

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.)

Taís Carolina Franqueira de Toledo

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2006

Taís Carolina Franqueira de Toledo
Engenheira Agrônoma

Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.)

Orientadora:

Prof^a. Dra. **SOLANGE GUIDOLIN CANNIATTI BRAZACA**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
2006

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Toledo, Tais Carolina Franqueira de

Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ⁶⁰Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.) / Tais Carolina Franqueira de Toledo. - - Piracicaba, 2006.

113 p.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2006.

1. Bioquímica de alimentos 2. Grãos 3. Soja 4. Valor nutritivo 5. Variedades vegetais
I. Título

CDD 664.726

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

*À minha mãe, Vera, que me ensinou o gosto em aprender;
ao meu pai, Ozias, que sempre demonstrou orgulho pelas escolhas que fiz;
à minha irmã, Anne, que esteve ao meu lado mesmo eu estando longe.*

*À minha “mãe de coração”, Cand,
que sempre vibrou com cada conquista minha
e com isso me motivou a seguir em frente.*

*“O que for a profundezza do teu ser, assim será teu destino.
O que for o teu desejo, assim será tua vontade.
O que for a tua vontade, assim serão teus atos.
O que forem teus atos, assim será teu destino.”*

Brihadaranyaka Upanishad IV

AGRADECIMENTOS

À *Deus*, pela existência da vida e pela força e coragem durante toda esta caminhada, pois em momentos de desânimo colocou ao meu lado pessoas, palavras e idéias que iluminaram esse longo percurso.

À Prof.^a Dra. *Solange Guidolin Canniatti Brazaca*, que continuamente caminhou ao meu lado nesses 6 anos de convívio, de mãos dadas comigo e com a nutrição humana, proporcionando-me incentivo, orientação segura, reflexão precisa. Seu exemplo de dedicação, a seriedade no trabalho, no ensino e na pesquisa muito me motiva. Mas acima de todas estas virtudes, o carinho, a atenção e a amizade nos mantêm muito próximas. Além de tudo, você é uma pessoa muito especial e graciosa.

A *Thiago Luis Tremocoldi Dantas*, por toda a atenção, paciência, incentivo, críticas e sugestões, pela força e principalmente pelo amor e dedicação que me deu durante essa fase tão importante da minha vida, por ter dividido comigo sua vida e por ter sido o meu grande companheiro quando eu mais precisei. Devo muito dessa minha vitória a você! Valeu a pena esperar... Hoje estamos colhendo os frutos do nosso empenho!

À amiga *Ana Paula de Souza Pallu*, que desde os tempos da graduação me acompanha e divide comigo todas as frustrações e alegrias desse caminho que escolhemos: o da pesquisa científica! Amiga constante, que tem o mesmo ideal que o meu, aprender e descobrir.

À amiga de pós-graduação *Giovana Pegolo* pela companhia, pela simplicidade e pelo carinho. Pela eterna e fiel amizade, o meu respeito e admiração. Muito obrigado!

Ao Prof. Dr. *Valter Arthur*, pelo auxílio em toda a parte de irradiação de alimentos, desde os tempos de Iniciação Científica.

À Prof.^a Dra. *Sônia Maria De Stefano Piedade*, pela ajuda nas análises estatísticas, parte tão importante desse trabalho.

À Prof^ª. Dra. *Marília Oetterer*, pelo entusiasmo da contínua tarefa de nos ensinar os mandamentos da pesquisa, pela paciência, estímulo constante e dedicação. Agradeço muito toda a atenção que teve por mim

Às técnicas do laboratório de Nutrição Humana da ESALQ/USP: *Maria de Lourdes Perin Storer* e *Débora Niero Mansi* pela valiosa ajuda nas análises físico-químicas realizadas e pelo convívio.

À ajudante de limpeza *Dona Maria*, que além da amizade e carinho muito me ajudou nas análises físicas, sem ela eu teria levado o dobro de tempo para concluí-las.

À bibliotecária *Beatriz Helena Giongo* pela atenção no atendimento e pela revisão bibliográfica, fase essencial do processo de conclusão da dissertação.

À *EMBRAPA - Londrina* (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) pela doação das amostras utilizadas no presente trabalho.

Ao *IPEN* (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) pela irradiação das amostras.

A *CAPES* (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos.

A todos agradeço, profundamente, e dedico o resultado desse trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	10
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	18
2 DESENVOLVIMENTO.....	20
2.1 A soja.....	20
2.2 Componentes da soja	24
2.3 Irradiação de alimentos.....	28
2.3.1 Irradiação de grãos	28
2.3.2 Efeitos da irradiação sobre alguns antinutrientes.....	31
2.4 Objetivos	32
2.5 Material e Métodos	33
2.5.1 Matéria Prima	33
2.5.2 Preparo das amostras	35
2.5.3 Análises físicas	36
2.5.3.1 Tempo de hidratação	36
2.5.3.2 Tempo de cocção	36
2.5.4 Análises químicas	38
2.5.4.1 Composição Centesimal	38
2.5.4.2 Digestibilidade <i>in vitro</i> da proteína.....	38
2.5.4.3 Porcentagem de desaminação	39
2.5.5 Fatores antinutricionais	39
2.5.5.1 Compostos fenólicos totais	39
2.5.5.2 Inibidor de tripsina	39
2.5.5.3 Taninos	40
2.6 Forma de análise dos resultados	40
2.7 Resultados e discussões	41
2.7.1 Análises físicas	41

	8
2.7.1.1 Tempo de hidratação	41
2.7.1.2 Tempo de cocção	46
2.7.2 Análises químicas	52
2.7.2.1 Composição Centesimal	52
2.7.2.2 Digestibilidade <i>in vitro</i> da proteína.....	74
2.7.2.3 Porcentagem de desaminação	80
2.7.3 Fatores antinutricionais	85
2.7.3.1 Compostos fenólicos totais	85
2.7.3.2 Inibidor de tripsina	91
2.7.3.3 Taninos	96
3 CONCLUSÕES.....	102
REFERÊNCIAS.....	103

RESUMO

Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja (*Glycine max* (L.))

Se a população mundial crescer de acordo com o previsto nas próximas décadas, estratégias ainda mais criativas serão necessárias para aumentar o rendimento e reduzir os custos da produção global de alimentos. Para superar esse imenso desafio, novos cultivares vem sendo desenvolvidos, através de diferentes técnicas, e com diferentes características, para se alcançar uma maior produção de alimentos. Para conservação dessa produção vários métodos podem ser empregados, e a radiação ionizante do Cobalto-60 constitui um método seguro e eficaz para o aumento no tempo de vida útil dos alimentos. Devido à importância comercial e nutricional da soja, possíveis alterações promovidas devem ser estudadas. O presente trabalho visa determinação dessas possíveis alterações causadas pela irradiação (com doses de 2, 4 e 8 kGy) em grãos crus e cozidos, de cinco diferentes cultivares de soja (BRS 212, BRS 213, BRS 214, BRS 231 e E48) através de análises físicas de tempo de cocção e hidratação, e de análises químicas de composição centesimal, digestibilidade *in vitro* de proteínas, porcentagem de desaminação, análises de compostos fenólicos totais, inibidores de tripsina e taninos. A quantidade de água absorvida pelos grãos variou de 14 a 16,66 mL, e o tempo de cocção de 119,67 a 291,33 minutos. Dentro da composição química foram encontrados valores para cinza que variaram de 4,90 a 6,08%, para proteína de 21,23 a 36,99%, para gordura de 19,22 a 24,84%, para fibras solúveis de 1,37 a 4,03% e para insolúveis de 15,97 a 18,87%. A porcentagem de desaminação nas diferentes amostras variou de 17,34 a 57,79% e a digestibilidade *in vitro* de 84,45 a 89,11%. Dentro dos fatores antinutricionais, os compostos fenólicos totais variaram de 3,9 a 9,7 mg/g, as unidades de tripsina inibidas de 24,75 a 57,53 UTI/g e os taninos de 0,02 a 0,32 mg/g. Para as análises físicas houve diferenças no tempo de hidratação entre os cultivares e a irradiação promoveu redução no tempo, mas não na quantidade de água absorvida; no tempo de cocção houve diminuição com o aumento das doses de radiação; as diferenças encontradas na composição centesimal não tiveram influencia do tratamento de irradiação, e sim dos diferentes cultivares; para a digestibilidade foram encontradas alterações somente com o tratamento de cocção, sendo que houve aumento após o cozimento dos grãos; o tratamento de irradiação promoveu aumento na porcentagem de desaminação das amostras com o aumento das doses; com relação aos fatores antinutricionais, todos sofreram redução conforme aumento da dose de radiação, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas; a cocção também promoveu redução no teor dos antinutrientes analisados. Assim sendo, o tratamento de irradiação não promoveu redução nas qualidades nutricionais dos grãos de soja, sendo efetivo na melhora das mesmas com a diminuição nos teores de antinutrientes presentes.

Palavras-chave: Soja, Cultivares, Radiação gama, Composição química, Fatores antinutricionais.

ABSTRACT

Evaluation of the ionizing radiation ^{60}Co effect on the physical, chemical and nutritional properties of different cultivars of soybean grains (*Glycine max* (L.))

With the increasement of the world population, criative strategies will be necessary to control food production. To achieve this chalenge, new cultivars have been development, though different tecniques and characteristics. To improve food conservation, a plenty of methods can be used. The use of Cobalto-60 radiation is a secure and useful method to increase the life time of foods. Due to the commercial and nutritional importance of soybean, some alterations must be studied. This study has the objective to determinate this alterations caused by irradiation (with doses of 2, 4 and 8 kGy) in raw and cooked grain of five different cultivars of soybean (BRS 212, BRS 213, BRS 214, 231 BRS and E48), this study inclues analysis of time cooking and hidratation, and chemical analysis of proximate composition, *in vitro* digestibility of proteins, percentage of deamidation , phenolics compounds, trypsin inhibitors and tannins. The amount of water absorbed by each grain varied from 14.00 to 16.66mL, and the time cooking varied from 119.67 to 291.33 minutes. The values found for asch were 4.90 to 6.08%, for protein from 21.23 to 36.99%, for fat from 19.22 to 24.84%, soluble staple fibres from 1.37 to 4.03% and insoluble staple fibres from 15.97 to 18.87%. The deamidation percentage in the different samples varied of 17,34 to 57.79% and the digestibility in vitro from 84.45 to 89.11%. Inside of the antinutritional factors, the total compounds phenolics varied from 3.9 to 9.7 mg/g, the units of trypsin inhibited from 24.75 to 57.53 UTI/g and the tannins from 0.02 to 0.32 mg/g. For the physical analyses it showed differences in the time of hidratation among them and the irradiation promoted reduction in the time, but not in the amount of absorbed water; in the cooking time it had reduction with the increase of the doses of radiation; the differences found in the proximate composition didn't have influence with the irradiation, but with the different cultivars; for the digestibility alterations only with the cooking treatment had been found, showing an increasement after the baking; the treatment of irradiation promoted a higher percentage of deamidation of the samples with the increase of the doses; regard to the antinutritional factors, all them had a reduction as the doses radiation increased. The cooking also promoted a reduction in the antinutritional factors in the raw and baked samples. So the treatment of irradiation did not promote reduction in the nutritional qualities of the soybean grains, being effective in the improvement of them with the reduction in the antinutrients factors.

Keywords: Soybean, Cultivars, Gamma radiation, Proximate composition, Antinutritional factors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Equipamento de cocção de Mattson com os grãos de soja hidratados	37
Figura 2 – Detalhe da queda das hastes no Equipamento de cocção de Mattson	37
Figura 3 – Quantidade de água absorvida no período de tempo de hidratação dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	41
Figura 4 – Quantidade de água absorvida no período de tempo de hidratação das quatro doses analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy)	43
Figura 5 – Tempo de cocção dos cultivares (212, 213, 214, 231 e E48).....	46
Figura 6 – Tempo de cocção das quatro doses (0, 2, 4 e 8 kGy).....	51
Figura 7 – Composição Centesimal dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	56
Figura 8 – Composição Centesimal das quatro doses de irradiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	58
Figura 9 – Composição Centesimal dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	70
Figura 10 – Composição Centesimal do cultivar BRS 212.....	71
Figura 11 – Composição Centesimal do cultivar BRS 213.....	72
Figura 12 – Composição Centesimal do cultivar BRS 214.....	72
Figura 13 – Composição Centesimal do cultivar BRS 231.....	73

Figura 14 – Composição Centesimal do cultivar BRS E48.....	73
Figura 15 – Porcentagem da digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	75
Figura 16 – Porcentagem da digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	78
Figura 17 – Porcentagem da digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	79
Figura 18 – Porcentagem de desaminação dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	81
Figura 19 – Porcentagem de desaminação dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	83
Figura 20 – Porcentagem de desaminação das proteínas das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	84
Figura 21 – Fenólicos Totais (mg/g de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	86
Figura 22 – Fenólicos Totais (mg/g de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	89
Figura 23 – Fenólicos Totais (mg/g de amostra) das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	90
Figura 24 – Inibidor de tripsina (expresso em UTI – Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	92

Figura 25 – Inibidor de tripsina (expresso em UTI – Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	94
Figura 26 – Inibidor de tripsina (expresso em UTI – Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	95
Figura 27 – Taninos (mg/g de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	97
Figura 28 – Taninos (mg/g de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).....	99
Figura 29 – Taninos (mg/g de amostra) das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Volume de água destilada absorvida (mL) após 8 horas de hidratação dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy	43
Tabela 2 - Tempo de hidratação (horas) e volume de água destilada absorvida (mL) pelos grãos (média das quatro doses de irradiação utilizadas: 0, 2, 4 e 8 kGy)	45
Tabela 3 - Tempo de cocção médio (minutos) dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy para a haste 13	48
Tabela 4 - Tempo de cocção total (minutos) dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy para a haste 25	49
Tabela 5 – Porcentagem de cinza (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy	52
Tabela 6– Porcentagem de proteína (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	53
Tabela 7 – Porcentagem de gordura (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	53
Tabela 8 – Porcentagem de fibra solúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	54
Tabela 9 – Porcentagem de fibra insolúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	55

Tabela 10 - Composição Centesimal (g/100g de amostra seca) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).....	56
Tabela 11 - Composição Centesimal em base seca das quatro doses de irradiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).....	58
Tabela 12 – Porcentagem de cinza (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	60
Tabela 13 – Porcentagem de proteína (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	62
Tabela 14 – Porcentagem de gordura (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	64
Tabela 15 – Porcentagem de fibra solúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	66
Tabela 16 – Porcentagem de fibra insolúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	68
Tabela 17 – Composição centesimal em base seca dos grãos de soja crus e cozidos.....	70
Tabela 18 – Porcentagem de digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	74

Tabela 19 – Porcentagem de digestibilidade <i>in vitro</i> das proteínas encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	76
Tabela 20 – Valores estatísticos de regressão para a digestibilidade <i>in vitro</i> das variáveis: desaminação, inibidor de tripsina e taninos entre os diferentes cultivares analisados.....	80
Tabela 21 – Porcentagem de desaminação encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	80
Tabela 22 – Porcentagem de desaminação encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	82
Tabela 23 – Porcentagem de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	85
Tabela 24 – Porcentagem de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	87
Tabela 25 – Unidade de tripsina inibida (UTI), expressa em Unidade de Tripsina Inibida por miligrama de amostra encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	91
Tabela 26 – Unidade de tripsina inibida (UTI), expressa em Unidade de Tripsina Inibida por miligrama de amostra encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....	93

Tabela 27 – Porcentagem de taninos (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....96

Tabela 28 – Porcentagem de taninos (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.....98

1 INTRODUÇÃO

A população mundial excedeu os 6 bilhões de habitantes no ano de 2000 e a expectativa era de se alcançar os 8,5 bilhões em 2005 (BABU et al., 2003). Para atender a essa estimativa, um aumento de 50% na produção de alimentos seria necessário já para o ano de 2005. Para isso, variedades mais produtivas e estáveis são necessárias e durante a última década temos assistido ao progresso no sentido de aumento da produtividade das plantações no mundo.

Nesse sentido, o Programa Brasileiro de Melhoramento da Soja tem empregado estratégias de cruzamento para o desenvolvimento de cultivares adaptados às baixas latitudes para fornecer a novas regiões a possibilidade de cultivo e, conseqüentemente, aumento na produção.

As proteínas advindas de sementes de leguminosas correspondem a vinte por cento das proteínas vegetais consumidas pelo homem (VASCONCELOS et al., 2001). No entanto, certas leguminosas, em particular a soja, contém quantidades significativas de compostos bioativos ou antinutricionais que podem alterar o metabolismo do corpo se consumido. A principal proteína responsável pelo baixo valor nutricional dos grãos de soja crus são os inibidores de tripsina e lectinas, mas existem ainda outros componentes naturais que podem contribuir para os efeitos deletérios observados.

Estudos sobre as características nutricionais e nutracêuticas da soja tem promovido o seu consumo via incorporação na dieta alimentar da população brasileira. Entretanto, a presença de inibidores de proteases representa limitação para o uso da mesma sem processamento prévio (ANDERSON; RACKIS; TALLENT, 1979).

Os benefícios da soja para a saúde humana são geralmente atribuídos as isoflavonas, genisteína e dadzeína. As pesquisas atuais sobre estes benefícios, ainda não são conclusivas. Estes efeitos podem ser devido as isoflavonas ou à sua combinação com outros de seus componentes, como proteínas, peptídeos ou outros compostos polifenólicos. O Brasil, com grande capacidade produtiva, possui um mercado a ser explorado, e para tal são necessários estudos adicionais tanto na parte agrícola quanto na parte tecnológica de produção de novos produtos, bem como na divulgação destes ao consumidor.

A soja contribui de forma significativa para a produção nacional de grãos, além da obtenção de óleo e farelo. A safra de 2003/2004 para grãos, farelo e óleo foi de aproximadamente

186, 129 e 30 milhões de toneladas, respectivamente, sendo que destes, 56, 45 e 9 milhões de toneladas foram exportadas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2005).

Embora o Brasil tenha uma grande produção de soja, ocorrem muitas perdas de grãos devido entre outros fatores, ao ataque de insetos e roedores, além da ocorrência de alterações características físico-químicas por transformações estruturais de seus componentes, resultando em um produto que apresenta elevada resistência à cocção, com modificações das suas propriedades organolépticas e nutricionais.

Para combater essas perdas o processo de irradiação dos grãos é uma alternativa atrativa e saudável quando comparada aos tratamentos químicos. A aplicação de radiação ionizante com o propósito de preservar e desinfestar os grãos, surge como pratica promissora utilizada para estender a vida útil e diminuir as perdas durante o armazenamento. Os custos estimados e benefícios da irradiação comercial mostram-se competitivos com outros métodos de fumigação e outros tratamentos físicos e térmicos.

Alimentos irradiados são alimentos que foram tratados por um determinado tipo de radiação em condições de segurança controladas para obtenção de algumas propriedades convenientes, tais como inibir brotamento ou destruir bactérias entre outras, além de manter a boa qualidade do alimento por mais tempo (INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA, 1992).

A somatória das observações expostas nos parágrafos anteriores conduziu-nos à proposta de determinação de possíveis alterações promovidas pelo uso da irradiação para conservação de grãos de soja, bem como o comportamento de diferentes variedades em relação a esse método de conservação.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A soja

A soja é uma das mais importantes oleaginosas cultivadas no mundo. Seu alto teor de proteínas a torna fundamental na alimentação animal e humana, além de seus sub-produtos oferecerem grande diversidade de uso para a indústria alimentícia.

Essa oleaginosa ainda é um alimento rico em proteínas, vitaminas, minerais e fibras e que vem sendo utilizada milenarmente pelas populações asiáticas, sendo que os Estados Unidos até 2001 era o maior produtor, e contribuía com cerca de 50% da produção mundial, seguido pelo Brasil e Argentina (MARANHÃO, 2001).

No Brasil, a cultura da soja (*Glycine max* (L) Merrill) começou a ser cultivada no final do século XIX, embora tenha sido mencionada somente em 1941 nas estatísticas oficiais de produção de grãos do Rio Grande do Sul (VERNETTI, 1977).

Em pouco tempo, cientistas empenhados em criar tecnologias específicas para as condições de solo e clima do país conseguiram desenvolver cultivares genuinamente brasileiros, o que levou a soja para as regiões de clima tropical no Brasil (Centro-Oeste, Nordeste e Norte), dando estabilidade ao seu cultivo nas chamadas regiões de fronteira agrícola (SANTOS; BACHA, 2002). Isso possibilitou a fixação do homem em suas propriedades, já que a soja era utilizada como cultura desbravadora, deixando na terra, após sua colheita, nutrientes necessários para o cultivo de feijão e milho. Além disso, a soja viabilizou a implantação de indústrias de óleo, fomentou o mercado de sementes e deu estabilidade à exploração econômica das terras onde antes só existiam matas e cerrados (CÂMARA et al., 1982; EMBRAPA, 2005).

A cultura tem sido amplamente estudada e melhorada desde a sua introdução, em 1882, no estado da Bahia (CÂMARA et al., 1997) e devido ao sucesso conseguido espalhou-se pelo país inteiro como matéria-prima para a indústria de óleos comestíveis. Em nosso país, a soja tem demonstrado notável expansão principalmente nos estados de Goiás e Mato Grosso, transformando-se rapidamente num dos principais produtos da economia agrícola nacional.

O complexo soja (grão, farelo e óleo) liderava, em 2002, a balança comercial brasileira, com um superávit de quase 5 bilhões de dólares por ano, com cerca de 2/3 da produção destinada ao mercado externo (FNP CONSULTORIA & COMÉRCIO, 2002).

No Brasil não existe consumo generalizado da soja, devido à falta de produtos à base de soja que tenham qualidade, e também ao sabor característico que apresenta, o que limita sua aceitabilidade. Nos últimos anos essa situação tem mudado, graças ao uso de tecnologias que favorecem a melhora do sabor. Estas incluem tratamento térmico dos grãos no processamento, ou o melhoramento genético para eliminação da lipoxigenase, responsável pelo desenvolvimento do sabor característico (CARRÃO-PANIZZI et al., 1999).

Segundo Maia et al. (2000), sua popularização tem sido gradual e lenta, entretanto, devido à comprovação de seu valor na prevenção e no tratamento da desnutrição comunitária, quando suplementada a dieta de populações carentes tem aumentado, nas últimas décadas, a aceitação dos produtos à base de soja. São oferecidos produtos de melhor qualidade, bom sabor e características adequadas para cada grupo étnico. Os americanos desenvolveram muitos produtos de segunda geração como tofu *hot dog*, tofu *ice cream*, *veggie burger*, *temper burger*, *soymilk yogurt* ou *soymilk cheese*.

A importância econômica da soja deve-se ao fato de se constituir uma fonte considerável de óleo e proteína, apresentando grande diversidade de usos tanto agrícola como industrial. Estudos dos últimos 25 anos têm comprovado as propriedades fitoterapêuticas da soja como anticancerígena, além de reduzir a taxa de colesterol, amenizar problemas da menopausa, prevenir doenças coronárias, entre outras (GORMAN, 1999).

Segundo Costa (2002), é uma leguminosa de alto valor nutritivo e com grandes proporções em princípios ativos e elementos dietéticos valiosos. Sabe-se que a soja representa uma das melhores fontes vegetais calórico-protéicas, contendo cerca de 40% de proteína de boa qualidade e 20% de óleo (VIEIRA; CABRAL; PAULA, 1997).

A utilização da soja na alimentação humana, no Brasil, é limitada. O fato pode ser justificado pela falta de hábito de consumo, problemas ligados ao sabor de feijão cru (“beany flavor”) causado pela atividade da lipoxigenase durante o rompimento e hidratação do grão de soja, propriedades antinutricionais e efeitos fisiológicos a eles atribuídos (CABRAL; WANG; ARAUJO, 1997; GOMES; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 1989; RACKINS; SESSA; HONIG, 1979).

O grão colhido no campo é enviado diretamente às indústrias ou para as cooperativas, onde passam por um pré – processamento. As principais fases do pré – processamento da soja são: secagem, beneficiamento e armazenamento. A secagem tem por finalidade reduzir o teor de umidade do grão, sem perda da sua viabilidade e sem causar danos físicos e fisiológicos à semente que possam reduzir sua qualidade. Deve-se ressaltar que a soja, por ser tratar de espécie oleaginosa, é extremamente sensível às condições ambientais adversas que contribuem para a rápida deterioração graças à instabilidade química das gorduras. Por isso, a boa conservação tem início com a colheita no momento adequado, seguida por cuidados especiais durante o manejo pós – colheita (COMPANHIA DE ENTREPÓS E ARMAZÉNS GERIAS DE SÃO PAULO-CEAGESP, 2004).

O mais recomendável é que a colheita da soja seja mais próxima possível da maturidade fisiológica e sua posterior secagem. As vantagens desse procedimento incluem: redução das perdas que ocorrem no campo, planejamento racional da colheita (quantidade colhida x capacidade das instalações), conservação do produto por período prolongado, grãos com menor teor de umidade (11,4 a 13,4%) e mais adequados para a comercialização (EMBRAPA, 2005).

O beneficiamento consiste numa seqüência de operações que visam a obtenção de um produto final dentro de determinados padrões de qualidade. Geralmente o produto colhido não se encontra em condições de ser comercializado ou processado industrialmente; ao sair do campo é acompanhado por diversos materiais indesejáveis como fragmentos de plantas, grãos quebrados, imaturos, atacados por insetos ou doenças, sementes de plantas invasoras, entre outros. Esses materiais devem, portanto, ser eliminados para que os grãos possam apresentar padrões mínimos de qualidade para comercialização ou utilização industrial (EMBRAPA, 2005).

A primeira etapa do beneficiamento trata-se da pré – limpeza e independe do tipo de impurezas que acompanham os grãos, que se destina à eliminação total ou de grande parte das impurezas mais grosseiras, possibilitando o aumento qualitativo e quantitativo da capacidade das máquinas seguintes. Em seguida, é efetuada a limpeza que consta da separação mais rigorosa do material indesejável. Após as operações de secagem e de beneficiamento, os grãos são destinados às instalações de armazenamento onde permanecem até a ocasião apropriada para a comercialização (CÂMARA et al., 1982).

A presença de casca e menor teor de umidade torna os grãos menos perecíveis que os produtos de origem animal, sendo mais fácil seu armazenamento. Os grãos podem ser

armazenados sob condições controladas por períodos longos sem que sofram alterações muito prejudiciais. Ao ser colhido, o grão já apresenta um certo teor de desidratação que inibe a atividade enzimática e qualquer outra forma de atividade biológica. Porém, a ocorrência de pequena hidrólise do óleo e aparecimento de ácidos graxos é inevitável, mesmo enquanto na planta (EMBRAPA, 2005).

Armazenados, os grãos ainda apresentam atividade biológica latente, isto significa que, sem um controle de temperatura interna e com um empilhamento excessivo, pode ocorrer um auto – aquecimento dos grãos, decorrente dos processos respiratórios. O auto-aquecimento provoca o escurecimento do óleo e do farelo, depreciados dessa forma, e de processamento mais difícil (CÂMARA et al., 1982).

As taxas de respiração e de aquecimento aumentam sensivelmente quando é atingida a umidade crítica para cada grão. A esse grau de umidade relativa também os microrganismos iniciam seu desenvolvimento, especialmente o *Aspergillus glaucus* (CÂMARA et al., 1982).

Os grãos são normalmente armazenados em silos que trazem como benefícios a diminuição de perdas por armazenamento em condições inadequadas, possibilidade de armazenar diferentes grãos na própria lavoura, redução nos custos de secagem e armazenamento e garantia de qualidade aos grãos. Um silo graneleiro adequado e dentro das normas de armazenamento deve ser dotado de um sistema de aeração e termometria que permita controle rigoroso da condição de armazenamento dos produtos, para garantir a qualidade do grão (BOELTER, 2003).

Amaral e Baudet (1983), estudando a longevidade de sementes de soja, em função da umidade e da temperatura de armazenagem, observaram que com 9,4% de umidade as sementes foram mantidas por mais de 10 anos com germinação acima de 80% a 10 °C, por 5 anos a 20 °C, e por um ano a 30 °C. Em contraste, com 13,9% de umidade as sementes perderam rapidamente o poder germinativo, em meio ano a 30 °C, em 2 anos a 20 °C, e em 5 anos a 10 °C.

Em países tropicais, a estocagem de grãos em altas temperaturas, altas umidades relativas acima de 25 % e em tempo de armazenamento prolongado, expõe os grãos ao fenômeno de endurecimento, à infestação de insetos e a mudanças indesejáveis na textura e no sabor (MARTIN-CABREJAS et al., 1997).

Rios, Abreu e Corrêa (2003), relatam que as leguminosas sofrem perdas de sua qualidade durante o armazenamento, sendo algumas delas: desenvolvimento de casca dura (*hard shell*) que impede a hidratação dos grãos, fenômeno favorecido por baixa umidade relativa na atmosfera de

armazenagem e alto conteúdo de umidade nas sementes; e endurecimento ou perda das propriedades de cocção dos cotilédones (*hard-to-cook*), fenômeno reversível e com velocidade dependente, principalmente, da temperatura ambiental e da umidade relativa atmosférica de armazenamento.

O tempo de cozimento de grãos de leguminosas é influenciado pelo cultivar (VIEIRA et al., 1989), pelo tempo transcorrido após a colheita e histórico de armazenamento (CHIARADIA; GOMES, 1997), além das condições ambientais (LAM-SANCHEZ et al., 1990), do sistema e da temperatura utilizados no processo de cocção (LEMOS et al., 2004).

Vieira, Cabral e Paula (1997), analisaram seis cultivares de soja mais plantadas no Brasil: IAS-5, IGUAÇU, DAVIS, BR-16, IAS-4 e EMBRAPA-4 através de uma avaliação física e tecnológica de parâmetros como a densidade aparente, volume do grão, peso de 100 sementes, porcentagem das partes do grão, cor da casca e do hilo, tempo de maceração, quantidade de água absorvida e tempo de cozimento. O tempo de absorção máximo encontrado pelos autores foi de 12 a 15 horas e para o tempo de cozimento a variação foi de 155 a 219 minutos.

2.2 Componentes da soja

A soja constitui excelente fonte de proteína para a alimentação humana e animal. Os grãos se caracterizam por conter muito pouco ou nenhum amido, cerca de 20 % de óleo e 40 % de proteína, que são de elevado valor nutritivo (SANT'ANA et al., 2000).

Os grãos de soja crus contêm quantidades satisfatórias de fatores antinutricionais, especialmente inibidores de tripsina, os quais são parcialmente inativados durante extração com solvente e processo de tostagem. Após esses processos, os grãos se tornam excelentes fontes protéicas (CARVALHO et al., 2002).

Além da deficiência em aminoácidos sulfurados, a soja crua apresenta substâncias que atuando de maneira inter-relacionada são responsáveis por diferentes respostas biológicas e fisiológicas em animais. Entre essas substâncias encontram-se os inibidores de tripsina, hemaglutininas, saponinas, substâncias bocígenas, lipoxigenases, urease e outros fatores tais como oligossacarídeos causadores de flatulência provocada pela fermentação microbiana da

rafinose e estaquiose as quais não sofrem digestão nos seres humanos, carentes de α -galactosidase (BASENHOP; WILKENS, 1969; THANANUNKUL et al., 1976).

Na soja encontram-se dois grupos principais de inibidores de proteases: o inibidor de tripsina Kunitz (KTI) e o inibidor de tripsina e quimotripsina Bowman-Birk (BBI) (STAHLHUT; HYMOWITZ, 1983). Esses representam cerca de 6 % das proteínas totais do grão desta leguminosa (BARBOSA, 1997). Esses inibidores, quando ativos, reduzem a digestibilidade e a biodisponibilidade da proteína de soja (BARBOSA, 1997; PEACE; SARWAR; TOCHBURN, 1992).

Grala et al. (1999), afirmaram que a atividade do inibidor de tripsina da soja tem efeito negativo sobre a digestão da proteína e sobre a perda de nitrogênio endógeno no íleo terminal, o que resulta em redução no coeficiente de digestibilidade aparente dos aminoácidos.

Para Bressani (1993), a reduzida digestibilidade das proteínas das leguminosas é devida a várias causas, dentre elas a ação de fatores ligados a casca (taninos), aos cotilédones (inibidores de natureza protéica, fitatos, inibidores de proteases) e ao processamento e armazenamento.

Vários métodos de processamento de alimentos à base de soja têm sido utilizados com o intuito de reduzir os inibidores de proteases. Entre eles temos o processamento térmico principalmente com utilização de calor úmido, fracionamento de proteínas por meio da precipitação de proteínas isoladas, ultrafiltração e cromatografia de afinidade, e melhoramento genético. O que ocorre, porém, é que esses métodos não têm conseguido inativar esses inibidores completamente. (BURNS, 1987).

