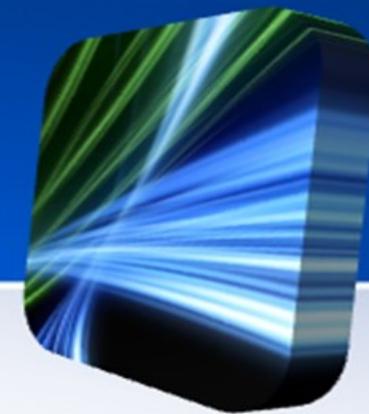


Tecnologia Nuclear sem mistérios

Aula 3:
Controle de pragas e
microbiológicos



Nélida Lucia del Mastro



Associação Brasileira para
Desenvolvimento de Atividades Nucleares

CURSO GRATUITO

Tecnologia Nuclear Sem Mistérios

Aula 3 -
Controle de pragas
e microbiológicos



📧 **22, 23, 24/09 / 18-19h30**

👉 **Aulas online**

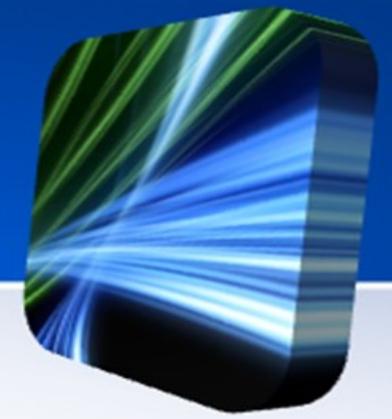
👤 **Para professores / ensino fundamental e médio**

📄 **Certificado Abdan**

"A tecnologia nuclear contribui para a biossegurança no comércio com outros países usando irradiações ionizantes para controlar a disseminação de pragas da fruticultura."

Nélida Lucia Del Mastro, IPEN/SP

Meio ambiente, social, governança/ Coalizão Brasil Clima, Florestas e Agricultura



O mundo empresarial moderno desperta para o conceito
“*Environmental, social, governance*” (ESG)

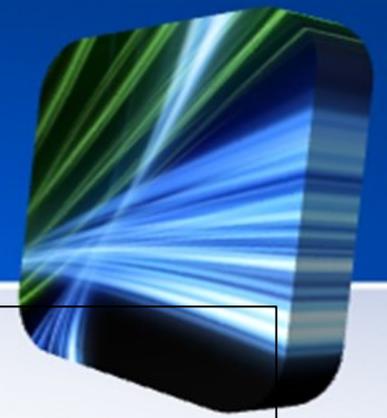


- ✓ Opcões menos agressivas ao meio ambiente e à ética
- ✓ Desenvolvimento sustentável



Tecnologia nuclear: energia limpa,
não deixa resíduos nocivos ao meio ambiente

Controle de pragas e microorganismos pela radiação



- manutenção da qualidade de vida
- inibição de doenças
- ↓ danos ao meio ambiente
- ambiente equilibrado e saudável
- disponibilidade de alimentos, nutrientes e energia

Irradiação de alimentos: Segurança alimentar



“Safety” Alimentos sem perigo para a saúde humana - medida sanitária

“Security” Alimentos suficientes para a população – medida fitossanitária/
/tecnológica/logística/política

Segurança Alimentar e Nutricional: direito a uma alimentação saudável, acessível, de qualidade, em quantidade suficiente e de modo permanente. Ela deve ser totalmente baseada em práticas alimentares promotoras da saúde, sem nunca comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, respeitando particularidades e características culturais de cada região (Segurança Alimentar (Brasil) Lei No 11.346, de 15 de setembro de 2006).

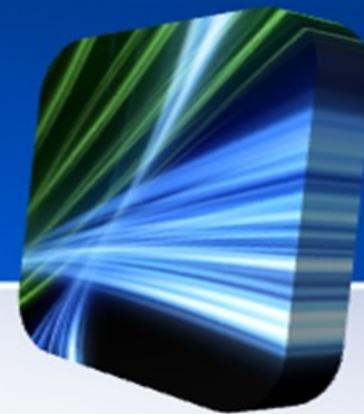
Faixas de doses de radiação ionizante utilizadas em alimentos para diferentes objetivos

