



# FUNDAMENTOS DE RADIOLOGIA

Professor: TNR Everton Costa Pinto

2017.2

## APRESENTAÇÃO

Os técnicos de radiologia são profissionais de saúde que efetuam exames na área da radiologia, ou seja, atuam ao nível da produção de imagens do interior do corpo que permitem diagnosticar situações patológicas como pneumonias, tumores ou fraturas ósseas, entre muitas outras. As suas principais funções consistem, assim, na programação, execução e avaliação de todas as técnicas radiológicas utilizadas no diagnóstico, na prevenção e promoção da saúde, recorrendo para esse efeito a equipamentos tecnologicamente avançados.

As suas funções compreendem a preparação e posicionamento do paciente para a realização do exame, bem como a sua vigilância durante o mesmo. Além disso, planejam, programam e executam os procedimentos necessários ao esclarecimento da situação clínica dos doentes.

Por vezes, elaboram um relatório preliminar descritivo daquilo que observam, no sentido de permitir uma correta decisão por parte do médico, na elaboração do diagnóstico e na definição da terapêutica. Pelo fato de trabalharem com radiações, estes profissionais devem manter um nível máximo de segurança na sua utilização com vista a assegurar a sua proteção e a do paciente.

As técnicas que tradicionalmente utilizam incluem a radiologia convencional, a tomografia computadorizada (usualmente designada por TC), a ressonância magnética, entre outras. O âmbito da radiologia tem aumentado nos últimos anos, em parte devido ao desenvolvimento tecnológico - e novas técnicas têm surgido como a angiografia, que permite o estudo dos vasos arteriais e venosos. Dada a diversificação crescente das técnicas utilizadas, a atividade destes profissionais é também designada por imaginologia, termo que pela sua abrangência é considerado mais adequado à realidade atual.

Fazendo uso do conhecimento que tem dos equipamentos, estes técnicos tentam obter uma imagem de diagnóstico o mais esclarecedora possível. Os aparelhos que usam variam desde os mais simples, como o que é usado para o exame de raios-X, a equipamentos muito sofisticados, utilizadores de sistemas informáticos para a produção e aquisição de imagens (permitindo a realização de exames como a TC). Os técnicos de radiologia necessitam, por isso, de saber usar os programas de software que integram os equipamentos, chegando alguns a participar, inclusive, na preparação desses mesmos programas.

Além dos conhecimentos técnicos e científicos, estes profissionais devem ter a capacidade de trabalhar em equipe de uma forma eficaz, uma vez que trabalham em estreita colaboração com outros profissionais: colaboram diariamente com médicos radiologistas (bem como de outras especialidades, como cardiologistas, neurologistas, gastroenterologistas, etc.), e alguns exames devem ser realizados por mais de um técnico.

A capacidade de comunicação é determinante no sucesso de todo o processo, designadamente entre o médico que prescreve o exame e o técnico de radiologia que o realiza.

Por outro lado, devem ser capazes de uma avaliação rápida do doente, tendo sempre presente à necessidade de estabilizar a sua ansiedade, pondo-o, tanto quanto possível, a par do objetivo do exame. Neste sentido, a segurança e o rigor que transmitem são determinantes para criar um clima de confiança, facilitador de uma realização bem sucedida do exame. O conhecimento imediato dos diagnósticos menos otimistas e o fato de trabalharem freqüentemente sob pressão implicam algum desgaste psicológico e exigem a estes técnicos alguma resistência emocional.

## ENERGIA

---

De um modo geral, a energia pode ser definida como a capacidade de realizar trabalho ou como o resultado da realização de um trabalho.

Na prática, a energia é melhor “sentida” do que definida.

Quando se olha para o Sol, tem-se a sensação de que ele é dotado de muita energia, devida à luz e ao calor que emite constantemente.

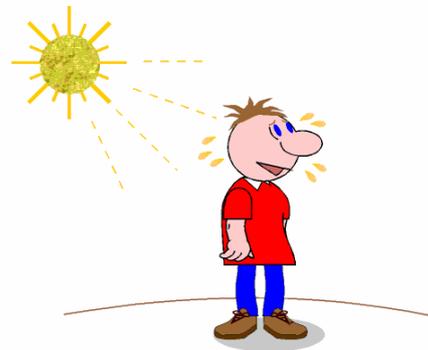
### FORMAS DE ENERGIA

---

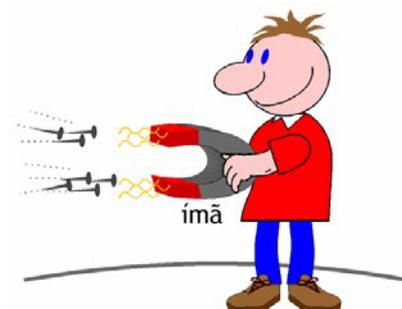
Existem várias formas ou modalidades de energia:

