

VERIFICAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO COBALTO 60 NAS ESTELIZAÇÕES DE PRODUTOS

Diego¹

Vera²

Resumo

Introdução: Cobalto 60 (Co-60) é encontrado na natureza com sua massa atômica de 59 que por sua vez e muito raro se encontrar no meio ambiente, ele passa por um processo para poder se tornar o cobalto 60 precisa ganhar em sua massa atômica um nêutron, para conseguir esse o feito e somente em laboratórios. Além de ser um processo lento e demorado, o cobalto é um elemento que não interage facilmente com outros. **Objetivo:** foi verificar como é utilização o cobalto 60 nas estilizações de produtos. **Metodologia:** Trata-se de um estudo de revisão de literária, onde foram utilizados bases de dados: Scielo, Medline e literatura disponível.

Desenvolvimento: Podem ser utilizados outros elementos de fontes radiativos como, Césio 137 não são tão reciclados e também a uma meia vida mais longa que a do cobalto, e sua estrutura de estabilidade não e uma garantia de segurança, pois e um elemento muito ativo podendo interagir com outros elementos, causando danos. **Discussão:** O Brasil é um dos maiores pais produtor de fruta do mundo, porém com essa produção gera um grande lixo além da capacidade de consumo do planeta e gerando uma perda produtiva e não entrando no mercado de exportação, com a radiação ionizante esterilizar esses produtos e garantia de eliminar quais quer tipo de vidas micro-organismo que a ali. Decorrente dos anos o crescimento de indústrias que investe na área de radiação, atualmente a mais de 50 países que usam a fonte de radiação com esterilização, não podemos deixar de falar que outros setores também estão utilizando essa nova técnica de esterilização pela sua agilidade e segurança, e custo benefício ao mercado, e assim gerando o menos possível de lixo de resíduos no planeta. O cobalto 60 não causa dano algum quando utilizado em doses baixas no ser humano. **Conclusão:** A utilização do Co-60 acaba-se beneficiando ambas as parte, quanto o poder socioeconômico e o meio ambiente, e assim mostrando que que um elemento que pode ser reciclado sem deixar quais quer rastro ao meio ambiente.

ABSTRAT

Introduction: Cobalt 60 (Co-60) is found in nature with its atomic mass of 59 which in turn and very rare to meet in the environment, it goes through a process to become the 60 cobalt needs to gain in its atomic mass a neutron, to achieve this feat and only in laboratories. Besides being a slow and time-consuming process, cobalt is an element that does not easily interact with others. **Objective:** to verify how cobalt 60 is used in the stylization of products. **Methodology:** This is a literary review study, in which databases were used: Scielo, Medline and available literature. **Development:** Other elements from radioactive sources can be used, such as Cesium 137 are not so recycled and also at a half-life longer than that of cobalt, and its stability structure is not a guarantee of safety, because it is a very active element that can interact with other elements, causing damage. **Discussion:** Brazil is one of the largest fruit producing countries in the world, but with this production it generates a large amount of waste beyond the consumption capacity of the planet and generating a productive loss and not entering the export market, with the ionizing radiation to sterilize these products and guarantee to eliminate any kind of microorganism lives that it there. Due to the growth of industries that invest in the area of radiation, more than 50 countries that use the source of radiation with sterilization, we can not fail to say that other sectors are also using this new technique of sterilization for its agility and safety, and cost benefit to the market, and thus generating the least possible waste on the planet. Cobalt 60 does not cause any damage when used in low doses in humans. **Conclusion:** The use of Co-60 ends up benefiting both parties, as the socio-economic power and the environment, and thus showing that an element that can be recycled without leaving any trace to the environment.

Graduando o curso Tecnologia Radiologia Inesul Diego Rodrigo da Silva¹

Graduada em Fisioterapia e Especialista Docente da Inesul Vera Fonseca²

INTRODUÇÃO

A verdadeira abstração da busca dos avanços tecnológica faz do homem mostrar que sua insaciável busca pela verdade e do alto conhecimento, tanto em quais quer área, também não se faz diferente na saúde, então a partir de 1954 começa-se os estudos mais elaborados da área de radioisótopos que começa ser gerado em grande escala, nos reatores, e assim dando inicio a fase de manufatura de fontes radioativas de grande energia tendo elas um amplos número de finalidades nas indústrias (ANDREUCCI, 2013).