$$1\text{Gy}=1\text{J/kg}$$



Objetivo	Dose (kGy)	Exemplos de Produtos Irrradiados
Doses baixas (< 1kGy)		
Estímulo crescimento vegetal	Até 0,01	Cebolas
Inibição da germinação	0,05-0,15	Batatas, cebolas, alho, raiz forte
Inativação de insetos e de parasitas	0,15-0,5	Cereais e legumes, frutas frescas e secas, carne e peixe seco, carne de porco fresca
Retardamento do amadurecimento	0,5-1,0	Frutas e vegetais frescos
Doses médias (1-10kGy)		
Aumento da vida de prateleira	1,5-3,0	Peixe fresco, morangos, etc.
Eliminação de microorganismos esporulados e patogênicos	2,0-5,0	Frutos do mar frescos e congelados, aves e carnes cruas ou congeladas, etc..
Melhoria de propriedades tecnológicas dos alimentos	2,0-7,0	Uvas (aumento do rendimento do suco), vegetais desidratados (reduzindo o tempo de cozimento)
Doses altas (> 10 Gy)		
Descontaminação de aditivos e ingredientes	10-50	Preparações enzimáticas, gomas naturais, temperos
Esterilização industrial (em combinação com aquecimento brando)	30-50	Alimentos prontos, dietas hospitalares, ingredientes para a indústria de alimentos, frutos do mar, carnes.

É novo "radiação" mata micróbios?



Compte Rendu, 198, 102 (1929) [Note de M-me P. Curie]

SUR L'ÉTUDE DES COURBES DE PROBABILITÉ RELATIVES À L'ACTION DES RAYONS X SUR LES BACILLES*

Cette Note est un complément théorique à l'exposé des recherches de F. Holweck et de A. Lacassagne sur l'action bactéricide des rayons X (voir ci-dessus). J'admets avec F. Holweck que, pour détruire un bacille, il est nécessaire que la zone sensible de celui-ci absorbe un nombre s minimum de quanta d'une fréquence déterminée; s est le seuil de l'effet pour une radiation donnée et un bacille donné. Soient v le volume de la zone sensible, δ sa surface exposée aux rayons, a sa profondeur; si la culture reçoit x quanta par unité de surface, le nombre moyen de quanta absorbés par la zone est $v = \mu a \delta x = \mu x v$, où μ est le coefficient d'absorption (qui est supposé faible). La probabilité P_n pour l'absorption de n quanta et la probabilité P de survie (ou proportion de survivants) sont alors données par les formules bien connues

$$P_n = \frac{v^n e^{-v}}{n!}, \quad P = \sum_0^{\infty} \frac{v^n e^{-v}}{n!}$$

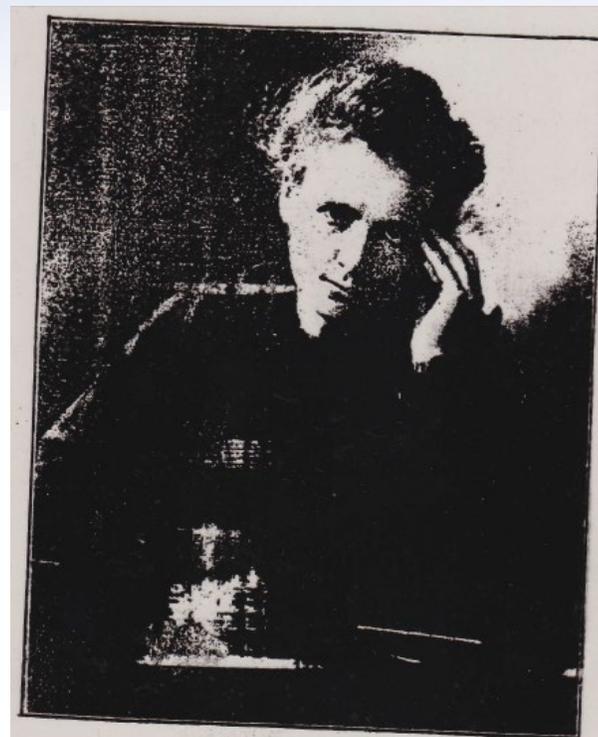
Quand $s = 1$, on trouve $P = e^{-v}$. En représentant $\log P$ en fonction de v , on obtient une droite dont la pente permet de déterminer μ .

Quand $s > 1$, P n'est pas une fonction exponentielle simple. En représentant $\log P$ en fonction de v pour diverses valeurs de s , on obtient une série de courbes qu'on a utilisées pour déterminer s et μ , en essayant de superposer, par changement d'échelle des abscisses, la courbe expérimentale à l'une des courbes théoriques.

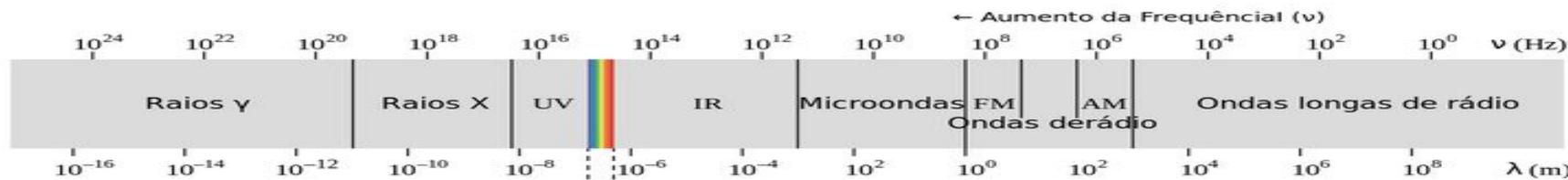
* [Note de Mme P. Curie, *Compt. rend.*, 198, 202 (1929) - ed.]