De acordo com Van der Poel, Verstegen e Tamminga (1995), o excesso de calor pode destruir importantes aminoácidos e reduzir a biodisponibilidade de outros nutrientes.

Os constituintes antinutricionais lectinas, os compostos fenólicos, os inibidores de amilase e proteases, podem reduzir a taxa sanguínea de colesterol, de triglicérides e de glucose, podendo reduzir também os riscos de câncer. Thompson (1993), propõe que a interação dos antinutrientes com outros elementos da dieta vem demonstrando evidências benéficas inegáveis a ponto de requerer uma reavaliação do próprio termo "antinutricional".

Barcelos et al. (1999), verificaram que a atividade do inibidor de tripsina eleva-se com a maturação dos grãos de soja. Segundo os autores, o processo térmico de 6 a 7 minutos a 121 °C para enlatamento do cultivar IAC PL-1 foi suficiente para eliminar a atividade do inibidor em

89%, evidenciando a termolabilidade do inibidor de tripsina, visto que após enlatamento permaneceu valor muito baixo, mas praticamente constante para a soja.

Vasconcelos et al. (2001), mostraram que grãos de soja vendidos no comércio da cidade do Rio de Janeiro continham uma proteína denominada soja toxina, a qual é severamente tóxica para ratos quando injetada intra-peritonealmente. É uma substância que difere dos inibidores de tripsina e lectinas por ser uma proteína única.

A proteína de soja tem bom valor nutritivo quando o processamento é adequado e garante a destruição de seus fatores antinutricionais, evitando a perda de aminoácidos essenciais. Dentre os aminoácidos, somente a cistina sofre substancial diminuição como resultado de cozimento, provavelmente por degradação térmica (CABRAL; SERNA-SILVALDIR; TINSLEY, 1995).

Outra alternativa para destruir ou reduzir os efeitos maléficos dos constituintes já citados, é o uso da engenharia genética e ferramentas moleculares, desenvolvendo plantas com baixos níveis ou totalmente livres dessas substâncias. Recentemente foram desenvolvidos grãos de soja deficientes em inibidores de protease Kunitz e lectinas que demonstraram ter maior qualidade nutricional (VASCONCELOS et al., 2001).

Os grãos de soja apresentam em sua composição todos os aminoácidos essenciais e também a lecitina, substância gordurosa que contém colina, inositol e fósforo. É um emulsificador biológico que tem a propriedade de conservar suspensas as gorduras no organismo, permitindo que elas passem pelas paredes das artérias, além de prevenir o acúmulo de depósitos gordurosos que diminuem a circulação sanguínea, colaborando com doenças do coração e baixando a taxa de colesterol do sangue (COSTA, 2002).

Bonato et al. (2000), avaliaram alguns cultivares de soja plantados no Brasil a partir de 1990, com a finalidade de verificar se a quantidade de proteína desses grãos era menor do que a quantidade de proteína e gordura presente nos grãos plantados no passado confirmando que o melhoramento genético havia buscado ganho de produtividade em detrimento à quantidade de proteína e lipídeos. Os cultivares avaliados foram o Fepago RS-10, FT – 2003, FT – 2004, FT – Saray, Embrapa 66 e Ocepar 14. Os autores relatam que houve sim redução nas quantidades de proteína dos grãos.

Vários estudos têm demonstrado que o consumo dos grãos ou produtos derivados de soja está frequentemente associado com a redução do risco de inúmeras doenças, tais como câncer de esôfago, pulmão, próstata, mama e cólon/reto, doenças cardiovasculares, osteoporose, diabetes e

sintomas da menopausa (CHUNG et al., 1996; ESTEVES; MONTEIRO, 2001; GALLAGHER et al., 2000), e isso fez com que o consumo da soja quadruplicasse nos últimos cinco anos – atingindo hoje 4% do total produzido no Brasil (AGUIAR, 2002).

Dentre os fitoquímicos da soja, os fitoestrógenos são os mais estudados. Componentes não esteroidais derivados de plantas possuidoras de atividade estrogênica. Estes constituem um grupo de compostos diversos (isoflavóides, flavóides, coumesterol e lignanas) semelhantes em estrutura química, tanto quanto para suas atividades biológicas. Entre os fitoestrógenos destacam-se as lignanas e as isoflavonas. As lignanas podem ser encontradas em farelos de cereais, cereais integrais, legumes e frutas, enquanto as concentrações de isoflavonas são maiores em leguminosas, em particular nos grãos de soja (HAN et al., 2002).

Os benefícios à saúde que os produtos de soja oferecem tem sido bem documentados. Várias evidências mostraram que o consumo de grãos de soja pode prevenir certos tipos de cânceres, reduzir o risco de osteoporose, ter papel benéfico nas doenças crônicas renais, reduzir o colesterol no plasma, atividade anti-arteriosclerótica e redução do risco de doenças coronárias. As atividades dos componentes presentes nos produtos de soja que são responsáveis por esses efeitos ainda têm que ser melhores estudados, mas acredita-se que as isoflavonas (genisteína e dadzeína) são as responsáveis por esses benefícios observados (LEE et al., 2005).

Muitos dos interesses sobre os benefícios à saúde, proporcionados pela soja, originaram-se principalmente, devido ao valor potencial dado aos fitoestrógenos com relação aos efeitos na redução de diversos tipos de cânceres, em particular, de mama e de próstata, redução do colesterol, prevenção de doenças cardiovasculares, osteoporose e prevenção da tensão pré-menstrual e climatério (CLAPAUCH et al., 2002).

2.3 Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é um tratamento que consiste em submeter os alimentos, já embalados ou a granel, a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados. O processo não aumenta o nível de radioatividade normal dos alimentos (IAEA, 1992).

O processo de irradiação pode impedir a divisão de células vivas, tais como bactérias, e de células de organismos superiores, ao alterar suas estruturas moleculares, além de retardar a maturação de algumas frutas e legumes, ao produzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos vegetais (DIEHL, 1995).

O uso da irradiação como tratamento para preservação de alimentos foi aprovado pela Organização da Agricultura e Alimentos - FAO (2000), para dose de até 10 kGy por não oferecem efeito negativo sob o ponto de vista nutricional e toxicológico nos alimentos.

Segundo Diehl (1995), pequeno número de novos compostos são formados nos alimentos irradiados, mas são os mesmo formados quando os alimentos são expostos ao calor. Outras investigações mostraram que radicais livres e outros compostos produzidos durante a irradiação eram idênticos aos formados durante cocção, pasteurização, e outras formas de preparo de alimentos.

2.3.1 Irradiação de grãos

Na safra 2002/2003, o Brasil passou a ser o maior produtor e exportador mundial, com área colhida de 18,1 milhões de hectares, contribuindo com 50,3 milhões de toneladas de grãos produzidos, contra os 41,9 milhões de toneladas da safra anterior (2001/2002) (CONAB, 2005). Os estados do Rio Grande do Sul, Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul são os maiores produtores de grãos no país (EMBRAPA, 2005).

Para a conservação desta produção há a necessidade de utilização de técnicas de armazenamento seguras, sendo a irradiação uma das alternativas. Este processo estende a vida útil e previne problemas fitossanitários em produtos consumidos *in natura* ou processados, inibindo brotações e matando insetos e microorganismos (THAKUR; SINGH, 1994).

O processo de irradiação de alimentos com o propósito de preservar através de eliminação de microorganismos e desinfestação dos grãos, pode ser utilizado para estender a vida útil e reduzir as perdas das safras durante a armazenagem do produto. Os custos estimados dos benefícios da irradiação comercial, como tratamento, mostram serem competitivos com outros métodos de fumigação e outros tratamentos físicos e térmicos (DOGBEVI; VACHON; LACROIX, 2000; NASCIMENTO, 1992; VILLAVICENCIO, 1998).

A irradiação gama pode promover mudanças físico-químicas que afetem as propriedades nutricionais e funcionais dos alimentos tratados. As leguminosas constituem fonte importante de proteína em diversos países e ainda com baixo custo. No entanto, o seu consumo é limitado pela dificuldade na cocção e presença de oligossacarídeos que causam flatulência (THAKUR; SINGH, 1994). Rao e Vakil (1993), relatam que a irradiação em grãos com doses de até 2,5 kGy reduz o número de oligossacarídeos em 20%.

Nené, Valul e Streenivasan (1979), encontraram aumento na digestibilidade *in vitro* das proteínas de grãos de feijão irradiados. Essa observação se baseia em digestão proteolítica, e os autores atribuem esse aumento à degradação das proteínas em pequenos fragmentos mais susceptíveis à ação de enzimas ou à parcial destruição dos inibidores de tripsina.

Cunha, Sgarbieri e Damásio (1993), constataram que a irradiação promove diminuição da dureza das sementes, e diminuição no tempo de cocção. Também promove aumento na quantidade de riboflavina e não altera a concentração de piridoxina (VILLAVINCENCIO et al., 2000a), não provoca alteração da utilização das proteínas, bem como sua digestibilidade e seu valor biológico (DELINCÉE; VILLAVINCENCIO; MANCINI-FILHO, 1998).

Em grãos de soja, a presença de lipoxigenase pode catalisar a hidro-peroxidação de ácidos linolênicos e linoléicos que são responsáveis pelo flavor característico e pela estabilidade do óleo de soja (MATOBA et al., 1985).

Farag (1998), reporta que grãos de soja tratados com doses de irradiação de até 10 kGy possuem teores normais de umidade, proteína bruta, gordura e cinza. Essas doses não promovem desnaturação das proteínas, e não afetam o conteúdo de nitrogênio das amostras. Foi relatado por Diehl e Scherz (1975), que o complexo proteína-gordura nos alimentos é mais resistente às alterações promovidas pela irradiação que esses nutrientes em estado puro.

Em geral, a perda de aminoácidos essenciais como resultado do tratamento de irradiação são equivalentes às perdas de aminoácidos não essenciais, e os aminoácidos limitantes da soja não são afetados pela radiação gama (FARAG, 1989).

Não foram encontradas alterações nas quantidades de proteína total, total de aminoácidos, aminoácidos livres, gordura e perfil lipídico de lentilhas submetidas à irradiação gama com doses de 0,5, 1 e 3 kGy (HOSSAIN et al., 1988). Nesse estudo, somente um aumento insignificante na glucose livre, acompanhado por uma diminuição na quantidade de amido foi encontrado com o aumento das doses de irradiação nos grãos de lentilha.

Ismail e Osman (1976), encontraram alterações não significativas no perfil de aminoácidos de grãos de feijão irradiados com 5 e 10 kGy. As perdas dos aminoácidos em grãos de soja irradiados mencionados anteriormente podem ser devidas a uma indução pelo tratamento de radiação, da formação de radicais livres, quebra das ligações peptídicas e uma subsequente desaminação e descarboxilação de algumas ligações dos aminoácidos (SIDDHURAJU; MAKKAR E BECKER, 2002).

Dogbevi, Vachon e Lacroix (1999), estudaram as alterações promovidas em feijões (leguminosa de valor nutricional semelhante ao da soja) irradiados com doses de 2, 4 e 8 kGy, e encontraram aumento da porcentagem de desaminação protéica e diminuição das ligações sulfúricas com o aumento das doses utilizadas. A desaminação é importante na quantificação do valor nutritivo das proteínas, a hidrólise dos grupamentos finais e ligações peptídicas estão diretamente relacionadas com a digestibilidade (LACROIX; AMIOT; BRISSON, 1983). A direta consequência da desaminação é o aumento da solubilidade da proteína devido a uma conversão de grupos de aminos em grupos hidrofílicos (DOGBEVI; VACHON; LACROIX, 1999). Shih e Kalmar (1987), mostraram que a desaminação em óleo de grãos de soja resultaram num aumento das propriedades funcionais, como solubilidade e capacidade de emulsificação.

Kim et al. (2005), estudaram o efeito da irradiação gama em produtos fermentados à base de soja, e não encontraram alterações prejudiciais nas características sensoriais, embora a irradiação tenha promovido redução na quantificação de NH_3 através das doses de 10 e 20 kGy.

Villavicencio et al. (2000b), verificaram as alterações de alguns antinutricionais presentes em duas variedades de feijão (Carioca e Macaçar) quando submetidos a doses de irradiação de 0,5, 1, 2,5, 5 e 10 kGy. Depois de macerados e cozidos, os grãos apresentaram aumento nos teores de compostos fenólicos e diminuição no conteúdo de fitatos. Para taninos, a maceração e a cocção não afetaram os grãos da variedade carioca, mas promoveram aumento na variedade macaçar. O tratamento de irradiação reduziu taninos em ambas as variedades tanto cruas quanto cozidas e, diminuiu os compostos fenólicos em ambas as variedades, mas somente quando cozidas.

2.3.2 Efeitos da irradiação sobre alguns antinutrientes

Os inibidores de protease presentes em plantas são um grupo de diversos compostos que inibem a digestão de proteínas em animais, especialmente nos monogástricos, o que pode acarretar na diminuição do crescimento. Alguns desses compostos, por exemplo, os inibidores de tripsina podem causar aumento de secreção de enzimas digestivas, incluindo tripsina e quimotripsina e induzir a hipertrofia e hiperplasia (LIENER, 1994).

Relações significativas foram descritas em ervilhas entre a redução da atividade inibitória da tripsina e o tempo de maceração de grãos irradiados e não irradiados, e entre a redução da atividade inibitória da tripsina e o aumento na dose de irradiação (de 0,25 e 1 kGy), sem que haja efeito sobre as proteínas (SATTAR; ATTA; AKHTAR, 1990).

Reduções de cerca de 54% na atividade inibitória da tripsina foram encontradas em grãos de soja submetidos a doses de irradiação de 10 kGy (FARAG, 1999). Já Al-Kaisey et al. (2003), estudaram feijões irradiados e encontraram reduções de 4,5 %, 6,7 %, 8,5 % e 9,2 % com doses de 2,5, 5, 7,5 e 10 kGy, respectivamente.

A degradação dos inibidores de protease expostos à radiação gama é diretamente proporcional à dose de irradiação. Em grãos de soja o nível de inativação dos inibidores de tripsina aumentam linearmente com as doses de irradiação (41,8, 56,3, 62,7 e 72,5 % de redução da atividade inibitória com doses de radiação de 5, 15, 30 e 60 kGy, respectivamente) (FARAG, 1998). O autor sugere que a efetiva desativação desse fator antinutricional presente na soja pode ser obtido com doses de irradiação superiores a 60 kGy.

El-Morsi et al. (1992), atribuem a inativação dos inibidores de tripsina em amostras irradiadas de feijão a destruição dos grupos di-sulfito (-S-S-). Lee (1962), observou que grupos sulfidril (-SH) e di-sulfito (-S-S-) de proteínas são aparentemente susceptíveis à irradiação.

Khattak e Klopfenstein (1989), também relatam que os aminoácidos sulfurosos podem sofrer danos com a irradiação, principalmente em leguminosas.

Iyer et al. (1980b), reportam que a radiação gama em doses de 1 a 5 kGy, em amostras desidratadas de feijão, assim como a cocção é efetiva na redução da atividade dos inibidores de tripsina e quimotripsina.

Hafez et al. (1985) irradiando o inibidor de tripsina puro da soja com dose de 100 kGy não encontraram alteração em sua atividade. No entanto, 98,7 % de redução da atividade inibitória da tripsina foi encontrada quando esse inibidor foi irradiado em solução aquosa.

Abu-Tarboush (1998), verificou que doses de 7 e 10 kGy reduziram o conteúdo de taninos em uma variedade de sorgo. A redução foi semelhante à encontrada quando o material foi submetido a tratamentos de fermentação e maceração.

2.4 Objetivos

O objetivo do estudo foi o de avaliar as diferenças entre 5 cultivares de grãos de soja (cultivar BRS 212, cultivar BRS 213, cultivar BRS 214, cultivar BRS 231 e cultivar Embrapa 48) gentilmente cedidos pela Embrapa e analisar as possíveis alterações físico-químicas e nutricionais promovidas por diferentes doses de radiação (0, 2, 4 e 8 kGy) nos grãos de soja crus e cozidos, através da realização de análises físicas de tempo de hidratação e tempo de cocção, caracterização da composição química, digestibilidade *in vitro* e porcentagem de desaminação da proteína e fatores antinutricionais (fenólicos totais, inibidores de tripsina, e taninos).

2.5 Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” / USP, Piracicaba, SP.

2.5.1 Matéria-prima

Os cultivares utilizados no presente trabalho são produtos da EMBRAPA Soja – Londrina, e fazem parte da safra agrícola de 2003/2004. Os cultivares precoces foram colhidos até 115 dias e os semi-precoces entre 116 a 125 dias após o plantio (EMBRAPA, 2003).

O cultivar de soja BRS 212 apresenta grupo de maturação precoce e é semeado preferencialmente no final de outubro e durante o mês de novembro, em todos os solos corrigidos

e bem adubados. Sua área de adaptação são os Estados do Paraná e São Paulo. É resistente à podridão parda da haste, ao cancro da haste, à mancha “olho-de-rã” e ao oídio e susceptível ao mosaico comum da soja e ao vírus necrose da haste. Tem boa resistência ao acamamento e é exigente em fertilidade; tem boa qualidade da semente e boa arquitetura da planta. Sua genealogia é o cruzamento IAS 5*3 X BR89-11983 e tem peso médio de 100 sementes igual a 17,8 gramas, altura da planta é de 84 cm, a cor da flor é branca com cor do hilo marrom e pubescência cinza. O teor de proteína é 38% e teor de óleo 19,9% (EMBRAPA, 2003).

O cultivar de soja BRS 213 é considerado próprio para o consumo humano por apresentar ausência das enzimas lipoxigenases, conferindo sabor mais suave aos grãos. Tem maturação precoce e é semeado preferencialmente no início de novembro a meados de dezembro, em solos corrigidos e de boa fertilidade. É indicado para os Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Apresenta resistência ao cancro da haste, à mancha “olho-de-rã”, à podridão parda da haste e ao *Meloidogyne incógnita* (nematóide de galha), moderada resistência ao *Meloidogyne javanica* (nematóide de galha) e ao oídio, e é susceptível ao mosaico comum da soja e ao vírus da necrose da haste. É um cultivar apropriado para produção no sistema orgânico, apresenta boa resistência ao acamamento e boas características para alimentação humana. Tem genealogia do cruzamento BR94-23354 x BR94-23321, peso médio de 100 sementes de 16,5 gramas, altura da planta de 85 cm, a cor da flor é branca e a cor do hilo é amarela com pubescência cinza. O teor de proteína é 39,7% e teor de óleo 19,2% (EMBRAPA, 2003).

O cultivar de soja BRS 214 possui maturação semi-precoce, sendo semeado preferencialmente no início de novembro a meados do mês de dezembro, em solos corrigidos e de boa fertilidade. É indicado para os Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Apresenta resistência ao cancro da haste, ao vírus da necrose da haste e à mancha “olho-de-rã”, moderada resistência a *Meloidogyne incógnita* e ao oídio, e susceptível à podridão parda da haste, à *Meloidogyne javanica* e ao mosaico comum da soja. É moderadamente resistente ao acamamento e apresenta bom potencial produtivo. Tem como genealogia o cruzamento entre (Sharkey) X (Hartwig x BR92-31814), apresenta peso médio de 100 sementes de 15,3 gramas, altura da planta de 89 cm, a cor da flor é branca e a cor do hilo é marrom clara com pubescência cinza. O teor de proteína é 39% e teor de óleo 20,6% (EMBRAPA, 2003).

Já o cultivar de soja BRS 231 foi um lançamento, com maturação semi-precoce e é semeado preferencialmente a partir de 20 de outubro e durante o mês de novembro. É indicado

para os Estados do Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Apresenta resistência ao cancro da haste, à mancha “olho-de-rã”, ao vírus da necrose da haste e ao nematóide de cisto (raças 1 e 3), moderada resistência ao *Meloidogyne incógnita*, e moderada susceptibilidade ao oídio, susceptível à podridão parda da haste, ao mosaico comum da soja e ao *Meloidogyne javanica* (nematóide de galha). Tem como genealogia o cruzamento (Sharkey) X (Hartwing x BR92-31814), apresenta peso médio de 100 sementes de 15,6 gramas com altura da planta de 91 cm, com a cor da flor branca e cor do hilo marrom clara com pubescência cinza. O teor de proteína é de 40,2% e o de óleo 21,2% (EMBRAPA, 2003).

O cultivar de soja Embrapa 48 faz parte do grupo de maturação semi-precoce e é semeado a partir de 25 de outubro e durante o mês de novembro, em solo de média e alta fertilidade. A área indicada para semeadura nos fica nos Estados do Paraná, Santa Catarina, São Paulo e sul do Estado do Mato Grosso do Sul. Não deve ser plantado antes de 25 de outubro nos locais quentes dos Estados do Paraná e São Paulo e no sul do Mato Grosso do Sul e possui boas características para alimentação humana. É um cultivar resistente à mancha “olho de rã” e a podridão parda da haste; moderadamente resistente ao cancro da haste e a *M. javanica*; susceptível ao oídio e ao mosaico comum da soja. Possui alto potencial de rendimento comparado com cultivares de ciclo precoce, boa ramificação lateral, boa tolerância à seca. Tem como genealogia o cruzamento entre (Davis x Paraná) X (IAS 4 x BR-5). O peso médio de 100 sementes é de 15 gramas com cor da flor branca e cor do hilo marrom clara com pubescência cinza. A altura de planta é de 80 cm. Os grãos apresentam teor de proteína de 39,1% e de óleo de 21,4% (EMBRAPA, 2003).

2.5.2 Preparo das amostras

Os grãos crus foram tratados com raios gama, nas dosagens de 0, 2, 4 e 8 kGy, originados de um irradiador de Cobalto⁶⁰ (Irradiador Comercial Multipropósito, tipo compacto, com taxa de dose de 12 kGy/hora), no IPEN (Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares) na cidade de São Paulo. A taxa de dose efetivamente recebida pelo material foi de 2,09 a 3,02 nas amostras irradiadas com 2 kGy, de 3,50 a 5,08 para as irradiadas com 4 kGy e de 7,04 a 9,12 nas irradiadas com 8 kGy, medidas com o dosímetro Amber, Batch: P., espectrofotômetro Genesys – 20, leitura 603 nm, temperatura 35 °C.

Após a irradiação, uma parte dos grãos inteiros foi utilizada para os testes de hidratação e cocção, e a outra parte dividida para análise dos grãos crus e cozidos. Para analisar os grãos crus, as amostras foram trituradas em moinho de facas e peneiradas em malha de 30 *mesh* com a finalidade de obtenção da farinha a ser utilizada para as demais análises. Essa farinha foi armazenada em saco de polietileno, fechado e mantida em temperatura de refrigeração (4 °C). As amostras destinadas à realização das análises nos grãos cozidos foram maceradas por 10 horas em água destilada na proporção 1:3, a água foi desprezada e adicionada água destilada na proporção 1:2. As amostras foram cozidas em autoclave à 121 °C por 10 minutos, conforme metodologia sugerida por Molina; Fuente e Bressani (1975). Após o cozimento as amostras foram colocadas em bandejas de alumínio e secas em estufa de circulação de ar forçada à temperatura de 50–55 °C até peso constante (aproximadamente 24 horas). Todas as análises foram realizadas em triplicata e os resultados foram expressos em base seca.

2.5.3 Análises físicas

2.5.3.1 Tempo de hidratação

O tempo de hidratação dos grãos foi determinado à temperatura ambiente com 10 gramas de grãos para 50 mL de água destilada, com intervalos de medidas de 1 em 1 hora, até que a leitura estabilizasse por três vezes consecutivas (MORRIS; OLSON; BEAN, 1950).

2.5.3.2 Tempo de cocção

Os mesmos grãos utilizados para a análise de tempo de hidratação foram utilizados para a medida do tempo de cocção, que foi medido pelo uso de equipamento de cocção de Mattson, conforme o proposto por Burr; Kon e Morris (1968), colocado em Becker de 4 litros contendo 2

litros de água fervente. O tempo ótimo de cocção foi definido como o tempo necessário para que 13 hastes perfurassem os grãos.



Figura 1 – Equipamento de cocção de Mattson com os grãos de soja hidratados.

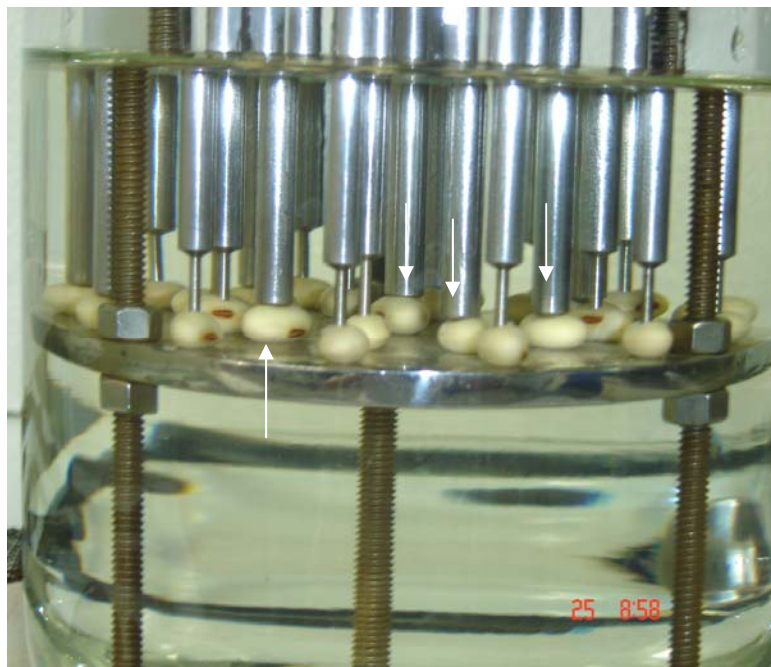


Figura 2 – Detalhe da queda das hastes no Equipamento de cocção de Mattson.

2.5.4 Análises químicas

2.5.4.1 Composição Centesimal

As análises químicas de teor de umidade, proteína bruta, extrato etéreo e de cinza foram realizadas de acordo com a metodologia indicada pela Association of Official Analytical Chemists - AOAC (1995).

Para determinação do teor da matéria seca, foi utilizado o método gravimétrico em que as amostras foram secas em estufa a 105 °C, até peso constante.

A cinza foi determinada pela incineração da amostra em mufla à temperatura de 550-600 °C por 4 horas.

O teor de nitrogênio total foi determinado pelo método Microkjeldahl, sendo o teor protéico determinado multiplicando-se o conteúdo de nitrogênio total pelo fator 5,71.

O extrato etéreo foi determinado utilizando-se o extrator de Soxhlet. Na extração foi utilizado como solvente o éter etílico à temperatura de 45-50 °C em refluxo contínuo da amostra por 6 horas. Recuperado o éter etílico, os tubos foram retidos e colocados em estufa por 20 minutos a 100 °C, deixando esfriar em dessecador e pesados, sendo obtida a quantidade de lipídeos por diferença do peso do tubo.

Os carboidratos foram obtidos por diferença $100\% - (\% \text{ proteína} + \% \text{ fibra} + \% \text{ cinza} + \% \text{ extrato etéreo})$.

O teor de fibra dietética foi determinado de acordo com o Asp et al. (1983). Esse ensaio determina o conteúdo de fibra solúvel e insolúvel dos alimentos usando uma combinação dos métodos enzimáticos e gravimétricos.

2.5.4.2 Digestibilidade da proteína

A digestibilidade *in vitro* foi determinada segundo metodologia descrita por Akesson e Stahmann (1964). A metodologia utiliza solução ácida de pepsina e solução básica de pancreatina para promover a digestão e expressa os resultados em porcentagem de proteína digerida.

2.5.4.3 Porcentagem de desaminação

A desaminação foi calculada usando o resultado da determinação de amônia através do método Microkjeldahl, segundo AOAC (1995), com relação ao conteúdo de nitrogênio amino, realizado segundo Shih (1990), que consiste em hidrólise protéica e posterior quantificação de nitrogênio total pelo método Microkjeldahl.

$\% \text{ desaminação} = (\text{quantidade de amônia} / \text{quantidade de nitrogênio amino}) \times 100$

2.5.5 Fatores antinutricionais

2.5.5.1 Fenólicos totais

A determinação da concentração de fenólicos totais foi realizada segundo metodologia descrita por Swain e Hillis (1959), através de extração com metanol, adição de reagente Folin-Denis, saturação com carbonato de sódio e posterior leitura de absorbância à 725 nm. O padrão utilizado para realização da curva padrão foi a catequina, e os resultados expressos em mg/g de amostra.

2.5.5.2 Inibidor de tripsina

A atividade inibitória de tripsina foi determinada de acordo com Kakade; Simons e Liener (1969), utilizando benzoil-DL-arginina- ρ -nitroanilida (BAPA) como substrato. Uma unidade de tripsina inibida (UTI) foi definida arbitrariamente como o aumento de 0,01 unidades de absorbância a 410 nm por 10 mL do meio de reação. Os resultados foram expressos como UTI por grama de amostra e UTI por grama de proteína, determinada pelo método da AOAC (1995).

2.5.5.3 Determinação de taninos

Os taninos foram analisados segundo metodologia descrita por Price; Hagerman e Buther (1980), através de extração com metanol e posterior reação colorimétrica com solução de vanilina e leitura a 500 nm em espectrofotômetro, obtendo-se assim a concentração de taninos a partir de uma curva padrão de catequina, sendo os resultados expressos em mg/g de amostra.

2.6 Forma de análise dos resultados

O delineamento experimental empregado foi inteiramente ao acaso, com três repetições por tratamento. Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste F, e a comparação das médias obtidas nos diferentes tratamentos analisada segundo teste de Tukey ($p < 0,05$). Foram analisados separadamente os efeitos dos diferentes tratamentos utilizados. Para os resultados referentes as 4 doses de irradiação foram utilizadas as médias dos 5 cultivares estudados, para os resultados referentes aos cultivares foram utilizadas as médias das 4 doses de irradiação utilizadas, e para o tratamento de cocção foi utilizada média das 4 doses de irradiação e dos 5 cultivares.

Posteriormente foram realizadas correlações entre os dados de porcentagem de desaminação, inibidor de tripsina e taninos, ao nível de 5 % para avaliar os efeitos inteferentes na digestibilidade *in vitro* da proteína (PIMENTEL – GOMES, 1982), com utilização do programa SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 1996).

2.7 Resultados e discussões

2.7.1 Análises físicas

2.7.1.1 Tempo de hidratação

Nas figuras 3 e 4 são apresentados os comportamentos da hidratação dos diferentes cultivares utilizados e das diferentes doses de irradiação, respectivamente.

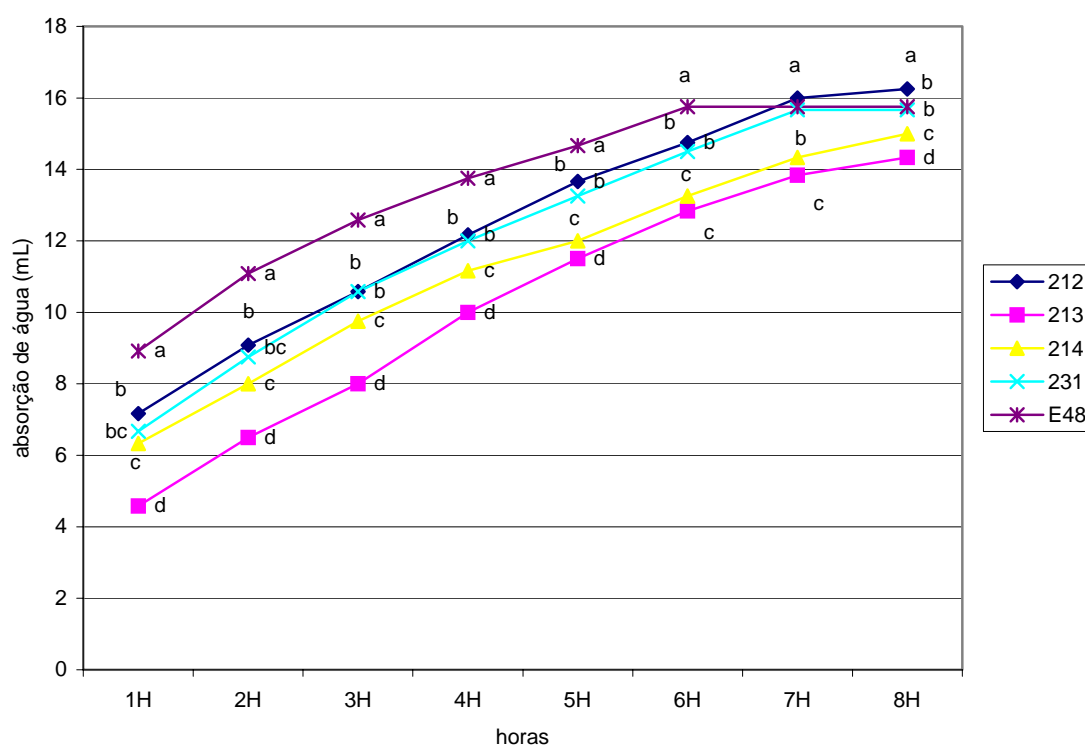


Figura 3 – Quantidade de água absorvida no período de tempo de hidratação dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

Através da Figura 3, que mostra a hidratação dos diferentes cultivares estudados obtida através de média das doses de irradiação utilizadas, verifica-se que durante as duas primeiras horas de hidratação o cultivar E48 foi o que mais absorveu água (8,9 mL na primeira hora e 11,1

após 2 horas), diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares. O cultivar 212 absorveu 7,1 mL na primeira hora e 9 mL após 2 horas e não diferiu do cultivar 231 que absorveu 6,6 mL e 8,7 mL. Este último por sua vez não apresentou diferença com relação ao cultivar 214 (6,3 mL e 8 mL). O cultivar 213 foi o que teve menor absorção (4,5 mL e 6,5 mL). Apenas o cultivar E48 dobrou seu peso já na segunda hora de hidratação.

