

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

**MARCUS HENRIQUES DA SILVA**

**Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de café  
arábica e conillon: avaliação físico-química**

**Piracicaba**

**2012**

**MARCUS HENRIQUES DA SILVA**

**Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de café  
arábica e conillon: avaliação físico-química**

**Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011**

**Dissertação apresentada ao Centro de  
Energia Nuclear na Agricultura da  
Universidade de São Paulo para obtenção  
do título de Mestre em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na  
Agricultura e no Ambiente**

**Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur**

**Piracicaba**

**2012**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP**

Silva, Marcus Henriques da

Efeitos da radiação gama do cobalto-60 em sementes de café arábica e conillon: avaliação físico-química / Marcus Henriques da Silva; orientador Valter Arthur. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011 Piracicaba, 2012.

54 p.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Conservação de alimentos 2. Irradiação de alimentos 3. Qualidade dos alimentos 4. Radiação ionizante 5. Vida-de-prateleira I. Título

CDU 664.8.039.5 : 633.73

## DEDICO

*Aos meus pais Vasco Henriques da Silva e  
Luzia Luciana Henriques (in memoriun),  
E a todos os meus familiares*



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela Vida;

Ao meu orientador Prof. Dr. Valter Arthur pela orientação sempre precisa, confiabilidade na minha pessoa, por acreditar que podíamos realizar este trabalho e suporte na área de irradiação de alimentos;

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas-Campus Inconfidentes, Instituição da qual sou Professor e que tanto me incentivou e apoiou durante a realização desta pesquisa;

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo – CENA/USP pela oportunidade para realização deste mestrado;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ pelo apoio concedido à pesquisa;

Ao amigo Prof. Dr. Marley Rodrigues Franco, professor do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Inconfidentes, pelas contribuições que culminaram na concretização deste trabalho;

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN da Universidade de São Paulo / USP pela irradiação das amostras de café;

A Profa Dra Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira, coordenadora do Polo de Tecnologia da Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA, pelas amostras, análises e suporte para o desenvolvimento desta pesquisa;

A doutoranda Msc. Katiane Mansur Tavares, o doutorando Msc. Renato Silva Leal e a Msc. Sandra Torres Alvarenga da Universidade Federal de Lavras – UFLA pela ajuda na realização das análises;

Ao Polo de Tecnologia da Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA pelo uso dos laboratórios;

A Lúcia Cristina Aparecida Santos Silva, Técnica do Laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP pela atenção e contribuições neste trabalho;

Ao mestrando André Ricardo Machi e a Juliana Angelo Pires colegas do Laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP pela atenção e contribuições a este trabalho;

A minha namorada Dra Monica Falco de Carvalho pela companhia, apoio e paciência ao meu lado no decorrer desta pesquisa;

E finalmente aos meus professores, do primário à pós-graduação, que com paciência me fizeram enxergar o mundo com outros olhos me conduzindo ao mundo científico.

*"Jamais considere seus estudos como  
uma obrigação, mas como uma  
oportunidade invejável para aprender a  
conhecer a influência libertadora da  
beleza do reino do espírito, para seu  
próprio prazer pessoal e para proveito da  
comunidade à qual seu futuro trabalho  
pertencer"*

*Albert Einstein*





## RESUMO

SILVA, M. H. **Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de café arábica e conillon: avaliação físico-química.** 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. O café em grãos é um dos principais produtos da balança comercial brasileira. Duas espécies de café são as mais importantes economicamente: o *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre sendo o maior representante do *Coffea canephora* Pierre o conillon. A irradiação de alimentos é uma área de pesquisa que tem por objetivo aumentar a vida útil de prateleira dos alimentos e controlar as pragas. Este trabalho teve como objetivo verificar se as variáveis físico-químicas do café arábica e conillon foram afetadas quando submetidas à doses de radiação gama do Cobalto-60. As amostras foram cedidas pelo Polo de Tecnologia em Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA. As amostras de café foram submetidas à irradiação com doses de: 0 (testemunha), 5 kGy e 10 kGy, em um irradiador multipropósito do IPEN - Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares da Universidade de São Paulo, sob uma taxa de 7,5 kGy/hora. Para a irradiação as amostras foram embaladas a vácuo em embalagens aluminizadas apropriadas. Após o processo de irradiação as amostras foram armazenadas a uma temperatura de  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $17 \pm 1\%$ . Foram realizadas as seguintes análises: teores de açúcares totais, glicose, sacarose, cafeína, umidade, pH, acidez total titulável, fibras e condutividade elétrica. As análises foram realizadas 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5%. Observou-se que os resultados das análises das amostras irradiadas com doses de 5 kGy e 10 kGy apresentaram valores semelhantes ao da testemunha. Foi concluído que a irradiação não induziu efeitos deletérios nas sementes de café arábica e conillon irradiados com 5 kGy e 10 kGy até 90 dias após a irradiação.

Palavras-chave: Sementes de café. Qualidade. Irradiação.



## ABSTRACT

SILVA. M. H. **Effects of gamma radiation of Cobalt-60 on arabica and conillon seeds coffea: physic-chemistry evaluation.** 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

Brazil is the largest producer and exporter of coffee in the world. The coffee bean is one of the main products of the Brazilian trade balance. Two species of coffee are the most economically important: the *Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre is the largest representative of the *Coffea canephora* Pierre is the coffea conillon. Food irradiation is an area of research that aims to increase the shelf life of foods and controlling pests. This study aimed to verify the physicochemical variables of Arabica coffee and conillon were affected when exposed to doses of gamma radiation from cobalt-60. The samples were provided by Polo in Coffee Quality Technology, Federal University of Lavras - UFLA. The coffee samples were subjected to irradiation doses: 0 (control), 5 kGy and 10 kGy, a multipurpose irradiator of IPEN - Research Institute of Nuclear Energy and the University of São Paulo, at a rate of 7.5 kGy / hour. For irradiation the samples were vacuum-packed in appropriate packaging aluminised. After the process of irradiation the samples were stored at a temperature of  $15 \pm 1$  ° C and relative humidity of  $17 \pm 1$ %. The following analyzes were performed: levels of total sugars, glucose, sucrose, caffeine, humidity, pH, total acidity, electrical conductivity and fibers. Analyses were performed 1, 30, 60 and 90 days after irradiation, and the results were submitted to analysis of variance and means were compared by Tukey test at 5%. It was observed that the analysis results of the samples irradiated with 5 kGy and 10 kGy showed values similar to the control. It was concluded that irradiation did not induce deleterious effects on arabica coffee seeds and conillon irradiated with 5 kGy and 10 kGy to 90 days after irradiation.

Keywords: Seeds of coffee. Quality. Irradiation.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1-</b> Café Arábica – Frutos Amarelos.....	23
<b>Figura 2 –</b> Amostra de grãos de café arábica e conillon.....	25
<b>Figura 3 -</b> Amostras dos cafés embalados a vácuo.....	31
<b>Figura 4 -</b> Amostras de café arábica e café conillon logo após a Irradiação.....	32
<b>Figura 5 -</b> Amostras dos cafés arábica e conillon para análise.....	32



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Teores médios de açúcares totais em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....36
- Tabela 2** – Teores médios de glicose em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....37
- Tabela 3** – Teores médios de glicose em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....38
- Tabela 4** – Teores médios de cafeína em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....38
- Tabela 5** – Teores médios de umidade em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....39
- Tabela 6** – Teores médios de pH em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....40
- Tabela 7** – Teores médios de acidez titulável total em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....40
- Tabela 8** – Teores médios de fibras em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....41
- Tabela 9** – Valores médios de condutividade elétrica em café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....42



**Tabela 10** – Teores médios de açúcares totais em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....42

**Tabela 11** – Teores médios de glicose em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....43

**Tabela 12** – Teores médios de sacarose em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....44

**Tabela 13** – Teores médios de cafeína em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....44

**Tabela 14** – Teores médios de umidade em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....45

**Tabela 15** – Teores médios de pH em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....46

**Tabela 16** – Teores médios de acidez titulável total em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....46

**Tabela 17** – Teores médios de fibras em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....47

**Tabela 18** – Valores médios de condutividade elétrica em café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.....48

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>19</b>
<b>2 OBJETIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>3 REVISÃO DA LITERATURA.....</b>	<b>22</b>
3.1 A história do Café.....	22
3.1.2 A história do Café no Brasil.....	22
3.1.3 Cenário da Produção do Café no Brasil.....	24
3.1.4 Café arábica e conillon: Valorização no mercado.....	25
3.1.5 Café e Saúde.....	26
3.1.6 A cafeína: Um alcaloide – Uso e recomendações.....	26
<b>3.2 Radiação.....</b>	<b>26</b>
3.2.1 Aplicações da Radiação.....	26
3.2.2 Aplicação da Radiação nos Alimentos.....	27
3.2.3 Doses de irradiação nos alimentos.....	27
3.2.4 Legalização da irradiação de alimentos.....	28
3.2.5 Aplicações da Irradiação no Café e em Grãos.....	28
3.3 A Influência da Composição Química na Qualidade do Café.....	30
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>31</b>
4.1 Material.....	32
4.2 Análises físico-químicas.....	33
4.2.1 Açúcares.....	33
4.2.2 Cafeína.....	33
4.2.3 Umidade.....	33
4.2.4 Potencial Hidrogeniônico.....	34
4.2.5 Acidez Titulável Total.....	34
4.2.6 Fibras.....	34
4.2.7 Condutividade Elétrica.....	35
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>36</b>
5.1 Análises referentes ao café arábica.....	36
5.2 Análises referentes ao café conillon.....	42
<b>6 CONCLUSÕES.....</b>	<b>49</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>50</b>



## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o principal produtor de café mundial (CAFEICULTURA, 2011). Em fevereiro de 2012 o café em grãos aparece como o quarto produto da balança comercial atrás do minério de ferro, petróleo bruto e a soja em grãos. Assim, o café torna-se um dos principais produtos do agronegócio brasileiro gerando milhares de empregos diretos e indiretos (BRASIL, 2012).