† Séance du 26 décembre 1928.

‡ La notion de «seuil» demande une discussion qui ne peut prendre place dans cette Note.



Mojemu najdroższemu dziecku
Ludwikowi - Różowemu - w Warszawie.
Mama - Marie Curie - Paryż



Fontes utilizadas em Tecnologia Nuclear

Energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no material irradiado.

✓ Irradiadores gama

^{60}Co ($T_{1/2}$: 5,263 anos; β^- : 0,314MeV; γ : 1,173 e 1,332MeV)

^{137}Cs ($T_{1/2}$: 30 anos; β^- : 0,514 e 1,176MeV, que decai a $^{137\text{m}}\text{Ba}$, $T_{1/2}$: 2,554 min.; γ : 0,662MeV);

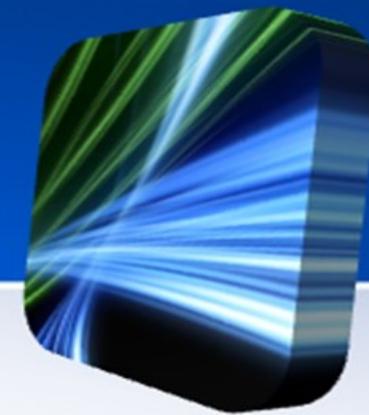
✓ Raios X de até 5MeV

✓ Feixe de elétrons de até 10MeV

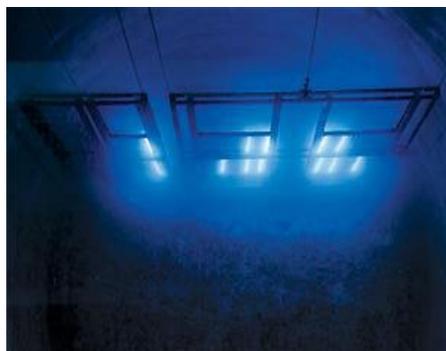
A unidade de dose absorvida no SI: 1 gray (Gy) = joule por quilograma (J/kg)