Com três horas de hidratação o cultivar E48 continuou sendo o que mais absorveu água (12,5 mL) e diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) dos cultivares 231 (10,5 mL) e 212 (10,5 mL), que não diferiram entre si. Os cultivares 214 (9,7 mL) e 213 (8 mL) também apresentaram diferença estatística com relação aos demais cultivares. Os cultivares 212 e 231 atingiram o dobro do seu peso com tre horas de hidratação.

Com quatro horas de hidratação os cultivares 213 e 214 atingiram o dobro do seu peso. O mesmo comportamento na absorção permaneceu até a sexta hora de hidratação, sendo que as diferenças estatísticas entre os cultivares foram iguais até a quinta hora de hidratação, com o cultivar E48 absorvendo mais água e diferindo dos demais ($p \leq 0,05$). Os cultivares 212 e 231 não apresentaram diferença significativa entre si e os cultivares 214 e 213 diferiram entre si ($p \leq 0,05$) e com relação aos demais cultivares.

Na sexta hora, o cultivar 214 (13,2 mL) não apresentou diferença significativa em relação ao cultivar 213 (12,8 mL).

Após sete horas de hidratação o cultivar 212 passou a absorver mais água (16 mL), mas não diferiu dos cultivares E48 (15,7 mL) e 231 (15,6 mL). Os cultivares 214 (14,3 mL) e 213 (13,8 mL) continuaram a diferir entre si ($p \leq 0,05$) e com relação aos demais cultivares.

É possível notar que os grãos que atingiram o dobro do seu peso em menos tempo de hidratação foram os que absorveram maior quantidade de água.

Tabela 1 - Volume de água destilada absorvida (mL) após 8 horas de hidratação dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	16,00 ± 0,6 ^{1 a2}	16,00 ± 0,0 ^a	16,66 ± 0,6 ^a	16,66 ± 0,0 ^a	16,33 ± 0,5 ^{A3}
213	15,00 ± 0,0 ^a	14,00 ± 0,0 ^b	14,00 ± 0,0 ^b	14,33 ± 0,6 ^{ab}	14,33 ± 0,5 ^D
214	15,00 ± 0,0 ^b	15,00 ± 0,0 ^b	16,00 ± 0,0 ^a	14,00 ± 0,0 ^c	15,00 ± 0,7 ^C
231	15,00 ± 0,0 ^b	15,33 ± 0,6 ^{ab}	15,66 ± 0,6 ^{ab}	16,66 ± 0,6 ^a	15,66 ± 0,8 ^B
E48	15,00 ± 0,0 ^c	16,00 ± 0,0 ^b	15,00 ± 0,0 ^c	17,00 ± 0,0 ^a	15,75 ± 0,9 ^B
Média doses	15,26 ± 0,6 ^b	15,26 ± 0,8 ^b	15,46 ± 1,0 ^{ab}	15,60 ± 1,3 ^a	

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Na oitava hora o cultivar a absorver mais água foi o 212 (16,2 mL) que diferiu de todos ($p \leq 0,05$) os cultivares. Os cultivares E48 (15,7 mL) e 231 (15,6 mL) não diferiram entre si, porém foram estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$) dos cultivares 214 (15 mL) e 213 (14,3 mL).

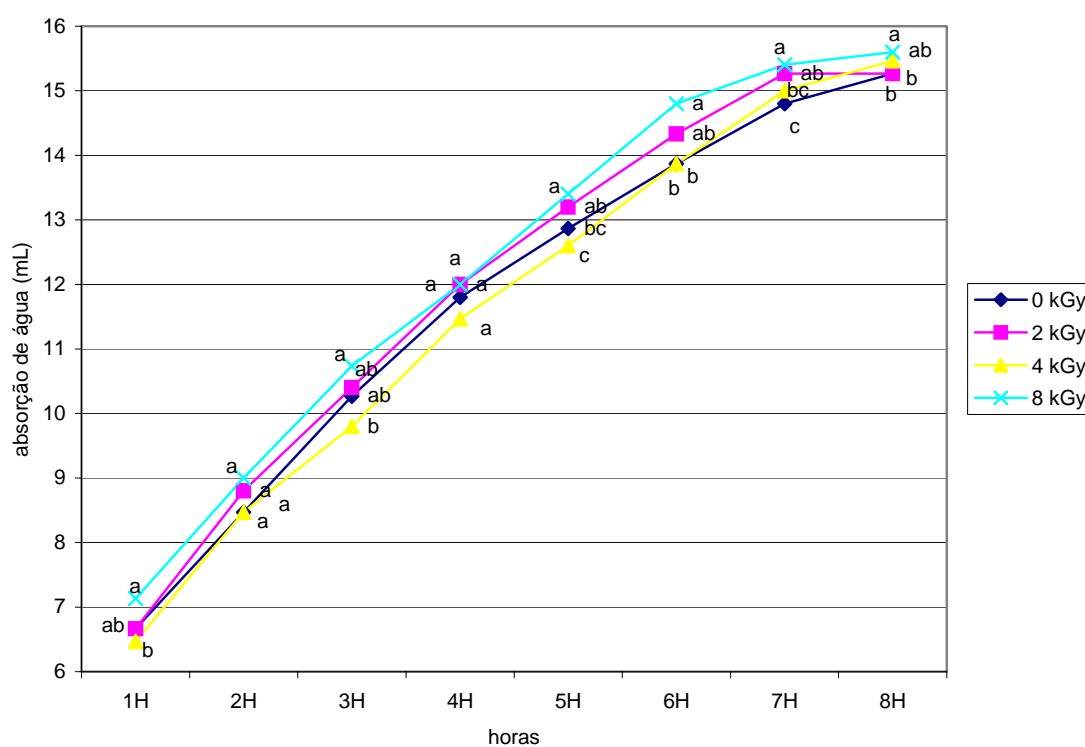


Figura 4 – Quantidade de água absorvida no período de tempo de hidratação das quatro doses analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

Na primeira hora de hidratação (Figura 4, que indica a hidratação das doses de irradiação obtida através de média dos cinco cultivares) a dose de 8 kGy promoveu maior absorção de água (7,1 mL), apresentando diferença significativa ($p \leq 0,05$) somente com a dose de 4 kGy (6,4 mL). O controle (6,6 mL) e a dose de 2 kGy (6,6 mL) não diferiram estatisticamente dos demais.

Na segunda hora não houve diferença estatística entre nenhuma das doses de radiação utilizadas, sendo que a dose de 8 kGy promoveu absorção de 9 mL, a dose de 2 kGy absorção de 8,8 mL, o controle não irradiado absorção de 8,4 mL e a dose de 4 kGy promoveu absorção de 8,4 mL de água.

Após três horas de hidratação a dose de 8 kGy (10,7 mL) repetiu o desempenho da primeira hora e só diferiu ($p \leq 0,05$) da dose de 4 kGy (9,8 mL). As demais doses (2 kGy – 10,4 mL e o controle – 10,2 mL) não apresentaram diferença significativa em relação às demais doses.

Assim como na segunda hora de hidratação, na quarta hora não houve diferença significativa entre as doses, sendo que as doses de 8 e 2 kGy absorveram 12 mL, o controle não irradiado absorveu 11,8 mL e a dose de 4 kGy absorveu 11,4 mL de água.

Com cinco horas de hidratação a dose de 8 kGy (13,4 mL) não apresentou diferença com relação à absorção promovida pela dose de 2 kGy (13,2 mL), esta, por sua vez, não diferiu significativamente do controle (12,9 mL) e este não foi diferente ($p > 0,05$) da absorção promovida pela dose de 4 kGy (12,6 mL).

Na sexta hora de hidratação a dose de 8 kGy (14,8 mL) não apresentou diferença significativa com relação à dose de 2 kGy (14,3 mL) mas diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) das demais doses. A dose de 2 kGy, o controle não irradiado (13,8 mL) e a dose de 4 kGy (13,8 mL) não apresentaram diferença entre si.

Já na sétima hora de hidratação a dose de 8 kGy (15,4 mL) não diferiu da dose de 2 kGy (15,2 mL), e esta não apresentou diferença com relação à dose de 4 kGy (15 mL). O controle (14,8 mL) não diferiu ($p > 0,05$) estatisticamente da dose de 4 kGy.

Com oito horas de hidratação as amostras irradiadas com 8 kGy (15,6 mL) não apresentaram diferença com relação à absorção das irradiadas com 4 kGy (15,4 mL). As doses de 2 kGy (15,3 mL) e o controle (15,3 mL) não diferiram da dose de 4 kGy.

Tabela 2 - Tempo de hidratação (horas) e volume de água destilada absorvida (mL) pelos grãos (média das quatro doses de radiação utilizadas: 0, 2, 4 e 8 kGy).

Cultivares	Controle		Dose 2 kGy		Dose 4 kGy		Dose 8 kGy	
	Tempo (Hs)	Volume (mL)	Tempo (Hs)	Volume (mL)	Tempo (Hs)	Volume (mL)	Tempo (Hs)	Volume (mL)
212	10	16,33	9	16	9	16,67	9	16
213	12	17	10	14	10	14	10	14,33
214	11	16	11	16	10	16	9	14
231	9	15	9	15,33	9	15,66	8	16,33
E48	8	15	8	16	8	15	8	17

O tempo necessário para a estabilização da absorção variou entre as cultivares e doses (Tabela 2), sendo somente apresentada a comparação até 8 horas, pois este foi o tempo mínimo encontrado para todas as amostras analisadas. É possível notar que a irradiação promoveu diminuição do tempo de hidratação em todos os cultivares. Já com relação à quantidade de água absorvida, as diferenças apresentadas não tiveram relação com a irradiação.

De acordo com Wang et al. (1979), além de outros fatores, o tamanho e o cultivar dos grãos de soja podem também afetar a velocidade de absorção de água. Desta forma, os autores sugerem que os cultivares que possuem os maiores de volume de grão apresentaram velocidade mais rápida de absorção de água, embora tenha havido também influência da cultivar. Tal afirmação difere do encontrado no presente trabalho, pois por tamanho temos a seguinte seqüência de cultivares: 212, 213, 231, 214 e E48 (do maior para o menor), já por velocidade de absorção a seqüência foi: E48, 231, 212, 214 e 213 (do mais rápido para o menos rápido).

Segundo Esteves; Abreu e Santos (2002), a absorção de água pelos grãos recebe interferência das características do tegumento dos grãos, como espessura, peso, aderência aos cotilédones, elasticidade, porosidade e propriedades coloidais.

Pode-se afirmar que existe variação do tempo de máxima hidratação dos grãos em função do genótipo e das condições ambientais a que esses grãos são submetidos durante todo o seu desenvolvimento (CARBONELL; CARVALHO; PEREIRA, 2003).

2.7.1.2 Tempo de cocção

Nas Figuras de 5 e 6 são apresentados os comportamentos da cocção dos diferentes cultivares utilizados e das diferentes doses de radiação.

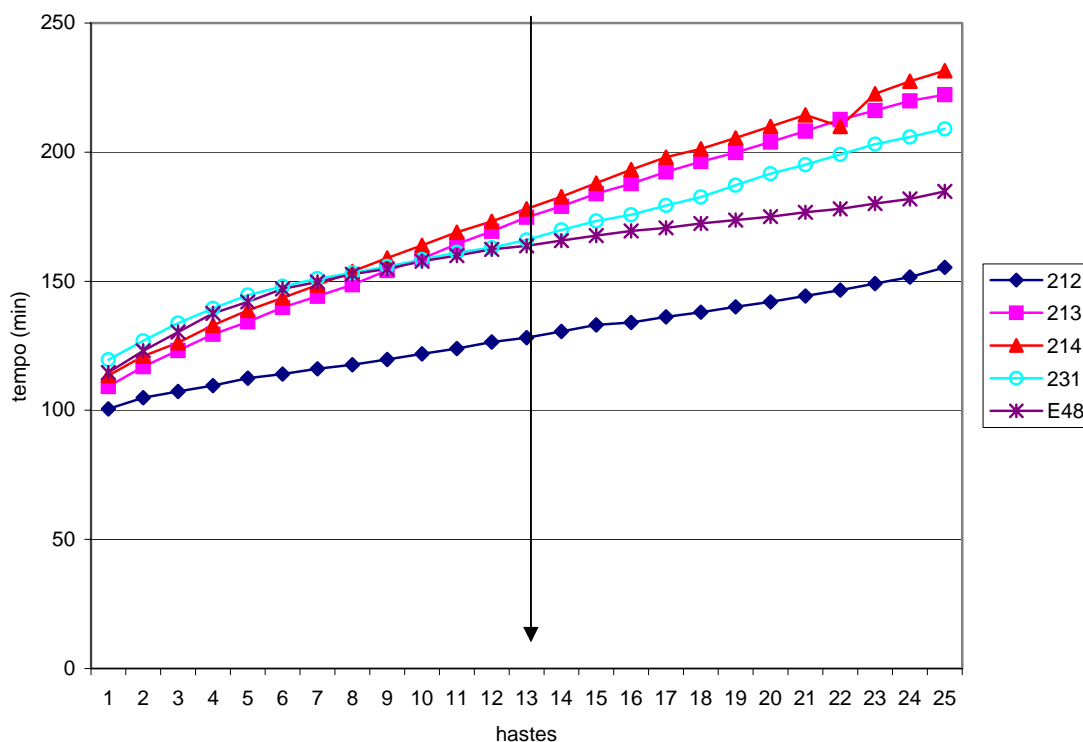


Figura 5 – Tempo de cocção dos cultivares (212, 213, 214, 231 e E48).

Pela Figura 5, que mostra o tempo de cocção dos cultivares estudados obtido através de média das doses de irradiação utilizadas, nota-se que até a haste número 7 não houve alteração com relação à ordem dos tempos de queda para todos os cultivares, sendo o cultivar 231 o mais difícil de amolecer, seguido pelos cultivares E48, 214, 213 e o cultivar 212 foi o de mais fácil amolecimento.

O cultivar 212 foi o que apresentou grãos que amoleceram mais rapidamente (100,58 minutos), indicando mais fácil amolecimento diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) das demais cultivares. O cultivar 231 (119,58 minutos) foi de mais difícil amolecimento e não apresentou diferença significativa com relação ao cultivar E48 (114,67 minutos).

O mesmo ocorreu com a haste número 2, sendo que o cultivar 231 levou 126,9 minutos e o cultivar 212, 104,8 minutos para o amolecimento dos grãos.

Já para as hastes números 3 e 4, o cultivar mais demorado para o amolecimento dos grãos foi o 231, que levou 133,7 e 139,5 minutos respectivamente, não diferindo do cultivar E48 (130,2 e 137,5 minutos), seguidos dos cultivares 214 (126,2 e 133 minutos) e 213 (123,2 e 129,4 minutos) que não tiveram diferença significativa entre si. O cultivar mais rápido foi o 212 que levou 107,2 e 109,5 minutos e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares.

Já para a haste número 5 o cultivar 231 (144,6 minutos) não diferiu significativamente do E48 (142 minutos). Este último por sua vez não apresentou diferença significativa com relação ao cultivar 214 (138,7 minutos). Os cultivares 213 (134,3 minutos) e 212 (112,5 minutos) diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares.

Na haste 6 ocorreu diferença ($p \leq 0,05$) entre os cultivares 231 (148,1 minutos) e E48 (147 minutos) e os demais cultivares: 214 (143,5 minutos), 213 (139,8 minutos) e 212 (114,1 minutos).

Para a haste 7 os únicos cultivares a diferirem significativamente ($p \leq 0,05$) foram o 213 (144,1 minutos) e 212 (116 minutos), que foram os mais rápidos em relação aos demais.

Na haste 8 houve alteração na ordem de amolecimento dos cultivares, sendo o cultivar 214 (153,7 minutos) o mais demorado, seguido pelos cultivares 231 (153,1 minutos), E48 (152,7 minutos), 213 (148,6 minutos) e 212 (117,6 minutos); apenas os dois últimos diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares.

Essa ordem de cultivares permaneceu até a haste número 9, sendo que o cultivar 214 (159 minutos) não diferiu significativamente do cultivar 231 (155,7 minutos), e este por sua vez não diferiu dos cultivares E48 (154,7 minutos) e 213 (154,1 minutos). O cultivar 212 demorou 119,6 minutos para o amolecimento dos grãos na haste 9 e diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares.

A partir da haste número 10 a ordem de amolecimento passou a ser 214 (163,9 minutos), que diferiu ($p \leq 0,05$) dos cultivares 213 (158,7 minutos), 231 (158,4 minutos), E48 (157,7 minutos), que não apresentaram diferença significativa entre si, mas diferiram do cultivar 212 (121,9 minutos) que continuou a ser o mais rápido no amolecimento dos grãos.

Essa ordem permaneceu até o final do teste de cocção, na haste de número 25.

Na haste número 11 o cultivar 214 (169 minutos) diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) de todos os cultivares. O cultivar 213 (164,4 minutos) não diferiu do cultivar 231 (161,1 minutos), que por sua vez não apresentou diferença com relação ao cultivar E48 (159,9 minutos). O cultivar 212 (139,9 minutos) diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares e continuou a ser o mais rápido no amolecimento dos grãos.

Para a haste número 12 os únicos cultivares que não apresentaram diferença significativa foram o 231 (162,9 minutos) e o E48 (162,3 minutos).

Tabela 3 - Tempo de cocção médio (minutos) dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	151,00 ± 3,2 ^{1 a2}	147,00 ± 3,6 ^a	125,00 ± 1,5 ^a	89,30 ± 4,6 ^a	128,08 ± 25,7 ^{C3}
213	226,33 ± 1,0 ^a	188,00 ± 2,0 ^b	156,00 ± 1,0 ^c	128,67 ± 4,9 ^d	174,75 ± 38,1 ^A
214	224,00 ± 1,5 ^a	171,33 ± 0,6 ^b	169,33 ± 4,5 ^b	147,33 ± 1,0 ^c	178,00 ± 29,5 ^A
231	177,00 ± 3,2 ^a	170,67 ± 1,5 ^{ab}	163,00 ± 3,1 ^{bc}	153,33 ± 3,6 ^c	166,00 ± 9,8 ^B
E48	191,00 ± 5,6 ^a	164,33 ± 2,3 ^b	155,67 ± 0,6 ^{bc}	144,00 ± 5,6 ^c	163,75 ± 18,6 ^B
Média doses	193,87 ± 29,8 ^a	167,87 ± 13,7 ^b	154,20 ± 16,4 ^c	132,53 ± 24,1 ^d	

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Na tabela 3 encontram-se os valores de tempo para queda da haste de número 13, que é considerada o tempo de cocção médio dos grãos (onde metade +1 encontra-se cozido). Nesta haste o cultivar 214 foi o que levou maior tempo (178 minutos), não diferindo do cultivar 213 (174,7 minutos), seguidos dos cultivares 231 (166 minutos) e E48 (163,7 minutos), que não apresentaram diferença estatística entre si, por último o cultivar 212 (128,1 minutos) que diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares e apresentou o menor tempo médio para cocção dos grãos.

Na haste número 14 as diferenças estatísticas se repetiram, com o cultivar 214 (182,7 minutos) não diferindo do 213 (179 minutos) e os cultivares 231 (169,8 minutos) e E48 (165,7 minutos) não diferindo entre si. O cultivar 212 (130,5 minutos) diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) dos demais.

Já para a haste número 15 os únicos cultivares que não apresentaram diferença significativa foram os mais demorados: 214 (188,1 minutos) e 213 (184 minutos).

Nas hastes 16 e 17 todos os cultivares diferiram entre si ($p \leq 0,05$) com relação ao tempo de amolecimento dos grãos.

Para a haste número 18, os únicos cultivares a não diferirem foram o 214 (201,3 minutos) e 213 (196,4 minutos), como anteriormente observado na haste de número 15.

Nas hastes 19 e 20 novamente todos os cultivares apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) entre si.

Na haste número 21 se repetiu o ocorrido nas hastes 15 e 18 e somente os cultivares mais demorados não diferiram estatisticamente entre si.

Na haste número 22 o cultivar mais demorado passou a ser o 213 (212,6 minutos), seguido do 214 (210 minutos) e 231 (199,1 minutos), porém não apresentando diferença significativa entre si. Esses cultivares diferiram ($p \leq 0,05$) dos demais (E48 – 178 minutos, e 212 - 146,5 minutos).

Na haste número 23 a ordem de queda volta a ser a mesma que vinha ocorrendo desde a haste número 10, e até a haste número 25 todos os cultivares diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre si.

Tabela 4 - Tempo de cocção total (minutos) dos grãos irradiados com dose de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	184,66 ± 1,5 ^{1 a2}	174,33 ± 1,5 ^b	142,67 ± 2,1 ^c	119,67 ± 3,2 ^d	155,33 ± 27,0 ^{E 3}
213	271,33 ± 2,5 ^a	241,66 ± 1,5 ^b	204,00 ± 3,0 ^c	172,33 ± 3,8 ^d	222,33 ± 39,2 ^B
214	291,33 ± 2,5 ^a	240,33 ± 3,2 ^b	209,00 ± 4,0 ^c	185,33 ± 3,1 ^d	231,50 ± 41,5 ^A
231	236,67 ± 5,5 ^a	218,00 ± 4,0 ^b	198,00 ± 7,0 ^c	183,33 ± 5,0 ^d	209,00 ± 21,6 ^C
E48	224,67 ± 13,1 ^a	186,00 ± 4,4 ^b	167,00 ± 1,0 ^c	161,67 ± 4,2 ^c	184,83 ± 26,5 ^D
Média doses	241,73 ± 38,9 ^a	212,06 ± 28,7 ^b	184,13 ± 26,5 ^c	164,46 ± 25,0 ^d	

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

O cultivar 212 apresentou os grãos mais duros, pois foi o que demorou menos tempo para cocção dos grãos. Os cultivares 214 e 213 eram os mais moles e os cultivares 231 e E48 tiveram tempo de cocção intermediário.

É possível notar relação inversa entre hidratação e cocção (Figuras 3 e 5, Tabelas 1 e 4). Os cultivares que absorveram maiores quantidades de água em oito horas de hidratação foram os que apresentaram menor tempo para cocção dos grãos. O que concorda com o relatado por

Rodrigues, Ribeiro e Londero (2005), que coloca que em genótipos com maior capacidade de absorção se terá maior facilidade de cozimento.

Garcia-Vela e Stanley (1989), relatam que a capacidade de cocção está relacionada à rápida absorção de água pelos grãos antes do cozimento. A cultivar E48 foi a mais rápida para a absorção (Tabela 2) e apresentou tempo intermediário para cocção, indicando que este não é o único fator determinante.

Vieira, Cabral e Paula (1997), encontraram tempos de cozimento entre 155 e 219 minutos para grãos de soja, sendo que o tempo de cozimento correlacionou-se com a absorção de água dos grãos, ou seja, quanto maior a absorção menor foi o tempo de cozimento, concordando com os dados apresentados nas tabelas 1 e 3. Segundo Scholz e Fonseca Júnior (1999)¹ apud Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), o tempo de cozimento de grãos de feijão depende da capacidade de absorção de água e das características do tegumento do grão. Os autores avaliaram correlações fenotípicas e descobriram correlação negativa significativa entre o tempo de cocção e a concentração de solúveis totais no caldo após o cozimento, indicando que essas características provavelmente estivessem associadas com as características do tegumento de cada genótipo.

Segundo Carbonell, Carvalho e Pereira (2003), que estudaram alguns genótipos de cultivares de feijão, as diferenças com relação ao tempo de cocção se devem a componentes genéticos e ambientais, relacionados com épocas e locais de cultivo e possivelmente interação destes efeitos. Nos dados encontrados a única variação se deve aos genótipos, já que o local e época de plantio são os mesmos. Já para Dalla Corte, Moda-Cirino e Scholz (2003), as qualidades tecnológicas e nutricionais das leguminosas são determinadas em parte pelo genótipo e influenciadas pelas condições do ambiente durante o desenvolvimento da planta e dos grãos. De acordo com esses autores, a qualidade dos grãos para o cozimento é afetada por fatores climáticos com a alta temperatura no período de aumento dos grãos, práticas de cultivo, beneficiamento pós-colheita, condições de armazenamento e tecnologia de processamento.

¹ SCHOLZ, M.B.S.; FONSECA JÚNIOR, N.S. Efeitos de ambiente, dos genótipos e da interação genótipos x ambiente na qualidade tecnológica do feijão do grupo cores no estado do Paraná. Goiânia: Embrapa Arroz e Feijão. 1999. v. 1, p. 339 – 342.

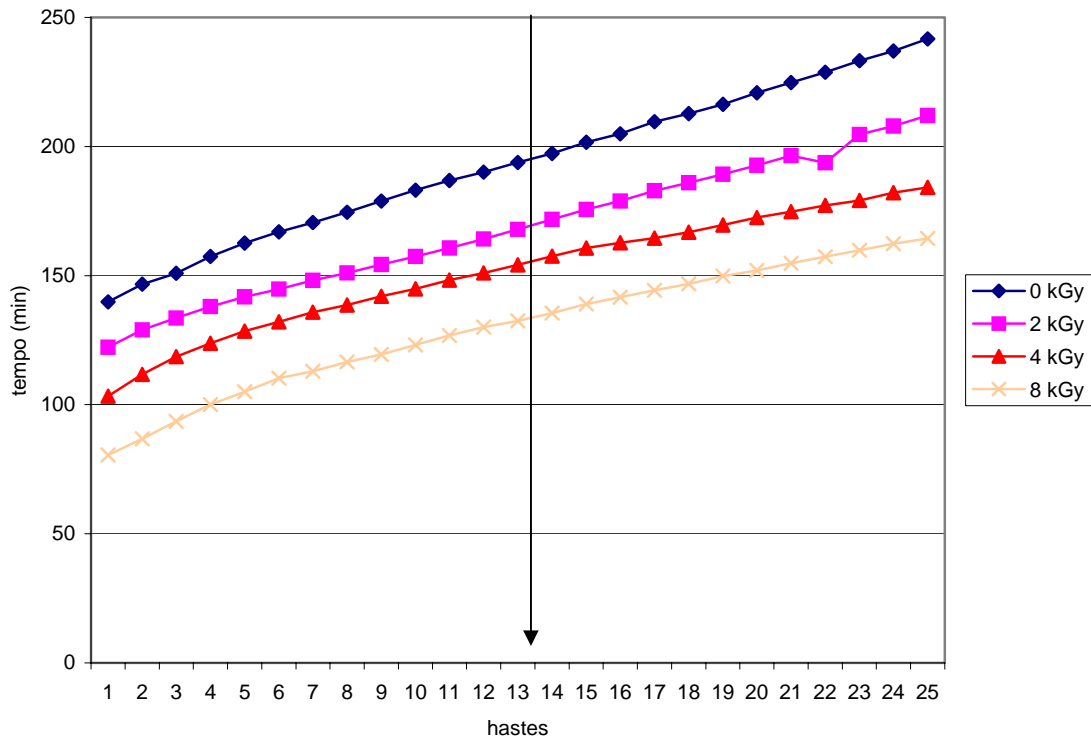


Figura 6 – Tempo de cocção das quatro doses (0, 2, 4 e 8 kGy).

A ação do tratamento de irradiação é visível pela Figura 6. Desde a haste número 1 até a haste número 25, as amostras não irradiadas tiveram o maior tempo, seguidas pelas amostras irradiadas com 2 kGy, 4 kGy e por último as irradiadas com dose de 8 kGy, que tiveram menor tempo de derrubada das hastes.

Para as 25 hastes do experimento houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre as doses de irradiação utilizadas, sendo que o aumento das doses promoveu diminuição no tempo de queda das hastes.

O tempo médio de cocção (haste 13) (Tabela 3) mostrou que a irradiação influenciou diminuindo o mesmo com o aumento da dose.

Aqui novamente nota-se a relação inversa entre a hidratação e cocção dos grãos, onde as doses que promoveram maior absorção de água apresentaram menor tempo de cocção.

Iyer et al. (1980a), encontraram redução de cerca de 50 % no tempo de cocção de feijões macerados e irradiados com dose de 5 kGy. No presente trabalho houve redução de 12,27 % nas amostras irradiadas com dose de 2 kGy, 23,82 % para as irradiadas com dose de 4 kGy e 31,96 %

para as amostras irradiadas com dose de 8 kGy, com relação aos grãos sem irradiação, valores esses menores do encontrado por Iyer et al. (1980a).

2.7.2 Análises químicas

2.7.2.1 Composição Centesimal

As Tabelas de 5 a 9 e a Figura 5 apresentam os valores da composição centesimal dos grãos.

Tabela 5 – Porcentagem de cinza (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	5,54 ± 0,3 ^{1 a2}	5,69 ± 0,3 ^a	5,65 ± 0,4 ^a	5,60 ± 0,2 ^a
213	5,87 ± 0,3 ^a	6,08 ± 0,1 ^a	5,80 ± 0,4 ^a	6,04 ± 0,4 ^a
214	5,77 ± 0,3 ^a	5,61 ± 0,3 ^{ab}	5,84 ± 0,6 ^a	5,43 ± 0,5 ^b
231	6,06 ± 0,3 ^a	5,97 ± 0,5 ^a	5,97 ± 0,5 ^a	5,90 ± 0,1 ^a
E48	5,10 ± 0,5 ^a	4,95 ± 0,7 ^a	5,00 ± 0,5 ^a	4,90 ± 0,3 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

Quando consideradas as amostras cruas e cozidas juntas, os cultivares 212, 213, 231 e E48 não apresentaram diferença significativa com a irradiação nas doses de 0, 2, 4 e 8 kGy para o teor de cinza.

No cultivar 214, as amostras irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram maior teor de cinza, não diferindo do controle e das amostras irradiadas com dose de 2 kGy. A amostra que apresentou menor teor de cinza foi a irradiada com dose de 8 kGy, que não apresentou diferença significativa com a irradiada com 2 kGy.

Tabela 6– Porcentagem de proteína (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	31,32 ± 2,2 ¹ b ²	32,92 ± 1,4 ^a	31,74 ± 2,8 ^{ab}	32,46 ± 2,0 ^{ab}
213	32,87 ± 2,0 ^a	34,45 ± 1,0 ^a	31,99 ± 1,6 ^a	31,64 ± 2,4 ^a
214	36,99 ± 4,5 ^a	36,81 ± 1,1 ^a	36,08 ± 0,6 ^a	36,52 ± 1,2 ^a
231	33,09 ± 1,3 ^a	32,15 ± 4,3 ^a	31,34 ± 1,7 ^a	31,75 ± 3,0 ^a
E48	32,85 ± 3,8 ^a	32,99 ± 2,3 ^a	35,65 ± 3,1 ^a	32,97 ± 2,2 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

Quando consideradas as amostras cruas e cozidas juntas, os cultivares 212, 213, 214, 231 e E48 não apresentaram diferença significativa com a irradiação nas doses de 0, 2, 4 e 8 kGy para a porcentagem de proteínas presentes.