São duas as espécies mais representativas economicamente: o arábica e o robusta que tem o seu maior representante o conillon. O café arábica possui grãos mais graúdos e pelo seu aroma e sabor é mais valorizado economicamente. Já o robusta cujo tipo mais comum é o conillon apesar de ser menos valorizado, tem grande aceitação nos mercados norte-americano e europeu, pois é utilizado na fabricação de café solúvel por possuir um teor de cafeína duas vezes maior que o arábico. Adapta-se muito bem a climas quentes e de baixa altitude, no entanto, é mais suscetível às pragas (VILA DO ARTESÃO, 2012).

Como toda cultura, o café está sujeito às contaminações por fungos e pragas em diferentes fases do desenvolvimento, da produção ao consumo (PRADO et al., 2008).

De um modo geral as radiações ionizantes minimizam os efeitos relacionados às contaminações que depreciam a qualidade dos alimentos, por ser um método seguro e eficiente para a redução de riscos de contaminação e preservação com mínimos impactos no seu valor nutricional, sendo um processo que não deixa resíduos nos alimentos, e que, conseqüentemente podem ser consumidos logo após a irradiação (ARMELIN et al., 2007).

Assim a técnica de irradiação de alimentos é usada para desinfestar alimentos eliminando microorganismos, parasitas e pragas sem prejudicar o alimento e o consumidor (ARTHUR, 1997; CHITARRA, 1998). A irradiação de alimentos também pode reduzir perdas de produção retardando o apodrecimento e evitando transmissões de doenças que podem afetar a saúde da população. A técnica também pode ser utilizada para reduzir perdas causadas pelos processos fisiológicos nos alimentos, como brotamento, maturação e envelhecimento através do aumento de vida útil dos alimentos em prateleiras.

A WHO - Organização Mundial de Saúde recomenda a aplicação e o uso do processo de irradiação em alimentos, pois suas alterações químicas causadas nos alimentos são insignificantes. A técnica de irradiação de alimentos pode substituir os aditivos químicos usados para desinfecção de frutas e grãos após a colheita como, por exemplo, o brometo de metila que está sendo banido do comércio e também inseticidas em geral (FAO/IAEA, 1999).

## **2 OBJETIVO**

O objetivo do trabalho foi avaliar os efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de café arábica e conillon: análise físico-química.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

#### 3.1 A história do café

A palavra café pode significar tanto a bebida, quanto a planta ou ainda o fruto. Há uma divergência da origem da palavra que pode ter sido originado tanto da palavra *KAFFA*, da Abissínia atual Etiópia ou do árabe *KARAH* que quer dizer Vinho ou então *KAHWAH* que significa força. Os primeiros relatos da origem de café são por volta do século IX, na região da Etiópia quando um pastor observou que suas cabras ficavam mais saltitantes quando comiam folhas e frutos de certos arbustos. Ao provar do fruto o jovem pastor percebeu que sua vivacidade e disposição aumentaram. Logo o fruto se espalhou pelo norte da África e chegou, no século XV, ao mundo árabe que foram os primeiros povos a difundir o uso do café. Nessa época o café era consumido em forma de pasta fortificante. A fama dos frutos se alastrou chegando aos monastérios, onde um monge levou alguns ramos carregados de frutos para perto do fogo com intuito de tentar secá-los e guardá-los para uso em período de chuvas. Ao torrar alguns grãos percebeu o exalar de um aroma extremamente agradável. Trituram os grãos e os transformaram em pó para preparo da bebida. Estava ali a origem de uma das bebidas mais consumidas do mundo atual. Na Europa, no século XIV, o café era conhecido como vinho da Arábia e também era consumido como remédio. Atualmente as pesquisas na área de alimentos nutracêutico (alimentos com valores nutricionais e farmacêuticos), apontam o café como uma bebida recomendada na luta contra o alcoolismo, depressão e ainda na prevenção de doenças como Mal de Parkinson e Mal de Alzheimer (BRASIL, 2004).

#### 3.1.2 A História do Café no Brasil

Pode-se dizer que o café foi o produto que mais gerou riqueza na história do Brasil. O café entrou no Brasil aproximadamente no ano de em 1727 pelo estado do Pará, trazido da Guiana Francesa pelo Sargento-Mor Francisco de Mello Palheta que, a pretexto de resolver oficialmente questões de fronteiras teria sido enviado àquele país para conseguir mudas da planta. Plantado em Belém do Pará, o café

adaptou-se ao solo, embora o clima da região não fosse tão propício à sua cultura. Após cinco anos no Brasil, o café já era cultivado em extensas áreas nos arredores de Belém. Já nesta época foi instalada, em Nova Iorque, Estados Unidos, a primeira bolsa de café no mercado financeiro mundial e a partir de então o produto foi comercializado no mercado como uma commodity (BRASIL, 2004).

Do Pará o café passou pelo Maranhão, Ceará, Pernambuco e Bahia chegando em 1773 ao Rio de Janeiro. Expandiu-se pela Serra do Mar atingindo em 1825, os Estados de Minas Gerais e São Paulo, onde havia clima e solos ideais para o seu desenvolvimento (PIMENTA, 2001). Por volta de 1830, o café transformara-se no principal produto de exportação, ultrapassando o algodão e o açúcar.

Durante o período de 1840 a 1889 o império brasileiro passou a ser reconhecido como o império do café. Nessa época as fazendas de café concentravam quase que toda a riqueza brasileira, e nesse momento, sua influência foi, portanto, econômica, social e política. Dessa forma o Brasil transformou-se no maior produtor mundial de café, no final do século XIX. O rápido crescimento da cultura, fez com que em 1845 o Brasil já fosse responsável por 45% das exportações mundiais do produto (ABIC, 2012).

Os primeiros cafezais brasileiros foram descendentes de uma única espécie, o *Coffea arabica* L também conhecida como Typica. A pequena variedade genética que existia era devido à constituição genética da planta original ou às raras mutações que surgiram no decorrer do tempo. Em Botucatu, no Estado de São Paulo, foi encontrado em 1871, pela primeira vez um cafeeiro com frutos amarelos Figura 1 (MATIELLO et al., 2002).



Figura 1. Café Arábica – Frutos Amarelos

Fonte: Ashoka Changemakers (2012)



Em virtude da sua importância nas exportações brasileiras, em 1931 foi criado o “CNC” – Conselho Nacional do Café, que em 1933 foi substituído pelo “DNC” – Departamento Nacional de Café, que controlou o setor até 1946, quando foi extinto. Em 1952 foi criado o “IBC” – Instituto Brasileiro do Café, formado por cafeicultores, que definiam as diretrizes da política cafeeira, até 1989. Com a extinção de IBC foi criado em 1996, pelo Governo Federal, o Conselho Deliberativo da Política do Café, vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, que atua até os dias de hoje (BRASIL, 2004).

### 3.1.3 Cenário da Produção do Café no Brasil

Desde a década de 60, o mercado do café vem passando por grandes modificações na comercialização. Na década de 60 o Paraná era o maior produtor nacional com 20 milhões de sacas, representando 54% da produção nacional, porém as ocorrências de diversas geadas levaram a grandes perdas na produção. Do Paraná, o café se instalou em Minas Gerais o qual é hoje responsável por mais de 50 % da produção nacional. A partir dos anos 1980, o café robusta também conhecido como conillon passou a fazer parte da oferta mundial, pois é um café extremamente adaptado às baixas altitudes e ideal para o café solúvel. O Estado do Espírito Santo destacou-se como maior representante do *robusta* e foi incluído no mercado nacional e mundial nessa época (BRASIL, 2004).

O café é uma cultura que se adaptou facilmente no território brasileiro por este ser de clima bastante heterogêneo. Assim as espécies *Coffea arabica* e *robusta* conseguiram se adaptar sem dificuldades em vários estados brasileiros. A espécie *arabica* por exemplo é cultivada principalmente em Minas Gerais, São Paulo e Bahia. Já a espécie *conillon*, própria das florestas tropicais de baixas altitudes, foi cultivada principalmente na região norte do estado do Espírito Santo (BRASIL, 2012).

O Brasil é o principal exportador mundial com 30 milhões de sacas. Em média três vezes maior do que a Colômbia, o segundo maior exportador. O setor gera para o Brasil cerca de sete milhões de empregos diretos e indiretos e uma riqueza anual de 10 bilhões de reais (BRASIL, 2004).

O país possui atualmente uma área de 2,7 milhões de hectares plantados, com aproximadamente seis bilhões de pés de cafés. O estado de Minas Gerais detém pouco mais do que a metade desses. Com o crescimento da cultura no país, começou a surgir o aumento da demanda interna e externa por cafés especiais. A exigência da qualidade do café em nível de padrão especial ou gourmet é uma realidade nacional e vem crescendo rapidamente com o passar dos anos. Hoje se entende que o critério para se avaliar a qualidade de um café, está intimamente ligado à ótima qualidade dos grãos. Calcula-se que já existem mais de 40 marcas de cafés especiais à venda no Brasil (VILA DO ARTESÃO, 2012). A utilização de novas tecnologias é um dos fatores determinantes para alcançar uma melhor qualidade, sustentabilidade e competitividade do café brasileiro no mercado mundial.