- a) **Energia Cinética**: associada ao movimento dos corpos.
- b) **Energia Potencial**: armazenada num corpo material ou numa posição no espaço e que pode ser convertida em energia “sensível” a partir de uma modificação de seu estado, podendo ser citadas, por exemplo, a **Energia Potencial Gravitacional**, **Energia Química**, **Energia de Combustíveis** e a **energia existente nos átomos**.

- c) Luz e Calor são duas outras modalidades de energia: **Energia Luminosa** e **Energia Térmica**, fáceis de serem “sentidas”.



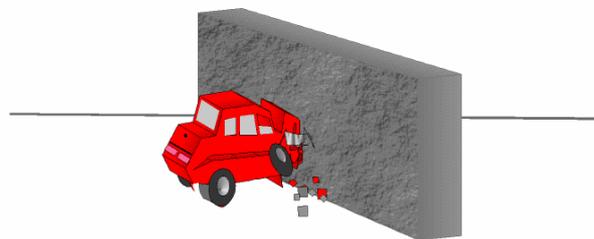
- d) **Energia Magnética** (ímã): só pode ser percebida por meio de sua atração sobre alguns materiais, como o ferro.



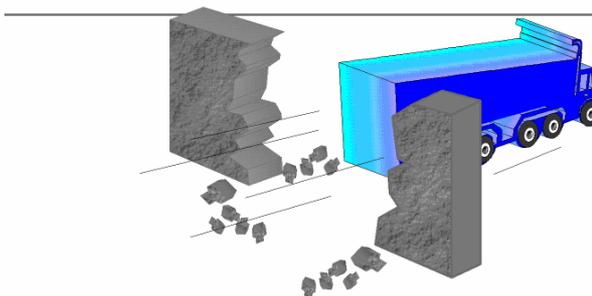
## ***MATÉRIA E ENERGIA***

---

Se um carro, a uma velocidade de 30 km/h, bater em um muro, vai ficar todo amassado e quase nada vai acontecer com o muro.



Se um caminhão carregado, também a 30 km/h, bater no mesmo muro, vai “arrebentá-lo” e o caminhão quase nada sofrerá.



Isso significa que, quanto maior a massa, maior a energia associada ao movimento.

## ***USO DA ENERGIA***

---

A **energia elétrica** é muito importante para as indústrias, porque torna possível a iluminação dos locais de trabalho, o acionamento de motores, equipamentos e instrumentos de medição.

Para todas as pessoas, entre outras aplicações, a energia elétrica serve para iluminar as ruas e as casas, para fazer funcionar os aparelhos de televisão, os eletrodomésticos e os elevadores dos edifícios. Sem energia elétrica seria muito incômodo construir e habitar edifícios de mais de três andares.

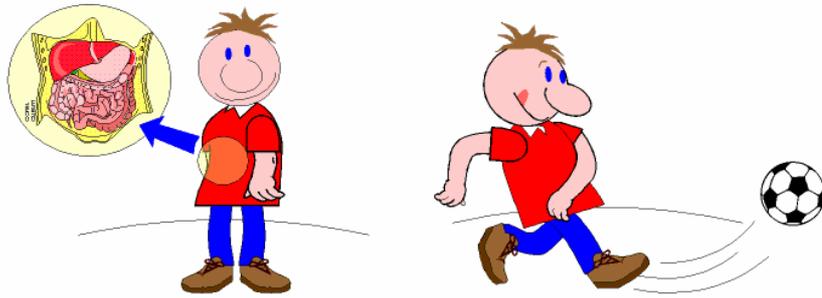
Por todos esses motivos, é interessante converter outras formas de energia em energia elétrica.

## ***CONVERSÃO DE ENERGIA***

---

Um bom exemplo de conversão de uma forma de energia em outra é o nosso corpo. A energia liberada pelas reações químicas que ocorrem nos diversos órgãos (estômago, intestinos, fígado, músculos, sangue etc.) é convertida em ações ou movimentos (andar, correr, trabalhar etc.).

Nesses casos, a **energia química** é convertida em **energia cinética**.