Irradiador gama multipropósito

IPEN/CNEN – São Paulo /SP

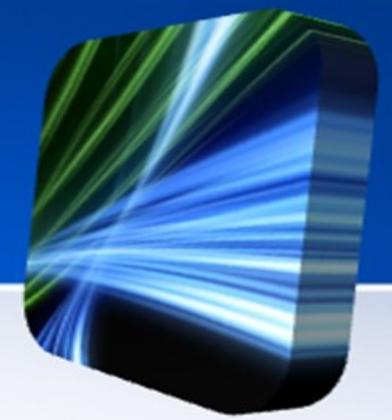


Category IV (IAEA –SSG-8)
tecnologia nacional – 2004
Capacidade: 1000kCi



Irradiadores gama de pequeno porte

IPEN/CNEN – São Paulo /SP

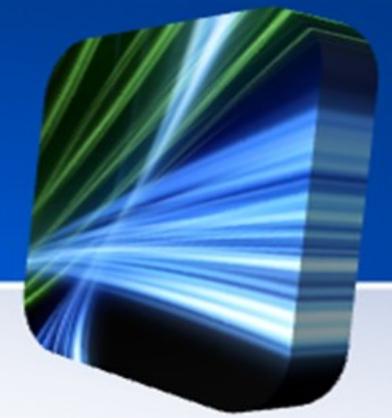


Gammacell 220



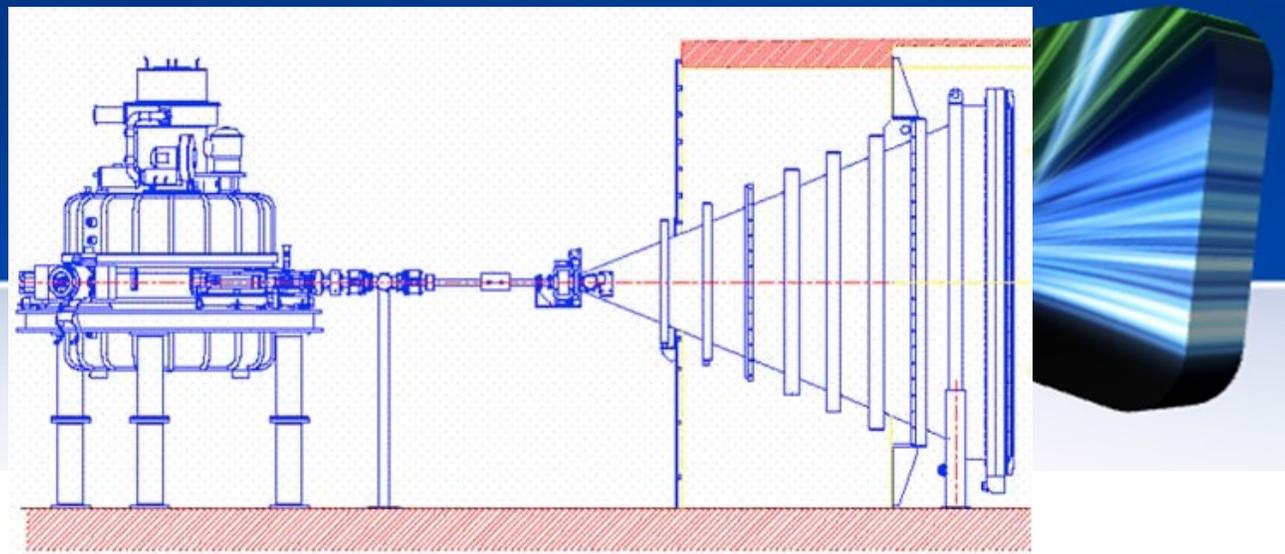
Fonte
panorâmica

Acelerador feixe de elétrons IPEN-CNEN/SP



Dynamitron II, Radiation Dynamics Inc.
37,5kW (1,5MeV 25mA)
taxa de dose 11,2 kGy/s

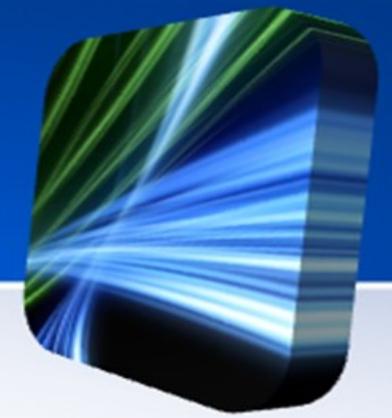
Irradiadores de RX



- Os raios X são radiações eletromagnéticas → transições eletrônicas de níveis e sub-níveis mais internos no átomo por interações nucleares ou por freamento.
- Produzidos quando elétrons são acelerados em direção a um alvo metálico (liga tungstênio/rênio). O choque do feixe de elétrons (que saem do catodo com energia de dezenas de KeV) com o anodo (alvo) produz dois tipos de raios X. Um deles constitui o **espectro contínuo**, e resulta da desaceleração do elétron durante a penetração no anodo. O outro tipo é o **raio X característico do material do anodo**.
- Cada espectro de raios X é a superposição de um espectro contínuo e de uma série de linhas espectrais características do anodo.

Manejo Integrado de Pragas

Pragas Quarentenárias



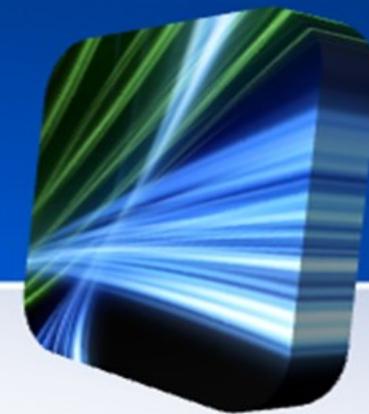
- Organismos de risco econômico potencial para a área em perigo.
- Objeto de controle oficial: Medidas fitossanitárias para viabilizar erradicação, controle e evitar dispersão.
- Podem ser insetos, ácaros, nematoides, fungos, bactérias, vírus, plantas infestantes e parasitas.

Tratamentos Fitossanitários Autorizados Exportação de Produtos Vegetais

dsv@agricultura.gov.br

- **fumigação com brometo de metila**
- **fumigação com fosfina**
- **tratamento hidrotérmico de frutas frescas**

Manejo Integrado de Pragas

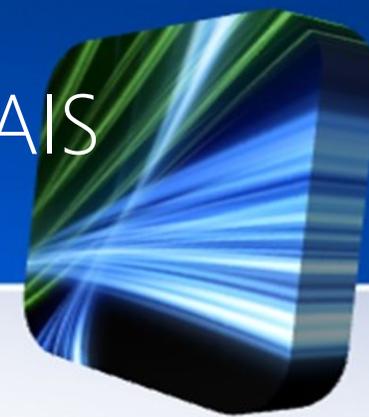


sem uso de agrotóxicos

- ✓ **Controle biológico** Defensivos biológicos, bioinseticidas
- ✓ **Técnica do inseto estéril**
- ✓ **Irradiação das frutas como medida fitossanitária**