Tabela 7 – Porcentagem de gordura (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	24,17 ± 2,1 ¹ ab ²	23,04 ± 2,5 ^b	24,48 ± 0,8 ^{ab}	24,84 ± 2,5 ^a
213	19,22 ± 3,0 ^a	20,43 ± 2,8 ^a	20,40 ± 3,0 ^a	20,12 ± 2,0 ^a
214	19,90 ± 1,9 ^b	20,96 ± 2,3 ^{ab}	21,05 ± 1,4 ^a	20,98 ± 1,5 ^{ab}
231	21,97 ± 1,2 ^a	20,50 ± 3,7 ^a	21,88 ± 1,5 ^a	22,11 ± 2,1 ^a
E48	22,70 ± 2,0 ^a	23,43 ± 1,4 ^a	23,55 ± 1,7 ^a	23,57 ± 1,9 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

Para o cultivar 212, as amostras irradiadas com dose de 8 kGy foram as que obtiveram maior teor de gordura, não diferindo estatisticamente das amostras irradiadas com dose de 4 kGy e do controle. Estes por sua vez não diferiram das amostras irradiadas com dose de 2 kGy, que apresentaram menor teor de gordura.

Já no cultivar 214, as amostras irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram os teores de fibras solúveis mais elevados, e diferiram (p≤0,05) somente do controle, que apresentou os menores teores e não diferiu significativamente das amostras irradiadas com doses de 2 e 8 kGy.

No cultivar 213, 231 e E48 não houve diferença significativa entre os tratamentos de irradiação.

Byun et al. (1995), estudando o óleo extraído de grãos com e sem irradiação não encontraram alterações nos teores no perfil lipídico com doses de 0, 2,5, 5 e 10 kGy, o que concorda com os resultados apresentados na Tabela 7, onde a irradiação não promoveu alterações nos teores de gordura dos diferentes cultivares.

Tabela 8 – Porcentagem de fibra solúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	3,41 ± 0,5 ^{1 a2}	3,01 ± 0,1 ^b	3,35 ± 0,2 ^a	3,31 ± 0,4 ^{ab}
213	4,03 ± 1,1 ^a	3,72 ± 0,8 ^a	3,64 ± 1,1 ^a	3,32 ± 0,2 ^a
214	1,51 ± 0,7 ^a	1,53 ± 0,2 ^a	1,63 ± 0,1 ^a	1,37 ± 0,3 ^a
231	3,26 ± 1,4 ^b	3,38 ± 1,0 ^{ab}	3,32 ± 1,6 ^{ab}	3,81 ± 1,9 ^a
E48	2,70 ± 0,5 ^b	3,36 ± 1,1 ^a	3,02 ± 0,6 ^{ab}	2,99 ± 1,1 ^{ab}

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

Para o cultivar 212 as amostras não irradiadas obtiveram maior teor de fibras solúveis, e não apresentaram diferença significativa com relação às amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram menor teor e não apresentaram diferença com relação às amostras irradiadas com dose de 8 kGy.

No cultivar 213 e 214 não houve diferença significativa entre os tratamentos de irradiação para os teores de fibras solúveis.

Para o cultivar 231 as amostras irradiadas com dose de 8 kGy apresentaram os maiores teores de fibras solúveis, e diferiram (p≤0,05) somente do controle, que apresentou o menor teor e não diferiu significativamente das amostras irradiadas com doses de 2 e 4 kGy.

Já no cultivar E48, as amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram os teores de fibras solúveis mais elevados, e diferiram (p≤0,05) somente dos controles não irradiados, que apresentaram os menores teores e não diferiam significativamente das amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy.

Tabela 9 – Porcentagem de fibra insolúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	17,41 ± 3,2 ^{1 a2}	17,82 ± 3,5 ^a	17,59 ± 2,3 ^a	17,45 ± 2,8 ^a
213	16,23 ± 2,3 ^a	16,09 ± 2,3 ^a	16,19 ± 2,7 ^a	15,97 ± 2,9 ^a
214	16,25 ± 1,1 ^a	16,04 ± 1,4 ^b	16,16 ± 1,2 ^{ab}	16,23 ± 1,1 ^a
231	16,06 ± 1,3 ^b	16,34 ± 1,4 ^{ab}	16,00 ± 0,9 ^b	16,50 ± 0,8 ^a
E48	18,08 ± 1,5 ^a	18,09 ± 1,7 ^a	17,81 ± 1,4 ^a	18,87 ± 1,2 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Quando consideradas as amostras cruas e cozidas juntas, os cultivares 212, 213, e E48 não apresentaram diferença significativa para a porcentagem de fibras insolúveis com a irradiação nas doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Já no cultivar 214, o controle e as amostras irradiadas com 8 kGy apresentaram os teores de fibras insolúveis mais elevados, e diferiram ($p \leq 0,05$) somente das irradiadas com 4 kGy, que apresentaram os menores teores e não diferiam significativamente das amostras irradiadas com 4 kGy.

Para o cultivar 231, as amostras irradiadas com 8 kGy apresentaram os teores de fibras insolúveis mais elevados, e diferiram ($p \leq 0,05$) do controle e das irradiadas com 4 kGy, que apresentaram os menores teores. Estas não apresentaram diferença com relação as amostras irradiadas com 2 kGy.

Os dados obtidos da análise de composição centesimal para os grãos dos diferentes cultivares avaliados são apresentados na Figura 7 e Tabela 10.

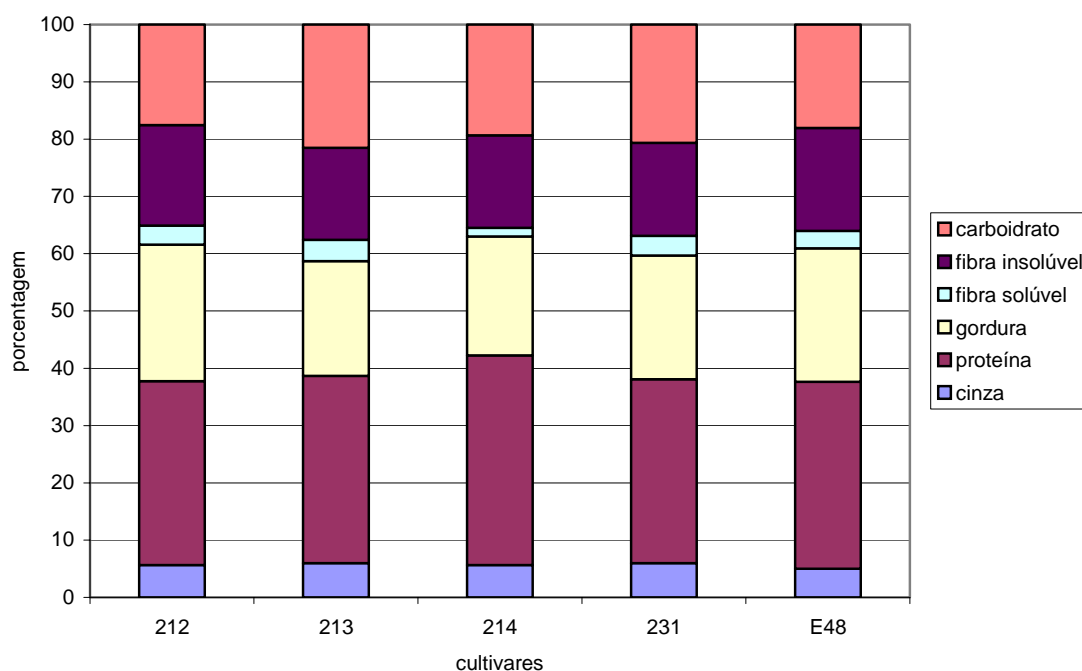


Figura 7 – Composição Centesimal dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

Tabela 10 - Composição Centesimal em base seca (g/100g de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

	212	213	214	231	E48
Carboidrato	17,55 ¹	21,50	19,34	20,68	18,08
Fibra insolúvel	17,57 ± 2,8 ² b ³	16,12 ± 4,8 ^c	16,17 ± 1,1 ^d	16,22 ± 1,1 ^c	17,96 ± 1,4 ^a
Fibra solúvel	3,27 ± 0,4 ^c	3,67 ± 1,7 ^a	1,51 ± 0,4 ^c	3,44 ± 1,4 ^b	3,01 ± 0,8 ^d
Gordura	23,88 ± 2,1 ^a	20,02 ± 5,0 ^c	20,72 ± 1,7 ^d	21,61 ± 2,3 ^c	23,31 ± 2,0 ^b
Proteína	32,11 ± 2,1 ^{bc}	32,74 ± 4,1 ^b	36,60 ± 2,3 ^a	32,08 ± 2,7 ^c	32,66 ± 2,8 ^{bc}
Cinza	5,62 ± 0,3 ^b	5,95 ± 0,7 ^a	5,66 ± 0,5 ^b	5,97 ± 0,4 ^a	4,98 ± 0,5 ^c

¹carboidratos disponíveis obtidos por diferença.

²média ± desvio padrão

³médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Os cultivares 231 e 213 foram os que apresentaram maiores teores de cinza, não diferindo entre si. O cultivar E48 diferiu dos demais ($p \leq 0,05$) cultivares e apresentou menor teor.

Segundo Bressani, Elías e Bhaham (1982), o teor de cinza em leguminosas varia de 2,5% a 4,2% na matéria seca, estando os resultados apresentados na Tabela 10 para os cultivares analisados acima desses valores.

Com relação ao teor de proteína, o cultivar 214 diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais e foi o que apresentou porcentagem maior desse nutriente. Os cultivares 213, E48 e 212 não diferiram entre si e o cultivar 231 foi o que apresentou menor teor de proteína e diferiu significativamente ($p \leq 0,05$) dos cultivares 214 e 213.

Os resultados encontrados ficaram abaixo dos resultados encontrados por Barcelos et al. (1999), de 40% de proteína na cultivar soja IAC PL-1. Bonato et al. (2000), estudaram o teor de proteína de alguns cultivares de soja brasileiros e encontraram variação de 37,75 a 42,28 % nos grãos. Costa (2002), relata teores de cerca de 30 % de proteína para grãos de soja.

Para a gordura, todos os cultivares apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$), sendo que o cultivar 212 apresentou maior teor, seguido pelos cultivares E48, 231, 214 e o cultivar 213 foi o que apresentou menor teor.

Os resultados encontrados concordam com os resultados encontrados por Barcelos et al. (1999), de 20 % de lipídeos em grãos crus de soja do cultivar IAC PL-1.

Bonato et al. (2000), estudando o teor de lipídeos de alguns cultivares de soja brasileiros encontraram uma variação de 18,91 a 21,92 % nos grãos. Costa (2002), relata teores de cerca de 18 % de gordura para grãos de soja. Monteiro et al. (2003), relataram valores de 23,74 % de gordura em farinha de soja integral.

Também houve diferença ($p \leq 0,05$) para todos os cultivares com relação à fibra solúvel e insolúvel. Para as solúveis, o cultivar 213 foi o que apresentou maior teor, seguido dos cultivares 231, 212, E48 e por último o cultivar 214. Já para as insolúveis o cultivar a apresentar maior teor foi o E48, seguido pelos cultivares 212, 231, 214 e por último o 213.

Os valores encontrados (Tabela 10) ficaram abaixo dos valores apresentados por Costa (2002), de cerca de 5,2 % de fibras solúveis para grãos de soja.

Para verificar o efeito da irradiação foi feita comparação da composição centesimal entre as doses utilizadas (Figura 8).

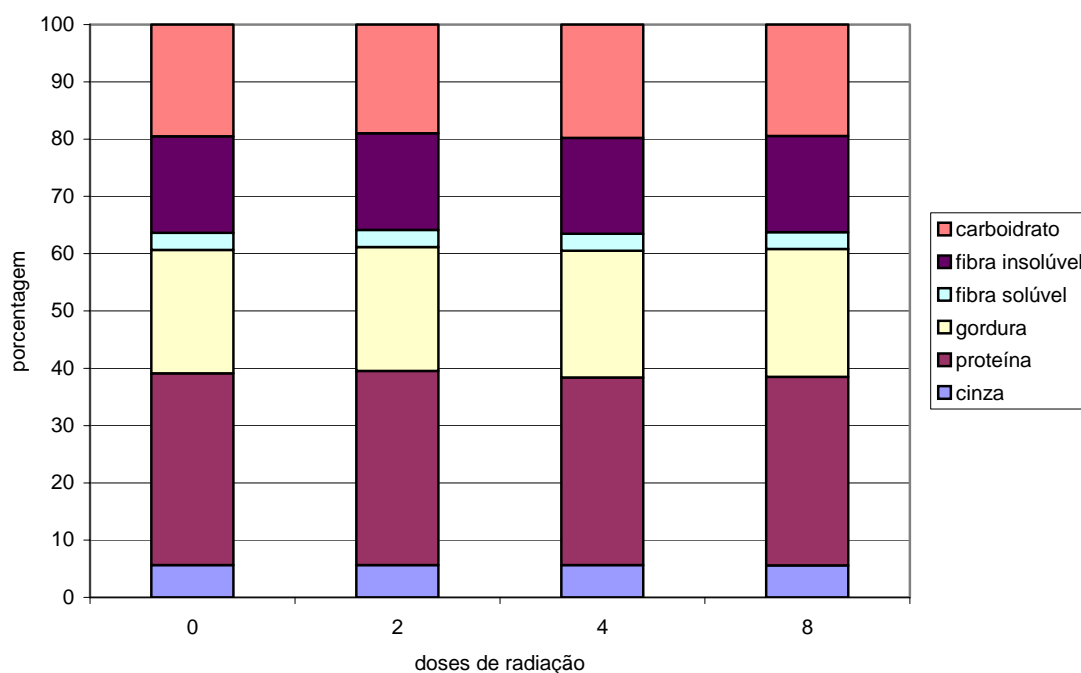


Figura 8 – Composição Centesimal das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

Tabela 11 - Composição Centesimal em base seca das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
Carboidrato	19,52 ¹	18,95	19,78	19,44
Fibra insolúvel	16,81 ± 2,1 ² b ³	16,88 ± 2,2 ^a	16,75 ± 1,9 ^c	16,80 ± 2,0 ^b
Fibra solúvel	2,98 ± 1,2 ^a	2,99 ± 1,1 ^a	2,99 ± 1,1 ^a	2,96 ± 1,3 ^a
Gordura	21,59 ± 2,7 ^c	21,66 ± 2,8 ^c	22,07 ± 2,3 ^b	22,32 ± 2,6 ^a
Proteína	33,43 ± 3,4 ^{ab}	33,86 ± 2,7 ^a	32,76 ± 2,8 ^c	32,91 ± 2,8 ^{bc}
Cinza	5,67 ± 0,5 ^a	5,66 ± 0,6 ^a	5,65 ± 0,6 ^a	5,57 ± 0,5 ^b

¹carboidratos disponíveis obtidos por diferença.

²média ± desvio padrão.

³médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05\%$).

Para cinza, não houve diferença estatística entre as amostras não irradiadas e as irradiadas com dose de 2 kGy e 4 kGy. As amostras irradiadas com dose de 8 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) das demais e foram as que apresentaram menor teor de cinza.

Com relação à proteína, as amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram maior teor, não apresentando diferença significativa com relação às amostras não irradiadas. Estas, por sua vez, não diferiram significativamente das amostras irradiadas com 8 kGy. As amostras irradiadas com a dose de 4 kGy não diferiam das irradiadas com dose de 8 kGy e diferiram ($p \leq 0,05$) das demais, apresentando menor teor de proteína.

Para os teores de gordura, as amostras irradiadas com dose de 8 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) das demais e apresentaram maior porcentagem. Em seguida as irradiadas com 4 kGy que também apresentaram diferença ($p \leq 0,05$) significativa das demais amostras. O controle não irradiado e as amostras irradiadas com 2 kGy não apresentaram diferença significativa entre si.

Para as fibras solúveis, não houve diferença entre as doses de irradiação utilizadas. Nas fibras insolúveis, as amostras irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior teor e diferiram ($p \leq 0,05$) das demais, seguidas pelas amostras não irradiadas que não apresentaram diferença com relação às irradiadas com dose de 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 4 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) de todas as outras amostras e apresentaram menores teores de fibras insolúveis.

Esses resultados concordam com Al-Kaisey et al. (2003), que estudando o efeito da radiação gama em grãos de feijão com doses de 0, 2,5, 5, 7,5 e 10 kGy não encontraram alterações nos teores de cinza, proteína e gordura.

Amostras de grãos de soja tiveram seu valor nutricional testado após irradiação com doses de 5, 15, 30 e 60 kGy no estudo de Farag (1998). Dentro da composição química (umidade, cinza, proteína bruta, gordura e fibra) não houve diferença entre as amostras controle e as irradiadas. Com esses resultados o autor conclui que a quantidade de água presente nos grãos de soja crus (cerca de 70 g/kg) não chega a favorecer a radiólise e a formação de radicais livres que afetem significativamente a composição química dos grãos de soja.

Pinn (1992), com relação aos resultados referentes à composição centesimal de grãos de feijão da variedade carioca irradiados, não encontrou alterações nos teores de umidade, cinza, extrato etéreo e carboidrato com doses de radiação de até 10 kGy.

Na Figura 9 e Tabelas de 12 a 16 são apresentados os dados da composição centesimal dos grãos de soja crus e após o processo de cocção.

Tabela 12 – Porcentagem de cinza (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	5,85 ± 0,0 ^{1 ab2}	5,99 ± 0,1 ^a	5,98 ± 0,0 ^a	5,75 ± 0,0 ^b	5,89 ± 0,1 ^{A3}
	cozido	5,22 ± 0,0 ^b	5,41 ± 0,1 ^a	5,33 ± 0,0 ^{ab}	5,45 ± 0,0 ^a	5,35 ± 0,1 ^B
213	cru	6,14 ± 0,1 ^a	6,16 ± 0,0 ^a	6,17 ± 0,0 ^a	6,41 ± 0,1 ^a	6,21 ± 0,1 ^A
	cozido	5,61 ± 0,2 ^b	6,01 ± 0,0 ^a	5,44 ± 0,1 ^b	5,68 ± 0,0 ^{ab}	5,68 ± 0,2 ^B
214	cru	6,01 ± 0,0 ^{bc}	6,17 ± 0,1 ^{ab}	6,39 ± 0,1 ^a	5,85 ± 0,1 ^c	6,10 ± 0,2 ^A
	cozido	5,53 ± 0,0 ^a	5,04 ± 0,0 ^c	5,29 ± 0,0 ^b	5,02 ± 0,0 ^c	5,22 ± 0,2 ^B
231	cru	6,31 ± 0,0 ^b	6,38 ± 0,1 ^{ab}	6,44 ± 0,1 ^a	6,02 ± 0,0 ^c	6,29 ± 0,2 ^A
	cozido	5,81 ± 0,1 ^a	5,56 ± 0,2 ^a	5,51 ± 0,1 ^a	5,78 ± 0,0 ^a	5,66 ± 0,2 ^B
E48	cru	5,52 ± 0,0 ^a	5,56 ± 0,1 ^a	5,49 ± 0,2 ^a	5,15 ± 0,2 ^b	5,43 ± 0,2 ^A
	cozido	4,67 ± 0,2 ^a	4,34 ± 0,0 ^b	4,51 ± 0,0 ^{ab}	4,66 ± 0,1 ^a	4,54 ± 0,2 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

O tratamento de cocção promoveu diminuição no teor de cinza de todos os cultivares.

Para o cultivar 212 nas amostras cruas, as irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram os teores de cinza mais elevados, e diferiram ($p \leq 0,05$) somente das amostras irradiadas com dose de 8 kGy, que apresentaram os menores teores e não diferiam significativamente do controle não irradiado. Nas amostras cozidas, as irradiadas com dose de 2 kGy também apresentaram os maiores teores de cinza, só que diferiam ($p \leq 0,05$) do controle sem irradiação, que apresentou menor quantidade de cinza e não diferiu das amostras irradiadas com dose de 4 kGy.

No cultivar 213, as amostras cruas não apresentaram diferença significativa com o tratamento de irradiação nas doses utilizadas. Para as amostras cozidas, as irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram os maiores teores de cinza, e diferiam significativamente ($p \leq 0,05$) do controle sem irradiação e das amostras irradiadas com dose de 4 kGy, que apresentou menor teor de cinza e não diferiu das amostras irradiadas com dose de 8 kGy e do controle não irradiado.

Nas amostras cruas do cultivar 214, as irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram os maiores teores de cinza, diferindo ($p \leq 0,05$) do controle e das com dose de 8 kGy, que foram as que apresentaram os menores teores, diferindo ($p \leq 0,05$) também das irradiadas com 2 kGy. Nas cozidas, o controle teve maior teor, diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos, as amostras irradiadas com 4 kGy tiveram teor intermediário e também apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação às demais amostras. As irradiadas com 8 kGy apresentaram os menores teores e não diferiram das irradiadas com 2 kGy.

Para o cultivar 231, nas amostras cruas, as irradiadas com 4 kGy foram as que apresentaram o maior teor de cinza, não diferindo das irradiadas com 2 kGy. O controle apresentou valor intermediário e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais amostras, e as irradiadas com 8 kGy foram as que apresentaram o menor teor, diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Nas amostras cozidas não houve diferença significativa entre as amostras.

No cultivar E48, as amostras cruas não apresentaram diferença significativa para o controle não irradiado e as amostras irradiadas com dose de 2 e 4 kGy. As irradiadas com dose de 8 kGy apresentaram menor porcentagem de cinza e diferiram ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Para as amostras cozidas, o controle não irradiado apresentou maior porcentagem de cinza, e não diferiu das amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy. As irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram porcentagem menor e não diferiram significativamente da dose de 4 kGy.

Segundo a Universidade de São Paulo, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (2005), os grãos de soja crus apresentam valores de 5,6 % de cinza, valor semelhante ao apresentado na Tabela 12 para os controles dos diferentes cultivares analisados. Nos Estados Unidos, o National Nutrients Databases (2005), apresenta valores de 1,91 % de cinza para grãos de soja cozidos e de 4,87 % de cinza para grãos de soja crus. Maia et al. (2000), apresentaram valores de 4,65 % de cinza para grãos de soja integrais. Já Jurgonski et al. (1997), encontraram valores que variaram de 5,6 a 6,0 % no teor de cinza analisando três cultivares de soja em condições normais de cultivo.

Para o teor de cinza é possível notar que a diferença entre as amostras não foi devido à irradiação.

Tabela 13 – Porcentagem de proteína (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
		212	cru	29,42 ± 0,9 ^{1 b2}	31,73 ± 0,4 ^a	
	cozido	33,23 ± 0,1 ^b	34,11 ± 0,5 ^{ab}	34,24 ± 0,5 ^a	34,24 ± 0,5 ^a	33,95 ± 0,5 ^A
213	cru	31,15 ± 0,1 ^a	33,84 ± 0,9 ^a	30,67 ± 0,4 ^a	29,52 ± 0,9 ^a	31,29 ± 1,7 ^B
	cozido	34,60 ± 1,2 ^a	35,07 ± 0,8 ^a	33,31 ± 0,9 ^a	33,76 ± 0,7 ^a	34,18 ± 1,1 ^A
214	cru	32,92 ± 0,7 ^b	36,75 ± 1,2 ^a	35,80 ± 0,7 ^a	35,78 ± 0,6 ^a	35,31 ± 1,6 ^B
	cozido	41,07 ± 0,7 ^a	36,88 ± 1,4 ^b	36,36 ± 0,6 ^b	37,26 ± 1,2 ^b	37,89 ± 2,1 ^A
231	cru	32,45 ± 1,3 ^a	28,26 ± 0,1 ^b	29,81 ± 0,2 ^b	29,07 ± 0,8 ^b	29,89 ± 1,8 ^B
	cozido	33,74 ± 1,1 ^b	36,03 ± 0,2 ^a	32,87 ± 0,4 ^b	34,43 ± 0,6 ^{ab}	34,26 ± 1,3 ^A
E48	cru	29,48 ± 0,2 ^a	30,90 ± 1,3 ^a	29,95 ± 0,2 ^a	30,30 ± 1,5 ^a	30,52 ± 0,8 ^B
	cozido	36,23 ± 1,5 ^a	35,03 ± 0,2 ^{ab}	35,34 ± 1,0 ^{ab}	34,05 ± 1,1 ^b	35,16 ± 1,2 ^A

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

O tratamento de cocção promoveu aumento nos teores de proteínas presentes em todos os cultivares, provavelmente devido a perda maior de minerais ocorridos na cocção, concentrando a quantidade de proteínas.

Segundo a tabela 13, que apresenta os valores para porcentagem de proteínas nas amostras, no cultivar 212, para as amostras cruas, as irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram os maiores teores de proteína, e diferiam significativamente (p≤0,05) do controle e das amostras irradiadas com dose de 4 kGy, que apresentou menor teor e não diferiu das amostras irradiadas com dose de 8 kGy e do controle. Nas amostras cozidas, as irradiadas não apresentaram diferença entre si. O controle sem irradiação apresentou o menor conteúdo de proteína e diferiu (p≤0,05) das amostras irradiadas com dose de 4 e 8 kGy.

Para o cultivar 213 não houve diferença significativa, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas, com o tratamento de irradiação para os valores de proteína.

No cultivar 214, para as amostras cruas, as irradiadas não apresentaram diferença entre si. O controle apresentou o menor conteúdo de proteína e diferiu (p≤0,05) dos tratamentos irradiados. Nas amostras cozidas ocorreu o contrário, sendo que o controle foi que apresentou o maior teor de proteína.

Para o cultivar 231, nas amostras cruas, o controle foi o que apresentou o maior teor de proteína e diferiu das amostras irradiadas ($p \leq 0,05$). Entre as amostras tratadas com irradiação não houve diferença entre as doses utilizadas. Nas amostras cozidas, as irradiadas com 2 kGy apresentaram o maior teor e não diferiram das irradiadas com 8 kGy. Não houve diferença entre o controle, que apresentou o menor teor, e as amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy.

No cultivar E48, para as amostras cruas não houve diferença significativa com o tratamento de irradiação para os valores de proteína. Para as cozidas, o controle apresentou o maior conteúdo de proteínas, diferindo ($p \leq 0,05$) somente das amostras irradiadas com dose de 8 kGy, que apresentaram menor porcentagem de proteínas presentes, e não apresentaram diferença com relação às demais amostras irradiadas.

Segundo a Universidade de São Paulo, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (2005), apresenta valores de 40,5 % de proteína para grãos de soja crus, valor acima do encontrado no presente trabalho para os cultivares analisados no controle. Nos Estados Unidos, o National Nutrients Databases (2005) apresenta valores de 16,64 % de proteína para grãos de soja cozidos e de 36,49 % de proteína para grãos de soja crus, valor semelhante ou encontrado por Maia et al. (2000), de 36,47 % de proteína em grãos de soja integrais. Jurgonski et al. (1997), encontraram valores que variaram de 37,9 a 46,6 % no teor de proteína analisando três cultivares de soja em condições normais de cultivo.

As diferenças encontradas entre os teores de proteína das diferentes amostras não tiveram relação com o tratamento de irradiação.

Tabela 14 – Porcentagem de gordura (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
		212	Cru	22,31 ± 0,2 ^{1 a2}	20,82 ± 0,5 ^b	
	Cozido	26,02 ± 0,4 ^{ab}	25,26 ± 0,1 ^{bc}	24,14 ± 0,7 ^c	27,23 ± 0,1 ^a	25,66 ± 1,6 ^A
213	Cru	16,52 ± 0,3 ^b	17,80 ± 0,1 ^a	17,68 ± 0,0 ^a	18,30 ± 0,4 ^a	17,58 ± 0,7 ^B
	Cozido	21,91 ± 0,1 ^b	22,89 ± 0,1 ^a	23,12 ± 0,0 ^a	21,94 ± 0,1 ^b	22,46 ± 0,6 ^A
214	Cru	18,27 ± 0,3 ^b	18,90 ± 0,2 ^{ab}	19,92 ± 0,7 ^a	19,64 ± 0,0 ^a	19,18 ± 0,8 ^B
	Cozido	21,53 ± 0,9 ^a	23,02 ± 0,3 ^a	22,17 ± 0,8 ^a	22,32 ± 0,1 ^a	22,26 ± 0,8 ^A
231	Cru	20,88 ± 0,1 ^a	17,09 ± 0,0 ^d	20,51 ± 0,1 ^b	20,25 ± 0,1 ^c	19,68 ± 1,6 ^B
	Cozido	23,06 ± 0,1 ^b	23,91 ± 0,0 ^a	23,26 ± 0,0 ^b	23,97 ± 0,4 ^a	23,55 ± 0,5 ^A
E48	Cru	20,87 ± 0,2 ^d	22,19 ± 0,1 ^a	21,05 ± 0,1 ^c	21,87 ± 0,1 ^b	21,49 ± 0,6 ^B
	Cozido	24,53 ± 0,1 ^c	24,68 ± 0,1 ^c	26,06 ± 0,1 ^a	25,27 ± 0,1 ^b	25,13 ± 0,6 ^A

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Para as amostras cruas do cultivar 212 (Tabela 14), as irradiadas com dose de 4 kGy foram as que apresentaram maior conteúdo de gordura, não apresentando diferença em relação ao controle e as amostras irradiadas com dose de 8 kGy. As amostras irradiadas com 2 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) das demais e apresentaram os menores valores de gordura presentes. Nas amostras cozidas, a dose de 8 kGy promoveu o maior conteúdo de gordura, não diferindo do controle. Esta não apresentou diferença com relação às amostras irradiadas com dose de 2 kGy, e estas não apresentaram diferença com relação às irradiadas com dose de 4 kGy, que foram as amostras que apresentaram menor teor de gordura.

Para o cultivar 213, nas amostras cruas não houve diferença entre as amostras tratadas com irradiação, que apresentaram teores de gordura maiores que o controle. Nas amostras cozidas, as irradiadas com doses de 2 e 4 kGy foram as que apresentaram os maiores teores de gordura e não diferiram estatisticamente entre si. O controle e as amostras irradiadas com dose de 8 kGy não apresentaram diferença entre si.

No cultivar 214, para as amostras cruas as irradiadas não apresentaram diferença entre si. O controle apresentou o menor conteúdo de proteína e diferiu ($p \leq 0,05$) das amostras irradiadas com dose de 4 e 8 kGy. Nas amostras cozidas não houve diferença significativa entre os tratamentos.

No cultivar 231, para as amostras cruas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que o controle apresentou maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 4 kGy, 8 kGy e por último as com 2 kGy. Nas amostras cozidas, as irradiadas com dose de 8 kGy apresentaram os maiores teores de cinza, e não diferiam das de 2 kGy. O controle apresentou menor quantidade de cinza e não diferiu das amostras irradiadas com dose de 4 kGy.

No cultivar E48, para as amostras cruas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 8 kGy, 4 kGy e por último o controle não irradiado. Já nas amostras cozidas, as irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram o maior conteúdo de gordura e diferiram ($p \leq 0,05$) das demais amostras. O segundo maior teor foi encontrado nas amostras irradiadas com dose de 8 kGy, que também apresentou diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação às demais. O controle apresentou menor teor de gordura e não diferiu das amostras irradiadas com dose de 2 kGy.

Segundo a Universidade de São Paulo, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (2005), os grãos de soja crus apresentam valores de 22,10 % de gordura, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho para o controle de diferentes cultivares. Nos Estados Unidos, o National Nutrients Databases (2005), apresenta valores de 19,94 % de gordura para grãos de soja crus e de 8,97 % de gordura para grãos de soja cozidos, valores estes em base fresca. Maia et al. (2000), encontraram valores de 17,83 % de gordura em grãos de soja integrais. Já Jurgonski et al. (1997), encontraram valores que variaram de 14,9 a 18,1 % no teor de gordura analisando três cultivares de soja em condições normais de cultivo.

As diferenças encontradas para gordura nas diferentes amostras não tiveram relação com o tratamento de irradiação.