#### 3.1.4 Café arábica e conillon: Valorização no mercado

O café arábica é o café mais valorizado economicamente pelo seu aroma e sabor. Já o café conillon apesar de menor valor, tem grande aceitação no mercado norte-americano e europeu e pode ser utilizado na fabricação de café solúvel (Figura 2).



Figura 2 - Grãos de café arábica e café conillon

### **3.1.5 Café e Saúde**

Pesquisas de países como Brasil, Estados Unidos, Japão e todo continente europeu indicam que a bebida café é excelente para a saúde, prevenindo doenças como: câncer de cólon, diabetes, mal de Parkinson, Mal de Alzheimer e a depressão. Isto se deve à suas propriedades antioxidantes que conferem proteção aos neurônios. As pesquisas também indicam, que um consumo de até cinco xícaras de café por dia, já é o suficiente para prevenção de doenças. Assim o café já é considerado um produto nutricional-farmacêutico, ou seja, nutracêutico (BRASIL, 2004).

### **3.1.6 A cafeína: Um alcaloide – Uso e recomendações**

A cafeína presente no café é um alcaloide de fórmula molecular  $C_8H_{10}N_4O_2$ . O café além de possuir a cafeína possui vários componentes benéficos como sais minerais, açúcares, lipídios e vitaminas. O café também é indicado em dietas alimentares por ajudar no combate de doenças como a obesidade e está sendo utilizado também na composição de novos medicamentos. Pesquisas recentes também sugerem que o café pode ser ingerido por crianças e estudantes de forma moderada, pois a cafeína estimula a atenção, a concentração, a memória e o aprendizado (BRASIL, 2004).

## **3.2 Radiação**

### **3.2.1 Aplicações da Radiação**

Desde a descoberta da radiação e da teoria atômica o campo das aplicações das radiações vem ganhando destaque. São várias as aplicações como, por exemplo, na medicina, na indústria (automobilística, naval, aeronáutica) e na agricultura. Nem todo uso da radiação foi para o bem da humanidade. O péssimo uso da radiação levou à bomba atômica testada em 16 de julho de 1945 e lançada

em agosto de 1945 na cidade de Hiroshima e na cidade de Nagasaki. Milhares de vidas foram destruídas com consequências inimagináveis até os dias de hoje (XAVIER et al., 2007).

### **3.2.2 Aplicação da Radiação nos Alimentos**

A irradiação de alimentos consiste no uso da radiação ionizante aplicada à alimentos. Geralmente usa-se Cobalto-60. A irradiação pelo Cobalto-60 possui a vantagem de se ter alta penetrabilidade e fornecer um tratamento uniforme. Possui meia vida de 5,3 anos e traz baixo risco ambiental. Possui também a vantagem da facilidade de ser encontrado no mercado (JARRETT, 1982). A técnica de irradiação de alimentos possui vantagens em relação a outros métodos. Pode ser usada na preservação de alimentos sendo efetiva na desinfestação, conservação e esterilização dos alimentos para o consumo humano (ARTHUR, 1997). O processo de irradiação ainda impede a divisão celular de pequenos organismos como bactérias e organismos superiores (DIEHL, 2002).

Ainda não foram percebidas alterações nocivas ou perigosas em alimentos irradiados. No entanto podem ocorrer pequenas mudanças químicas no alimento irradiado sem induzir modificações maléficas (FAO, 1999). De acordo com MODA, (2008), o tratamento de alimento por irradiação não altera fisicamente os alimentos desde que devidamente controlado.

No Brasil estudos da aplicação da irradiação nos alimentos teve seu início na década de 60, no CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura - USP em Piracicaba (CENA/USP, 2005).

### **3.2.3 Doses de Irradiação nos Alimentos**

A unidade de irradiação usada nos alimentos é o Gy (Gray), que equivale a 1 J/kg (1 joule por quilo) de energia absorvida. A unidade foi criada em 1975 pela International Commission of Radiation Units and Measurements – ICRUM (FAO, 1999).

### 3.2.4 Legalização da Irradiação de Alimentos no Brasil

Em 1969 houve através do decreto lei nº 986, de 21 de outubro, a definição de alimentos irradiados (BRASIL, 1969).

Em 1973 houve a descrição das normas gerais para a irradiação de alimentos através do decreto nº 72.718, de 29 de agosto de 1973 (BRASIL, 1973).

Em 2001 foi aprovada pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) a resolução RDC nº 21 que traz o regulamento técnico para a Irradiação de Alimentos. A legislação cita que qualquer alimento pode ser irradiado em qualquer dose. A dose mínima deverá atingir o efeito desejado e a dose máxima não poderá prejudicar a qualidade sensorial e nutricional do alimento (BRASIL, 2001).

### 3.2.5 Aplicações da Irradiação no Café e em Grãos

De um modo geral são poucos os trabalhos relacionados com os efeitos da radiação gama em grãos de café armazenado. O primeiro trabalho utilizando radiação gama foi com caruncho do café *Araecerus fasciculatus*, visando a desinfestação da praga em sementes de café (WIENDL; ARTHUR, 1977). Os resultados mostraram que a longevidade da praga diminuiu com o aumento da dose de radiação, e o café foi desinfestado quando recebeu uma dose de 300 Gy.

Prado et al. (2008) avaliaram a influência da radiação gama do Cobalto-60 na ocratoxina A na microbiota fúngica de grãos de café *Coffea arábica*. As amostras de café arábica foram irradiadas com doses de 0 a 15 kGy. Pelos resultados obtidos os autores observaram que as doses de 2 a 3 kGy foram suficientes para a destruição de toda microbiota fúngica natural do café. A dose de 15 kGy não foi suficiente para destruir a ocratoxina A em amostras do café irradiado.

O uso da irradiação gama em outros tipos de grãos já foi mais pesquisado como no trabalho de Ferreira et al. (2006) que avaliaram as alterações químicas e nutricionais em grão de bico (*Cicer arietinum* L.) cru irradiado e submetido à cocção. Foram usadas doses de 2, 4, 6, 8 e 10 kGy, bem como o grupo controle não irradiado. Os parâmetros analisados foram a disponibilidade de ferro, digestibilidade da proteína e o perfil de aminoácidos. Foi analisada ainda a composição centesimal,

o teor de cinzas e de carboidratos. Os resultados observados na composição centesimal, nos teores de cinzas e carboidratos disponíveis diminuiu, mas não houve diferenças significativas. No controle e nas doses de 4 e 6 kGy, a cocção não influenciou na digestibilidade da proteína, mas nos tratamentos que receberam doses de radiação de 2, 8 e 10 kGy, houve diferença significativa, sendo que o grão de bico cozido apresentou melhor digestibilidade em doses maiores de radiação, embora os tratamentos tenham apresentado digestibilidade baixa. O grão de bico cru apresentou melhor diálise de ferro no tratamento controle e nas doses 2 e 4 kGy, e, o grão de bico cozido apresentou melhoras conforme o aumento da dose de radiação. Em relação aos aminoácidos essenciais o grão-de-bico apresentou valor nutricional adequado, exceto para metionina.

Mechi et al. (2007) avaliaram quimicamente os fatores nutricionais do feijão preto (*Phaseolus vulgaris* L.) irradiado. Usaram doses de 0, 2, 4, 6, 8 e 10 kGy para avaliar a quantidade de ferro, taninos e ácido fítico. Avaliaram também a digestibilidade da proteína e a disponibilidade de ferro. Os autores verificaram um crescente aumento na disponibilidade de ferro nos feijões crus irradiados (exceto na dose 8 kGy). Os resultados encontrados neste trabalho mostram que o processo de irradiação não compromete o valor nutricional do feijão preto.

Armelin et al. (2007) verificaram alterações na cor e no tempo de cocção do feijão carioca irradiado. Foram usadas doses de 0, 1, 2, 6 e 10 kGy. Não houve diferenças significativas quanto à cor dos feijões submetidos aos tratamentos com irradiação. Para o tempo de hidratação, os tratamentos não diferiram significativamente embora, numericamente, todas as doses de irradiação tenham absorvido mais água que os grãos da amostra controle não irradiada, com exceção da amostra que recebeu tratamento com 6 kGy. Os grãos não irradiados apresentaram significativamente maior tempo de cocção, mas não houve diferenças significativas entre os tratamentos com irradiação nas doses de: 1, 2, 6 e 10 kGy.

Prado et al. (2006) verificaram o efeito da radiação gama do Cobalto-60 na capacidade de destruir a microbiota fúngica em amendoim em grãos. Os grãos de amendoim receberam doses de 1; 5 e 10 kGy. Observaram uma redução fúngica na dose de 5 kGy, e a destruição total de fungos se deu com a dose de 10 kGy. A radiação gama na dose de 10 kGy demonstrou ser um processo eficaz na redução da microbiota fúngica.

Zanão et al. (2009) avaliaram o efeito da irradiação gama nas características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oryza sativa* L.) e no desenvolvimento de *Sitophilus oryzae* L. usaram doses de 0,5; 1,0; 3,0; e 5,0 kGy. A irradiação não alterou a porcentagem de quebra dos grãos durante o beneficiamento e causou efeito negativo no desenvolvimento dos insetos. A irradiação não alterou de maneira significativa a composição centesimal e o conteúdo de amilase aparente.