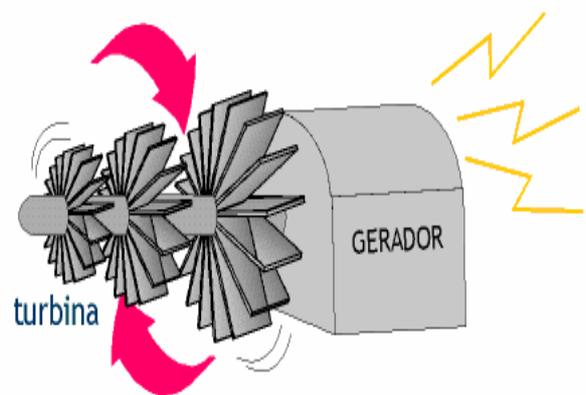
Quando suamos, estamos eliminando o excesso de energia recebida pelo nosso corpo (exposição ao Sol, por exemplo) ou gerado por uma taxa anormal de reações químicas dentro dele, para que sua temperatura permaneça em um valor constante de  $36,5^{\circ}\text{C}$ . Esse calor é o resultado da transformação da energia química em energia térmica.



### **CONVERSÃO PARA ENERGIA ELÉTRICA**

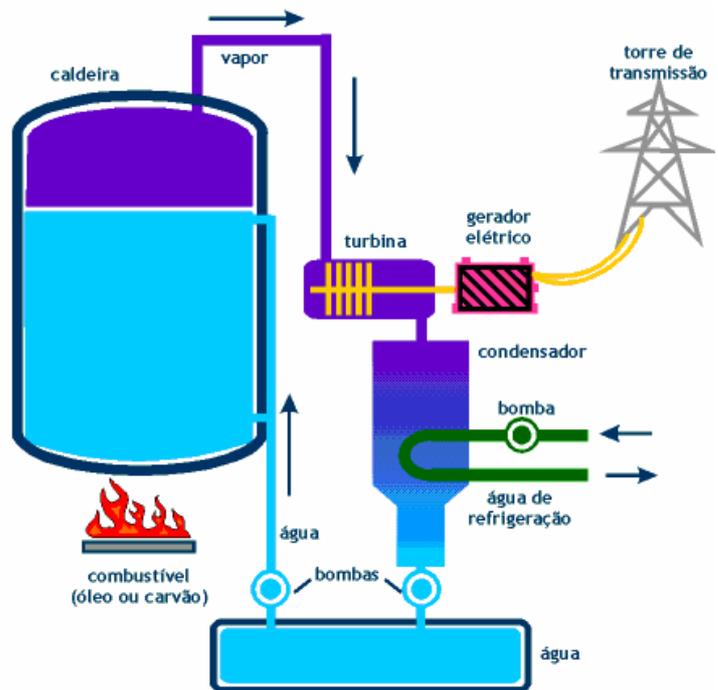
Numa Usina Hidroelétrica, converte-se em eletricidade a energia de movimento de correntes de água. O dispositivo de conversão é formado por uma turbina acoplada a um gerador.

Uma turbina para geração de energia elétrica é constituída de um eixo, dotado de pás. Estas podem ser acionadas por água corrente e, então, o seu eixo entra em rotação e move a parte interna do gerador, fazendo aparecer, por um fenômeno denominado indução eletromagnética, uma corrente elétrica nos fios de sua parte externa.



**CENTRAL TÉRMICA**

Se as pás forem movidas por passagem de vapor, obtido por aquecimento de água como se fosse uma grande chaleira, tem-se, então, uma Usina Termelétrica. O calor pode ser gerado pela queima de óleo combustível, carvão ou gás.



**ESTRUTURA DA MATÉRIA**

---

O ferro é um material, ou melhor, um elemento químico bastante conhecido e fácil de ser encontrado.

Se triturarmos uma barra de ferro, obteremos pedaços cada vez menores, até atingirmos um tamanho mínimo, que ainda apresentará as propriedades químicas do ferro. Essa menor estrutura, que apresenta ainda as propriedades de um elemento químico, é denominada **ÁTOMO**, que em grego significa *indivisível*.

**O ÁTOMO**

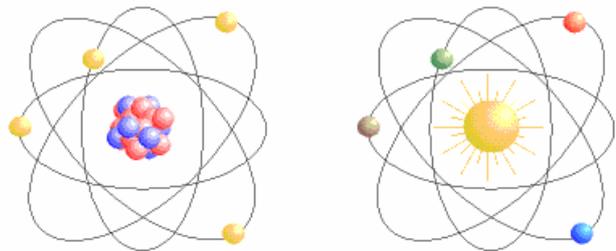
---

Por muito tempo, pensou-se que o átomo, na forma acima definida, seria a menor porção da matéria e teria uma estrutura compacta. Atualmente, sabemos que o átomo é constituído por partículas menores (sub-atômicas), distribuídas de uma forma que lembra o Sistema Solar.