Tabela 15 – Porcentagem de fibra solúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	3,90 ± 0,0 ^{1 a2}	3,10 ± 0,1 ^c	3,53 ± 0,0 ^b	3,63 ± 0,2 ^b	3,54 ± 0,3 ^{A3}
	cozido	2,93 ± 0,1 ^b	2,91 ± 0,0 ^b	3,16 ± 0,0 ^a	3,00 ± 0,0 ^b	3,00 ± 0,1 ^B
213	cru	5,06 ± 0,0 ^a	4,47 ± 0,0 ^c	4,67 ± 0,1 ^b	3,48 ± 0,0 ^d	4,21 ± 0,6 ^A
	cozido	2,99 ± 0,1 ^a	2,95 ± 0,0 ^a	2,60 ± 0,1 ^b	3,16 ± 0,1 ^a	2,93 ± 0,2 ^B
214	cru	2,18 ± 0,1 ^a	1,71 ± 0,1 ^b	1,69 ± 0,0 ^b	1,63 ± 0,1 ^b	1,80 ± 0,2 ^A
	cozido	0,85 ± 0,0 ^d	1,35 ± 0,0 ^b	1,58 ± 0,0 ^a	1,12 ± 0,0 ^c	1,22 ± 0,3 ^B
231	cru	4,50 ± 0,1 ^c	4,29 ± 0,1 ^d	4,82 ± 0,1 ^b	5,52 ± 0,1 ^a	4,78 ± 0,5 ^A
	cozido	2,02 ± 0,0 ^c	2,47 ± 0,0 ^a	1,82 ± 0,0 ^d	2,11 ± 0,0 ^b	2,10 ± 0,2 ^B
E48	cru	3,16 ± 0,2 ^d	4,32 ± 0,0 ^a	3,61 ± 0,1 ^c	3,95 ± 0,0 ^b	3,75 ± 0,5 ^A
	cozido	2,25 ± 0,0 ^b	2,40 ± 0,1 ^a	2,44 ± 0,0 ^a	2,01 ± 0,0 ^c	2,27 ± 0,2 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Os valores de fibras solúveis são apresentados na tabela 15. No cultivar 212, para as amostras cruas o controle apresentou maior conteúdo de fibras solúveis, diferindo ($p \leq 0,05$) das demais amostras. As amostras irradiadas com dose de 4 e 8 kGy apresentaram teores de fibras solúveis intermediárias e sem diferença significativa entre si. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy tiveram as menores porcentagens de fibras solúveis e diferiram ($p \leq 0,05$) das demais. Nas amostras cozidas, as irradiadas com 2 kGy apresentaram o maior teor de proteína e diferiram ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. As amostras irradiadas com 2 kGy apresentaram o menor teor de fibras solúveis e não diferiram do tratamento com 8 kGy e do controle.

Nas amostras cruas do cultivar 213 houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que o controle apresentou maior porcentagem, seguido pelas amostras irradiadas com dose de 4 kGy, 2 kGy, e por último as irradiadas com dose de 8 kGy. Nas amostras cozidas, as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior conteúdo de fibras solúveis, não apresentando diferença com relação ao controle e as amostras irradiadas com dose de 2 kGy. As amostras irradiadas com 4 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) das demais e apresentaram os menores valores de fibra solúveis presentes.

No cultivar 214, para as amostras cruas o controle foi que apresentou o maior teor de proteína e diferiu das amostras irradiadas ($p \leq 0,05$). Entre as amostras tratadas com irradiação não houve diferença entre as doses utilizadas. Nas amostras cozidas houve diferença significativa

($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 4 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 2 kGy, 8 kGy e por último o controle não irradiado.

Para as amostras cruas do cultivar 231, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 4 kGy, o controle, e por último as com 8 kGy. Nas amostras cozidas também houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 8 kGy, o controle não irradiado e por último as com 4 kGy.

Para o cultivar E48, nas amostras cruas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 8 kGy, 4 kGy e por último o controle. Nas amostras cozidas, não houve diferença significativa entre as amostras irradiadas com dose de 4 kGy as quais apresentaram os maiores conteúdos de fibras solúveis e as com dose de 2 kGy. O controle teve teor intermediário e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. As amostras com dose de 8 kGy apresentaram o menor conteúdo de fibras solúveis, diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos.

Para os teores de fibras solúveis o tratamento de irradiação não teve influência sobre as diferenças encontradas.

Tabela 16 – Porcentagem de fibra insolúvel (g/100g amostra seca) encontrada nos grãos crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	20,33 ± 0,0 ^{1 b2}	21,04 ± 0,1 ^a	19,65 ± 0,0 ^d	19,99 ± 0,0 ^c	20,25 ± 0,5 ^{A3}
	cozido	14,48 ± 0,0 ^c	14,61 ± 0,0 ^{bc}	15,53 ± 0,0 ^a	14,90 ± 0,0 ^b	14,88 ± 0,5 ^B
213	cru	18,36 ± 0,0 ^c	18,24 ± 0,0 ^d	18,68 ± 0,0 ^a	18,60 ± 0,0 ^b	18,47 ± 0,2 ^A
	cozido	14,09 ± 0,0 ^a	14,94 ± 0,0 ^a	13,72 ± 0,0 ^b	13,35 ± 0,1 ^c	13,77 ± 0,3 ^B
214	cru	17,29 ± 0,0 ^a	17,28 ± 0,0 ^a	17,26 ± 0,0 ^a	17,27 ± 0,0 ^a	17,27 ± 0,0 ^A
	cozido	15,22 ± 0,1 ^a	14,81 ± 0,0 ^c	15,06 ± 0,0 ^b	15,19 ± 0,1 ^{ab}	15,07 ± 0,2 ^B
231	cru	17,27 ± 0,0 ^b	17,63 ± 0,1 ^a	16,86 ± 0,0 ^c	17,26 ± 0,0 ^b	17,25 ± 0,3 ^A
	cozido	14,86 ± 0,0 ^d	15,06 ± 0,0 ^c	15,14 ± 0,0 ^b	15,74 ± 0,0 ^a	15,20 ± 0,3 ^B
E48	cru	19,47 ± 0,0 ^b	19,61 ± 0,0 ^a	19,10 ± 0,0 ^c	19,00 ± 0,1 ^d	19,29 ± 0,3 ^A
	cozido	16,69 ± 0,1 ^{ab}	16,57 ± 0,0 ^{bc}	16,52 ± 0,0 ^c	16,74 ± 0,0 ^a	16,63 ± 0,1 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Para o cultivar 212 (Tabela 16), nas amostras cruas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas do controle não irradiado, das amostras irradiadas com dose de 8 kGy, e por último as com 4 kGy. Nas amostras cozidas, as irradiadas com 4 kGy apresentaram os maiores teores, diferindo ($p \leq 0,05$) das demais amostras. O controle teve o menor teor de fibras insolúveis, não apresentando diferença com o tratamento de 2 kGy.

Nas amostras cruas do cultivar 213, houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 4 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das amostras irradiadas com dose de 8kGy, do controle e por último as com 2 kGy. Para as amostras cozidas, as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior conteúdo de gordura, não apresentando diferença com relação ao controle. As amostras irradiadas com 4 kGy diferiram ($p \leq 0,05$) das demais e apresentaram teor intermediário, as irradiadas com 8 kGy apresentaram os menores valores de fibra solúveis presentes, diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos.

No cultivar 214, as amostras cruas não apresentaram diferença significativa entre si. Para as amostras cozidas o controle apresentou maior conteúdo de fibras solúveis, não apresentando diferença com as irradiadas com 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 4 apresentaram

teores de fibras solúveis intermediárias e com diferença significativa ($p \leq 0,05$) das demais amostras. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy tiveram as menores porcentagens de fibras solúveis e diferiram ($p \leq 0,05$) das demais. Nas amostras cozidas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das irradiadas com dose de 4 kGy, 2 kGy e por último o controle não irradiado.

Nas amostras cruas do cultivar 231, o tratamento com 2 kGy apresentou maior teor, diferindo ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos, as amostras irradiadas com 8 kGy e o controle tiveram teor intermediário e não apresentaram diferença significativa entre si. As irradiadas com 4 kGy apresentaram os menores teores e diferiram ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Para as amostras cozidas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas das amostras irradiadas com dose de 4 kGy, as com 2 kGy, e por último o controle.

No cultivar E48, para as amostras cruas houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que as irradiadas com dose de 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem, seguidas do controle, das amostras irradiadas com dose de 4 kGy, e por último as com 8 kGy. Nas amostras cozidas a dose de 8 kGy promoveu o maior conteúdo de fibras insolúveis não diferindo do controle sem irradiação. Esta não apresentou diferença com relação às amostras irradiadas com dose de 2 kGy, e estas não apresentaram diferença com relação às irradiadas com dose de 4 kGy, que foram as amostras que apresentaram menor teor de fibras insolúveis.

Segundo a Universidade de São Paulo, na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos da Faculdade de Ciências Farmacêuticas (2005), apresenta valores de 21,67 % de fibra total para grãos de soja crus, valor semelhante aos apresentados na Tabela 16 para os cultivares analisados no controle quando somadas as fibras solúveis e insolúveis. Nos Estados Unidos, o National Nutrients Databases (2005), apresenta valores de 9,3 % de fibra total para grãos de soja crus e de 6,0 % de fibra total para grãos de soja cozidos. Maia et al. (2000), reportaram valores de 5,83 % de fibra bruta em grãos de soja integrais, valores esses menores do que os apresentados na Tabela 16.

As diferenças encontradas não têm relação com a dose de irradiação utilizada.

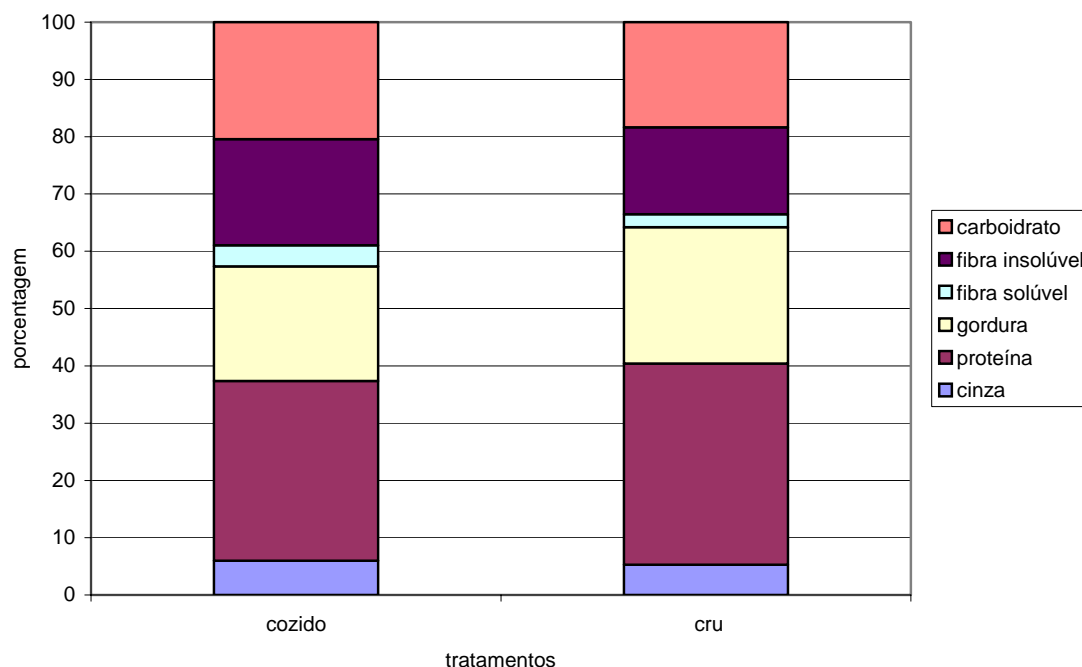


Figura 9 – Composição Centesimal dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

Tabela 17 – Composição centesimal em base seca dos grãos de soja crus e cozidos.

	Grãos cozidos	Grãos crus
Carboidrato	18,39 ¹	20,44
Fibra insolúvel	15,11 ± 1,0 ^{2 b3}	18,51 ± 1,2 ^a
Fibra solúvel	2,31 ± 0,7 ^b	3,66 ± 1,1 ^a
Gordura	23,81 ± 1,6 ^a	20,01 ± 1,9 ^b
Proteína	35,09 ± 2,0 ^a	31,39 ± 2,5 ^b
Cinza	5,29 ± 0,5 ^b	5,99 ± 0,3 ^a

¹carboidratos obtidos por diferença.

²média ± desvio padrão.

³médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Quando analisamos a composição centesimal dos grãos após cocção (Figura 9, Tabela 17), podemos dizer que este tratamento promoveu redução significativa ($p \leq 0,05$) nos teores de cinza e fibras, tanto solúveis quanto insolúveis. Para proteína e gordura, as amostras cozidas apresentaram teores maiores que as cruas.

Café et al. (2000), também encontraram diminuição no teor de fibra bruta de grãos de soja, de 4,93 % para 4,59 % após extrusão e 4,31 % após tostagem, sendo estes resultados em base fresca, indicando assim que as fibras sejam afetadas com o uso do calor.

Maia et al. (2000), analisando mingau de farinha de soja descortificada verificaram alto teor de fibra bruta para a soja integral, indicando que a casca contém grande quantidade deste componente.

Gonzáles (2000), notou que os tratamentos térmicos podem ter efeitos variáveis na fibra dietética e que a cocção promove o rompimento dos componentes celulares dos grãos de feijão (celulose, hemicelulose, lignina, pectina e gomas), além de propiciar interações entre proteínas e lipídeos, assim como trocas qualitativas e quantitativas que variam na composição total da fibra dietética ao comparar alimento cru e cozido. Há controvérsias entre pesquisadores, alguns trabalhos constataram que a cocção aumenta, e outros constataram que diminui o teor de fibra dietética.

Nas Figuras de 10 a 14 encontram-se as representações gráficas da composição centesimal para cada cultivar estudado.

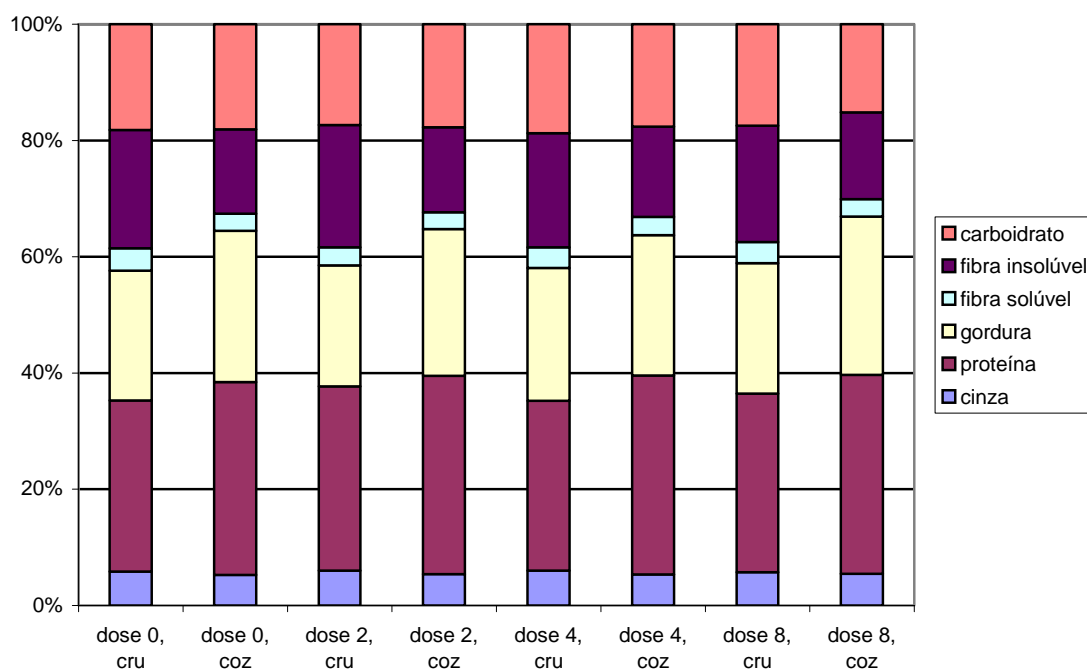


Figura 10 – Composição Centesimal do cultivar BRS 212.

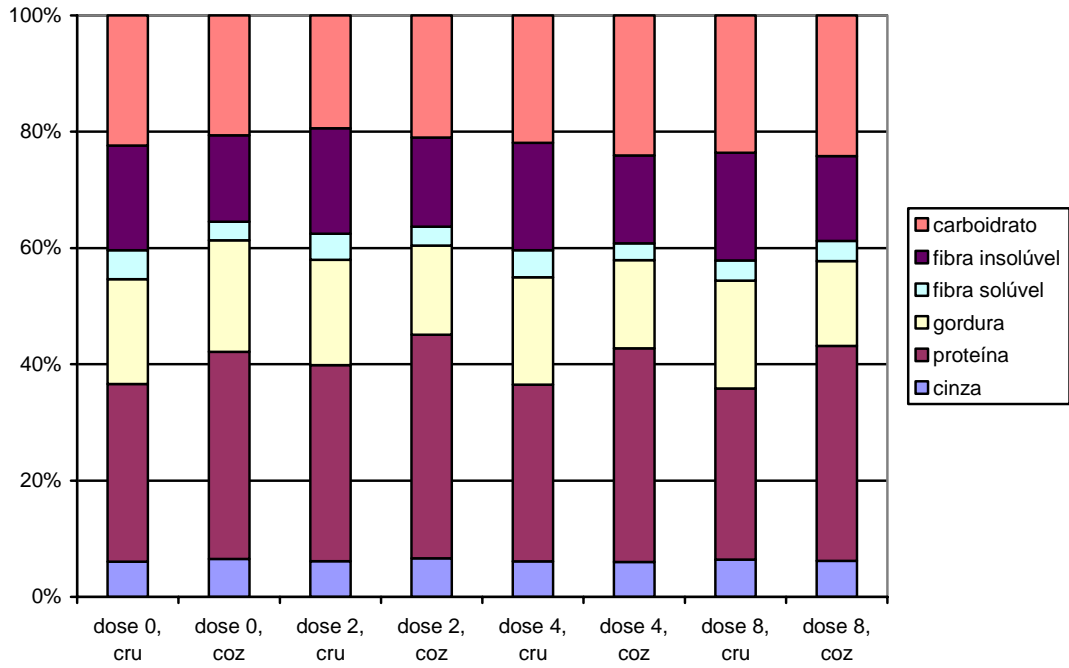


Figura 11 – Composição Centesimal do cultivar BRS 213.

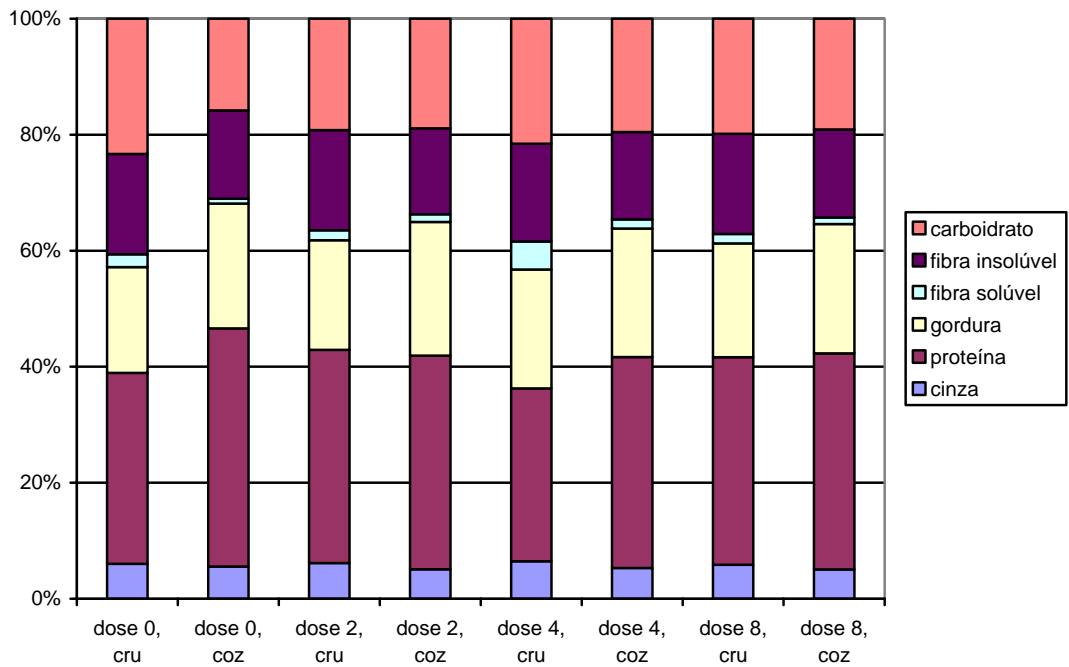


Figura 12 – Composição Centesimal do cultivar BRS 214.

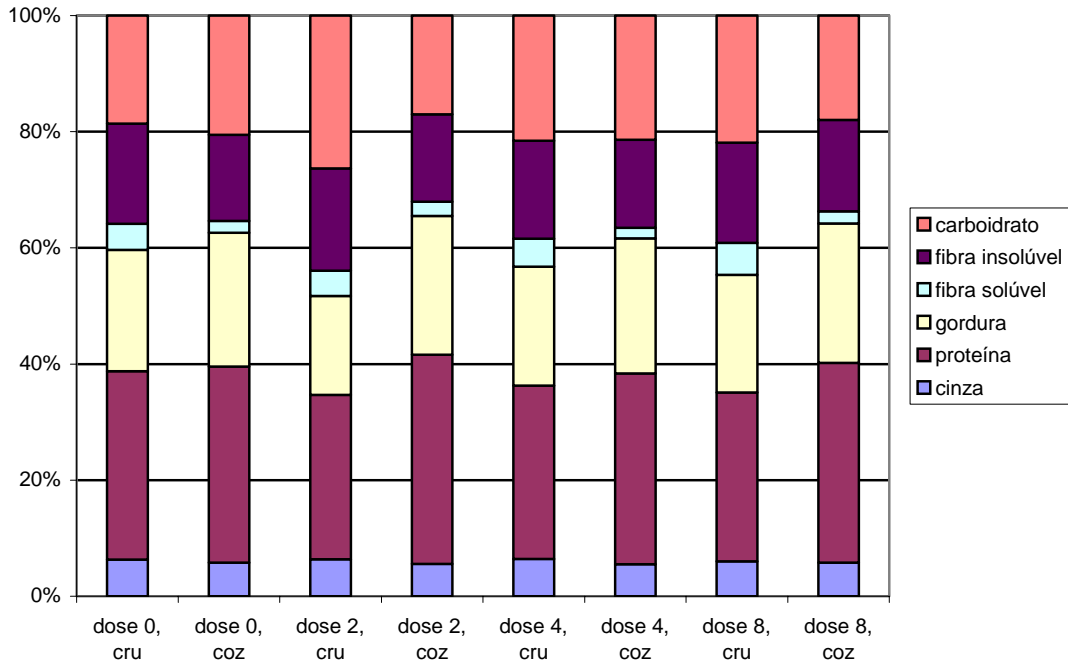


Figura 13 – Composição Centesimal do cultivar BRS 231.

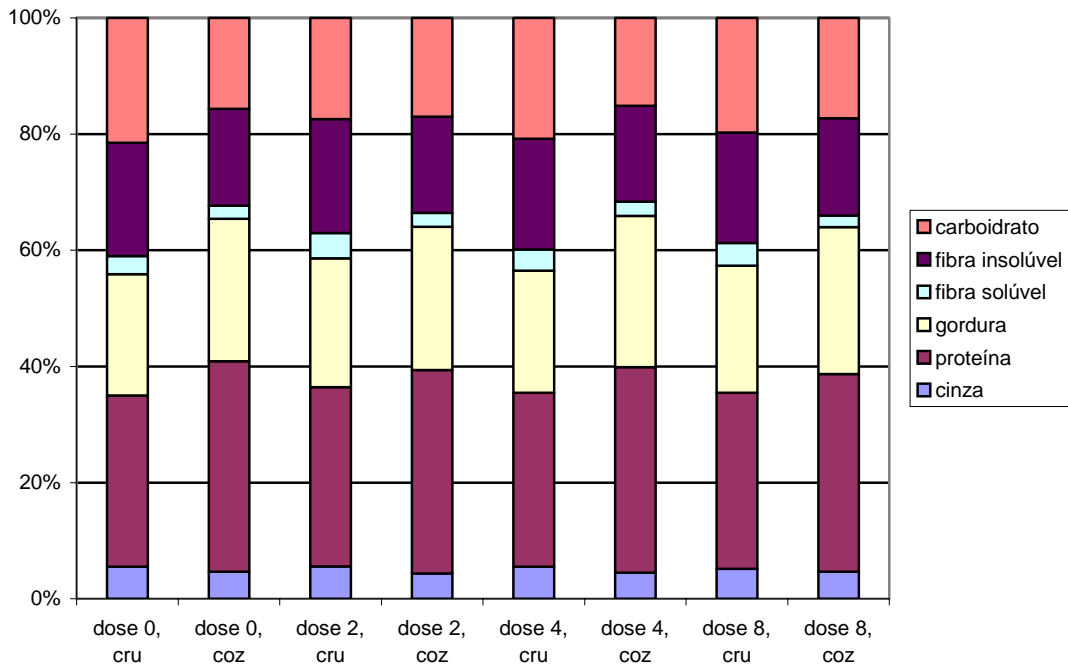


Figura 14 – Composição Centesimal do cultivar BRS E48.

2.7.2.2 Digestibilidade *in vitro* das proteínas

A digestibilidade é a porcentagem de proteínas que é hidrolisada pelas enzimas digestivas e absorvida pelo organismo, sendo, portanto, ligada à qualidade dos grãos.

Tabela 18 – Porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	84,45 ± 5,8 ^{1 b2}	87,18 ± 4,6 ^{ab}	86,76 ± 4,5 ^{ab}	88,00 ± 3,8 ^a
213	86,79 ± 5,9 ^a	87,59 ± 4,1 ^a	87,60 ± 4,1 ^a	85,97 ± 6,2 ^a
214	87,83 ± 4,9 ^a	89,11 ± 3,5 ^a	87,90 ± 4,3 ^a	88,26 ± 3,9 ^a
231	87,74 ± 4,4 ^a	86,13 ± 6,4 ^b	86,71 ± 4,6 ^{ab}	87,24 ± 4,9 ^{ab}
E48	86,68 ± 5,8 ^a	87,18 ± 5,2 ^a	87,49 ± 4,7 ^a	87,63 ± 4,5 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

A tabela 18 apresenta os valores das amostras cruas e cozidas juntas, para o cultivar 212 as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas, não apresentando diferença significativa com relação às outras doses utilizadas no presente estudo (2 e 4 kGy). O controle foi o que apresentou menor porcentagem de digestibilidade e diferiu ($p \leq 0,05$) somente da dose de 8 kGy.

Nos cultivares 213 E 214 não houve diferença significativa entre as amostras com relação às doses utilizadas para a porcentagem de digestibilidade da proteína.

Para o cultivar 231 o controle apresentou maior porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas, não apresentando diferença significativa com relação às doses de 4 e 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram menor porcentagem de digestibilidade e diferiram ($p \leq 0,05$) somente do controle.

O cultivar E48 não apresentou diferença significativa entre os tratamentos de irradiação para a digestibilidade *in vitro* das proteínas.

Proteínas de origem animal apresentam geralmente a digestibilidade elevada acima de 95 % e as de origem vegetal valores abaixo de 80 % (Sgarbieri, 1996). Barcelos et al. (1999), encontraram valores de digestibilidade para a soja madura crua de 64,6 %, já Liener (1976), verificou valores da ordem de 70,1 %.

Rasmussen (1978), comparando o valor nutricional da soja verde fresca (85 dias de maturidade) e secas no campo (120 dias de maturidade) submetidas a tratamento térmico, verificou valores de digestibilidade aparente da proteína de 85,9 % (soja fresca) e 84,8 % (secas no campo), estando esses valores semelhantes aos apresentados na Tabela 18.

Nielsen (1991), discutiu a digestibilidade das proteínas das leguminosas, mas especialmente do *Phaseolus vulgaris*, apresentando os fatores gerais de limitação da digestibilidade, ele enumerou a estrutura compacta intrínseca de algumas proteínas; a complexação com o amido, a hemicelulose, outras fibras, minerais e outras proteínas; e os polifenóis (termoestáveis) que se complexam às proteínas e que perdiam a capacidade de hidrólise.

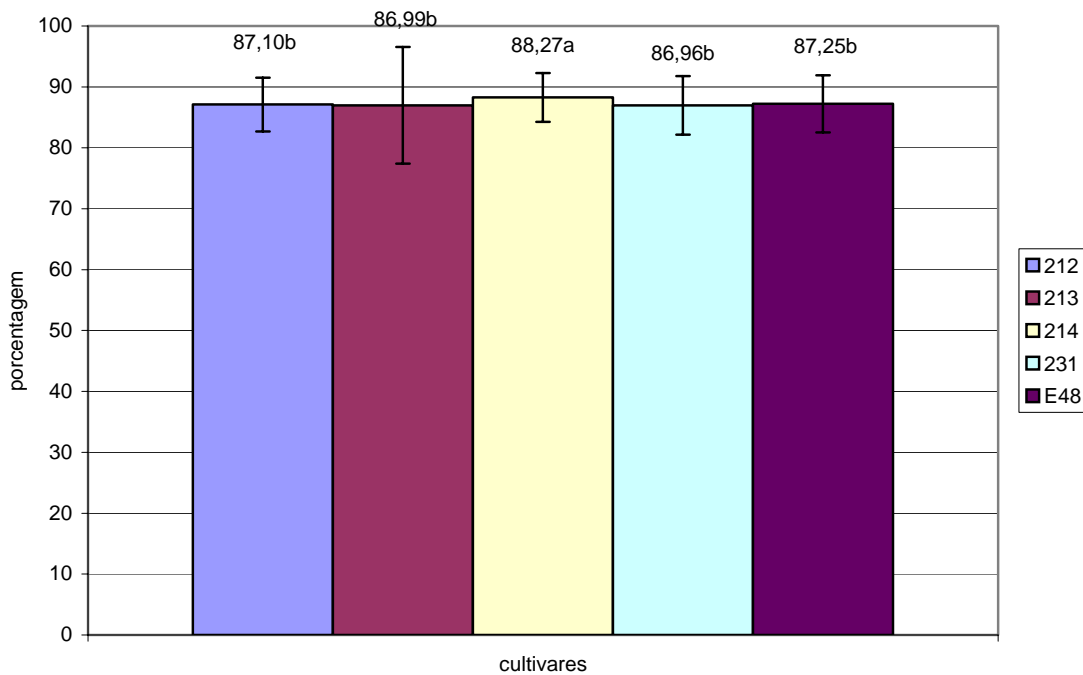


Figura 15 – Porcentagem da digestibilidade *in vitro* das proteínas dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

Para a digestibilidade *in vitro* somente o cultivar 214 apresentou maior valor e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais cultivares. Para os cultivares E48, 212, 213 e 231 não houve diferença significativa (Tabela 18 e Figura 15).

Tabela 19 – Porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	81,22 ± 0,7 ^{1 c2}	93,03 ± 0,4 ^b	82,65 ± 0,5 ^b	84,53 ± 0,5 ^a	82,85 ± 1,3 ^B
	cozido	91,69 ± 1,0 ^a	91,34 ± 0,5 ^a	90,89 ± 0,4 ^a	91,47 ± 0,8 ^a	91,35 ± 0,4 ^A
213	cru	81,43 ± 0,3 ^{ab}	83,84 ± 0,4 ^a	84,06 ± 1,9 ^a	80,29 ± 0,3 ^b	82,40 ± 1,8 ^B
	cozido	92,13 ± 0,3 ^a	91,36 ± 0,2 ^{ab}	91,15 ± 0,3 ^b	91,65 ± 0,1 ^{ab}	91,57 ± 0,4 ^A
214	cru	83,33 ± 0,4 ^b	85,90 ± 0,4 ^a	84,02 ± 1,2 ^{ab}	84,72 ± 0,5 ^{ab}	84,49 ± 1,2 ^B
	cozido	92,33 ± 0,4 ^a	92,31 ± 0,6 ^a	91,78 ± 0,2 ^a	91,79 ± 0,5 ^a	92,05 ± 0,4 ^A
231	cru	83,77 ± 0,6 ^a	80,32 ± 0,4 ^b	82,51 ± 0,3 ^a	82,79 ± 0,4 ^a	82,35 ± 1,4 ^B
	cozido	91,71 ± 0,3 ^a	91,95 ± 0,2 ^a	90,92 ± 0,3 ^a	91,69 ± 0,1 ^a	91,57 ± 0,7 ^A
E48	cru	81,42 ± 0,5 ^a	83,80 ± 0,4 ^a	83,21 ± 0,6 ^a	83,58 ± 1,4 ^a	82,67 ± 1,1 ^B
	cozido	91,94 ± 0,1 ^a	91,88 ± 0,3 ^a	91,77 ± 0,2 ^a	91,70 ± 0,1 ^a	91,82 ± 0,2 ^A

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Como pode ser observado na Tabela 19, a cocção promoveu o aumento da digestibilidade da proteína em todas as cultivares.

Para o cultivar 212 as doses de irradiação não promoveram alterações nas porcentagens de digestibilidade *in vitro* das proteínas das amostras cozidas, porém nas amostras cruas, as irradiadas com dose de 8 kGy apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) com relação às demais doses, tendo apresentado a maior porcentagem de digestibilidade. As irradiadas com doses de 2 kGy e 4 kGy tiveram digestibilidade intermediária e não apresentaram diferença entre si. O controle obteve a menor porcentagem de digestibilidade e também diferiu ($p \leq 0,05$) das demais doses.