A estilização é um método que possibilita tirar completamente toda vida microbiana inserindo aqueles mais resistentes, ou seja, na forma esporos bacterianos (AQUINO, 2012).

A esterilização vem sendo empregue comercialmente há quase 45 anos vem decorrendo, nos últimos anos, um grande progresso no mercado com aumento de utilização de produtos médicos, nas indústrias de cosméticos, na alimentação e entre outras (CORRY; KITCHELL, 1969).

O objetivo do estudo foi verificar a utilização do cobalto 60 nas estilizações de produtos.

METODOLOGIA

Trata-se de um estudo de revisão de literatura, onde foram utilizado bases de dados: Scielo, Medline e literatura disponível.

DESENVOLVIMENTO

No mercado atual há diferentes métodos de esterilização, tendo como observação a melhor forma de ser ocasionado, e de acordo com as suas propriedades químicas e físicas, e de acordo com o produto se impõe a ser esterilizar para que possa evitar irregularidades no produto final (AQUINO, 2014).

Há dois métodos de utilização com as radiações ionizantes no ramo industrial:

- Raios-X por aceleradores de elétrons que compõem a um feixe de elétrons acelerados.

-Radiação gama: que são manifestados por uma origem radioativa ao redor onde as matérias passam (RODRIGUES, 2014).

A escolha da melhor forma de utilização das radiações beta ou gama é baseado em fatores como a consistência da matéria a ser irradiados, seu volume e forma, sua fração a receber a dose desejada e a correspondência do material com a radiação X ou gama (AQUINO, 2014). As técnicas mais utilizadas na esterilização que são normalmente usadas implica a esterilização via calor seco, esterilização pelo vapor d'água, esterilização gasosa com oxido de etileno (EtO), esterilização por substâncias químicas e esterilização por feixe elétron e por radiação gama, sendo que a segunda forma mais utilizada e a radiação gama em variados setores (RODRIGUES, 2014).

O Specific Safet Guide 2010 relaciona os irradiadores por suas particularidades. Os que aplicam a radiação gama são ramificados em setores: I (auto blindado), II (panorâmico e com armazenagem da fonte a seco), III (auto blindado utilizando água) e IV (panorâmico com armazenagem da fonte em água) (RODRIGUES, 2014).

Na época atual em que o feixe raio gama vem sendo utilizado no campo de esterilização "a frio", tanto na área médica como no setor de manufatura (WOODS, 1994; MASSEY, 2005). É um dos processos de alta proteção e facilidade, que pouco a pouco vem mudando outros recursos. Com o progresso da utilização do feixe raio gama no segmento da esterilização, se faz indispensável à se entender como este tipo de radiação se compartilha com a matéria e efeitos de seu uso (AQUINO-2014).

Atualmente no Brasil a cinco irradiadores industriais de grande escala, todos estão localizada no estado de São Paulo, esses irradiadores atuam com a origem do Cobalto-60 (Co-60) e que tem como finalidade a esterilização de objeto médico-hospitalar, para indústria de cosmético, irradiação de ração animal e para alimento com destino de saída do país (TAUHATA, 2014).

Pelo qual motivo se deve utilizar Cobalto- 60 (Co-60)

A escolha pelo Cobalto-60 não só esclarece porque ele tem mais feixe de raio gama por ter um decaimento radioativo, o benefício fundamental é por conta de sua segurança. O Césio-137 não possui durabilidade livre no meio ambiente, ele é regente, esta a todo o momento se ligando a outras partículas. Ele reage fácil com

água, do qual a sua seu estado natural normalmente e encontrada em pó e por isso que suas resposta da maioria das vezes e muito violenta, reagindo explosivamente até ambiente muitíssimo baixas, tal como gelo. Por outro lado, o cobalto não se interage fácil e pode construir novas ligas metálicas, como por exemplo, do ferro e do níquel, e o quer torna a sua aplicação acessível e segura (OKUNO- 1998).

A preparação Radiação Gama (cobalto-60)

As partículas ou onda instáveis, à medida que tem uma energia suficiente, são consideradas radiações ionizantes e vão ionizando átomos que se encontra na sua direção por um meio de perder sua potência por completo (OKUNO, 1998).