Cartilha para Produtores Familiares DEFENSIVOS NATURAIS

Manejo alternativo para "pragas" e doenças



INPA/MCTI DISPONIBILIZA CARTILHA SOBRE DEFENSIVOS NATURAIS
PARA CONTROLE DE PRAGAS E DOENÇAS

Acesso gratuito em: <https://repositorio.inpa.gov.br/handle/1/35814>

V327 Defensivos naturais: manejo alternativo para pragas e doenças / Marta Iria da Costa Ayres, Reinaldo José Alvarez
Puente, José Guedes Fernandes Neto, Katell Uguen, Sonia Sena Alfaia. - Manaus: Editora INPA, 2020.

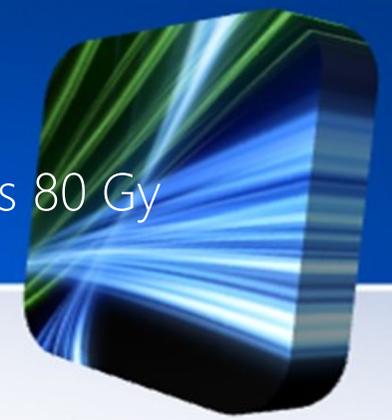
32 p. : il. color.

ISBN : 978-65-5633-006-8 (*on-line*)

1. Biofertilizantes. 2. Preparo e uso 3. Controle de pragas e doenças. I. Ayres, Marta Iria da Costa. II. Puente, Reinaldo José
Alvarez. III. Fernandes Neto, José Guedes. IV. Uguen, Katell. V. Alfaia, Sonia Sena.

Técnica do macho estéril

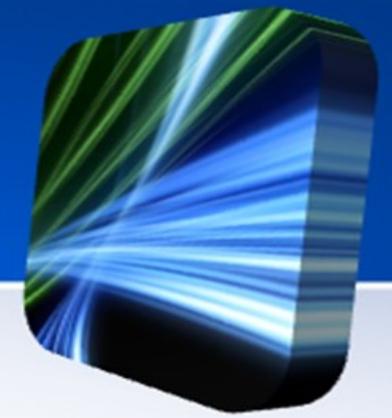
esterilização de moscas-das-frutas (*Anastrepha ludens*, *Anastrepha obliqua*) doses 80 Gy



Moscas fêmeas e machos diferem em tamanho, formato e cor do abdome

Irradiação de frutas como medida fitossanitária

doses 150-300Gy



- Biosegurança na importação/exportação de frutas frescas
- Desinfestação a frio.
- Tratamento não químico de frutas e vegetais frescos para evitar a propagação de insetos responsáveis por pragas.
- Processamento rápido, simples e não deixa resíduos tóxicos, seu uso comercial está em expansão.

Normas Internacionais para Medidas Fitossanitárias NIMF n° 18 Diretrizes para o uso de irradiação como uma medida fitossanitária (2003).

A irradiação de alimentos é regulamentada no **Brasil pela Resolução n. 21 da ANVISA**, de 2001, e pela **Instrução Normativa n. 9 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**, de 2011.

Irradiação de frutas como medida fitossanitária



- **Exportadores líderes de estes produtos frescos Mexico, Australia, África do Sul e Vietnam.**
- **Principais importadores: Nova Zelândia e EUA**