No cultivar 213, para as amostras cozidas o controle foi o que apresentou maior porcentagem de digestibilidade, e não apresentou diferença significativa com relação a dose de 2 e 8 kGy, e essas por sua vez não apresentaram diferença com relação as amostras irradiadas com dose de 4 kGy, que apresentou menor porcentagem de digestibilidade. Nas amostras cruas a dose de 4 kGy foi a que apresentou maior porcentagem de digestibilidade e não apresentou diferença com relação ao controle e a dose de 2 kGy. Essas por sua vez não diferiram da dose de 8kGy que foi a que apresentou menor porcentagem de digestibilidade *in vitro* das proteínas.

Para o cultivar 214, nas amostras cruas, as irradiadas com 2 kGy foram as que apresentaram maior porcentagem de digestibilidade da proteína, não apresentando diferença com relação às outras doses de irradiação utilizadas. O controle apresentou a menor porcentagem, e também não diferiu das doses de 4 e 8 kGy. As doses de irradiação não promoveram alterações nas porcentagens de digestibilidade *in vitro* das proteínas das amostras cozidas.

No cultivar 231, para as amostras cruas, o controle e as doses de 4 e 8 kGy não apresentaram diferença significativa entre si. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy apresentaram a menor porcentagem de digestibilidade da proteína e diferiram ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. As doses de irradiação não promoveram alterações nas porcentagens de digestibilidade *in vitro* das proteínas das amostras cozidas.

Para o cultivar E48 as doses de irradiação não promoveram alterações nas porcentagens de digestibilidade *in vitro* das proteínas das amostras cruas e das amostras cozidas.

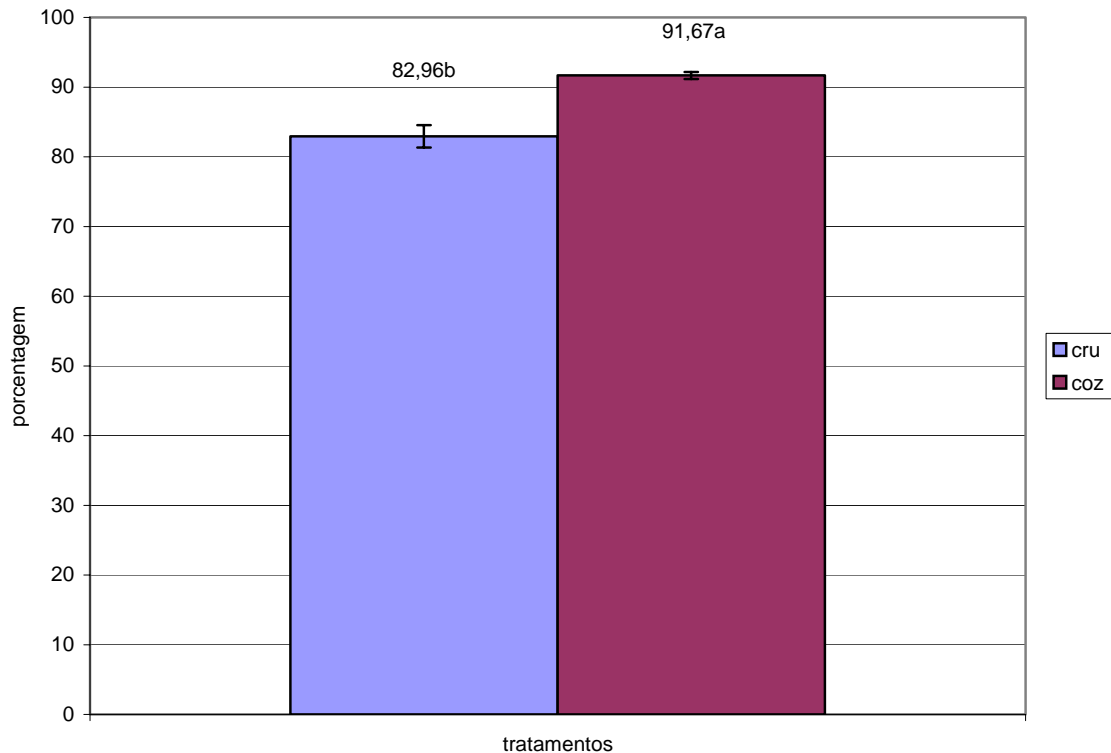


Figura 16 – Porcentagem da digestibilidade *in vitro* das proteínas dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

Quando analisamos o tratamento de cocção dos grãos, as amostras cozidas tiveram digestibilidade bem superior e significativamente diferente das amostras cruas. Esse resultado concorda com o encontrado por Hernandez, Vega e Sotelo (1984), que estudando a digestibilidade protéica de quatro leguminosas encontraram aumento de digestibilidade *in vitro* quando as amostras foram submetidas à cocção. Os autores atribuíram esse fato à presença de inibidores de tripsina nas amostras cruas, que podem interferir na hidrólise das proteínas e em sua solubilização.

Kakade e Evans (1966), atribuem o aumento da digestibilidade de feijões após cocção a aumento na biodisponibilidade de alguns aminoácidos. Os autores ainda citam que os maiores aumentos na biodisponibilidade correspondem aos aminoácidos sulfurados, metionina e cistina, que estão presentes em grande concentração nos inibidores de tripsina que são inativados com o processamento térmico.

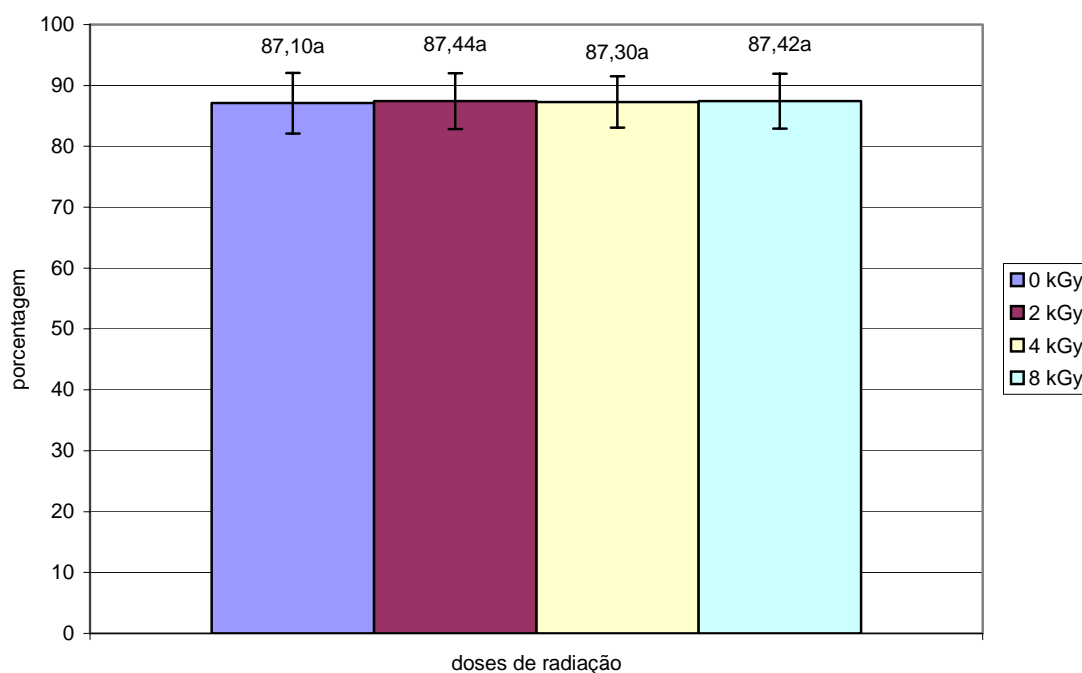


Figura 17 – Porcentagem da digestibilidade *in vitro* das proteínas das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

Não houve diferença significativa entre as diferentes doses de irradiação utilizadas com relação a digestibilidade protéica dos grãos.

Carvalho et al. (1991), observaram efeito negativo na digestibilidade de feijões *Phaseolus vulgaris* variedade carioca com a incidência de radiação gama, o que difere do encontrado no presente estudo (Figura 17), onde a irradiação não alterou a digestibilidade dos grãos de soja.

Já Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), encontraram essa mesma redução de digestibilidade com doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy de radiação, analisando feijão preto, mas somente nos grãos cozidos.

Tabela 20 – Valores estatísticos de regressão para a digestibilidade *in vitro* em relação a desaminação, inibidor de tripsina e taninos e entre as diferentes amostras analisadas.

Correlações		Cultivares				
		212	213	214	231	E48
Digestibilidade x Desaminação	Valor de R ²	0,28	0,19	-0,47	-0,48	0,51
	Valor de F	0,27 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,90 ^{ns}	0,17 ^{ns}
Digestibilidade x Inibidor Tripsina	Valor de R ²	0,58	-0,34	-0,47	-0,48	-0,88
	Valor de F	0,15 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,85 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,03 ^s
Digestibilidade x Taninos	Valor de R ²	0,62	-0,13	-0,49	-0,47	-0,87
	Valor de F	0,13 ^{ns}	0,50 ^{ns}	0,97 ^{ns}	0,86 ^{ns}	0,04 ^s

^{ns} Correlação não significativa entre os tratamentos em nível de 5% de probabilidade.

^s Correlação significativa entre os tratamentos em nível de 5% de probabilidade.

Carvalho et al. (2002), verificaram que os valores da atividade dos inibidores correlacionam-se negativamente com a porcentagem de digestibilidade, porém pelos dados apresentados na Tabela 20 podemos observar que somente para o cultivar E48 foi encontrado resultado semelhante.

No presente estudo não foi encontrada essa correlação porque a irradiação não alterou a digestibilidade dos grãos.

2.7.2.3 Porcentagem de desaminação

Tabela 21 – Porcentagem de desaminação encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	17,45 ± 1,0 ^{1 d2}	20,15 ± 0,7 ^c	32,36 ± 0,8 ^b	56,44 ± 2,4 ^a
213	17,34 ± 0,7 ^d	23,52 ± 1,3 ^c	32,09 ± 1,5 ^b	57,09 ± 3,6 ^a
214	19,67 ± 0,7 ^d	22,80 ± 0,6 ^c	34,90 ± 1,8 ^b	56,13 ± 2,3 ^a
231	18,85 ± 0,8 ^c	22,82 ± 1,0 ^c	33,50 ± 3,8 ^b	54,41 ± 1,3 ^a
E48	18,91 ± 0,7 ^d	22,08 ± 0,5 ^c	33,31 ± 2,0 ^b	57,79 ± 1,3 ^a

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de (p≤0,05).

Quando consideramos os cultivares 212, 213, 214 e E48 (Tabela 21), pode ser observado que todos eles apresentaram diferença significativa (p≤0,05) entre todos os tratamentos, sendo que o controle foi o que apresentou menor porcentagem de desaminação, seguido pelas amostras

irradiadas com dose de 2 kGy, 4 kGy e por último as com dose de 8 kGy que foram as que apresentaram porcentagem maior. É possível notar que houve aumento na porcentagem de desaminação conforme aumentou a dose de irradiação utilizada.

No cultivar 231 também houve esse aumento, porém o controle e as amostras irradiadas com dose de 2 kGy não diferiram entre si.

A Figura 18 apresenta os valores da porcentagem de desaminação dos diferentes cultivares.

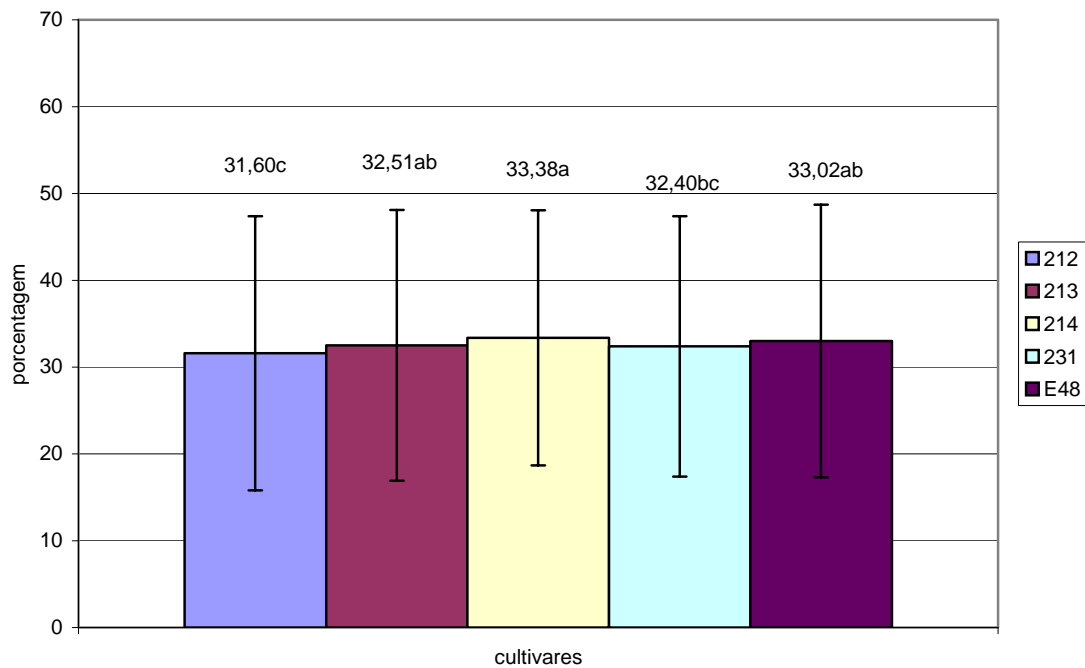


Figura 18 – Porcentagem de desaminação dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

O cultivar 214 foi o que apresentou maior porcentagem de desaminação, e não apresentou diferença significativa com relação aos cultivares E48 e 213. Estes não diferiram do cultivar 231, que não apresentou diferença quando comparado com o cultivar 212.

Tabela 22 – Porcentagem de desaminação encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
		212	cru	16,71 ± 0,6 ^{1 d2}	19,59 ± 0,3 ^c	
	cozido	18,18 ± 0,6 ^d	20,71 ± 0,6 ^c	32,55 ± 0,7 ^b	58,39 ± 1,1 ^a	32,46 ± 16,5 ^A
213	cru	17,40 ± 0,6 ^d	22,77 ± 0,7 ^c	31,21 ± 0,8 ^b	53,97 ± 1,1 ^a	31,34 ± 14,6 ^B
	cozido	17,28 ± 1,0 ^d	24,27 ± 1,4 ^c	32,97 ± 1,5 ^b	60,23 ± 1,3 ^a	32,68 ± 17,0 ^A
214	cru	19,34 ± 0,6 ^c	22,72 ± 0,7 ^c	33,81 ± 1,7 ^b	54,72 ± 2,6 ^a	32,64 ± 14,5 ^B
	cozido	19,99 ± 0,7 ^d	22,88 ± 0,6 ^c	35,99 ± 1,2 ^b	57,55 ± 0,6 ^a	34,10 ± 17,0 ^A
231	cru	18,26 ± 0,6 ^d	22,37 ± 1,3 ^c	30,08 ± 0,9 ^b	45,13 ± 2,1 ^a	28,96 ± 10,8 ^B
	cozido	19,43 ± 0,6 ^d	23,27 ± 0,5 ^c	36,92 ± 0,9 ^b	63,70 ± 1,1 ^a	35,83 ± 18,1 ^A
E48	cru	18,33 ± 0,6 ^d	22,03 ± 0,7 ^c	31,64 ± 0,9 ^b	56,45 ± 1,3 ^a	32,11 ± 15,5 ^B
	cozido	19,48 ± 0,3 ^c	22,13 ± 0,5 ^c	34,97 ± 1,1 ^b	59,15 ± 2,2 ^a	33,93 ± 16,4 ^A

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Pelos dados apresentados na Tabela 22 é possível observar que a irradiação aumentou a desaminação para os cultivares 212, 213 e 231 com o aumento da dose de radiação, tanto para os grãos crus como para os cozidos. Para os grãos do cultivar 214 cozidos e do cultivar E48 crus também foi encontrado esse resultado diante da irradiação para a porcentagem de desaminação.

Para os cultivares 214 nas amostras cruas e E48 nas amostras cozidas, os mesmos resultados foram encontrados, existindo aumento conforme o aumento da dose de irradiação, sem haver, no entanto, diferença significativa entre o controle não irradiado e as amostras irradiadas com dose de 2 kGy.

Com o processo de cocção houve maior desaminação em todos os cultivares, devido ao aumento de temperatura que foi submetido os grãos.

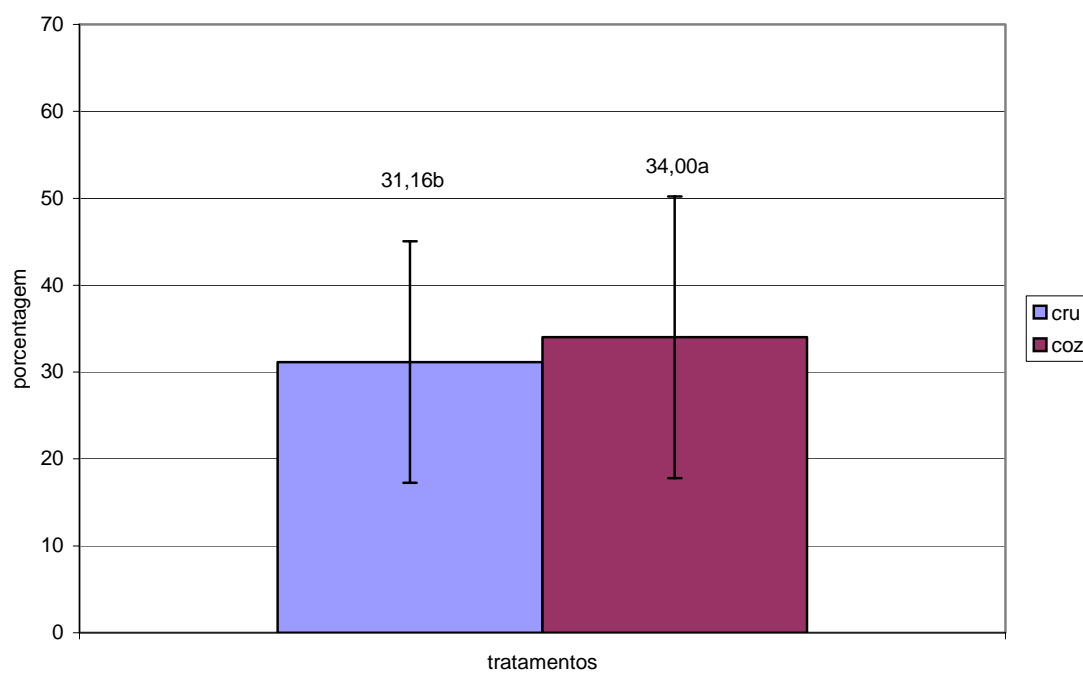


Figura 19 – Porcentagem de desaminação dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

O tratamento de cocção promoveu maior desaminação em relação às amostras cruas (Figura 19).

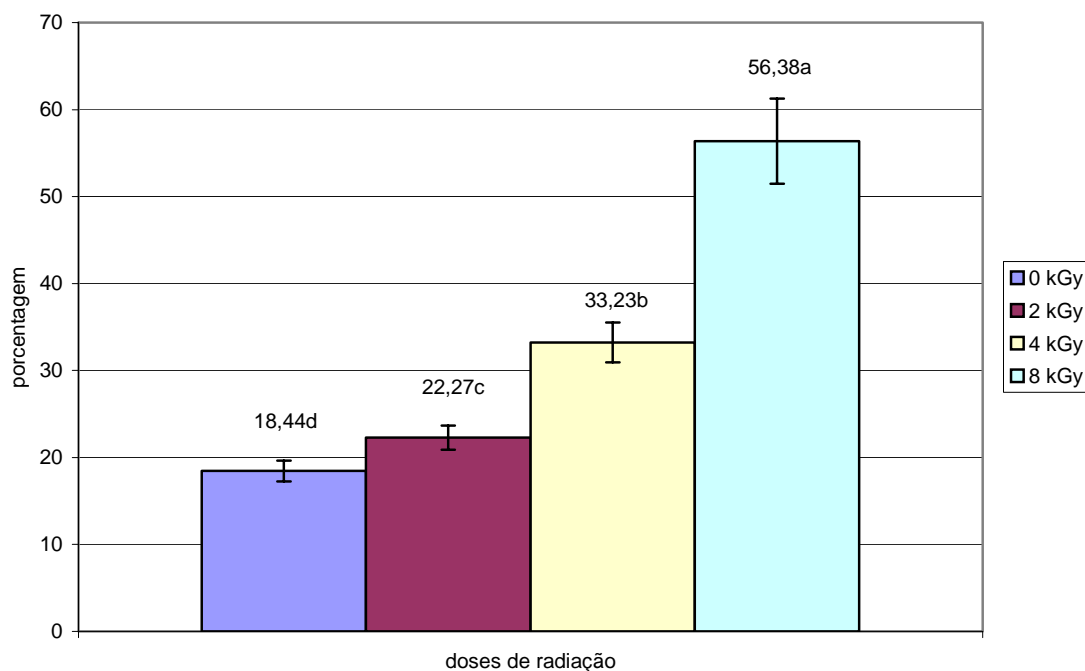


Figura 20 – Porcentagem de desaminação das proteínas das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

O aumento das doses de irradiação promoveu aumento na porcentagem de desaminação das amostras, como pode ser observado pela Figura 20, sendo que todas as doses apresentaram diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre si.

Dogbevi, Vachon e Lacroix (1999), também encontraram aumento da porcentagem de desaminação com o aumento das doses de irradiação quando estudaram propriedades físico-químicas de grãos de feijão nas doses de 0, 2, 4 e 8 kGy. Segundo os autores, a irradiação gama aumenta a desaminação e demonstra indução de formação de produtos radiolíticos. Stadman (1993), sugere que a desaminação seja causada pela formação de amônia a partir da radiólise de grupos aminos laterais.

2.7.3 Fatores antinutricionais

2.7.3.1 Fenólicos totais

Os valores da porcentagem de fenólicos totais são apresentados nas Tabelas 23 e 24 e nas Figuras 21 a 23.

Tabela 23 – Teor de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra seca) encontrado nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	6,71 ± 0,5 ^{1a2}	5,58 ± 0,3 ^{bc}	5,12 ± 0,2 ^c	6,31 ± 1,4 ^{ab}
213	7,63 ± 0,5 ^b	6,53 ± 1,1 ^b	6,03 ± 1,0 ^b	9,70 ± 1,2 ^a
214	6,15 ± 0,5 ^{ab}	5,38 ± 0,4 ^b	4,15 ± 0,9 ^c	6,47 ± 1,8 ^a
231	6,69 ± 0,9 ^a	4,87 ± 1,1 ^c	4,18 ± 1,0 ^d	5,92 ± 1,8 ^b
E48	6,14 ± 1,3 ^a	4,98 ± 1,4 ^{bc}	3,90 ± 1,6 ^c	5,30 ± 2,8 ^{ab}

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Considerando tanto as amostras cruas quanto as amostras cozidas, pela Tabela 23 pode ser observado que para o cultivar 212, o controle foi o que apresentou maior teor de compostos fenólicos totais, diferindo ($p \leq 0,05$) das doses de 2 e 4 kGy, mas não apresentando diferença significativa com relação à dose de 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram o menor teor, e não apresentaram diferença com relação à dose de 2 kGy. É possível notar que a irradiação promoveu diminuição nos teores de compostos fenólicos até a dose de 4 kGy, e que a dose de 8 kGy promoveu aumento desses teores.

Já no cultivar 213, as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maior teor de compostos fenólicos totais, e diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Não houve diferença entre o controle, a dose de 2 kGy e a dose de 4 kGy, que foi a que apresentou menor teor de compostos fenólicos totais.

No cultivar 214, as amostras irradiadas com dose de 8 kGy apresentaram os maiores teores de compostos fenólicos totais, não apresentando diferença significativa com relação às amostras não irradiadas. Estas não diferiram das amostras irradiadas com dose de 2 kGy. A dose de 4 kGy promoveu o menor teor de compostos fenólicos e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos.

Houve diferença entre todos os tratamentos para o cultivar 231, sendo que o controle não irradiado, apresentou o maior teor de compostos fenólicos totais, seguido pelas amostras irradiadas com dose de 8 kGy, 2 kGy e por último as irradiadas com dose de 4 kGy.

No cultivar E48 o controle foi o que apresentou maior teor de compostos fenólicos totais, diferindo ($p \leq 0,05$) das doses de 2 e 4 kGy, mas não apresentando diferença significativa com relação à dose de 8 kGy. As amostras irradiadas com dose de 4 kGy apresentaram o menor teor, e não apresentaram diferença com relação à dose de 2 kGy. É possível notar que o tratamento de irradiação promoveu diminuição nos teores de compostos fenólicos até a dose de 4 kGy, e que a dose de 8 kGy promoveu aumento desses teores.

A Figura 21 apresenta os dados dos fenólicos totais presentes nos diferentes cultivares.

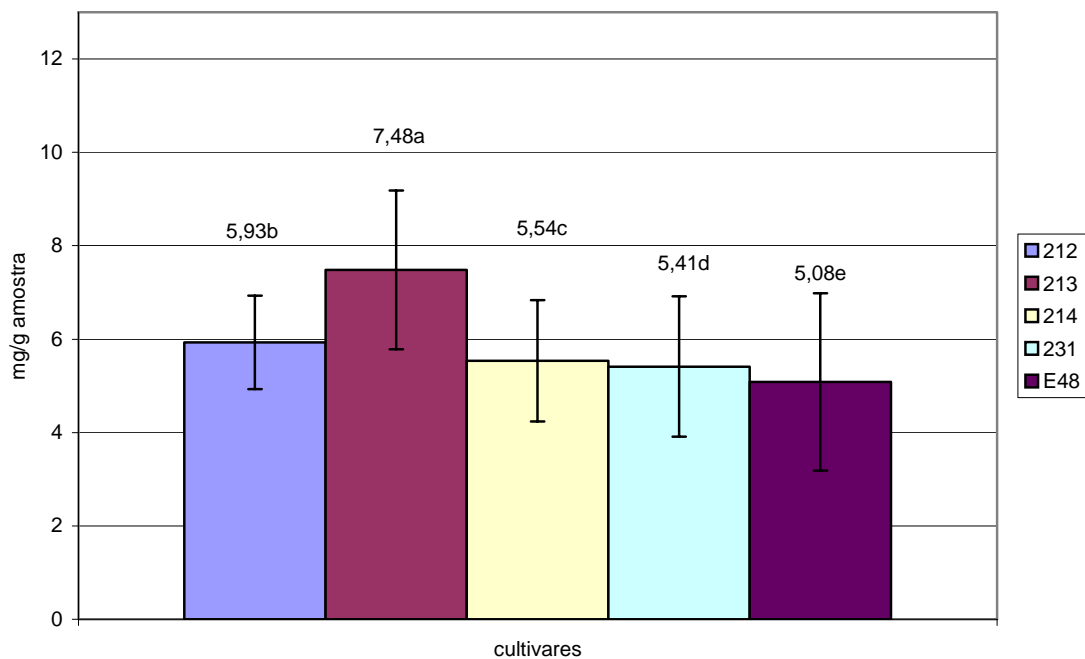


Figura 21– Fenólicos Totais (expressos em mg/g de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

Para a quantidade de fenólicos totais presentes, todos os cultivares apresentaram diferença significativa entre si ($p \leq 0,05$). O cultivar que apresentou maior teor foi o 213, que é o cultivar melhorado para consumo humano com menores teores de lipoxigenases. Em seguida, vieram os cultivares 212, 214, 231 e por último o cultivar E48 que apresentou menor teor de compostos fenólicos totais.

Tabela 24 – Teor de compostos fenólicos totais (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Dose 0 kGy	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	7,15 ± 0,0 ^{1 b2}	5,87 ± 0,0 ^c	5,33 ± 0,0 ^d	7,60 ± 0,0 ^a	6,48 ± 1,0 ^A
	cozido	6,25 ± 0,0 ^a	5,27 ± 0,0 ^b	4,91 ± 0,1 ^d	5,01 ± 0,0 ^c	5,37 ± 1,0 ^B
213	cru	8,07 ± 0,0 ^b	7,61 ± 0,0 ^c	6,98 ± 0,0 ^d	10,83 ± 0,0 ^a	8,37 ± 1,5 ^A
	cozido	7,19 ± 0,0 ^b	5,52 ± 0,0 ^c	5,09 ± 0,0 ^d	8,56 ± 0,0 ^a	6,58 ± 1,5 ^B
214	cru	6,60 ± 0,0 ^b	5,78 ± 0,0 ^c	5,00 ± 0,0 ^d	8,07 ± 0,0 ^a	6,36 ± 1,2 ^A
	cozido	5,70 ± 0,0 ^a	4,99 ± 0,0 ^b	3,29 ± 0,0 ^d	4,88 ± 0,0 ^c	4,71 ± 0,9 ^B
231	cru	7,54 ± 0,0 ^a	5,90 ± 0,0 ^b	5,11 ± 0,0 ^c	7,58 ± 0,0 ^a	6,53 ± 1,1 ^A
	cozido	5,85 ± 0,0 ^a	3,83 ± 0,0 ^c	3,24 ± 0,0 ^d	4,26 ± 0,0 ^b	4,29 ± 1,0 ^B
E48	cru	7,33 ± 0,0 ^b	6,24 ± 0,0 ^c	5,34 ± 0,0 ^d	7,84 ± 0,0 ^a	6,68 ± 1,0 ^A
	cozido	4,95 ± 0,0 ^a	3,73 ± 0,0 ^b	2,46 ± 0,0 ^d	2,76 ± 0,0 ^c	3,47 ± 1,0 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

A Tabela 24 apresenta a porcentagem de compostos fenólicos nos diferentes cultivares para os grãos crus cozidos. Para todos os cultivares a cocção diminuiu o teor de compostos fenólicos.

A dose de 8 kGy promoveu aumento no teor de compostos fenólicos totais em todas as amostras cruas, e nas cozidas somente em alguns cultivares. Provavelmente, tenha sido quantificado algum composto formado com a irradiação na dose de 8 kGy.

Para a maioria dos cultivares (com exceção do 231), tanto nos tratamentos crus quanto nos cozidos houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) para todas as doses utilizadas.

Para o cultivar 212, nas amostras cruas, o cultivar 213, nas amostras cruas e cozidas, o cultivar 214 e E48 nas amostras cruas, as irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram maiores teores de compostos fenólicos totais, seguidas dos controles não irradiados, das amostras irradiadas com dose de 2 e de 4 kGy. Pode ser observado que a irradiação diminuiu

os teores de compostos fenólicos até a dose de 4 kGy e promoveu aumento na dose de 8 kGy, ficando essa amostra com teor maior até do que o controle. Esse fato pode ser explicado pela formação de algum composto com a irradiação na dose de 8 kGy quantificado pela metodologia utilizada.

Já nas amostras cozidas dos cultivares 212, 214 e E48 o controle não irradiado foi o que apresentou maior teor de compostos fenólicos totais, seguido da dose de 2 e 8 kGy. As amostras que apresentaram menores teores foram as irradiadas com 4 kGy. Novamente foi constatada diminuição nos compostos fenólicos com o aumento da dose de irradiação até 4 kGy, e aumento com a dose de 8 kGy, só que nas amostras cozidas esse valor foi menor do que o controle.

No cultivar 231, para as amostras cruas os maiores teores foram observados nas amostras irradiadas com dose de 8 kGy e no controle, que não apresentaram diferença estatística entre si. Valor intermediário foi encontrado com a dose de 2 kGy e os menores teores de compostos fenólicos totais foram apresentados pelas amostras irradiadas com dose de 4 kGy. Para as amostras cozidas houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que o controle foi o que apresentou maior teor de compostos fenólicos totais, seguido da dose de 8 e 2 kGy. As amostras que apresentaram menores teores foram as irradiadas com 4 kGy.