Radiações ionizantes podem tirar o elétron de um átomo se possuir carga maiores que o da ligação dos elétrons ao átomo (OKUNO; YOSHIMURA, 2010).

A feixe de raio gama e a exclusivamente a única fonte energia que e capaz começar quais quer reações químicas seja qual for a temperatura e estagio(gás, liquido, ou solido) sem utilização de catalisadores. São extremamente penetrantes e conseguem viajar a velocidade da luz (AQUINO, 2012).

O método de radiação tem como principal motivo beneficiar da energia lançado na forma de radiações eletromagnética ou partículas para um determinado limite (Aquino-2014). O cobalto radioativo começa com o cobalto originário do meio ambiente e que por sua vez muito raro de ser encontrado, mas cujas ascendências do isótopo estável Cobalto-59 é de 100% (RODRIGUES, 2014).O isótopo Co-60 é um radioisótopo artificial, que se e capaz de ser produzido em laboratórios , através do bombeamento por nêutrons, em um reator nuclear, dentro desses reatores .(LAUGHLIN, 1989)

Onde eles permanecem por um curto intervalo de ciclo (que se da por volta de 18 a 24 meses), os átomos de Cobalto-59 puxam um nêutron para a sua massa atômica (IAEA, International Atomic Energy Agency 2004).O Co-60 é radioativo, tem como um ciclo de meia vida ($t_{1/2}$) de 5,26 anos (KAPLAN, 1962).

As radiações emitidas pelo Co-60 apresenta uma das energias mais forte, profunda e perigosas que se encontra entre os radioisótopos comercialmente usados . Porem são aptos de penetrar nas matérias de 10 cm de aço ou 60 cm de massa solida. Por esses motivos o manejo desses elementos necessita de uma organização

maliciosamente, e habilidade nos envolvidos e equipamentos aptos (ANDREUCCI, 2014).

Ação Co-60 com massa (matéria)

Por causa da capacidade alta de esterilização do cobalto- 60 e com sua flexibilidade pode atingir até a velocidade da luz, e deste modo hábil de matar o microrganismo ali presente em produtos fechado dentro de seu pacote lacrado (AQUINO, 2012).

Assim, o artefato irradiado consegue se obter e se manter estéril até a embalagem ser retirada. O método de higienização acontece através de impactos entre a radiação e os elétrons dos átomos do material a ser higienizados. (WOODS, 1994)

A radiação ionizante trabalha por meio da transição de energia (a absorção de energia pelo material). Faz a fragmentação do DNA dos microrganismos (cromossômico), e por sua vez conseqüentemente as suas células vem a óbito. A receptividade á radiação mudável significativamente de qualquer espécie de micróbio para outro, isso essencialmente decorre da característica da espécie de microrganismo (MEDICAL LAB, 2011).

As radiações da mesma forma fazem notificação da membrana celular, danificando a substancia essencial para a ação celular, e por efeito sobre as ações da biogênese e sobre as enzimas. A sensibilidade à radiação é inversamente proporcional a complexidade do organismo (URBAIN, 1986).

A partícula passa a ter bloqueio em dividir seus genes entre as células filhas, que podem vir a óbito em seguida de uma ou duas divisões, a medida da lesão no DNA da conseqüência da fragmentação de moléculas. Quando mais baixo a desigualdade entre as células, maior a chance de levar a óbito por conseqüência de radiações ionizantes(NOUAULHETAS,2015).

A ações da radiação com o elétron orbital (e-) cria uma agitação que o propõem a uma elevação maior de maior ou a deslocamento de sua orbita formando um íon (PIKAEV,1994).

As parcelas colocadas nos procedimentos de frutas, por exemplo, variam entre 0,2 e 0,4 KGy e para matérias médico-cirúrgico no intervalo de 25 KGy (TAUHATA, 2014). A fração e fundamental e crucial sobreposto ao produto. Sem essa administração,

uma dose amplamente grande interfere diretamente o produto, transformando impróprio para uso nos casos dos alimentos; e por outro lado, uma dose excessivamente pequena não atingiria os efeitos desejados (PEROZZI, 2007).