Toledo (2006) verificou possíveis alterações causadas pela irradiação (com doses de 2, 4 e 8 kGy) em grãos crus e cozidos, de cinco diferentes cultivares de soja. Encontrou diminuição no tempo de cocção e influência da irradiação na composição centesimal. 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.

Souza e Netto, (2006) estudaram as alterações de algumas propriedades estruturais e da solubilidade de isolados proteicos de soja obtidos de grãos irradiados e armazenados. Usaram doses de 2,0 e 5,0 kGy oriundas do Cobalto-60 e doses de 2,0 kGy oriundas de aceleradores de elétrons. A amostra armazenada por um período de 12 meses não indicou a ocorrência de alterações importantes devido à irradiação ou do armazenamento.

### **3.3 A Influência da Composição Química na Qualidade do Café.**

Os valores da composição química de grãos cru de café podem variar devido à variedade do café, lugar de colheita e técnicas de processamento (SALDANHA et al., 1997).

Ferreira (2010) afirma que a qualidade do café arábica está intimamente ligado à constituição físico-química dos grãos crus.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Material

Para a realização do projeto de pesquisa foram utilizados 2 kg de café arábica (*Coffea arábica L*) e 2 kg de café conillon (*Coffea canephora Pierre*), sendo que as amostras de café arábica eram de excelente qualidade ou seja, correta maturação e livre de pragas e doenças e o de café conillon, do tipo utilizado na indústria de torrefação. As amostras foram cedidas pelo Polo de Tecnologia da Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA. As amostras foram submetidas à radiação gama do Cobalto-60. As doses de irradiação utilizadas foram: 5 kGy e 10 kGy, tendo a dose 0 (controle) para a amostra de café não irradiado. A irradiação das amostras foram realizadas no IPEN – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo – USP no seu irradiador Multipropósito de Cobalto-60, sob uma taxa de dose de 7,5 kGy/hora.

As amostras foram separadas em pacotes de 200 g totalizando 10 amostras de café arábica e 10 amostras de conillon. Todas elas foram embaladas à vácuo, em embalagens aluminizadas próprias para café. Cada tratamento constou de 10 amostras de 200 g para as doses de 5 kGy e 10 kGy e 10 amostras para o grupo controle, tanto do café arábica quanto o de conillon. (Figura 3)



Figura 3 - Amostras dos cafés embalados a vácuo



As amostras após a irradiação foram armazenadas em câmaras refrigeradas com temperaturas controladas à 15°C e umidade relativa de 17%, no Polo de Tecnologia da Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA. (Figura 4)



Figura 4 - Amostras de café arábica e conillon logo após a irradiação

A determinação da qualidade dos cafés foram analisadas sob os seguintes parâmetros: teores de açúcares totais, glicose, sacarose, cafeína, umidade, pH, acidez total titulável, fibras e condutibilidade elétrica. As análises foram realizadas nos períodos de 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação representada nas tabelas por T1, T30, T60 e T90 respectivamente. Todas as análises foram realizadas pelo Polo de Tecnologia da Qualidade do Café da Universidade Federal de Lavras – UFLA (Figura 5). Todos os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de Tukey em nível de 5% pelo programa S.A.S. versão 9.2.



Figura 5 - Amostras de café arábica e conillon para análise

## 4.2 Análises físico-químicas

### 4.2.1 Açúcares

A extração foi feita seguindo método de Lane-Enyon, descrito pela AOAC (1990) e determinados pela técnica de Somogy, adaptada por Nelson (1944). Os açúcares não-redutores foram encontrados pela diferença entre os totais e os redutores. Os valores foram expressos em porcentagem.

### 4.2.2 Cafeína

A metodologia usada foi a cromatografia líquida de alta eficiência. As amostras de café arábica e conillon foram processadas por via úmida. Seguindo adaptação do método de Mazzafera (1999), a 100 mg de café moído foi adicionados 5mL de solução de metanol 70% em água ultra pura. Após extração durante 1 hora a 60 °C, a mistura foi centrifugada a 12.000 rpm durante 10 minutos. Seguindo a diluição necessária em água ultra pura as amostras foram filtradas em membranas de 0,20µm e analisadas em cromatógrafo líquido de alta eficiência (CLAE) da marca Shimadzu. Para a análise foram empregadas coluna e pré-coluna de fase reversa C<sub>18</sub> Shim-pack CLC-ODS da marca Shimadzu. A diluição foi isocrática empregando-se metanol : ácido acético : água ultra pura 18,2 mL (50 : 0,5 : 49,5; v : v : v) como fase móvel, e vazão de 1mL min<sup>-1</sup> a 30 °C. As concentrações de cafeína foram calculadas por comparação da área do pico da amostra com a área do pico do padrão.

### 4.2.3 Umidade

O teor de água do café foi determinado por meio de secagem em estufa (105 ± 3°C) até peso constante e os resultados foram expressos em porcentagens de base úmida, segundo as normas do Instituto Adolfo Lutz (1985).

#### **4.2.4 Potencial Hidrogeniônico**

O potencial hidrogeniônico (pH) foi obtido usando o peagâmetro da marca DIGIMED, seguindo o método da AOAC (1995).

#### **4.2.5 Acidez Titulável Total**

Determinada por titulação com NaOH 0,1N, adaptando-se a metodologia citada por AOAC (1990). Foram pesados 2 gramas da amostra de café moído e adicionados 50 mL de água destilada, sendo na sequencia agitado por 1 hora. Em seguida, realizou-se a filtragem e retirou 5 mL do material filtrado e colocou em um erlenmeyer com cerca de 50 mL de água destilada. Acrescentaram-se 3 gotas de fenolftaleína e em seguida titulou-se até a viragem com NaOH 0,1N. O resultado foi expresso em mL de NaOH 0,1 N por 100g de amostra.

#### **4.2.6 Fibras**

Pesou-se 1g da amostra e adicionou-se 25mL de tampão fosfato à 0,1M e pH 6,0, fervido durante 15 minutos. Em seguida foi agitado manualmente, a cada 5 minutos. Posteriormente adicionou-se 20mL de água destilada e ajustou o pH à 1,5 com HCl. Adicionou-se 0,1g de pepsina em banho-maria a 40°C com agitação por 60 min. Retirou-se do banho - maria e em seguida adicionou-se 20mL de água destilada e novamente ajustou-se o pH agora à 6,8 com NaOH. Com 0,1g de pancreatina incubada a 40°C com agitação por 60 minutos, retirou-se a amostra do banho e ajustou-se o pH à 4,5 agora com HCl. Filtrada, na amostra agora foram adicionadas em seguida 20mL de água destilada, 20mL de etanol à 95% e 20mL de acetona, e finalmente retirou-se amostras fibra insolúvel.

#### 4.2.7 Condutividade Elétrica

Foi determinada adaptando-se a metodologia proposta por Loeffler et al. (1988). Foram utilizadas três repetições de 50 grãos sem defeitos visíveis de cada amostra, os quais foram pesados em balanças com precisão de 0,001 g e imersos em 75 mL de água deionizada no interior de copos plásticos de 180 mL de capacidade. A seguir, estes recipientes foram colocados em estufa ventilada regulada à 25°C por 5 horas, procedendo-se à leitura da condutividade elétrica da solução em aparelho DIGIMED-20 a intervalos de 30 minutos. Com os dados obtidos foi calculada a condutividade elétrica, expressando-se o resultado em ( $\mu\text{S} / \text{cm g}$ ) de amostra.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos das análises estão apresentados a seguir em tabelas para os cafés arábica e conillon. Ambos foram submetidos à irradiação gama do Cobalto-60 nas doses de 5 e 10 kGy tendo amostras testemunhas para efeito de comparação. As análises foram realizadas 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação.

### 5.1 Análises referentes ao café arábica:

Os resultados obtidos das análises dos teores médios de açúcares totais realizadas aos: 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação, estão apresentados na Tabela 1 referente ao café arábica submetido à irradiação gama do Cobalto-60 nas doses de 5 kGy e 10 kGy, versus amostra testemunha para efeito de comparação. Pelos resultados dessa tabela podemos observar que até 30 dias após a irradiação não houve diferença significativa em nível de 5%, para os dois tratamentos, independente do tempo e da dose de radiação. Já a testemunha apresentou um decréscimo no valor numérico aos 60 dias no entanto houve uma aproximação do valor aos 90 dias. Essas variações numéricas provavelmente tenham ocorrido devido a pequenos ajustes nas análises. Aos 90 dias de avaliação houve uma diminuição proporcional ao aumento da dose de radiação gama, apresentando diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 1 – Teores médios de açúcares totais (%) no café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	6,783 ± 0,476 <sup>aA</sup>	6,682 ± 0,08 <sup>aA</sup>	5,401 ± 0,326 <sup>aB</sup>	6,070 ± 0,211 <sup>aC</sup>
5 kGy	6,342 ± 0,851 <sup>aA</sup>	6,424 ± 0,247 <sup>aA</sup>	6,167 ± 0,256 <sup>bA</sup>	5,764 ± 0,255 <sup>bB</sup>
10 kGy	6,569 ± 0,406 <sup>aA</sup>	6,100 ± 0,106 <sup>aA</sup>	7,806 ± 0,365 <sup>cB</sup>	4,889 ± 0,632 <sup>cC</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 2 podemos observar os resultados dos teores médios de glicose no café arábica. Não houve alteração significativa com exceção da dose de 10 kGy aos 30 dias após irradiação. Aos 60 dias após a irradiação apesar de ter ocorrido diferença significativa nos tratamentos o resultado da análise na dose de 5 kGy ficou muito próximo do valor na dose de 10 kGy. Aos 90 dias de avaliação houve uma diminuição dos valores em todos os tratamentos, porém dentro deste período os valores não apresentaram diferença significativa. Percebe-se também que na amostra testemunha ocorreu uma queda equivalente podendo-se observar que a irradiação não foi a responsável pela queda da glicose. A queda provavelmente tenha ocorrido devido a degradação das moléculas de glicose. Esses resultados encontram-se de acordo com os dados obtidos por Ribeiro et al. (2011) que verificaram os efeitos da radiação gama na glicose do mel e não observaram diferenças significativas, e de acordo também com Silva et al. (2004) que determinaram os teores de glicose no café arábica colhidos em diferentes níveis de altitudes da região do sul de Minas.