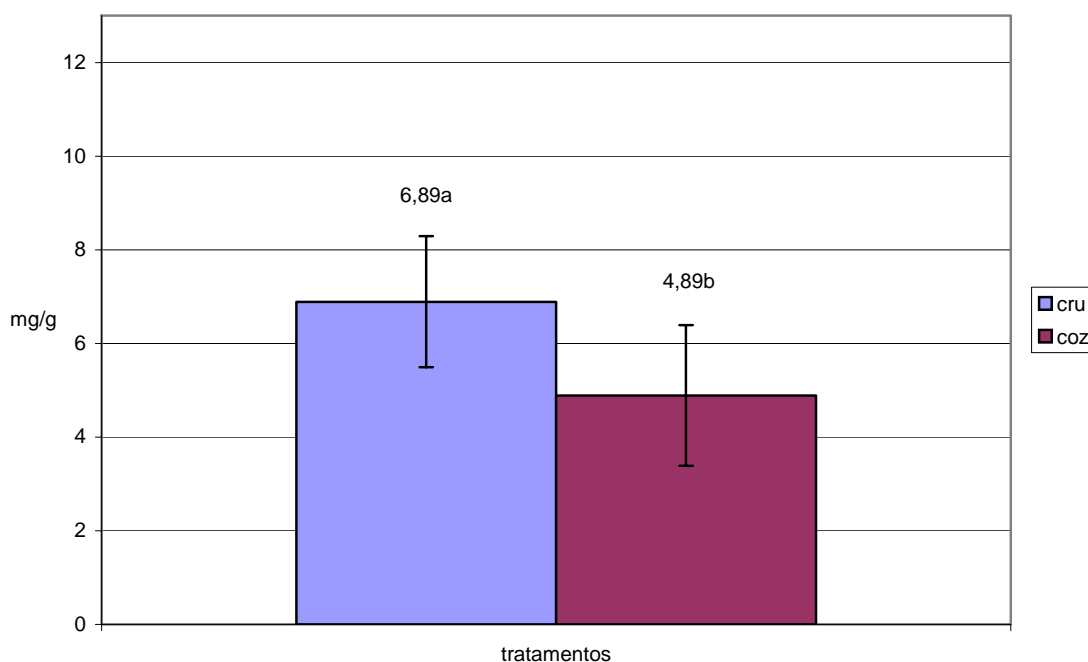


Figura 22 – Fenólicos Totais (mg/g de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

Para esse componente, a cocção promoveu redução significativa, sendo que as amostras cozidas apresentaram valores menores que as amostras cruas, como pode ser observado na Figura 22.

Comportamento diferente foi encontrado no estudo de Villavicencio et al. (2000b), as amostras maceradas e cozidas de duas variedades de feijão apresentaram conteúdo maior de compostos fenólicos quando comparadas com as amostras cruas. Os autores atribuem esse resultado a maior extratibilidade desses compostos nas amostras cozidas, devido à alteração nos compostos celulares em altas temperaturas ou pela decomposição de certos compostos fenólicos insolúveis.

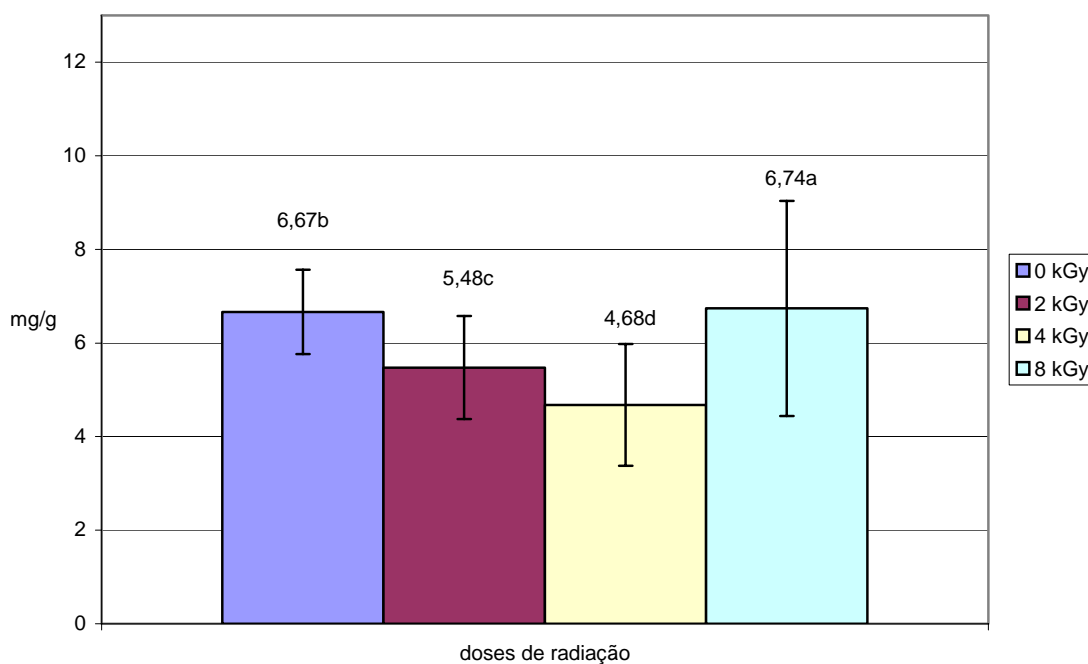


Figura 23 – Fenólicos Totais (mg/g de amostra) das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

Na Figura 23 encontram-se os resultados do tratamento de irradiação para os compostos fenólicos totais. Houve redução conforme o aumento até a dose de 4 kGy, e aumento com a dose de 8 kGy. Todas as doses apresentaram diferença significativa entre si.

Villavicencio et al. (2000b), não encontrou alteração no conteúdo de compostos fenólicos estudando duas variedades de feijões crus com doses de até 10 kGy, porém encontrou diminuição com o aumento das doses nas amostras cozidas. Os autores não relataram aumento com a dose de 10 kGy como o que foi observado para a amostra irradiada com dose de 8 kGy (Figura 23), que, conforme citado anteriormente, pode ser devido a formação de algum composto que não foi formado com as outras doses, e que foi quantificado com a metodologia utilizada.

2.7.3.2 Inibidor de tripsina

As quantidades de inibidores de tripsina foram quantificadas nas amostras e estas foram apresentadas nas Tabelas 25 e 26 e nas Figuras 24 a 26.

Tabela 25 – Unidade de tripsina inibida (UTI), expressa por mg de amostra encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	57,53 ± 15,4 ^a	50,27 ± 19,0 ^a	41,36 ± 11,3 ^b	36,52 ± 8,1 ^b
213	44,45 ± 12,8 ^a	38,95 ± 13,8 ^b	31,44 ± 11,1 ^c	27,89 ± 10,6 ^d
214	42,29 ± 6,5 ^a	38,35 ± 7,3 ^b	28,89 ± 4,4 ^c	26,55 ± 3,9 ^c
231	36,11 ± 7,1 ^a	33,08 ± 6,7 ^b	29,32 ± 7,4 ^c	24,75 ± 5,4 ^d
E48	56,04 ± 16,0 ^a	49,75 ± 14,1 ^b	37,87 ± 10,4 ^c	31,83 ± 12,5 ^d

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Quando consideramos amostras cruas e cozidas (Tabela 25), para o cultivar 212 o controle teve maior teor de inibidores de tripsina e não apresentou diferença significativa com a dose de 2 kGy. A dose de 8 kGy foi a que apresentou menor conteúdo e não diferiu da dose de 4 kGy.

No cultivar 214, houve aumento na Unidade de Tripsina Inibida (UTI) com o aumento da dose de radiação, sendo que somente as amostras irradiadas com doses de 4 e 8 kGy não apresentaram diferença significativa entre si.

Já nos cultivares 213, 231 e E48 todas as doses diferiram ($p \leq 0,05$) entre si. O controle foi o que apresentou maior teor de inibidores de tripsina, e entre as demais doses houve diminuição conforme aumento da dose utilizada.

As atividades dos inibidores de tripsina das variedades de soja Beeson-80 e Pella foram determinadas por Liu e Markakis (1987), após terem estabelecido três estádios de maturação. O primeiro lote se caracterizava por vagens amarelo-esverdeadas com sementes verdes, o segundo por vagens amarelas com sementes esverdeadas e o terceiro e último por sementes na maturação convencional. Os valores das atividades dos inibidores do primeiro ao último estágio de maturação, nos grãos crus, foram suavemente crescentes, de 59 a 64 UTI/mg de matéria seca (Beeson-80) e 53 a 57 UTI/mg de matéria seca (Pella). Após dois tipos de processamento (cozimento à base de vapor ou de água) os autores verificaram nos dois primeiros estádios de

maturação eliminação da atividade dos inibidores de 100 % e para a soja na maturação convencional eliminação da ordem de 83% (Beeson-80) e 89 % (Pella) após aplicação de ambos processamentos térmicos.

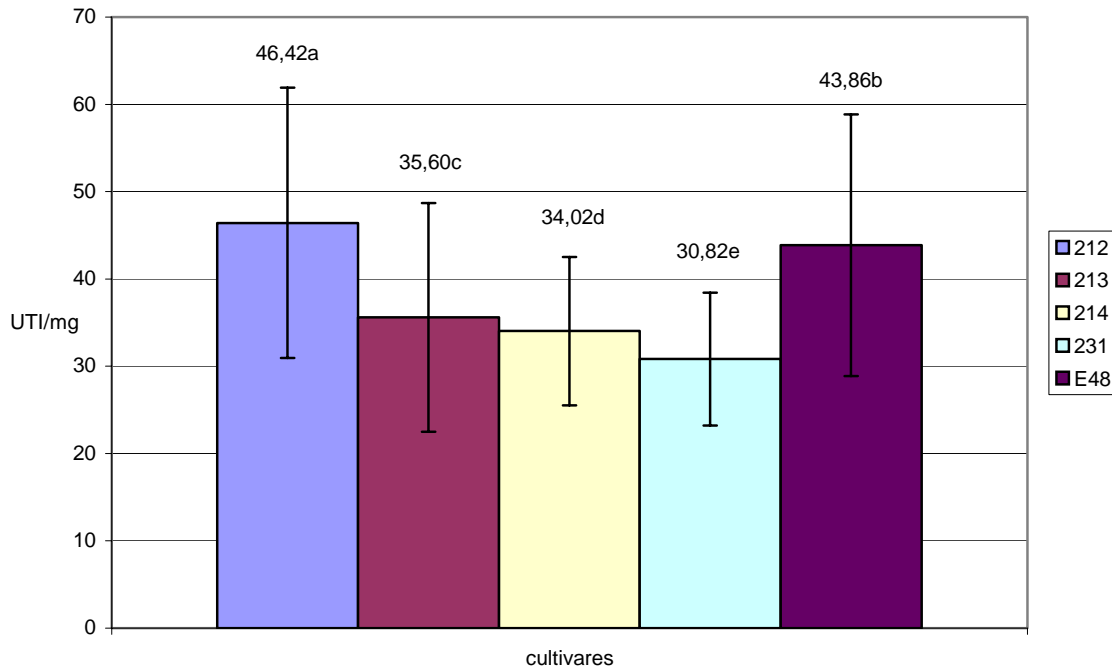


Figura 24 – Inibidor de tripsina (UTI – Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

Através de Figura 24 pode ser observado que houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todos os cultivares, sendo que o cultivar 212 foi o que apresentou maior unidade de tripsina inibida, e na seqüência os cultivares E48, 213, 214 e o cultivar que apresentou menor quantidade de inibidor foi o 231.

Khokhar e Chauhan (1986), também encontraram diferença entre o conteúdo de inibidores de tripsina presentes em diferentes cultivares de feijão. Segundo os autores essa diferença pode ser atribuída a diferenças na germinação dos grãos, já que durante a germinação ocorre mobilização e degradação enzimática das proteínas, incluindo os inibidores de tripsina.

Tabela 26 – Unidade de tripsina inibida (UTI), expressa em mg de amostra encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Dose				Média Cultivares
		Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	
212	cru	71,64 ± 0,4 ^{1 a2}	67,69 ± 0,6 ^b	51,74 ± 0,4 ^c	43,95 ± 0,4 ^d	58,76 ± 11,8 ^{A3}
	cozido	43,42 ± 0,8 ^a	32,84 ± 0,1 ^b	30,98 ± 0,1 ^c	29,10 ± 0,1 ^d	34,09 ± 5,8 ^B
213	cru	56,17 ± 0,1 ^a	51,22 ± 0,2 ^b	41,61 ± 0,1 ^c	37,59 ± 0,1 ^d	46,65 ± 7,7 ^A
	cozido	32,74 ± 0,1 ^a	26,68 ± 0,1 ^b	21,27 ± 0,2 ^c	18,19 ± 0,1 ^d	24,72 ± 5,7 ^B
214	cru	48,51 ± 1,2 ^a	45,04 ± 0,1 ^b	32,98 ± 0,1 ^c	30,13 ± 0,1 ^d	39,09 ± 8,0 ^A
	cozido	36,38 ± 0,1 ^a	31,66 ± 0,2 ^b	24,80 ± 0,1 ^c	22,96 ± 0,1 ^d	28,95 ± 5,6 ^B
231	cru	42,60 ± 0,4 ^a	39,25 ± 0,1 ^b	36,11 ± 0,2 ^c	29,68 ± 0,1 ^d	36,91 ± 4,9 ^A
	cozido	29,62 ± 0,4 ^a	26,91 ± 0,3 ^b	22,54 ± 0,1 ^c	19,81 ± 0,1 ^d	24,72 ± 3,9 ^B
E48	cru	70,66 ± 0,2 ^a	62,58 ± 0,3 ^b	47,38 ± 0,3 ^c	43,32 ± 0,1 ^d	56,01 ± 11,6 ^A
	cozido	41,41 ± 0,1 ^a	36,81 ± 0,1 ^b	28,35 ± 0,2 ^c	20,34 ± 0,1 ^d	31,73 ± 8,4 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Pode ser observado na Tabela 26 os tratamentos cru e cozido das diferentes cultivares estudadas. Pode ser observado que todos os cultivares tiveram o mesmo comportamento com relação à irradiação para as unidades de tripsinas inibidas, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas, sendo notada diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todas as doses utilizadas. Os controles tiveram os maiores valores, seguidos das doses de 2 kGy, 4 kGy e por último as doses de 8 kGy. É possível notar que o aumento da dose de irradiação utilizada promoveu diminuição nos teores de tripsina das amostras.

O tratamento de cocção promoveu redução significativa nos teores de inibidores de tripsina de todos os cultivares.

Carvalho et al. (2002), encontraram variações de 122 a 206 UTI/mg de amostra de grãos de soja crus, valores bem acima dos encontrados no presente trabalho para os cultivares analisados e sem irradiação.

Já Miura et al. (2001), avaliaram o cultivar BRS36 e a linhagem BRM 95-5262, que foi geneticamente modificada para conter baixa atividade de inibidores de tripsina e ausência do inibidor de Kunitz, e encontraram valores de 43,06 UTI/mg de amostra no cultivar BRS36 cru e 28,15 UTI/mg de amostra da linhagem geneticamente modificada crua.

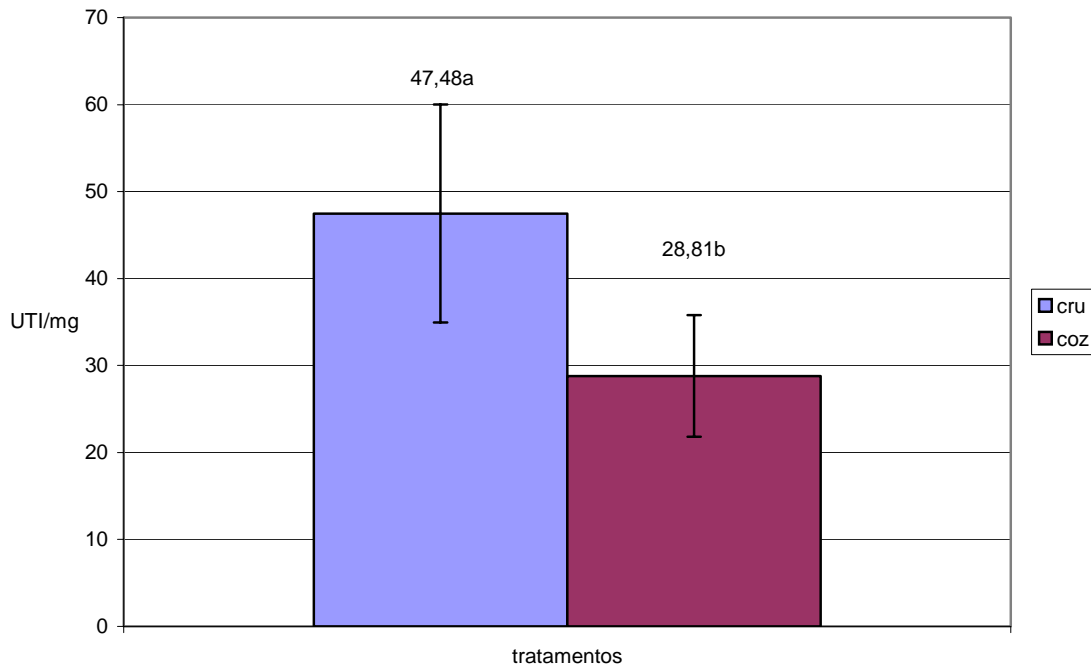


Figura 25 – Inibidor de tripsina (expresso em UTI – Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

O processo de cocção (Figura 25) se mostrou eficiente na redução dos inibidores de tripsina presentes nas amostras, sendo que as amostras cozidas apresentaram quantidades menores e diferiram significativamente ($p \leq 0,05$) com relação às amostras cruas.

Savage et al. (1995), observaram que uma inativação de 80 % de atividade do inibidor de tripsina foi obtida nos grão de soja decorticados submetidos ao branqueamento a 100 °C por 12 minutos. De acordo com Rackins, Mcghee e Booth (1975), apenas 50-60 % de redução do inibidor de tripsina é exigida para evitar a hipertrofia pancreática em ratos, sendo que a inativação de 70-80 % resultou num valor máximo de PER (quociente de eficiência protéica) da dieta contendo farinha de soja.

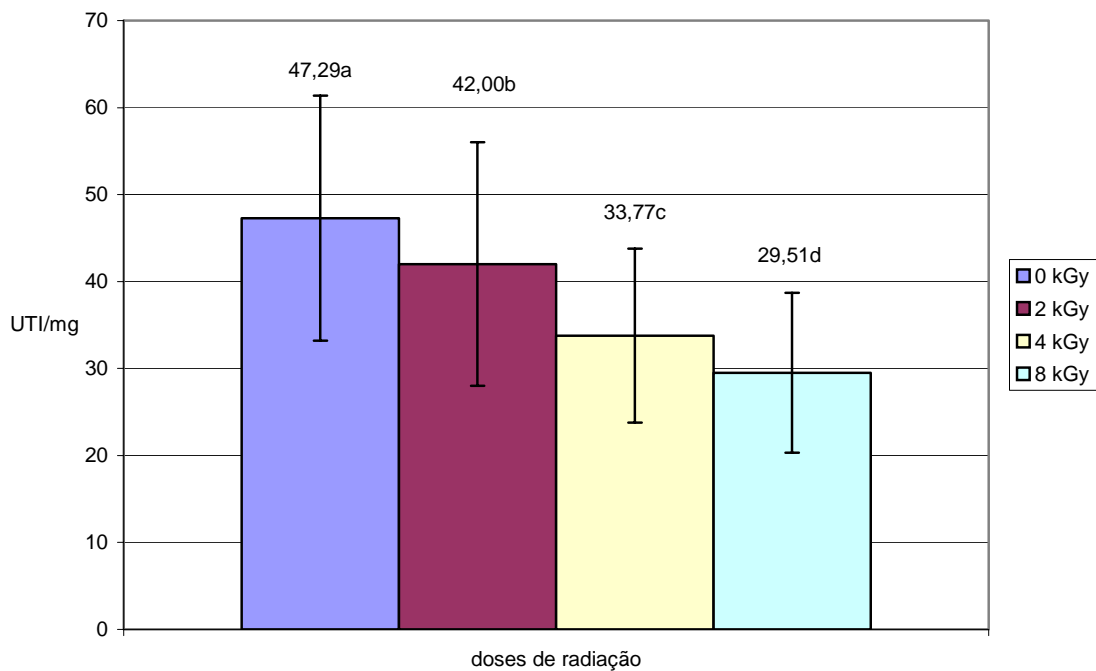


Figura 26 – Inibidor de tripsina (Unidade de Tripsina Inibida/mg de amostra) das quatro doses de irradiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

O efeito da irradiação é mostrado pela Figura 26. O aumento da dose de irradiação utilizada promoveu diminuição nos valores de inibidores de tripsina das amostras, com diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todas as doses.

Abu-Tarboush (1998), encontrou redução de 34,9 % na atividade inibitória da tripsina em farinha de soja irradiada com 10 kGy. Essa redução foi atribuída pelo autor a uma quebra da estrutura do Inibidor de Tripsina com o tratamento de irradiação

Farag (1998), encontrou aumento no nível de inativação com o aumento das doses utilizadas (41,8, 56,3, 62,7 e 72,5 % de perda de atividade inibitória da tripsina) para doses de 5, 15, 30 e 60 kGy, respectivamente. No presente trabalho, a irradiação com dose de 2 kGy promoveu redução de 11,19 % na atividade inibitória da tripsina, a dose de 4 kGy reduziu 28,59 % e a de 8 kGy redução de 37,60 %.

2.7.3.3 Taninos

Nas Tabelas 27 e 28 e Figuras 27 a 29 são apresentados os dados de taninos.

Tabela 27 – Porcentagem de taninos (mg/g de amostra seca) encontrada nos grãos dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy
212	0,24 ± 0,1 ^{1 a2}	0,16 ± 0,1 ^b	0,08 ± 0,0 ^c	0,06 ± 0,0 ^c
213	0,32 ± 0,0 ^a	0,25 ± 0,0 ^b	0,16 ± 0,0 ^c	0,05 ± 0,0 ^c
214	0,31 ± 0,1 ^a	0,20 ± 0,1 ^b	0,09 ± 0,0 ^c	0,07 ± 0,0 ^c
231	0,25 ± 0,1 ^a	0,19 ± 0,0 ^b	0,12 ± 0,0 ^c	0,05 ± 0,0 ^d
E48	0,24 ± 0,1 ^a	0,13 ± 0,0 ^b	0,11 ± 0,0 ^b	0,02 ± 0,0 ^c

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05\%$).

Pela Tabela 27, considerando amostras cruas e cozidas juntas, no cultivar 212 o controle foi o que apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais doses utilizadas. As irradiadas com dose de 2 kGy tiveram teor intermediário e também diferiram ($p \leq 0,05$) das demais doses. As irradiadas com doses de 4 e 8 kGy não apresentaram diferença entre si, sendo que a última foi a que apresentou menor teor de taninos.

No cultivar 213, novamente o controle foi o que apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais doses utilizadas. As amostras irradiadas com dose de 2 kGy tiveram um teor intermediário e também diferiram ($p \leq 0,05$) das demais doses. As doses de 4 e 8 kGy não apresentaram diferença entre si, sendo que a última foi a que apresentou menor teor de taninos.

Para o cultivar 214 o controle foi o que apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais doses utilizadas. A dose de 2 kGy teve teor intermediário e também diferiu ($p \leq 0,05$) das demais doses. As doses de 4 e 8 kGy não apresentaram diferença entre si, sendo que a última foi a que apresentou menor teor de taninos.

Para o cultivar 231, houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que os controles apresentaram os maiores teores de taninos e houve diminuição conforme aumento da dose de irradiação.

Para o cultivar E48 o controle apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos, porém foram as doses de 2 e 4 kGy que não apresentaram diferença

significativa entre si dessa vez. As amostras irradiadas com dose de 8 kGy foram as que apresentaram menor teor de taninos e diferiram de todas as doses utilizadas.

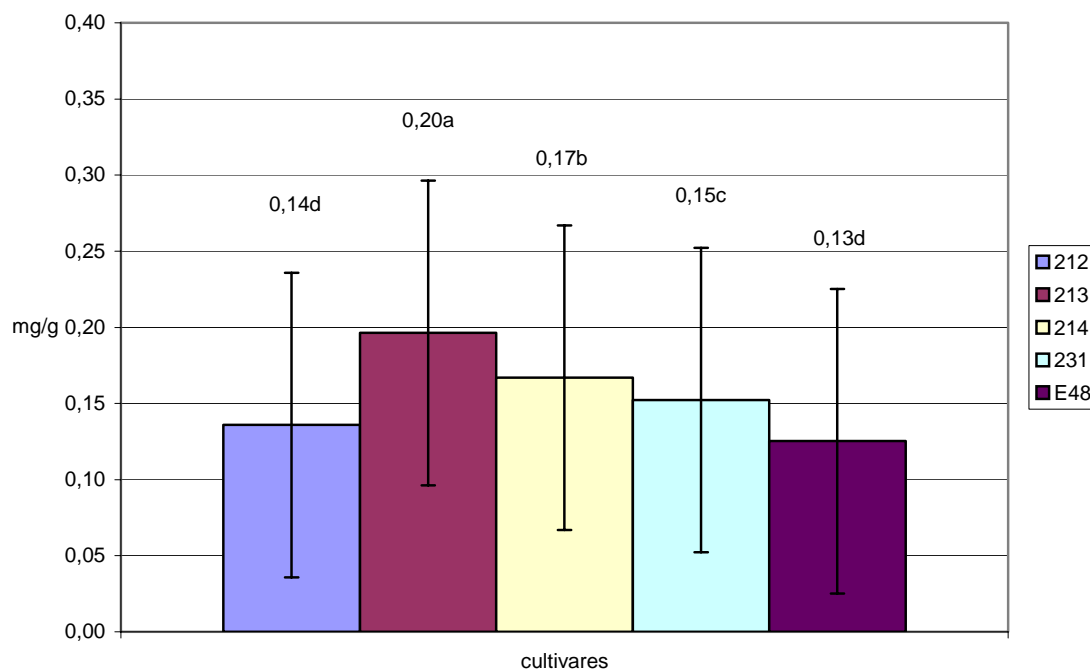


Figura 27 – Taninos (mg de taninos/g de amostra) dos cinco cultivares analisados no experimento (212, 213, 214, 231 e E48).

O cultivar que apresentou maior teor de taninos foi o 213 (Figura 27), diferindo significativamente dos demais ($p \leq 0,05$). Os cultivares 214 e 231 também diferiram entre si ($p \leq 0,05$) e com relação aos demais. Já os cultivares 212 e E48 diferiram dos demais ($p \leq 0,05$) mas não apresentaram diferença significativa entre si.

Tabela 28 – Porcentagem de taninos (mg de taninos/g de amostra seca) encontrada nos grãos, crus e cozidos, dos diferentes cultivares submetidos à irradiação com doses de 0, 2, 4 e 8 kGy.

Cultivares	Tratamento	Controle	Dose 2 kGy	Dose 4 kGy	Dose 8 kGy	Média Cultivares
212	cru	0,33 ± 0,0 ^{1 a2}	0,21 ± 0,0 ^b	0,08 ± 0,0 ^c	0,07 ± 0,0 ^c	0,17 ± 0,1 ^{A3}
	cozido	0,16 ± 0,0 ^a	0,10 ± 0,0 ^b	0,07 ± 0,0 ^{bc}	0,04 ± 0,0 ^c	0,09 ± 0,1 ^B
213	cru	0,37 ± 0,1 ^a	0,28 ± 0,0 ^b	0,18 ± 0,0 ^c	0,07 ± 0,0 ^d	0,22 ± 0,1 ^A
	cozido	0,27 ± 0,0 ^a	0,23 ± 0,0 ^b	0,14 ± 0,0 ^c	0,02 ± 0,0 ^d	0,17 ± 0,1 ^B
214	cru	0,39 ± 0,0 ^a	0,25 ± 0,0 ^b	0,11 ± 0,0 ^c	0,11 ± 0,0 ^c	0,21 ± 0,1 ^A
	cozido	0,23 ± 0,0 ^a	0,15 ± 0,0 ^b	0,08 ± 0,0 ^c	0,05 ± 0,0 ^d	0,12 ± 0,1 ^B
231	cru	0,31 ± 0,0 ^a	0,22 ± 0,0 ^b	0,14 ± 0,0 ^c	0,08 ± 0,0 ^d	0,18 ± 0,1 ^A
	cozido	0,19 ± 0,0 ^a	0,16 ± 0,0 ^a	0,10 ± 0,0 ^b	0,03 ± 0,0 ^c	0,11 ± 0,1 ^B
E48	cru	0,28 ± 0,0 ^a	0,15 ± 0,0 ^b	0,13 ± 0,0 ^b	0,04 ± 0,0 ^c	0,15 ± 0,1 ^A
	cozido	0,19 ± 0,0 ^a	0,11 ± 0,0 ^b	0,09 ± 0,0 ^c	0,01 ± 0,0 ^d	0,10 ± 0,1 ^B

¹ média ± desvio padrão

² médias com letra(s) minúscula(s) diferente(s) na horizontal diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

³ médias com letra(s) maiúscula(s) diferente(s) na vertical, dentro de cada cultivar (cru e cozido) diferem significativamente ao nível de ($p \leq 0,05$).

Para o cultivar 212 (Tabela 28), nas amostras cruas o controle foi o que apresentou maior teor de taninos diferindo significativamente ($p \leq 0,05$) das amostras irradiadas, seguido pela dose de 2 kGy, que também diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. A dose de 4 e de 8 kGy não apresentaram diferença estatística entre si, sendo que a última foi a que apresentou menor teor de taninos. Nas amostras cozidas o controle também apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais amostras, seguido da dose de 2kGy que não apresentou diferença com relação a dose de 4 kGy. A dose de 8 kGy foi a que apresentou menor teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) do controle, da dose de 2 kGy mas não diferiu da dose de 4kGy.

Para o cultivar 213, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que os controles apresentaram os maiores teores de taninos e houve diminuição conforme aumento da dose de irradiação.

Para o cultivar 214, nas amostras cruas, o controle apresentou maior teor de taninos, e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais amostras. Houve redução do teor com o aumento das doses de irradiação, sem haver diferença significativa entre as doses de 4 e 8 kGy. Nas amostras cozidas houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que os controles apresentaram os maiores teores de taninos e houve diminuição conforme aumento da dose de irradiação.

No cultivar 231, nas amostras cruas houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que o controle apresentou os maiores teores de taninos e houve diminuição conforme

aumento da dose de irradiação. Já nas cozidas, houve redução com o aumento da dose utilizada, mas não houve diferença entre o controle e as amostras irradiadas com dose de 2 kGy.

No cultivar E48, nas amostras cozidas houve diferença ($p \leq 0,05$) entre todos os tratamentos, sendo que os controles apresentaram os maiores teores de taninos e houve diminuição conforme aumento da dose de irradiação. Nas amostras cruas o controle não irradiado foi o que apresentou maior teor de taninos e diferiu ($p \leq 0,05$) das demais amostras, seguido da dose de 2 e 4 kGy, que não apresentaram diferença significativa entre si. A dose de 8 kGy foi a que apresentou menor teor e diferiu das demais amostras.

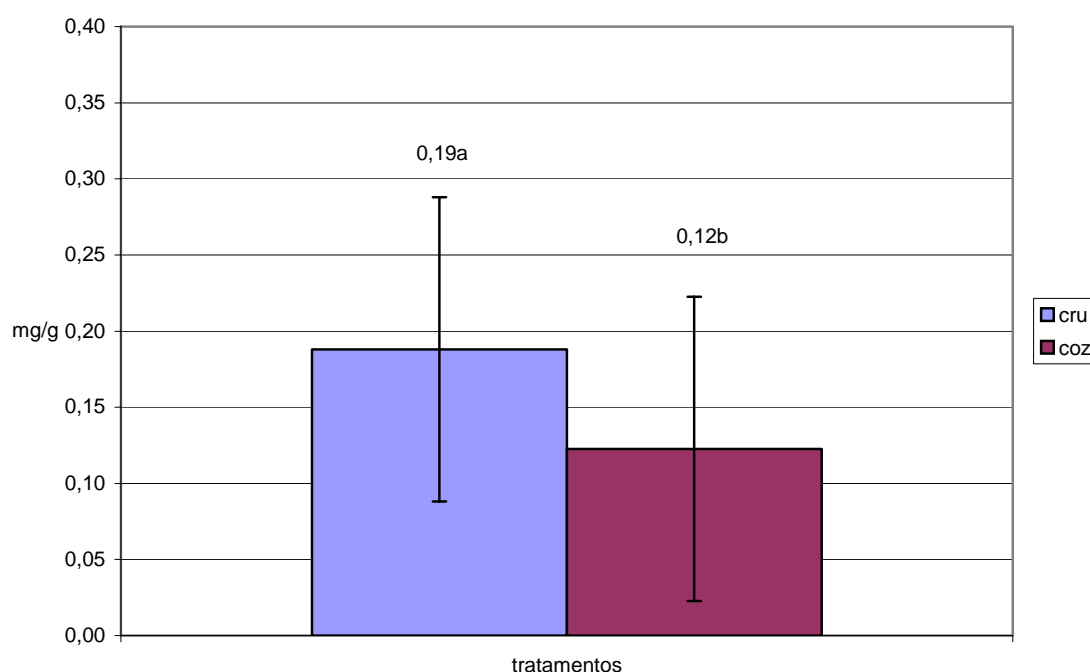


Figura 28 – Taninos (mg de taninos/g de amostra) dos dois tratamentos analisados (cru e cozido).