Três diferentes período de doses são estabelecidos na área de manufatura : o período de doses “baixas” entre 10Gy a 3KGy; o período de doses “medias”, entre 1e 10KGy; e o período de doses altas 5 e 100 KGy. Usam-se doses “baixas” para inibir a germinação de cebolas e batatas, para zelar os grãos e possibilitar a estocagem. As doses “mediam” são regulares em pasteurização de produtos nutritivos, ao mesmo tempo em que as doses “altas” são usadas em meios de esterilização de produtos alimentares, médicos, tratamentos de plástico, dentre outros (RODRIGUES, 2014).

Na parte produtiva, os produtos que se visam irradiar é transferido, por sistemas maquinal de carregamento, para o interno da câmara de irradiação (dispositivo que utiliza como radiação gama), sendo fixado por um determinado período e adiante transferido para fora do equipamento (PERKINS,1969).

Os equipamentos médicos irradiados são perfeitamente seguros de se manipular e podem ser utilizados imediatamente após a sua esterilização. Diversos polímeros mantém à radiação com doses de cerca ate de 25 kGy. A radiação é bastante eficiente para produtos completamente embalados e fechado de uso único, onde recebe uma única dose de radiação é precisa (AQUINO,2012).

Com resolução para a dose de esterilização obtém com fundamento o Método 1 da ISO 11137 (LAMBERT, 1998). A qualificação microbiológica retratada na ISO/AAMI 11137 (método 1) se apoia na validação de um SAL de 10^{-2} com um determinada quantidade de dose para teste e dada em 100 produtos, sendo que avaliação de esterilidade destes produtos não deve mostrar mais que 2 infectado em 100 testados – impõem a dose de esterilização por não podendo ultrapassar da dose experimental do SAL de 10^{-2} para o SAL requerido, dose esta tem que ser observada a cada três meses . As informações de continuidade do microrganismo devem ser apresentados partir de inúmeras pesquisas apresentadas sobre os efeitos da radiação ionizante em bactérias, as subseqüentes analísem podem ser feitas: geralmente, os endósporos bacterianos são classificados mais robustos à radiação do que as bactérias vegetativas; entre as bactérias vegetativas, as bactérias gram-

positivas são mais vigorosas do que as gram-negativas; os cocos vegetativos são mais resistentes do que os bacilos vegetativos; as leveduras são mais resistentes à radiação do que os mohos bacterianas vegetativas; as leveduras chegam a ser ainda mais resistentes do que os demais fungos; os vírus são mais resistentes à radiação do que as bactérias esporuladas, que por sua vez são mais resistentes que as bactérias vegetativas, os bolores e as leveduras. (AQUINO, 2012)

Doseamento do Produto

À medida que à autenticação e comando no processo de radioesterilização, a diretrizes determinadas pelo ISSO 11137-1:1994- Sterilization Of Healthcare Products Situa as fases essenciais para certificar de forma correta as atividades feitas com os métodos esterilização por irradiadores (LAMBERT, 1998).

Os períodos notáveis são: qualificação dos itens ao serem manifestados à radiação não passam a sofrer notificações, garantindo a sua característica e segurança: escolha da dose de esterilização- que se manifesta através de estudos antecipados, procura-se classificar a energia da carga microbiana que ainda consiste nos produtos quando expostos à radiação. A quantidade necessária é definido no decorrer dos resultados obtidos e das condições de segurança de esterilização esperado ;responsabilidade-assegurada por intermediário a experimentação que procedimento de esterilização é apropriado e corretamente cumprida. Contudo, o prestador de serviço tem que atribuir-se a consciência em submeter o produto a certa dosagem de radiação, com o modo o processo de validação e as instruções ao cliente (Lambert, 1998).

Logo após a etapa de validação para o produto, é definido o período de exposição do mesmo à radiação. Para compreender se a dose exata foi usada no produto, tanto na parte de validação como na de controle do processo, os irradiados devem mostrar um sistema dosimétrico adequadamente ajustado para definição de dose absorvida, compondo-se de dosímetros, instrumentação de medida. Um dos conjunto dosimétrico mais usado é o uso do poli (metacrilato de metila) conjuntamente com um corante radiosensível (RED 400). Quando este sistema está irradiado, o polímero perde transmitância à luz de modo harmônico à quantidade de radiação introduzida. A notificação de cor do sistema é avaliada por um

espectrofotômetro que mede a mudança de absorvância transformada a um valor de dose absorvida (Mclaughlin, 1995)