Tabela 2 – Teores médios de glicose (%) no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	0,594 ± 0,012 <sup>aA</sup>	0,544 ± 0,019 <sup>aA</sup>	0,613 ± 0,111 <sup>aB</sup>	0,320 ± 0,225 <sup>aC</sup>
5 kGy	0,598 ± 0,015 <sup>aA</sup>	0,590 ± 0,122 <sup>aA</sup>	0,412 ± 0,335 <sup>bB</sup>	0,327 ± 0,058 <sup>aC</sup>
10 kGy	0,513 ± 0,032 <sup>bA</sup>	0,519 ± 0,322 <sup>bA</sup>	0,414 ± 0,655 <sup>bB</sup>	0,325 ± 0,052 <sup>aC</sup>

\* Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na tabela 3 observamos os resultados relativos aos teores médios de sacarose no café arábica. Com exceção da avaliação aos 60 dias os valores de sacarose relativos aos tratamentos de 5 kGy e 10 kGy se aproximam dos valores relativos aos da testemunha. O maior valor encontrado foi aos 60 dias na dose de 10 kGy e o menor valor aos 90 dias também na dose de 10 kGy. De um modo geral se analisarmos as doses de irradiação nos períodos avaliados podemos observar que os efeitos das radiações não induziu mudanças drásticas nos teores de sacarose, estando esses resultados de acordo com os de Van Zeller et al. (1984), que

estudaram a conservação de xarope de cana-de-açúcar por irradiação e verificaram que em doses de até 40 kGy não ocorreram diferenças significativas nos níveis de sacarose em relação ao controle.

Tabela 3 – Teores médios de sacarose (%) no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	5,880 ± 0,508 <sup>aA</sup>	6,132 ± 0,566 <sup>aB</sup>	4,548 ± 0,699 <sup>aC</sup>	5,462 ± 0,159 <sup>aA</sup>
5 kGy	5,427 ± 0,406 <sup>aA</sup>	6,011 ± 0,255 <sup>bB</sup>	5,467 ± 0,254 <sup>bA</sup>	5,164 ± 0,987 <sup>aA</sup>
10 kGy	5,752 ± 0,312 <sup>aA</sup>	5,122 ± 0,258 <sup>cB</sup>	7,022 ± 0,147 <sup>cC</sup>	4,335 ± 0,655 <sup>bD</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 4 são apresentados os teores médios de cafeína no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy aos 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação. Podemos observar que no 1º dia da avaliação não houve diferença significativa entre os tratamentos. Após esse período os tratamentos apresentaram algumas diferenças estatísticas contudo, os valores são relativamente próximos dos valores da testemunha. Os valores encontrados para a cafeína variaram entre 0,74 a 1,10 %. Estes valores se aproximam dos valores encontrados por Saldanha et al. (1997) que obtiveram os teores de cafeína em grãos cru de café arábica variando em torno de 0,9 a 1,2 %. E se aproximam também dos resultados de Camargo e Toledo (1998) que encontraram valores de cafeína semelhantes. Apesar de ter ocorrido uma variação nos valores médios de cafeína aparentemente a irradiação não afetou significativamente os níveis de cafeína.

Tabela 4 – Teores médios em (%) de cafeína no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	0,811 ± 0,015 <sup>aA</sup>	0,843 ± 0,085 <sup>aA</sup>	0,989 ± 0,015 <sup>aB</sup>	1,112 ± 0,077 <sup>aB</sup>
5 kGy	0,839 ± 0,025 <sup>aA</sup>	0,799 ± 0,022 <sup>aA</sup>	0,983 ± 0,078 <sup>aB</sup>	0,962 ± 0,058 <sup>bB</sup>
10 kGy	0,958 ± 0,036 <sup>bA</sup>	0,737 ± 0,033 <sup>bB</sup>	0,889 ± 0,088 <sup>bA</sup>	0,963 ± 0,041 <sup>bA</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos teores médios de umidade no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias da irradiação. Ao analisarmos a tabela observamos pequenas variações no teor de umidade ao longo do tempo. A comparação dos resultados ao longo do tempo sugere uma pequena redução no teor de umidade em virtude do tratamento por irradiação aos 30 dias na dose de 5 kGy. No entanto o valor para a testemunha também reduziu. Aos 90 dias também ocorreu uma redução da umidade nos tratamentos de 5 e 10 kGy quando comparada com a testemunha. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Bera et al. (2008), que não observou diferenças significativas na umidade em méis irradiados com dose de 10 kGy .

Tabela 5 – Teores médios de umidade (%) no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	13,63 ± 0,55 <sup>aA</sup>	10,70 ± 0,14 <sup>aB</sup>	11,84 ± 0,58 <sup>aC</sup>	13,08 ± 0,31 <sup>aA</sup>
5 kGy	12,35 ± 0,65 <sup>bA</sup>	10,89 ± 0,58 <sup>aB</sup>	11,65 ± 0,14 <sup>aC</sup>	12,35 ± 0,21 <sup>aA</sup>
10 kGy	12,42 ± 0,25 <sup>bA</sup>	12,24 ± 0,65 <sup>bA</sup>	11,64 ± 0,97 <sup>aB</sup>	12,25 ± 0,47 <sup>aA</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 6 são apresentados os resultados dos teores médios de pH no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias da irradiação. Não foram observadas diferenças significativas ao longo dos períodos avaliados e nem entre as doses de irradiação com exceção da dose de 5 kGy aos 90 dias. Os valores de pH variaram entre 5,46 a 5,81 estando de acordo com Siqueira e Abreu (2006) que encontraram valores médios de 5,6 em grãos de café não irradiados. Isto pode indicar que os efeitos da irradiação nas doses de 5 e 10 kGy não afetaram significativamente os valores de pH para o café arábica.



Tabela 6 – Teores médios de pH no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	5,58 ± 0,15 <sup>aA</sup>	5,46 ± 0,19 <sup>aA</sup>	5,46 ± 0,45 <sup>aA</sup>	5,83 ± 0,34 <sup>aB</sup>
5 kGy	5,60 ± 0,12 <sup>aA</sup>	5,59 ± 0,13 <sup>aA</sup>	5,55 ± 0,21 <sup>aA</sup>	5,79 ± 0,24 <sup>bB</sup>
10 kGy	5,49 ± 0,14 <sup>aA</sup>	5,58 ± 0,23 <sup>aA</sup>	5,54 ± 0,32 <sup>aA</sup>	5,80 ± 0,34 <sup>aB</sup>

\* Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 7 são apresentados os teores médios de acidez titulável total no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias da irradiação. Os resultados da acidez titulável total diferem estatisticamente com exceção dos resultados das análises aos 90 dias após a irradiação. Os valores variaram entre 200,00 a 285,00 (mL de NaOH 0,1 N/100g). O menor valor encontrado foi na dose de 10 kGy aos 60 dias após a irradiação e o maior valor na dose de 5 kGy aos 30 dias após a irradiação. Os resultados estão de acordo com Siqueira e Abreu (2006) que determinaram valores de acidez titulável total em grãos cru de café arábica não irradiado e encontram resultados variando entre 250,00 a 400,00 (mL de NaOH 0,1 N/100g). Isto pode indicar que a irradiação não foi responsável pela variação desordenada dos resultados dos teores de acidez.

Tabela 7 – Teores médios de acidez titulável total (mL de NaOH 0,1 N/100g) no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	241,67 ± 11,78 <sup>aA</sup>	250,00 ± 12,65 <sup>aA</sup>	216,67 ± 14,01 <sup>aB</sup>	208,34 ± 10,06 <sup>aC</sup>
5 kGy	205,34 ± 11,78 <sup>bA</sup>	285,00 ± 12,36 <sup>aB</sup>	266,67 ± 14,02 <sup>bB</sup>	216,67 ± 10,05 <sup>aA</sup>
10 kGy	208,34 ± 11,76 <sup>bA</sup>	213,34 ± 12,58 <sup>bA</sup>	200,00 ± 14,02 <sup>cB</sup>	216,67 ± 10,09 <sup>aA</sup>

\* Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Podemos observar pela Tabela 8 diferenças estatísticas significativas entre os valores de fibras dentro dos períodos. No entanto observa-se valores próximos aos da testemunha como, por exemplo, na dose de 10 kGy no 1º dia após a irradiação. Já ao longo dos períodos não houve diferenças significativas em nível de 5%. Resultados semelhantes foram encontrados por Toledo (2006) que não encontrou diferenças significativas de fibras para grãos de soja irradiados com 4 e 8 kGy. Isto pode indicar que a irradiação nessas doses não afetou os níveis de fibras no café arábica.