Com relação ao tratamento de cocção (Figura 28), as amostras cruas apresentaram valores superiores em relação às amostras cozidas.

Esse resultado difere do encontrado por Villavicencio et al. (2000b), onde o conteúdo de taninos não sofreu alteração com a maceração e a cocção na variedade Carioca e sofreu aumento na variedade Macacar. Já Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), encontraram redução no teor

de taninos presentes em feijão preto irradiado com a cocção, concordando com o resultado encontrado no presente trabalho.

Amaya et al. (1991), estudando o efeito de dois tratamentos de cocção em grãos de feijão preto, encontraram diminuição de 64% no conteúdo de taninos ao comparar feijão cru com feijão cozido sem caldo. Os autores sugerem que a diminuição de taninos por processos de cocção é nítida e está relacionada a mudanças na solubilidade e reatividade química. Assim, essa redução se deve a propriedades de combinação com as proteínas e outras substâncias orgânicas, ou então a alterações em sua estrutura química.

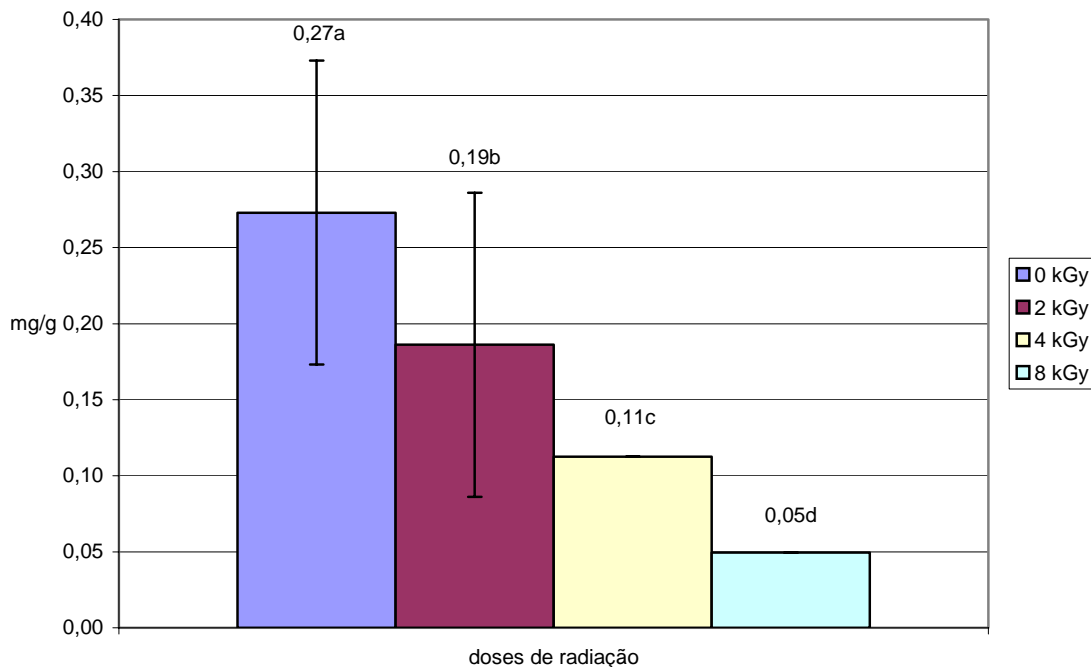


Figura 29 – Taninos (mg de taninos/g de amostra) das quatro doses de radiação analisadas no experimento (0, 2, 4 e 8 kGy).

Houve diferença significativa ($p \leq 0,05$) entre todas as doses (Figura 29), sendo que o aumento da dose promoveu diminuição no teor desse antinutriente.

O mesmo resultado foi encontrado por Brigide (2002), estudando feijão preto cru e cozido, irradiado com dose de 0, 2, 6 e 10 kGy, onde a radiação gama também promoveu diminuição na quantidade de taninos presentes conforme aumento da dose.

Villavicencio et al. (2000b), também chegou a esse resultado estudando feijão comum, cru e cozido, irradiado com doses de 2,5, 5 e 10 kGy, onde o conteúdo de taninos diminuiu com o aumento das doses, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas.

Mechi, Canniatti-Brazaca e Arthur (2005), analisando feijão preto irradiado com doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 kGy não encontraram alterações promovidas pelo uso da irradiação nos teores de taninos dos grãos crus.

Essa redução no teor de taninos é muito favorável, visto que esse fator antinutricional tem a capacidade de diminuir a digestibilidade protéica. Quando encontrado na proporção de 5:1, taninos/proteína, toda proteína é precipitada pela ação dos taninos (PINO e LAJOLO, 2003).

3 CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, conclui-se que:

- para as análises físicas houve diferenças no tempo de hidratação entre os cultivares e a irradiação promoveu redução no tempo, mas não na quantidade de água absorvida; no tempo de cocção houve diminuição com o aumento das doses de radiação;
- as diferenças encontradas na composição centesimal não tiveram influência do tratamento de irradiação, e sim dos diferentes cultivares e a cocção;
- para a digestibilidade foram encontradas alterações somente com o tratamento de cocção, sendo que houve aumento após o cozimento dos grãos;
- o tratamento de irradiação promoveu aumento na porcentagem de desaminação das amostras com o aumento das doses;
- com relação aos fatores antinutricionais o tratamento de irradiação promoveu melhora nutricional em todos os cultivares através de redução dos fatores analisados conforme aumento da dose, tanto nas amostras cruas quanto nas amostras cozidas; a cocção também promoveu redução no teor dos antinutrientes analisados.

REFERÊNCIAS

- ABU-TARBOUSH, H.M. Irradiation inactivation of some antinutritional factors in plant seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 46, p. 2698–2702, 1998.
- AGUIAR, C.L. Isoflavonas de soja e propriedades biológicas. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 323 – 334, jul./dez. 2002
- AKESON, W.R.; STAHMANN, M.A. A pepsin pancreatin digest index of protein quality evaluation. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 83, p. 257 – 261, 1964.
- AL-KAISEY, M.T.; ALWAN, A.H.; MOHAMMAD, M.H.; SAEED, A.H. Effect of gamma irradiation on antinutritional factors in broad bean. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 67, p. 493 – 496, 2003.
- AMARAL, A.S.; BAUDET, L.M. Efeito do teor de umidade da semente, tipo de embalagem e periodo de armazenamento, na qualidade de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 5, n. 3, p. 27-36, 1983.
- AMAYA, H.; ACEVEDO, E.; BRESSANI, R. Efecto del recalentamiento sobre la disponibilidad de hierro y el valor nutritivo de la proteína del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) cocido. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 41, n. 2, p. 223 – 237, 1991.
- ANDERSON, R.L.; RACKIS, J.J.; TALLENT, W.H. Biologically active substances in soy products. In: WILCKE, H.L.; HOPKINS, D.T.; WAGLLE, D.H. (Ed.) **Soy protein and human nutrition**. New York: Academic press, 1979. p. 209 – 233.
- ASP, N.G.; JOHANSSON, C.G.; HALLMER, H.; SILJESTROEM, M. Rapid enzymatic assay of insoluble and soluble dietary fiber. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.31, n. 3, p. 476 - 482, 1983.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS AOAC **Official methods of analysis**, 16th ed. Arlington, 1995. 2v.
- BABU, R.M.; SAJEENA, A.; SEETHATAMAN, K.; REDDY, M.S. Advances in genetically engineered (transgenic) plants in pest management – an over view. **Crop Protection**, Guildford, v. 22, n. 9, p. 1071 – 1086, 2003.
- BARBOSA, M.C.A. **Determinação de inibidores de proteases em soja e em seus derivados protéicos**. 1997. 61p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- BARCELOS, M.F.P.; TAVARES, D.Q.; MIRANDA, M.A.C.; GERMER, S.P.M. Aspectos químicos e bioquímicos de leguminosas enlatadas em diferentes estádios de maturação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 59 - 72, jan./abr. 1999.

BASENHOP, A.F.; WILKENS, W.F. The formation of 1-0-1-octen-ol in soybeans during storage. **Journal of American Oil Chemist's Society**, Chicago, v. 46, n. 1, p. 179 - 184, 1969.

BOELTER. Disponível em: <<http://www.boelter-agro.com.br>> Acesso em: 13 ago. 2003.

BONATO, E.R.; BERTAGNOLLI, P.F.; LANGE, C.E.; RUBIN, S.A.L. Teor de óleo e proteína em genótipos de soja desenvolvidos após 1990. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 12, p. 2391 – 2398, dez. 2000.

BRESSANI, R. Grain quality of common beans. **Food Reviews International**, New York, v. 9, p. 237 – 297, 1993.

BRESSANI, R.; ELÍAS, C.G.; BRAHAM, J.E. Reduction of digestibility of legume proteins by tannins. **Journal of Plant Foods**, London, v. 4, p. 34 – 55, 1982.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BURNS, R.A. Protease inhibitors in processed plant foods. **Journal of Food Protection**, Ames, v.2, n. 50, p. 161 – 166, 1987.

BURR, H.R.; KON, S.; MORRIS, H.J. Cooking rates of dry beans as influenced by moisture content and temperature and time of storage. **Food Technology**, Chicago, v.22, p. 336 - 338, 1968.

BYUN, M.W.; KANG, I.J.; KWON, J.K.; HAYASHI, Y.; MORI, T. Physicochemical properties of soybean oil extracted from γ -irradiated soybeans. **Radiation Physics and Chemistry**. Oxford, v. 46, n. 4-6, p. 659 - 662, 1995.

CABRAL, L.C.; SERNA-SILVALDIR, S.O.; TINSLEY, A.M. Effects of dehulling, cooking and storage conditions on protein quality and digestibility of soybeans. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 45, n. 3, p. 41 – 45, 1995.

CABRAL, L.C.; WANG, S.H.; ARAUJO, F.B. Efeito da pressão de homogeneização nas propriedades funcionais do leite de soja em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.17, n. 3, p. 286 – 290, 1997.

CAFÉ, M.B.; SAKOMURA, N.K.; JUNQUEIRA, O.M.; MALHEIROS, E.B.; DEL BIANCHI, M. Composição e digestibilidade dos aminoácidos das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v.2, n.1, p. 59 – 66, jan./abr. 2000.

CÂMARA, G.M.S.; D'ARCE, M.A.B.R.; FILHO, J.M.; GODOY, O.P. **Soja: produção, pré – processamento e transformação agroindustrial**, São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 99p.

CÂMARA, G.M.S.; SEDIYAMA, T.; DOURADO-NETO, D.; BERNARDES, M.S. Influence of photoperiod and air temperature on the growth, flowering and maturation of soybean (*Glycine max* (L) Merrill). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 54, p. 149 – 154, 1997.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, C.R.L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, Campinas, v.62, n. 3, p. 369 – 379, 2003.

CARRÃO-PANIZZI, M.C.; BELEIA, A.D.; KITAMURA, K.; OLIVEIRA, M.C.N. Effects of genetics and environment on isoflavone content of soybean from different regions of Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1787 – 1795, 1999.

CARVALHO, M.R.B.; GINNIS, J.; SILVA, M.A.; PEREIRA, A.; SGARBIERI, V.C.; TAVARES, D.Q. Efeito da irradiação (raios gama) sobre as propriedades físicas, sensoriais e nutricionais dos grãos de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 26, p. 1663 – 1672, 1991.

CARVALHO, M.R.B.; KIRSCHNIK, P.G.; PAIVA, K.C.; AIURA, F.S. Avaliação da atividade dos inibidores de tripsina após digestão enzimática em grãos de soja tratados termicamente. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 15, n. 3, p. 267 – 272, set./dez. 2002.

COMPANHIA DE ENTREPÓSITOS E ARMAZÉNS GERAIS DE SÃO PAULO - CEAGESP. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br>> Acesso em: 15 jan. 2004.

CLAPAUCH, R.M.; RICARDO, M.R.; JULIÃO, M.A.S.G.; LOUREIRO, C.K.C.; GIARODOLI, P.B.; PINHEIRO, S.A.; HARRIGAN, A.R. Fitoestrogênios: posicionamento do Departamento de Endocrinologia Feminina da Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia (SBEM). **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia**, São Paulo, v. 46, n. 6, p. 679 – 695, dez. 2002.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Exportação complexo soja e trigo**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/download/indicadores/0304-oferta-e-demanda-mundial.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2005.

COSTA, E.A. Alimentos e suas composições químicas. In: _____. **Manual de nutrientes: prevenção de doenças através dos alimentos**. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 2002. cap. 1, p. 13 – 175.

CHIARADIA, A.C.N.; GOMES, J.C. **Feijão: química, nutrição e tecnologia**. Viçosa: UFV, 1997. 180p.

CHUNG, T.K.; YIP, S.K.; LAM, P.; CHANG, A.M.; HAINES, C.J. A randomized, double-blind, placebo-controlled, crossover study on the effect of oral estradiol on acute menopausal symptoms. **Maturitas**, Amsterdam, v. 25, p. 115 - 123, 1996.

CUNHA, M.F.; SGARBIERI, V.C.; DAMÁSIO, M.H. Effects of pretreatment with gamma rays or microwave on storage stability of dry beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 41, n. 10, p. 1710 – 1715, 1993.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.S. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.3, n.3, p.193 - 202, 2003.

DELINCÉE, H.; VILLAVINCENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J. Protein quality of irradiated brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.52, n.1, p.43 - 46, 1998.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. New York: Marcel Decker, 1995. 454p.

DIEHL, J.F.; SCHERZ, H. Estimation of radiolytic products as a basis for evaluation the wholesomeness of irradiated foods. **International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, New York, v. 26, n. 9, p. 499 – 507, 1975.

DOGBEVI, M.K.; VACHON, C.; LACROIX, M. Physicochemical properties of dry red kidney bean proteins and natural microflora as affected by gamma irradiation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 64, n. 3, p. 540 – 542, 1999.

DOGBEVI, M.K.; VACHON, C.; LACROIX, M. Effect of gamma irradiation on the microbiological quality and on the functional properties of protein in dry red kidney beans (*Phaseolus vulgaris*) **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v.57, p.265 - 268, 2000.

EL-MORSI, E.A.; ABDEL-SALAM, H.S.; ISMAIL, H.A.; ABOUL-FETOUH, S.A.; FAWZAY, A.M. Effect of gamma irradiation on trypsin inhibitor and subunit structure of proteins in field bean (*Vicia faba*) seeds during germination. **Minia Journal of Agricultural Research and Development**, El Minia, v. 14, p. 849 – 871, 1992.

EMBRAPA. **Características dos cultivares de soja Embrapa (Região Centro-Sul, 2003/2004)**. Londrina: Fundação Meridional. 2003. 56p.

_____. Centro Nacional de Pesquisa sobre Soja. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br>>. Acesso em: 26 ago. 2005.

ESTADOS UNIDOS. DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **National nutrients databases**. Disponível em: <<http://www.ars.usda.gov>>. Acesso em: 14 Dec. 2005.

ESTEVES, E.A.; MONTEIRO, J.B.R. Efeitos benéficos das isoflavonas de soja em doenças crônicas. **Revista Nutrição**, Campinas, v.14, n.1, p. 43 - 52, jan./abr. 2001.

ESTEVES, A.M.; ABREU, C.M.P.; SANTOS, C.D. Comparação química e enzimática de seis linhagens de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.5, p. 999 - 1005, 2002.

FAO. **Codex alimentarius**: requisitos generales. Roma, 2000. 300p.

FARAG, M.D.E.H. Radiation deactivation of antinutritional factors: trypsin inhibitor and hemagglutinin in soybeans. **Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications**, Cairo, v. 6, p. 207 – 215, 1989.

FARAG, M.D.E.H. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, p. 319 – 328, 1998.

FARAG, M.D.E.H. Effect of radiation and other processing methods on protein quality of sunflower meal. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 79, p. 1565 – 1570, 1999.

FNP CONSULTORIA E COMÉRCIO. Soja. In: _____. **Agriannual 2002**: Anuário da agricultura brasileira. FNP: São Paulo, 2002. 435p.

GALLAGHER, J.C.; RAFFERTY K, HAYNATZKA V, WILSON M. The effect of soy protein on bone metabolism. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 130, p. 667 - 671, 2000.

GARCIA-VELA, L.A.; STANLEY, D.W. Water-holding capacity in hard-to-cook bean (*P. vulgaris* L.): effect of pH and ionic strength. **Journal of Food Science**, Chicago, v.54, n.4, p.1080-1081, 1989.

GOMES, J.C.; OLIVEIRA, M.A.S.; OLIVEIRA, M.L. Extrato solúvel de soja: sabor e teor de hexanal. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 32, n. 4, p. 665 – 686, 1989.

GONZÁLES, G.C.A. Efecto del tratamiento termico sobre el contenido de fibra dietetica total, soluble y insoluble en algunas leguminosas. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 50, n. 3, p. 281 – 285, set. 2000.

GORMAN, C. The joy of soy. **Times**, v. 153, n. 22, p. 67 – 68, 1999.

GRALA, W.; VERSTEGEN, M.W.A.; JANSMAN, A.J.M.; HUISMAN, J.; VAN LEEWEN, P.; TAMMINGA, S. Apparent protein digestibility and recovery of endogenous nitrogena t the terminal ileum of pigs fed diets containing various soybean products, peas or rapessed hulls. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdan, v. 80, n. 3-4, p. 231 – 245, 1999.

HAFEZ, Y.S.; MOHAMED, A.I.; SINGH, G.; HEWEDY, F.M. Effect of γ -irradiation on protein and fatty acids of soybean. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 50, p. 1271 – 1274, 1985.

HAN, K.K.; SOARES JR, J.M.; HAIDAR, M.A.; GIRÃO, M.J.B.C.; NUNES, M.G.; LIMA, G.R. de; BARACAT, E.C. Efeitos dos fitoestrógenos sobre alguns parâmetros clínicos e laboratoriais no climatério. **Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetricia**, Rio de Janeiro, v. 24, n.8, p. 547 – 552, set. 2002.

HERNANDEZ, M.; VEGA, A.; SOTELO, A. Determinacion de la digestibilidad protenica in vitro y in vivo em cereales y leguminosas, crudos y cocidos. **Arquivos Latinoamericanos de Nutricion**, Caracas, v. 34, n. 3, p. 513 – 522, set. 1984.

HOSSAIN, M.M.; TALIMA, M.; SUZUKI, T.; TODORIKI, S. Effects of γ -irradiation on the chemical composition of lentil, mung bean and wheats. **Food Irradiation**, Vienna, v. 23, p. 66–71, 1988.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY - IAEA. **Use of irradiation as a quarantine treatment of food and agricultural commodities**. Vienna, 1992. 66p.

ISMAIL, F.A.; OSMAN, A.Z. Improvement in digestibility of broad bean (*Vicia faba*) by gamma-irradiation. **Isotope Radiation Research**, Cairo, v. 8, p. 17 – 22, 1976.

IYER, V.; SALUNKHE, D.K.; SATHE, S.K.; ROCKLAND, L.B. Quick-cooking beans (*Phaseolus vulgaris* L.): I. investigation on quality. **Plant Foods for Human Nutrition**, Amsterdam, v. 30, p. 27 – 43, 1980a.

IYER, V.; SALUNKHE, D.K.; SATHE, S.K.; ROCKLAND, L.B. Quick-cooking beans (*Phaseolus vulgaris* L.): II. phytates, oligosaccharides and antienzymes. **Plant Foods for Human Nutrition**, Amsterdam, v. 30, p. 45 – 52, 1980b.

JURGONSKI, L.J.; SMART, D.J.; BUGBEE, B.; NIELSEN, S.S. Controlled environments alter nutrient content of soybeans. **Advances in Space Research**, Birmingham, v. 20, n. 10, p. 1979 – 1988, 1997.

KAKADE, M.L.; EVANS, R.J. Growth inhibition of rats fed raw Navy beans (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 90, p. 191 – 198, 1966.

KAKADE, M.L.; SIMONS, N.; LIENER, I.E. An evaluation of natural vs. synthetic substrates for measuring the anti tryptic activity of soybean samples. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 46, p. 518 - 526, 1969.

KHATTAK, A.B.; KLOPPENSTEIN, C.F. Effects of gamma irradiation on the nutritional quality of grain and legume. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 66, p. 170 – 171, 1989.

KHOKHAR, S.; CHAUHAN, B.M. Antinutritional factors in Moth Bean (*Vigna acontifolia*): varietal differences and effects of methods of domestic processing and cooking. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 51, n. 3, p. 591 – 594, 1986.

KIM, J.H.; KIM, D.H.; AHN, H.J.; PARK, H.J.; BYUN, M.W. Reduction of the biogenic amine contents in low salt-fermented soybean paste by gamma irradiation. **Food Control**, Guildford, v. 16, p. 43 – 49, 2005.

LACROIX, M.; AMIOT, J.; BRISSON, G.J. Hydrolysis and ultrafiltration treatment to improve the nutritive value of raphe seed protein. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 48, p. 1644 - 1645, 1983.

LAM-SANCHEZ, A.; DURIGAN, J.F.; CAMPOS, S.L.; SILVESTRE, S.R.; PEDROSO, P.A.C.; BANZATTO, D.A. Efeitos da época de semeadura sobre a composição química e características físico-químicas de grãos de *Phaseolus vulgaris* L., *Phaseolus angularis* (Wild) Wright e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.2, p.35 - 44, 1990.

LEE, C.C. Electron paramagnetic resonance (EPR) and packing studies on γ -irradiation flour. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 39, p. 147 – 155, 1962.

LEE, C.H.; YANG, L.; XU, J.Z.; YEUNG, S.Y.Z.; HUANG, Y.; CHEN, Z.Y. Relative antioxidant activity of soybean isoflavones and their glycosides. **Food Chemistry**, Barking, v. 90, p. 735 – 741, 2005.

LEMOES, L.B.; OLIVEIRA, R.S.; PALOMINO, E.C.; SILVA, T.R.B. Características agronômicas e tecnológicas de genótipos de feijão do grupo comercial Carioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n. 4, p.319 - 326, abr. 2004.

LIENER, I.E. Legume toxins in relation to protein digestibility - a review. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 5, p. 1076 - 1081, 1976.

LIENER, I.E. Implications of antinutritional components in soybean foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 34, p. 31–67, 1994.

LIU, K.; MARKAKIS, P. Effect of maturity and processing on the trypsin inhibitor and oligosaccharides of soybeans. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 1, p. 222 - 225, 1987.

MAIA, L.H.; WANG, S.H.; FERNANDES, M.S.; CABRAL, L.C. Características químicas dos mingaus desidratados de arroz e soja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 3, p. 416 - 423, set./dez. 2000.

MARANHÃO, M.F.C. Benefícios da soja para o coração e a saúde. **Documentos da Embrapa**, Londrina, v. 169, n. 1, p. 21 – 23, 2001.

MARTIN-CABREJAS, M.A.; ESTEBAN, R.M.; PEREZ, P.; MAINA, G.; WALDRON, K.W. Changes in physicochemical properties of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.) during long-term storage. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 45, n. 8, p. 3223 – 3227, 1997.

MATOPA, T.; HIDAKA, H.; NADTA, H.; KITAMURA, K.; KAIZUMA, N.; KITO, M. Lipoxygenase-2 Isozyme is responsible for generation of n-hexanal in soybean homogenate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 33, n. 5, p. 852 - 855, 1985.

MECHI, R. CANNIATTI-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, jan./mar. 2005.

MIURA, E.M.Y.M.; BINOTTI, M.A.R.; CAMARGO, D.S.; MIZUBUTI, I.Y.; IDA, E.I. Avaliação biológica de soja com baixas atividades de inibidores de tripsina e ausência do inibidor de Kunitz. **Archivos Latinoamericanos de Nutrición**, Caracas, v. 51, n. 2, p. 195- 198, 2001.

MOLINA, M.R.; FUENTE, G. de la; BRESSANI, R. Interrelationships between storage, soaking time, cooking time, nutritive value and other characteristics of the black bean (*Phaseolus vulgaris*). **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, p. 587 – 591, 1975.

MONTEIRO, M.R.P.; MOREIRA, M.A.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; PIRES, C.V. Avaliação da digestibilidade protéica de genótipos de soja com ausência e presença do inibidor de tripsina Kunitz e lipoxigenases. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 99 – 107, 2003.

MORRIS, H.J.; OLSON, R.L.; BEAN, R.C. Processing quality of varieties and strains of dry beans. **Food Technology**, Chicago, v. 4, p. 247 - 251, 1950.

NASCIMENTO, L.M. **Efeito da radiação gama (^{60}Co) nas propriedades físico-químicas e sensoriais de feijões envelhecidos (*Phaseolus vulgaris*)**. 1992. 135p. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade São Paulo, São Paulo, 1992.

NÉNÉ, S.P.; VALUL, U.K.; STREENIVASAN, A. Effect of gamma irradiation on flatulence-causing oligossacarides in green gram (*Phaseolus vulgaris*) starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, p. 389 – 394, 1979.

NIELSEN, S.S. Digestibility of legume proteins. **Food Technology**, Chicago, v. 45, n. 9, p. 112 - 114, 1991.

PEACE, R.W.; SARWAR, G.; TOCHBURN, S.P. Trypsin inhibitor levels in soy-based infant formulas and comercial soy protein isolates and concentrates. **Food Research Internacional**, Essex, v. 25, n. 2, p. 137 – 141, 1992.

PINN, A.B.R.O. **Efeitos das radiações gama sobre a disponibilidade do ferro em feijões (*Phaseolus vulgaris*)**. 1992. 129p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

PINO, V.H.D.; LAJOLO, F.M. Efecto inhibitorio de los taninos del frijol carioca (*Phaseolus vulgaris*) sobre la digestibilidad de la paseolina por dos sistemas multienzimaticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, n. 1, p. 49 – 53, 2003.

PIMENTEL-GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 10ed. São Paulo: Nobel, 1982. 430p.

PRICE, M. L.; HAGERMAN, A.E.; BUTHER, L.G. Tannin content of cowpeas, chickpeas, pigeonpeas and mung beans. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 28, p. 459 - 461, 1980.

RACKINS, J.J.; MCGHEE, J.E.; BOOTH, A.N. Biological threshold levels of soybean trypsin inhibitors by rat bioassay. **Cereal Chemistry**, St. Paul, v. 52, n.1, p.85 - 92, 1975.

RACKINS, J.J., SESSA, D.J.; HONIG, D.H. Flavor problems of vegetable food proteins. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, Chicago, v. 56, n.3, p. 262 – 271, 1979.

RAO, V.S.; VAKIL, U.K. Effects of gamma irradiation on flatulence-causing properties of dry bean (*Phaseolus vulgaris*) starch. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 58, p. 389 – 394, 1993.

RASMUSSEN, A.I. Nutrient comparison of fresh and field-dried, green-seeded soybeans. **Journal of the American Dietetic Association**, Baltimore, v. 72, n. 6, p. 604 - 608, 1978.

RIOS, A.O.; ABREU, C.M.P.; CORRÊA, A.D. Efeito da estocagem e das condições de colheita sobre algumas propriedades físicas, químicas e nutricionais de três cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, p. 39 – 45, 2003.

RODRIGUES, J.A.; RIBEIRO, N.D.; LONDERO, P.M.G. Correlação entre absorção de água e tempo de cozimento de cultivares de feijão. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n.1, p. 209 - 214, 2005.

SANT'ANA, L.F.R.; COSTA, N.M.B.; OLIVEIRA, M.G.A.; GOMES, M.R.A. Valor nutritivo e fatores antinutricionais de multimisturas utilizadas como alternativa alimentar. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 3, p. 129 – 135, 2000.

SANTOS, A.B. dos; BACHA, C.J.C. **Evolução diferenciada da lavoura de soja e de seu processamento industrial no Brasil**. São Paulo: Atheneu. 2002. v. 1, 152p.

SATTAR, A.; ATTA, S.; AKHTAR, M. A. Effect of radiation and soaking on trypsin inhibitor and protein content of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Nahrung**, Indianapolis, v. 34, p. 509 – 514, 1990.

SAVAGE, W.D.; WEI, L.S.; SUTHERLAND, J.W.; SCHMIDT, S.J. Biologically active components inactivation and protein insolubilization during heat processing of soybean. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 1, p.164 - 168, 1995.

SGARBIERI, V.C. **Proteínas em alimentos protéicos: propriedades, degradações e modificações**. São Paulo: Varela, 1996. 517p.

SIDDHURAJU, P.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. The effect of ionising radiation on antinutritional factors and the nutritional value of plant materials with reference to human and animal food. **Food Chemistry**, Barking, v. 78, p. 187 – 205, 2002.

SHIH, F.F.; KALMAR, A.D. SDS-catalyzed deamidation of oilseed proteins. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v. 35, p. 642 – 675, 1987.

SHIH, F.F. Deamidation during treatment of soy protein with protease. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 55, n. 1, p. 127 – 132, 1990.

STADMAN, E.R. Oxidation of free amino acids and amino acid residues in proteins by radiolysis and by metal-catalyzed reactions. **Annual Review Biochemistry**, Palo Alto, v. 62, p. 797 – 821, 1993.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **Sas/Qc software**: usage and reference (version 6). 2 ed. Cary, 1996. 1CD-ROM.

STHAHLHUT, R.W.; HYMOWITZ, T. Variation in the low molecular weight proteinase inhibitors of soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 23, p. 766 - 769, 1983.

SWAIN, T.; HILLIS, W.E. The phenolic constituents of *Prunus domestica* I.- The quantitative Analysis of Phenolic Constituents. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 10, p. 63 – 68, 1959.

THAKUR, B.R.; SINGH, R.K. Food irradiation – Chemistry and applications. **Food Reviews International**, New York, v. 10, p. 437 – 473, 1994.

THANANUNKUL, D.; TANAKA, M.; CHICHESTES, C.O. et al. Degradation of raffinose and stachiose in soybean milk by α -galactosidase from *Mortierella vinacea*. Entrapment of α -galactosidase with polyacrylamide gel. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 41, n. 3, p. 173 – 175, 1976.

THOMPSON, L.U. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. **Food Research International**, Champaign, v. 26, n. 2, p. 131 - 149, 1993.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Faculdade de Ciências Farmacêuticas. **Tabela brasileira de composição de alimentos**: projeto integrado de composição de alimentos. Disponível em: <<http://www.fcf.usp.br/tabela/tbcamenu.php>>. Acesso em: 22 nov. 2005.

VASCONCELOS, I.M.; MAIA, A.A.B.; SIEBRA, E.A.; OLIVEIRA, J.T.A.; CARVALHO, A.de F.F.U.; MELO, V.M.M.; CARLINI, C.R.; CASTELAR, L.I. de M. Nutritional study of two Brazilian soybean (*Glycine max*) cultivars differing in the contents of antinutritional and toxic proteins. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, Amsterdam, v. 12, p. 55 – 62, 2001.

VAN DER POEL, A.F.B.; VERSTEGEN, M.W.A.; TAMMINGA, S. Chemical physical and nutritional effects of feed processing technology. In: WESTERN NUTRITION CONFERENCE, 16., 1995, Saskatoon. **Proceedings...** Saskatoon: Edmonton, 1995. p. 70 – 86.

VERNETTI, F.J. História e importância da soja no Brasil. **A Lavoura**, Rio de Janeiro, v. 81, p. 21 – 24, 1977.

VIEIRA, C.R.; CABRAL, L.C.; PAULA, A.C.R. Caracterização física e tecnológica de seis cultivares de soja plantadas no Brasil. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n.3, p. 291 – 294, 1997.

VIEIRA, R.F.; ROMEIRO, E.M.C.; SOUZA, L.R.P.; DONZELLI, M.F.; VIEIRA, V. Tempo de cocção, rendimento alimentar e aceitabilidade de feijões secos dos gêneros *Vigna* e *Phaseolus*. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 36, p.525 - 537, 1989.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** 1998. 138p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; BOGNÁR, A. Effect of gamma irradiation on the thiamine, riboflavin and vitamin B₆ content in two varieties of brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, p.299 - 303, 2000a.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H.; MANCINI-FILHO, J.; DELINCÉE, H.; GREINER, R. Effect of irradiation on anti-nutrients (total phenolics, tannins and phytate) in Brazilian beans. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 57, p. 289 – 293, 2000b.

WANG, H.L.; SWAIN, E.H.; HESSELTINE, C.W.; HEATH, H.D. Hydration of whole soybeans affects solids losses and cooking quality. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 44, n. 5, p. 1510-1513, 1979.