Mangas



Pitaias



Uvas de mesa

Mexico maior exportador de frutas irradiadas p/ EUA

Carambolas, pimentões, cítricos, goiabas



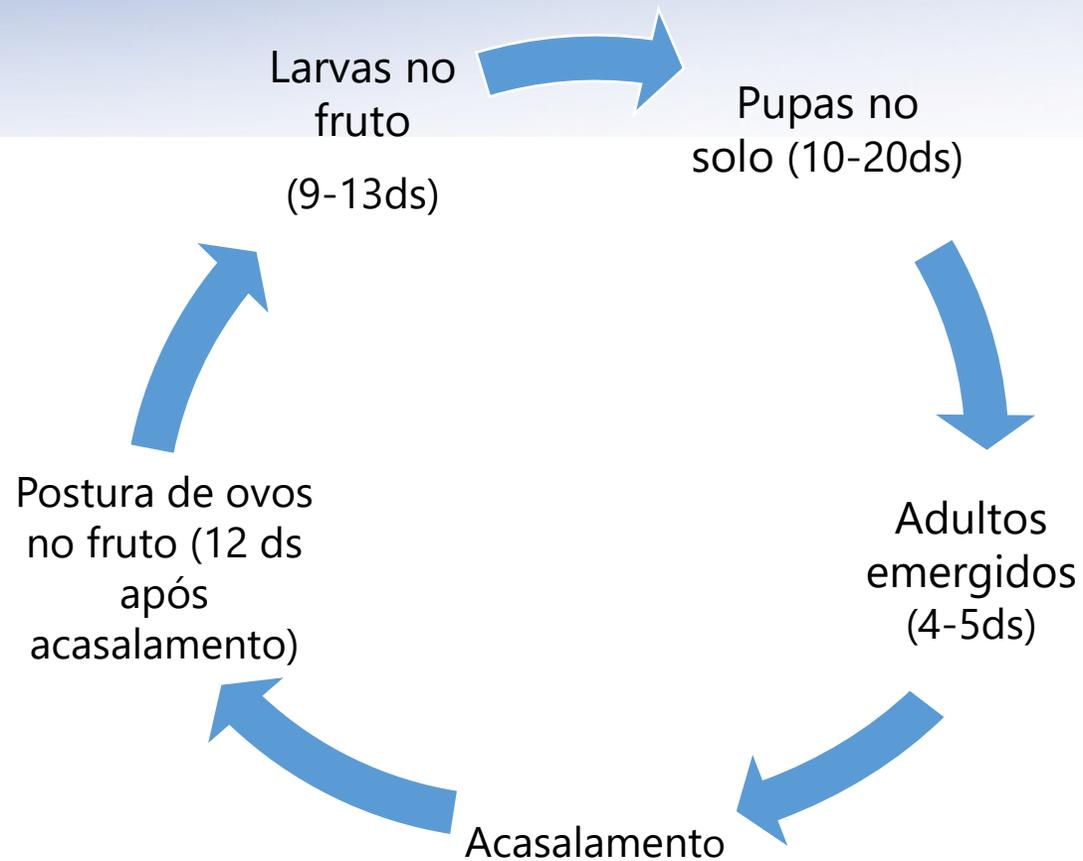
As moscas-das-frutas pertencem à família Tephritidae, uma das maiores dentro da ordem Diptera. Essa Família está entre as **pragas** de maior expressão econômica na **fruticultura** mundial por atacarem órgãos de reprodução das plantas, frutas com polpas e flores (Mosca do Mediterrâneo (*Ceratitis capitata* Wied)).

No México:

- Moscamed (SAGARPA), Chiapas, 1979, 2016 [irradiador industrial JS7400 para a mosca do mediterrâneo; irradiador tipo batch Gamma Beam 127 para moscas-das-frutas; irradiador autoblindado Gammacell]; ININ, 1980; UNAM, 1986; Benezion, San Luis de Potosi, 2011.
- Organizações de produtores e comercializadores interessados em projetos de aceleradores de feixes de elétrons.
- Carambolas, pimentões, cítricos, goiabas, e grande potencial p/ 250 variedade de frutas, verduras, hortaliças hospedeiros dessa praga, produção anual de milhões de toneladas.

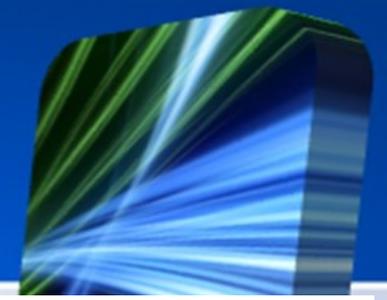


Ciclo de vida da mosca do Mediterrâneo (*C. capitata*)



O ciclo evolutivo completo é de 31 dias. A fêmea pode viver até 10 meses, colocando, nesse período, cerca de 800 ovos.

Prevenção de emergência de insetos adultos normais



(Irradiation as a Quarantine Treatment of Fresh Fruits. Report of the Task Force Convened by the International Consultive Group on Food Irradiation (ICGFI), Agricultural Research Institute, Bethesda MD, USA, January 1991).

Risco: a probabilidade de ter um ou mais indivíduos reprodutivos num carregamento

Para produtos vegetais frescos sujeitos a infestação por ovos, larvas, pupas ou insetos adultos:

Dose de 300 Gy para prevenção de emergência de adultos normais a partir de ovos, larvas pupas ou em outro estágio juvenil tratados, ou para esterilização de qualquer adulto presente ou emergente a partir de formas juvenis.