Tabela 8 – Teores médios de fibras (%) no café arábica irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	13,70 ± 0,08 <sup>aA</sup>	13,40 ± 0,07 <sup>aA</sup>	13,13 ± 0,03 <sup>aA</sup>	14,20 ± 0,04 <sup>aB</sup>
5 kGy	13,43 ± 0,05 <sup>bA</sup>	14,20 ± 0,05 <sup>bA</sup>	14,53 ± 0,05 <sup>bA</sup>	14,13 ± 0,07 <sup>aA</sup>
10 kGy	14,20 ± 0,04 <sup>aA</sup>	14,80 ± 0,09 <sup>cA</sup>	14,10 ± 0,05 <sup>bA</sup>	13,70 ± 0,01 <sup>aA</sup>

\* Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores da condutividade elétrica variaram entre si estatisticamente ao longo dos períodos analisados, ou seja, 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação, tanto na dose de 5 kGy quanto na dose de 10 kGy. No entanto os valores observados na Tabela 9 para esta variável estão próximos dos valores encontrados para a testemunha ao longo dos períodos e também nos dois tratamentos com irradiação, ou seja, 5 e 10 kGy. Observa-se que os valores situam-se entre 105,85 a 232,57  $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ . Variações entre 138,00 a 364,00  $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$  foram encontradas por Malta et al. (2005) que determinaram esta variável para exsudatos de grãos de café. Isto pode indicar que ocorrem variações da condutividade elétrica independentemente da irradiação. Com relação aos resultados da avaliação aos 30 dias após a irradiação provavelmente tenha ocorrido algum erro de análise, isso por que nos demais períodos houve estabilização dos valores médios de condutividade elétrica.

Tabela 9 – Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{s cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) no café arábica irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	125,08 $\pm$ 8,60 <sup>aA</sup>	224,14 $\pm$ 7,25 <sup>aB</sup>	116,5 $\pm$ 5,55 <sup>aA</sup>	144,04 $\pm$ 1,39 <sup>aC</sup>
5 kGy	141,01 $\pm$ 7,21 <sup>bA</sup>	227,32 $\pm$ 5,99 <sup>aB</sup>	117,04 $\pm$ 6,58 <sup>aA</sup>	182,26 $\pm$ 4,25 <sup>bB</sup>
10 kGy	162,26 $\pm$ 3,58 <sup>cA</sup>	232,57 $\pm$ 4,85 <sup>aB</sup>	105,85 $\pm$ 3,25 <sup>aC</sup>	185,00 $\pm$ 5,26 <sup>bA</sup>

\* Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

## 5.2 Análises referentes ao café conillon:

A Tabela 10 mostra os teores médios de açúcares totais em porcentagem para o café conillon. As médias dos tratamentos diferem entre si estatisticamente, com exceção das análises após 30 dias da irradiação. Neste período os valores de açúcares totais se encontram próximos do valor da testemunha. No geral os valores variaram entre 3,14 a 4,18%, sendo 3,14 na dose de 10 kGy no período “T1” e 4,18 o valor da testemunha no período “T30”. Fernandes et al. (2001) encontraram valores de açúcares totais para café conillon não irradiado com média de 4,95% valor este que foi relativamente próximo dos valores encontrados neste trabalho. Isto pode indicar que a irradiação não afetou os teores de açúcares totais significativamente.

Tabela 10 – Teores médios de açúcares (%) totais no café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	3,489 $\pm$ 0,556 <sup>aA</sup>	4,179 $\pm$ 0,658 <sup>aB</sup>	3,927 $\pm$ 0,298 <sup>aB</sup>	3,391 $\pm$ 0,198 <sup>aA</sup>
5 kGy	4,125 $\pm$ 0,322 <sup>bA</sup>	4,079 $\pm$ 0,999 <sup>aA</sup>	3,160 $\pm$ 0,258 <sup>bB</sup>	3,167 $\pm$ 0,762 <sup>bB</sup>
10 kGy	3,138 $\pm$ 0,587 <sup>aA</sup>	4,077 $\pm$ 0,831 <sup>aB</sup>	3,933 $\pm$ 0,147 <sup>aB</sup>	3,139 $\pm$ 0,246 <sup>bA</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 11 podemos observar diferenças estatísticas significativas da porcentagem de glicose entre os períodos de 1 a 30 dias após a irradiação. Nota-se que aos 60 e 90 dias após a irradiação os níveis dos teores de glicose ficaram próximos aos valores do controle, indicando que a irradiação não afetou os teores dos açúcares redutores, ou seja, a glicose. Fernandes et al. (2001), encontraram valor médio de 1,25 % para a glicose no café conillon não irradiado e não encontraram diferenças estatísticas nos seus resultados, e afirma que os menores valores para os açúcares redutores ocorreram devido as condições adversas onde os grãos de café foram plantados.

Tabela 11 – Teores médios de glicose (%) no café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	0,622 ± 0,041 <sup>aA</sup>	0,760 ± 0,064 <sup>aB</sup>	0,640 ± 0,007 <sup>aA</sup>	0,501 ± 0,025 <sup>aC</sup>
5 kGy	0,735 ± 0,090 <sup>bA</sup>	0,622 ± 0,044 <sup>bB</sup>	0,623 ± 0,587 <sup>aB</sup>	0,561 ± 0,098 <sup>aC</sup>
10 kGy	0,730 ± 0,129 <sup>bA</sup>	0,865 ± 0,122 <sup>cB</sup>	0,591 ± 0,049 <sup>bC</sup>	0,542 ± 0,041 <sup>aC</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

De acordo com a Tabela 12 observamos diferenças estatísticas entre as médias obtidas para a sacarose. Aos 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação, tanto para a dose de 5 kGy quanto para a dose de 10 kGy, os níveis de sacarose se aproximaram dos níveis relativo ao da testemunha, sendo que o menor e maior valor foram encontrados na dose de 10 kGy respectivamente aos 30 e 60 dias após a irradiação. Os resultados estão de acordo com Fernandes et al. (2001) que encontraram valores médios próximos dos valores encontrados neste trabalho. Isto pode indicar que a variação da sacarose não foi influenciada pelas doses de irradiação.

Tabela 12 – Teores médios de sacarose no café conillon irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	2,724 ± 0,269 <sup>aA</sup>	2,349 ± 0,129 <sup>aB</sup>	3,121 ± 0,186 <sup>aC</sup>	2,740 ± 0,299 <sup>aA</sup>
5 kGy	3,221 ± 0,874 <sup>bA</sup>	2,384 ± 0,487 <sup>aB</sup>	2,404 ± 0,496 <sup>bB</sup>	2,476 ± 0,688 <sup>bB</sup>
10 kGy	2,362 ± 0,233 <sup>cA</sup>	2,151 ± 0,951 <sup>bB</sup>	3,175 ± 0,166 <sup>aC</sup>	2,467 ± 0,215 <sup>bA</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey

A Tabela 13 mostra os valores médios encontrados para cafeína no café conillon aos 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação. Podemos observar que houve diferenças significativas entre os períodos analisados. Aos 30 e 90 dias após a irradiação os valores de cafeína são bem próximos dos valores da testemunha. As variações dos teores de cafeína estão entre 1,30 a 1,90 %. Dias et al. (2005) verificaram variações de cafeína em café conillon entre 1,35 a 2,18 % estando próximos das variações encontradas no café conillon irradiados com 5 e 10 kGy. Estudando clones de café conillon Fonseca et al. (2011) verificaram variações do teor de cafeína entre 1,51 a 2,64 %. Isto pode indicar que a irradiação não afeta os níveis de cafeína em café conillon pois os valores apresentados aqui são semelhantes aos dos autores citados independentemente se os cafés foram ou não irradiados.

Tabela 13 – Teores médios em (%) de cafeína no café conillon irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	1,639 ± 0,064 <sup>aA</sup>	1,597 ± 0,102 <sup>aA</sup>	1,801 ± 0,035 <sup>aB</sup>	1,843 ± 0,036 <sup>aB</sup>
5 kGy	1,289 ± 0,029 <sup>bA</sup>	1,580 ± 0,133 <sup>aB</sup>	1,445 ± 0,177 <sup>bB</sup>	1,756 ± 0,588 <sup>bC</sup>
10 kGy	1,480 ± 0,123 <sup>cA</sup>	1,621 ± 0,188 <sup>aB</sup>	1,902 ± 0,188 <sup>aC</sup>	1,781 ± 0,366 <sup>bC</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 14 encontram-se os valores médios em porcentagem de umidade no café conillon irradiados com doses de 5 e 10 kGy. Observa-se pela tabela que as médias obtidas apresentaram algumas diferenças significativas em nível de 5%. Nos períodos analisados os valores referentes aos tratamentos de 5 e 10 kGy se aproximam dos valores da testemunha com exceção do período “T60” na dose de 5 kGy. Os resultados indicam que apesar de apresentar diferenças significativas praticamente a irradiação não afetou o teor de umidade das amostras estando os valores de acordo com Padua et al. (2001) que determinaram uma média de 11,16 % para o teor de umidade em café conillon.