Impactos biológicos nos seres humanos

Segundo Gopal (1978) os corpúsculos biológicos são compostos por maioria por átomos de carbono, oxigênio, hidrogênio e nitrogênio. Ao irradiar um indivíduo alguns elétrons provavelmente serão arrancados de átomos desses elementos. Ao proporcionar uma energia de radiação maior elevação do que a energia que liga os elétrons aos átomos desses elementos acontece o processo conhecido de ionização. A radiação que causa a ionização, chamada radiação ionizante, é mais negativa aos sistemas biológicos do que a radiação que não provoca ionização. Esta última, chamada radiação não ionizante, é normalmente de energia mais baixa, como as radiações de radiofrequência e eletromagnética, ou nêutron quem “movem” devagar. As radiações ionizantes podem modificar moléculas como água, sacarose, proteína, DNA e mexer nas suas propriedades químicas, mudando o seu papel biológico (Stewart; Akleyev; Hauer-jensen; Hendry; Kleiman; MacVittie; Aleman; Edgar, 2012)

A alta avaliação da radioesterilização passadas seguintes peculiaridades positivas do processo:

- As altas temperaturas no decorrer do processo é claramente baixa, se for associada os processos térmicos;
- A alteração da radiação garante esterilização de totalmente a capacidade do produto, isto é em gel, líquido ou sólido;
- Se o produtos precisar ser esterilizados em sua forma final completamente fechada;
- Não se aplica isolamento;
- Gera pouco resíduo químico;
- Gera pouco despejo de resíduo radioativo.

- Pequena pratica nos mercados interno externos da comercialização de produtos irradiados;
- Altos níveis de aplicação inicial;
- A carência de estocagem, distribuição e outras bases organizacionais de suporte;
- Modelos educativos diferentes;
- Regimento nacional própria;
- Enorme gasto de inicio;
- Utilização de elementos emissores de feixe de raios ionizante. (LANDGRA,2002)

DISCUSSÃO E RESULTADOS

A forma de utilização da radiação, nas indústrias nos apresenta é algo que vem sendo estudado, porem a poucas informações e estruturas, para poder tornar-se algo natural, sabemos que ainda á pré-conceitos formados, por causa da “má” fama que a radiação ganha nos espaços de mídias, deste os acidentes anteriores como: a explosão de Chernobyl-UA (antiga União Soviética), ou mais próximos de nos como Goiânia-GO (Cs-137), com essa falta de informações leva a acreditar que mexer com a radiação não e algo positivo.

Pode-se observar, que dentro dos quase 40 anos muitas coisas mudaram deste as regras e criações de concelhos, para pode monitorar e estruturar as regras que regem em todos os pais para poder desfrutar dos benefícios da utilização da radiação.

Foi observado que a ramificação das áreas de esterilização, e algo mais recente, começa-se criar corpo para algo fundamental, e pró para a vida humana, sabemos que existe milhares de formas de micro-organismo; destas bactérias, fungos, que são resistentes as quais quer forma de desencadeamento da quebra de sua estrutura de DNA, e o ciclo do planeta assim mesmo, iram sempre surgir outras formas de bactérias e fungos e entre outros, mais resistente que a sua “versão anterior”, e assim aquela estrutura formada para quebra do DNA já não consegue fazer o mesmo efeito.

Na estrutura de produtos como a médicos-hospitalares e produtos cosméticos, são algo que estão ligados diretamente com o ser humano, e esses produtos não estando irradiados podem gerar problemas futuros. Pois o produto não estava estéril suficiente.

Ao olhar pra quantidade de produtos químicos utilizados para deixar estéril o produto ou os alimentos, deixa rastros de resíduos e lixos muito altos, a radiação algo que vai se reintegrando ao meio ambiente sem deixar resíduos.

O processo de esterilização dos produtos ocorre de forma, correta, sem expor a vida humana, a de outros seres vivos ao seu redor, com isso analisamos que ao investir nessa estrutura e algo que requer demanda, e estrutura. Sabemos que os países estão desligando os seus reatores nucleares com medo, que ela possa causar mais danos a quais quer forma de vida ao planeta.

Claro toda estrutura como a montagem de uma empresa de esterilização, vai muitas normas de seguranças, incluindo as blindagens necessárias, para aquele ambiente em específico.