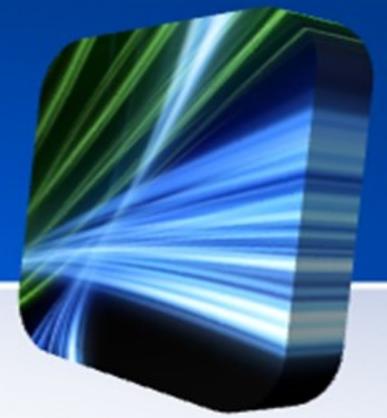
Standard probit 9 para eficácia de tratamento quarentenário - 99.9968% mortalidade -

Doses de radiação p/controlo de moscas-das-frutas em frutas frescas



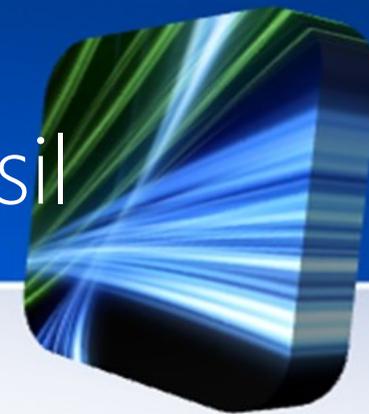
Nome	DOSES (Gray)
<i>Bactrocera dorsalis</i> (Oriental)	250
<i>Ceratitis capitata</i> (Mediterranean)	225
<i>Bactrocera curcubitae</i> (melon)	210
<i>Anastrepha suspensa</i> (Caribbean)	150
<i>Anastrepha ludens</i> (México)	150
<i>Anastrepha obliqua</i> (Oc. Indias)	150
<i>Anastrepha serpentina</i> (sapote)	150
<i>Bactrocera tryoni</i> (Queensland)	150
<i>Bactrocera jarvisi</i>	150
<i>Bactrocera latifrons</i> (Malasia)	150

Controle fitossanitário internacional para frutas frescas



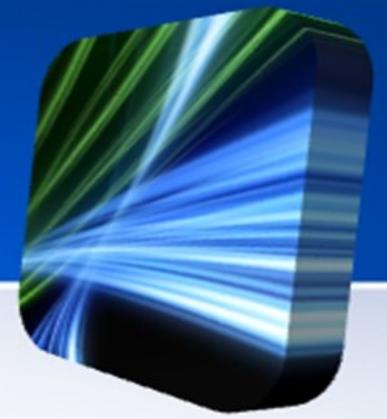
1. *Anastrepha fraterculus* (Mexico, South America);
2. *A. grandis* (South America, Panamá, México, USA);
3. *A. ludens* (Mexico, Central America, USA);
4. *A. obliqua* (Caribbean, Mexico, USA, South America);
5. *A. serpentina* (Mexico, USA, South America);
6. *A. striata* (Mexico, South America);
7. *A. suspensa* (Florida, Greater Antilles);
8. *Ceratitis capitata* (Africa, Asia, Central & South America, Europe, USA, Belize);
9. *C. cosyra* (Africa);
10. *Dacus cucurbitae* (Africa, South Eastern Asia, Pacific Islands);
11. *Bratocera (Dacus) dorsalis* (South Eastern Asia, Pacific Islands);
12. *D. oleae* (Europe, Africa, Western Asia).

Pragas quarentenárias na fruticultura, para o Brasil



- *Anastrepha ludens* (mosca-das-frutas Mexicana)
- *Anastrepha suspensa* (mosca-das-frutas do Caribe),
- *Ceratitis rosa* (mosca-das-frutas-de-natal),
- *Dacus cucurbitae* (moca-do-melão),
- *D. tryoni* (mosca-de-queensland),
- *Toxotripa curvicauda* (mosca-do-mamão) e
- *Bactrocera carambolae* (mosca-da-carambola).
- mosca-negra-dos-citros (*Aleurocanthus woglumi*),
- o gorgulho da manga (*Sternochetus mangiferae*) e a
- cochonilha rosada (*Maconellicoccus hirsutus*).

Esterilização de produtos médicos, farmacêuticos e biológicos



A aplicação de processos de esterilização é uma parte crítica nas indústrias farmacêuticas, da saúde, e de laboratórios de pesquisa ligados a cuidados médicos e a biotecnologia.

Aumentar o nível de segurança de esterilização de manufatura asséptica (*Sterility assurance level* - SAL) sem afetar a eficácia dos produtos farmacêuticos.

O processo de esterilização deve fornecer um SAL de 10^{-6} sem afetar a eficácia da droga em combinações droga-dispositivos como *stents* recobertos de preparações farmacêuticas.

Esterilização de produtos médicos, farmacêuticos e biológicos



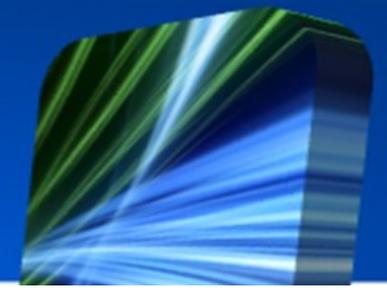
CALOR SECO/CALOR ÚMIDO. Para materiais resistentes a altas temperaturas, vidrarias, equipamentos de aço inoxidável.