Tabela 14 – Teores médios de umidade (%) no café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	12,11 ± 0,31 <sup>aA</sup>	11,31 ± 0,33 <sup>aB</sup>	12,35 ± 0,26 <sup>aA</sup>	13,11 ± 0,65 <sup>aC</sup>
5 kGy	11,90 ± 0,25 <sup>aA</sup>	11,50 ± 0,46 <sup>aA</sup>	10,86 ± 0,24 <sup>bB</sup>	12,38 ± 0,54 <sup>bC</sup>
10 kGy	11,96 ± 0,35 <sup>aA</sup>	12,21 ± 0,29 <sup>bA</sup>	11,06 ± 0,16 <sup>bB</sup>	13,06 ± 0,26 <sup>aC</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Podemos observar pela tabela 15 que os valores do potencial hidrogeniônico para o café conillon irradiados com doses de 5 e 10 kGy não diferem entre si estatisticamente. Os resultados estão de acordo com o de Padua et al. (2001) que determinaram o pH para o café conillon e encontram um valor de 5,79. Já Fernandes et al. (2003) encontraram pH igual a 5,93 para o café conillon torrado. Portanto o pH encontrado para o café conillon irradiado com 5 e 10 kGy se encontra próximos dos valores obtidos pelos autores. Isto pode indicar que a irradiação não afetam os valores de pH no café conillon.

Tabela 15 – Teores médios de pH no café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	5,57 ± 0,16 <sup>aA</sup>	5,48 ± 0,13 <sup>aA</sup>	5,48 ± 0,15 <sup>aA</sup>	5,81 ± 0,19 <sup>aB</sup>
5 kGy	5,69 ± 0,17 <sup>aA</sup>	5,54 ± 0,11 <sup>aA</sup>	5,54 ± 0,06 <sup>aA</sup>	5,72 ± 0,16 <sup>bB</sup>
10 kGy	5,64 ± 0,19 <sup>bA</sup>	5,58 ± 0,09 <sup>aA</sup>	5,58 ± 0,15 <sup>aA</sup>	5,81 ± 0,11 <sup>aB</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 16 encontram-se os valores de acidez titulável total em mL de NaOH 0,1 N/100g, para o café conillon. Pelos resultados dessa tabela podemos observar que não houve diferenças significativas entre os tratamentos nos períodos de 1, 30 e 60 dias após a irradiação. Os valores variaram ao longo do período de avaliações entre 291,67 a 371,67 mL de NaOH 0,1 N/100g. Estes resultados são semelhante aos de Padua et al. (2001) que determinaram a acidez titulável total para o café conillon com variações entre 200,00 a 350,00 mL de NaOH 0,1 N/100g. Já Fernandes et al. (2003) determinaram a acidez titulável total para o café conillon com um valor médio de 172,22 mL de NaOH 0,1 N/100g. Assim os resultados da acidez titulável total do café conillon irradiado com 5 e 10 kGy estão de acordo com os valores citados por esses autores. Portanto não podemos afirmar pelos resultados obtidos que a irradiação afetou a acidez titulável total das amostras de café conillon.

Tabela 16 – Teores médios de acidez titulável total (mL de NaOH 0,1 N/100g) no café conillon irradiados com doses de 0(controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	291,67 ± 9,98 <sup>aA</sup>	328,34 ± 11,25 <sup>aB</sup>	333,34 ± 10,25 <sup>aC</sup>	300,00 ± 13,02 <sup>aD</sup>
5 kGy	300,00 ± 9,88 <sup>aA</sup>	365,00 ± 11,26 <sup>aB</sup>	366,67 ± 10,25 <sup>aB</sup>	333,34 ± 13,06 <sup>bC</sup>
10 kGy	316,67 ± 9,79 <sup>aA</sup>	371,06 ± 11,2 <sup>aB</sup>	366,67 ± 10,66 <sup>aC</sup>	300,00 ± 15,02 <sup>aD</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A Tabela 17 mostra os valores médios de fibras café conillon e com exceção da última avaliação aos 90 dias que todos os tratamentos apresentaram diferenças estatísticas significativas em nível de 5%. Apesar de apresentarem diferenças estatísticas os valores encontrados aproximam-se dos valores da testemunha, sendo que o maior valor foi obtido na dose de 10 kGy aos 90 dias após a irradiação e o menor na dose de 5 kGy, no 1º dia de avaliação. Os valores encontrados estão de acordo com os resultados de Padua et al. (2001) que encontraram um valor médio para as fibras de 14.86% para o café conillon. Neste trabalho pode-se afirmar que a irradiação não afetou os valores dos níveis de fibras após o processo da irradiação gama nas doses de 5 e 10 kGy.

Tabela 17 – Teores médios de fibras (%) no café conillon irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	13,90 ± 0,05 <sup>aA</sup>	14,40 ± 0,04 <sup>aB</sup>	13,40 ± 0,15 <sup>aA</sup>	13,27 ± 0,46 <sup>aA</sup>
5 kGy	13,20 ± 0,05 <sup>bA</sup>	13,80 ± 0,12 <sup>bB</sup>	14,00 ± 0,54 <sup>aB</sup>	14,67 ± 0,91 <sup>bC</sup>
10 kGy	13,20 ± 0,09 <sup>bA</sup>	14,70 ± 0,32 <sup>aB</sup>	13,73 ± 0,32 <sup>bC</sup>	15,00 ± 0,37 <sup>bB</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Na Tabela 18 constam os valores médios da condutividade elétrica, que apresentaram valores com diferenças significativas entre os tratamentos nos períodos de 30 e 90 dias após a irradiação. Na avaliação de 30 dias após o início do experimento podemos observar que houve um aumento significativo em todos os tratamentos com a irradiação e na testemunha, como já mencionado na tabela 9 provavelmente tenha ocorrido algum erro de análise. Os valores estão abaixo dos valores encontrados por Fernandes et al. (2001). Contudo os valores encontrados nesse experimento verificado na tabela 18 nas doses de 5 e 10 kGy estão próximos dos valores da amostra controle independente do período analisado após a irradiação. Isso pode indicar que a irradiação não afetou a condutividade elétrica do café conillon.



Tabela 18 – Valores médios de condutividade elétrica ( $\mu\text{ms cm}^{-1} \text{g}^{-1}$ ) no café conillon irradiados com doses de 0 (controle), 5 e 10 kGy, após 1, 30, 60 e 90 dias após a irradiação

TRAT	T1	T30	T60	T90
Test	143,45 ± 9,99 <sup>aA</sup>	230,07 ± 8,31 <sup>aB</sup>	107,49 ± 5,13 <sup>aC</sup>	159,35 ± 5,98 <sup>aA</sup>
5 kGy	144,80 ± 8,02 <sup>aA</sup>	233,57 ± 5,55 <sup>aB</sup>	107,00 ± 9,31 <sup>aC</sup>	155,38 ± 5,32 <sup>bA</sup>
10 kGy	147,10 ± 9,25 <sup>aA</sup>	231,84 ± 9,41 <sup>bB</sup>	116,81 ± 5,21 <sup>aC</sup>	163,92 ± 4,44 <sup>aA</sup>

\*Médias seguidas com as mesmas letras minúsculas nas colunas e mesmas letras maiúsculas nas linhas não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

De modo geral apesar das discrepâncias dos resultados obtidos durante as avaliações das amostras das duas espécies de cafés, submetidas as doses de radiação gama do Cobalto-60 em relação ao controle os resultados estão coerentes com os encontrados na literatura. É importante ressaltar também que a eficiência da radiação gama em reduzir danos aos alimentos é maior naqueles que apresentam maiores teores de umidade. Isso por que ocorre uma maior formação de radicais livres que interagem entre si formando peroxilas que são prejudiciais as células dos organismos. Com relação aos grãos de cafés independentemente das espécies consideradas neste trabalho pode-se dizer que foram resistentes as radiações gama. Estando de acordo com Arthur (1997) que afirma que quanto menor o teor de umidade dos grãos menor é o efeito das radiações gama.

## 6 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos no presente trabalho podemos concluir que:

- As doses de radiação gama de 5 e 10 kGy não afetaram as características físico-químicas estudadas neste trabalho, das amostras de café arábica e conillon até 90 dias após a irradiação.

## REFERÊNCIAS

ARMELIN, J. M.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; PIEDADE, S. M. S.; MACHADO, F. M. V. F.; SPOTO, M. H. F. Avaliação física de feijão carioca irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-502, 2007.

ARTHUR, V. Controle de insetos pragas por radiações ionizantes. **O Biológico**, Campinas, v.59, n.1, p.77-79, 1997.

ASHOKA CHANGEMAKERS. **Café Igarai**. Arlington, 2012. Disponível em: <<http://www.changemakers.com/es/node/23638/images>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC. **Café: a qualidade começa com a pureza**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home>>. Acesso em: 05 fev. 2012.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analyses of the AOAC**. 15. ed. Washington, DC, 1990. 684 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official methods of analyses of the AOAC**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. v. 2.

BERA, A.; ALMEIDA, B. M.; MURADIAN, L. B.; SABATO, S. F. Study of some physicochemical and rheological properties of irradiated Honey. **Nukleonika**, Warszawa, Poland, v. 53, p. 85–87, 2008.

BRASIL. Decreto Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Dispõe sobre nomenclaturas, registro e controle dos alimentos, rotulagem, aditivos, padrões de identidade e qualidade, fiscalização e outros. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 21 out. 1969, p. 8935. Disponível em: <<http://www.anvisa.gov.br/legis/consolidade/decreto-lei-986-69.pdf>>. Acesso em: 09 out. 2011.

BRASIL. Decreto Lei nº 72718, de 29 de agosto de 1973. Estabelece normas gerais sobre irradiação de alimentos. **Diário Oficial da União**. Poder Executivo, Brasília, DF, 30 ago. 1973. Disponível em: <<http://legis.anvisa.gov.br/legisref/public/show/Act.php?id=25>>. Acesso em: 09 out. 2011.