Destes painéis que alerta entradas de pessoas não autorizadas, ao campo onde se estar emitindo radiação, ate sensores de paradas automáticas para a maquina que estão em atividades, não basta somente investir na estrutura, como também e algo que requer investimentos na formação dos profissionais. O custo benefício e muito alto, grande maioria das empresas preferem algo mais simples que são os processos químicos, se faz poucos investimentos, porem produz muito resíduos, que isso e mal degradante para o meio ambiente, onde atualmente ao redor do mundo produz o dobro da sua capacidade de produção.

Com a esterilização dos produtos, como alimentação, por exemplo: podemos perceber o Brasil e um dos maiores produtores de frutas e grãos, com isso vão toneladas de procedimentos químicos para poder manter os produtos, bonito e vivo ate o pais de exportação. Porém os sabores e gostos são altamente diferentes, com a radiação ionizante isso não interfere em nada, pois o produto tem a garantia de chegada em bons estados. Sem contar com os procedimentos químicos e altamente cancerígenos, já a utilização do Cobalto-60 na esterilização e questão de dias para poder sair do corpo por completo, ele e um elemento que não interage fácil com

outras moléculas, então não está correndo o risco de estar se contaminando com a radiação.

Então de fato a radiação só acontece após de gerar uma energia, e assim liberada ele posteriormente esteriliza o produto na qual você deseja. Os processos são amplos e cada empresa, se observa as diretrizes de orientações de como deve ser utilizado essa fonte com esterilização, definida pelo SAL (Sterility Assurance Level).

A melhor forma de se aplicação para que as futuras gerações possam fluir desse benefício, são basicamente, investir em estudos sabemos que isso leva tempo e demandam, estruturas acadêmicas, afinal a grande finalidade do Cobalto-60 e somar com a vida do planeta, e ser o ecológico possível, e ser mais inofensivo às quais quer forma de vida, e sim eliminando somente, aqueles micro-organismos indesejados, que continuem contaminando os produtos de utilização própria.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O feixe de raios gama vem tendo cada vez mais um olhar voltado na sua ampliação em campo tanto quanto na área comercial como na industrial. À parcela desses resultados mostra em grandes vantagens que se são aplicadas, como baixo valor, não acontece reações térmicas, deixa uma flexibilidade nas escolhas de quanto à acomodação de materiais, sendo fechados e selados antes de fazer a higienização profunda pela radiação, garantindo em um prazo que permitem a estocagem de condições esterilidade; e maleável a diversos materiais (borrachas, termoplásticos metais e entre outros) (ZAGÓRSKI, 1974).

A radiologia industrial vem crescendo decorrente ao longo dos anos sabe-se que já está 45 anos no mercado, porém só agora podemos ver qual a sua importância, em usar a radiação ionizante para garantir a durabilidade do produto, com essas quebras das cadeias moleculares de quais quer microrganismo. Como por exemplo, na radiação dos alimentos; em questão de exportação para outros países poderiam gerar perdas dos produtos em questões de dias, nas indústrias de cosméticos e na médico-hospitalar; o benefício da utilização de esterilização e a descontaminação do produto, se torna eficaz e garantido a segurança cliente/paciente.

A utilização do Co-60 acaba-se beneficiando ambas as partes, quanto o poder socioeconômico e o meio ambiente, ao pesar na balança as estruturas podemos

analisar as seguintes situações ao usar elementos químicos em estruturas ele deixa rastros de resíduos após a sua utilização, que muitas vezes acabam danificando as estrutura do meio ambiente; e quando a radiação pode ser reciclada, sem o risco de proliferação de salmonelas.