ÓXIDO DE ETILENO gás. Ampla faixa de compatibilidade de materiais com exceção de materiais sensíveis a umidade e a temperatura e recomendado para produtos sensíveis à radiação.

DIÓXIDO DE NITROGÊNIO gás. A esterilização por (NO_2) oferece ultrabaixa temperatura, mínimo requerimento de pressão e rapidez de tempo de ciclos.

RADIAÇÃO IONIZANTE Grande faixa de compatibilidade de polímeros. O produto pode ser enviado/utilizado imediatamente. Utilizado há mais de 50 anos, hoje ao redor de 50% de esterilizações comerciais.

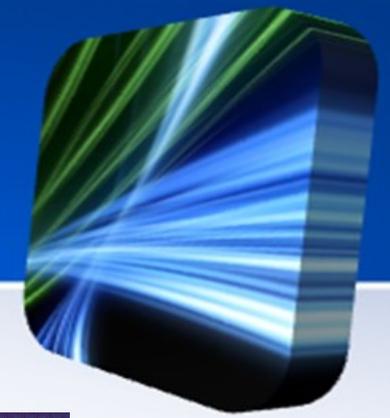
Aplicações industriais da radiação ionizante



Tecnologia ambientalmente correta, ↓ aditivos químicos utilizados, ↓ resíduos voláteis, ↓ energia consumida.

- Esterilização de produtos médicos, farmacêuticos e biológicos (^{60}Co)
- Melhoria de propriedades de materiais poliméricos (Feixe de elétrons).
- Uso de traçadores radioativos

Esterilização por radiação de produtos médicos, farmacêuticos e biológicos

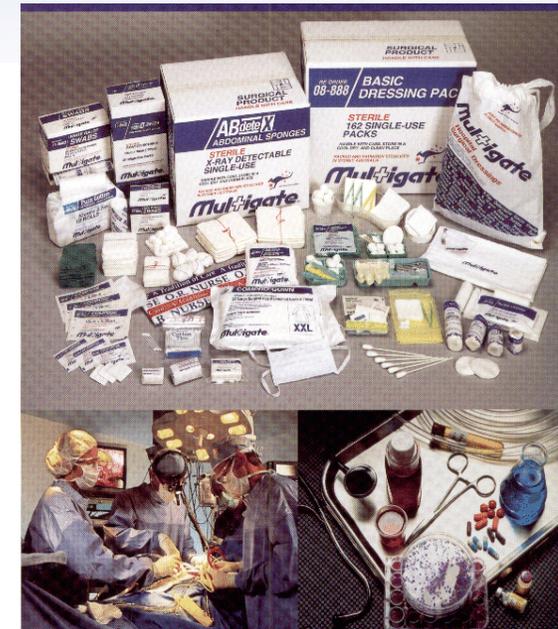


Considerar:

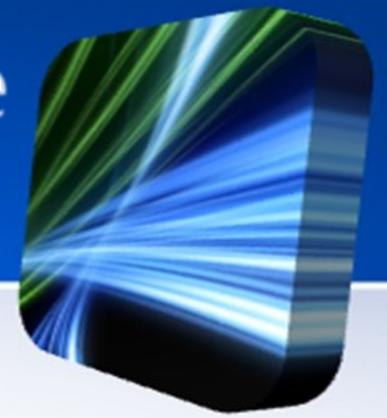
- Produto
- Tipo e dose de radiação (20-40kGy)
- Temperatura
- Presença de oxigênio
- Material de embalagem*
- Tipo e carga microbiana
- fase do ciclo celular

* Materiais resistentes à radiação:

Copolímeros de acetato de etilenvinila, poliestireno, polietileno, polietileno terftalato, poliéster, nylon 6(poliamide-6), copolímero de cloreto de vinila/acetato de vinila



Irradiação de produtos médicos, farmacêuticos e biológicos



- Esterilização de tecidos a temperatura ambiente ou congelados
- Detenção da proliferação celular na produção de vacinas
- Descontaminação de produtos com potencial perigo biológico, ex.: soro humano
- Remoção de vírus de sangue, soro ou outros produtos biológicos, mesmo congelados
- Esterilização de produtos farmacêuticos a granel, excipientes ou ingredientes
- Esterilização de hidrogéis
- Esterilização final de produtos farmacêuticos, *vials* ou seringas que podem conter pós, soluções ou suspensões, géis ou unguentos
- Irradiação de sangue: Prevenção de complicações em transfusões *Transfusion*

Aula 03: Controle de pragas e microorganismos pela radiação

Obrigada pela sua atenção!

nelida@usp.br

C.Lattes: <http://lattes.cnpq.br/8541245790089233>