BRASIL. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico para irradiação de alimentos. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE ALIMENTAÇÃO. **Compêndio da Legislação de alimentos**. Consolidação das normas e Padrões de Alimento. São Paulo: ABA, 2001. v. 1A.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Profissional. **Café**. Brasília: DF, 2005. 77 p.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Informativo Balança Comercial Mensal 2012 - IE 2012 03 01**. Disponível em: <[http://www.fazenda.gov.br/spe/publicacoes/conjuntura/informativo\\_economico/2012/2012\\_05/setor\\_externo/mensal.pdf](http://www.fazenda.gov.br/spe/publicacoes/conjuntura/informativo_economico/2012/2012_05/setor_externo/mensal.pdf)>. Acesso em: 25 mar. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Café do Brasil**. Café no Brasil. 2012. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/vegetal/culturas/cafe/saibamais>>. Acesso em: 16 jun. 2012.

CAFEICULTURA. Brasil busca status nos EUA. **Jornal do Comércio**, Rio de Janeiro, 25 abr. 2011. Disponível em: <<http://revistacafeicultura.com.br>>. Acesso em: 10 mar. 2012.

CAMARGO, M. C. R.; TOLEDO, M. C. F. Teor de cafeína em cafés brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 4, p. 421-424, 1998.

CENA/USP. **Divulgação da Tecnologia da Irradiação de Alimentos e Outros Materiais**. Pesquisas no CENA. Piracicaba, 2005. Disponível em: <<http://www.cena.usp.br/irradiacao/pesquisascena.htm>>. Acesso em: 23 nov. 2011.

CHITARRA, M. I. F. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças**. Viçosa: Centro de Produções Técnicas, 1998. 88 p.

DIAS, R. C. E.; SCHOLZ, M. B. S.; BENASSI, M. T. Caracterização de espécies de café Arábica e Conillon pelos teores de ácido nicotínico, 5-A C Q, trigonelina e cafeína: influência do grau de torra na capacidade de discriminação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 4., 2005, Londrina, PR. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2005.

DIEHL, J. F. Food irradiation: past, present, and future. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 63, p. 211-215, 2002.

FAO. Grupo Consultivo Internacional Sobre Irradiação de Alimentos. (ICGFI). **Fatos sobre irradiação de alimentos**. Vienna: Joint FAO/WHO, 1999. 48 p. (Série Fichas Descritivas).

FAO/IAEA. **Facts about food irradiation**. Vienna, 1999. Disponível em: <<http://www.iaea.org/Publications/Booklets/foodirradiation.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2012.

FERNANDES, S.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; PINTO, N.A.V.D.; NERY, M.C.; PADUA, F.R.M. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conillon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. *Cienc. Agrotéc.*, Lavras. V.27, n.5, p. 1076-1081, set/out., 2003.

FERNANDES, S. M.; PEREIRA, R. G. A. A.; PINTO, N. A. D.; NERY, F. C. Polifenóis, sólidos solúveis totais, açúcares totais, redutores e não redutores em grãos de cafés Arábica e Conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2001.

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

FERREIRA, G. F. P. **Avaliação de qualidade física química, sensorial e da composição fúngica de grãos de cafés beneficiados**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, Bahia, 2010.

FONSECA, A. F. A.; SALVA, A. T. J. G.; FERÃO, M. A. G.; FERÃO, P. S.; FILHO, A. C. V.; GUARLONO, R. Composição química do café conillon (*Coffea canephora*). In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá, MG. **Anais...** Brasília, DF: Embrapa Café, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1985. v.1, p.190-192.

JARRETT, R. C. Isotope (gamma) radiation Sources. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. (Ed.). **Preservation of food by ionizing radiation**. vo1, Boca Raton: CRC Press, 1982. p. 137-163.

LOEFFLER, T. M.; TERRONY, D. M.; ECLI, D. B. The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. **Journal of Seed Technology**, East Lansing, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, 2005.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.; FERNANDES, D.R.; *Cultura de Café no Brasil – Novo Manual de Recomendações*. Rio de Janeiro e Varginha-Maio / 2002 Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento – SARC/PROCAFÉ – SOC/DECAF Fundação PROCAFÉ.

MAZZAFERA, P. Chemical composition of defective coffee beans. **Food Chemistry**, v. 64, p. 547-554. 1999.

MECHI, R.; BRAZACA, S. G. C.; ARTHUR, V. Avaliação química, nutricional e fatores antinutricionais do feijão preto (*phaseolus vulgaris* L.) Irradiado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 498-502, 2007.

MODA, E.M. Aumento da Vida Útil de Cogumelos *Pleurotus Sajos-Caju* in Natura com aplicação de radiação gama. 2008. 105 f. tese (Doutorado em Ciências) – **Centro de Energia Nuclear na Agricultura**, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

NELSON, N.. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, Baltimore, v.153, n.1, p. 375-384, 1944.

PADUA, F.R.M; PEREIRA, R.G.F.A.; FERNANDES, S.M. Açúcares totais, redutores e não redutores, extrato etéreo e umidade de diferentes padrões de bebida do café arábica e do café conillon. II Simpósio de pesquisas dos cafés do Brasil, 2., vitória, ES. **Anais...Brasília**, DF; Embrapa café 2001.

PÁDUA, F. R. M.; PEREIRA, R. G. F. A.; FERNANDES. S. M. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibra bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de café arábica e conilon. In: SIMPÓSIO DE PESQUISAS DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Anais... Brasília**, DF: Embrapa Café, 2001.

PIMENTA, C. J. Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café. Lavras: UFLA, 2001. 145p. (Tese – Doutorado em Química, Físico-Química e Bioquímica de Alimentos).

PRADO, G.; LEAL, A. S.; OLIVEIRA, M. S.; MORAES, V. A.D.; MADEIRA, J. E. G. C.; VIEIRA, I. F. R.; LIMA, A. S.; MOREIRA, A. P. A.; ANDRADE, M. C. Influência da Radiação Gama do Cobalto-60 na ocratoxina e na microbiota fúngica de café, Viçosa – **Especial Café**, MG, n.10, p. 42-48, 2008.

PRADO, G.; CARVALHO, E. P.; MADEIRA, J. E. G. C.; MORAIS, V. A. D.; OLIVEIRA, M. S.; CORREA, R. F.; CARDOSO. V. N. Efeito da irradiação gama do <sup>60</sup>Co na frequência fúngica do amendoim em função do tempo de prateleira. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 5, p. 930-936, 2006.

RIBEIRO, D. M.; BORÉM, F. M.; ANDRADE, E. T.; ROSA, S. D. V. F. Taxa de redução de água do café cereja descascado em função da temperatura da massa, fluxo de ar e período de pré-secagem. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Especial Café, Viçosa, v. 7, p. 94-107, 2003.

RIBEIRO, R.O.R.; BAPTISTA, R.F.; VITAL, H.C.; CARNEIRO, C.S.; MANO, S.B.; MÁRSICO, E.T. Características físico-químicas de méis irradiados produzidos por *Apis mellífera*, **Acta veterinária Brasília**, v.5, n.2, p.163-167, 2011.

SALDANHA, M. D. A.; MAZZAFERA, P.; MOHAMED, R. S. Extração dos alcaloides: cafeína e trigonelina dos grãos de café com CO<sub>2</sub> supercríticos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 4, p. 44-53, 1997.

SILVA, R. F.; PEREIRA, R. G. F. A.; BOREM, F. M.; MUNIZ, J. A. Qualidade do café cereja descascado produzido na região sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, 2004.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

SOUZA, A. S.; NETTO, F. M. Influência da irradiação e do armazenamento nas características estruturais da proteína de soja. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. especial, p. 36-43, 2006. Trabalho apresentado ao 3º JIPCA, Buenos Aires, 2006.

TOLEDO, T. C. F. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante de  $^{60}\text{Co}$  em propriedades físicas, químicas e nutricionais de diferentes cultivares de grãos de soja *Glycine max* (L.)**. 2006. 97 f. Dissertação Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

VAN ZELLER, A. L.; OLIVEIRA, A. J.; ZAGO, E. A. Conservação de xarope de cana-de-açúcar pelo emprego da radiação gama. **STAB. Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 2, n. 4, p. 29-37, 1984.

VILA DO ARTESÃO. **O café no Brasil**. 2012. Disponível em: <<http://www.viladoartesaio.com.br/blog/2008/04/o-cafe-no-brasil/>>. Acesso em: 10 jan. 2012.

WIENDL, F. M.; ARTHUR, V. Efeitos da radiação gama sobre a longevidade e reprodução de *Araecerus fasciculatus* (De Geer) (Col; Anthilidae). **Boletim Científico do CENA**, Piracicaba, n. 42, 36 p.1977.

ZANÃO, C. F. P.; BRAZACA, S. G. C.; SARMENTO, B. S.; ARTHUR, V. Efeito da irradiação gama nas Características físico-químicas e sensoriais do arroz (*Oriza sativa* L.) e no desenvolvimento de *sitophilus oryzae* L. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 1, p. 46-55, 2009.

XAVIER, A. M.; LIMA, A. G.; VIGNA, C. R. M.; VERBI, F. M.; BORTOLETO, G. G.; GORAIEB, K.; COLLINS, C. H. C.; BUENO, M. I. M. Marcos da história da radioatividade e tendências atuais. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 1, p. 83-91, 2007.