REFERÊNCIAS

1. Aquino, K. A. S.; Sterilization by Gamma Irradiation, InTech, 2012. [CrossRef]
2. Woods, R. J.; Pikaev, A. Em Applied Radiation Chemistry: radiation processing; Wiley, J.; Sons: New York, 1994, cap. 4
3. Massey, L. K.; O Efeito de métodos de esterilização em plásticos e elastômeros; Andrew, W., eds.; The Definitive User's Guide and Databook: Plastics Design Library, 2005, cap. 1
4. Laughlin, W. L.; Boyd, A. W.; Chadwich, K.H.; Donald, J. C.; Miler, A. Dosimetry for Radiation Processing; Taylor; Francis., eds.; Dosimetry and Medical Radiation Physics Section: Vienna, 1989, cap. 2.
5. Kaplan, I.; Nuclear Physics, 2a. ed., Addison- Wesley: Boston, 1962.
6. Buchalla, R.; Schüttler, C.; Bögl, K. W. Radiation sterilization of medical devices. Effects of ionizing radiation on ultra-high molecular-weight polyethylene. Radiation Physics and Chemistry 1995, 46, 579.
7. Corry, J. E. L.; Kitchell, A. G.; Roberts, T. A. Interactions in the recovery of Salmonella typhimurium damaged by heater gamma radiation. Journal of Applied Bacteriology 1969, 32, 415. [CrossRef][PubMed]
8. Perkins, J. J.; Principles and Methods of Sterilization in Health Sciences, 2a. ed., Springfield: New York, 1969.
9. Zagórski, Z. P. Radiation sterilization of disposable medical equipment. Polimery w medycynie 1974, 5, 301. [PubMed]
10. Lambert, B. J. ISO radiation sterilization standards. Radiation Physics and Chemistry, 1998, 52, 11. [CrossRef]
11. Gopal, N. G. S. Radiation sterilization of pharmaceuticals and polymers. Radiation Physics and Chemistry 1978.
12. Stewart, F. A.; Akleyev, A. V.; Hauer-Jensen, M.; Hendry, J. H.; Kleiman, N. J.; MacVittie, T. J.; Aleman, B. M.; Edgar, A. B.; Mabuchi, K.; Muirhead, C. R.; Shore, R. E.; Wallace, W. H. ICRP PUBLICATION 118: ICRP Statement on Tissue Reactions and Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. Annals of the ICRP 2012, 41, 1. [CrossRef]
13. Spencer, J. N.; Bodner, G. M.; Rickard, L. H. Em Chemistry: Structure and Dynamics; Rentrop, A.; Wezdecki M., eds.; John Wiley & Sons: USA, 2012, cap. 15.
14. ANDREUCCI, R. Radiologia Industrial. Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos (ABENDI). Jul. 2014.

15. CNEN, Comissão Nacional de Energia Nuclear-Centro de Gestão de Estudos Estratégicos (CGEE). Estudo da Cadeia de Suprimento do Programa Nuclear Brasileiro, Relatório Parcial -Irra-diadores e Aplicações. Irradiação no Agronegócio. 2010. Disponível em: <<http://www.cnem.gov.br/acnen/pnb/rel-parcial-gemas.pdf>> Acesso em: 22/04/2015
16. IAEA, International Atomic Energy Agency. Practical Technical Manual – Health Effects and Medical Surveillance; Vienna, 2004.
17. LANDGRAF, M. Fundamentos e perspectivas da irradiação de alimentos visando o aumento de sua segurança e qualidade microbiológica. Tese de Livre-docência, Universidade de São Paulo-Faculdade de Ciências Farmacêuticas. São Paulo, 2002.
18. NOUAILHETAS, Y. Apostila educativa. Radiações ionizantes e a vida. Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN)2015
19. OKUNO, E. Apostila Educativa. Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN), 1998. Disponível em: <http://www.ipen.br/biblioteca/outros/efeitos_biologicos_acidente_goiania.pdf> Acesso em: 28/04/2015
20. OKUNO, E; YOSHIMURA, E. Física das Radiações. Oficina de Textos, 2010.
21. PEROZZI, M.; Irradiação: tecnologia boa para aumentar exportação de frutas. Inovação Uniemp, Campinas, v. 3, n. 5, out.2007. Disponível em: <http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000500026&lng=pt&nrm=iso> Acesso em: 01/05/2015
22. RODRIGUES J, A. A., Irradiadores Industriais e sua Radioproteção. 1ª Edição; 288p. Maringá-PR, 2014.
23. TAUHATA, L. et tal. Radioproteção e dosimetria: fundamentos. Instituto de Radioproteção e Dosimetria. Comissão Nacional de Energia Nuclear. 10ª revisão; Rio de Janeiro, abr. 2014.
24. URBAIN, W.M. Food irradiation. (Food science and technology). Orlando: Academic Press, 1986.