746**	172,230,428**	14,551,283**	12,816,991**	258,64023**	686.084,010**
Resíduo	6	8,2384	0,04979	0,0624	0,0444	0,026	0,05233	0,253
Desvio Padrão		2,87	0,22	0,25	0,23	0,16	0,23	0,34
Coefficiente de variação (%)		7,72	0,06	0,05	0,06	0,28	1,13	1,01

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 8** - Análises de variância para teores de tocoferóis.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios			
		$\alpha$ -tocoferol	$\gamma$ -tocoferol	$\delta$ -tocoferol	Tocoferóis totais
Tratamentos	2	285.164,342**	45.491,54333**	3.189,9700**	598.719,71583**
Variedades	1	5.551,30083**	26.357,81333**	19,25333**	54.042,34083**
Tratamentos x variedades	2	5.159,56583**	31.763,14333**	114,29333**	44.604,28583**
Resíduo	6	0,39083	0,42500	0,30500	0,66417
Desvio padrão		0,63	0,64	0,55	1,02
Coeficiente de variação (%)		0,38	0,31	1,88	0,89

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

**Apêndice 9** - Análises de variância para teores de ácidos graxos.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios				
		C16:0	C18:0	C18:1n9c	C18:2n6c	C18:3n3
Tratamentos	2	0,82082**	0,70123**	5,48807**	11,06581**	35,75680**
Variedades	1	8,21708**	0,00241 <sup>ns</sup>	0,37101**	77,97901**	58,74187**
Tratamentos x variedades	2	11,38218**	0,02043**	0,72216**	20,81376**	15,40630**
Resíduo	6	0,00759	0,00172	0,005	0,00022	0,002
Desvio padrão		1,65	0,34	0,07	0,01	0,15
Coeficiente de variação (%)		0,09	1,46	0,47	0,08	0,04

\*\*teste significativo ( $p < 0,01$ ).

<sup>ns</sup> não significativo ( $p > 0,05$ ).

C16:0 palmítico; C18:0 esteárico; C18:1n9c oleico; C18:2n6c linoleico; C18:3n3  $\alpha$ -linolênico