Existe um **Núcleo**, onde fica concentrada a massa do átomo e minúsculas partículas que giram em seu redor, denominadas **elétrons**. Os elétrons são partículas de carga negativa e massa muito pequena.

A comparação com o sistema solar, embora sirva para dar uma idéia visual da estrutura do átomo, destacando os "grandes espaços vazios", não exprime a realidade.

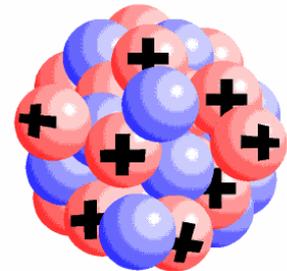
No sistema solar, os planetas se distribuem quase todos num mesmo plano de rotação ao redor do Sol. No átomo, os elétrons se distribuem em vários planos em torno do núcleo. Não é possível determinar simultaneamente a posição de um elétron e sua velocidade num dado instante.



**ESTRUTURA DO NÚCLEO E ENERGIA NUCLEAR**

O **Núcleo** do átomo é constituído de partículas de carga positiva, chamadas **prótons**, e de partículas de mesmo tamanho, mas sem carga, denominadas **nêutrons**.

Os prótons têm a tendência de se repelirem, porque têm a mesma carga (positiva). Como eles estão juntos no núcleo, comprova-se a existência de energia nos núcleos dos átomos com mais de uma partícula: a energia de ligação dos nucleons ou **energia nuclear**.

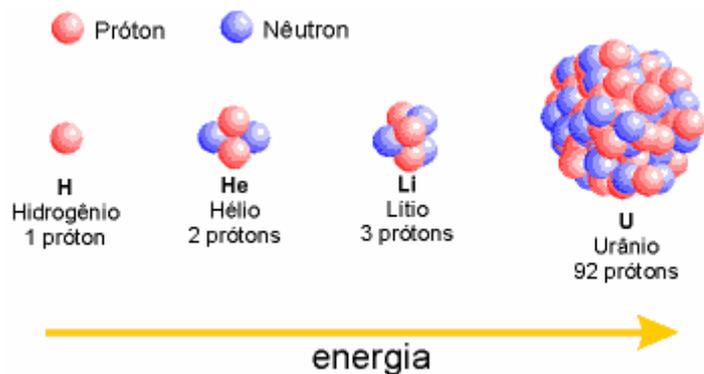


Denomina-se **nuclídeo** qualquer configuração nuclear, mesmo que transitória.

Num átomo neutro o número de prótons é igual ao número de elétrons.

O número de prótons (**ou número atômico**) identifica um elemento químico, comandando seu comportamento em relação aos outros elementos.

O elemento natural mais simples, o hidrogênio, possui apenas um próton; um dos mais complexos, o urânio, tem 92 prótons, sendo o elemento químico natural mais pesado.

**ELEMENTOS QUÍMICOS NATURAIS****OS ISÓTOPOS**

O número de nêutrons no núcleo pode ser variável, pois eles não têm carga elétrica. Com isso, um mesmo elemento químico pode ter massas diferentes. Átomos de um mesmo elemento químico com massas diferentes são denominados **isótopos**.

O hidrogênio tem 3 isótopos: o hidrogênio, o deutério e o trítio.



O urânio, que possui 92 prótons no núcleo, existe na natureza na forma de 3 isótopos:

- **U-234**, com 142 nêutrons (em quantidade desprezível);
- **U-235**, com 143 nêutrons (0,7%);
- **U-238**, com 146 nêutrons no núcleo (99,3%).

### **LIBERAÇÃO DA ENERGIA NUCLEAR**

Uma vez constatada a existência da energia nuclear, restava descobrir como utilizá-la.

A forma imaginada para liberar a energia nuclear baseou-se na possibilidade de partir-se ou dividir-se o núcleo de um átomo “pesado”, isto é, com muitos prótons e nêutrons, em dois núcleos menores, através do impacto de um nêutron. A energia que mantinha juntos esses núcleos menores, antes constituindo um só núcleo maior, seria liberada, na maior parte, em forma de calor (energia térmica).



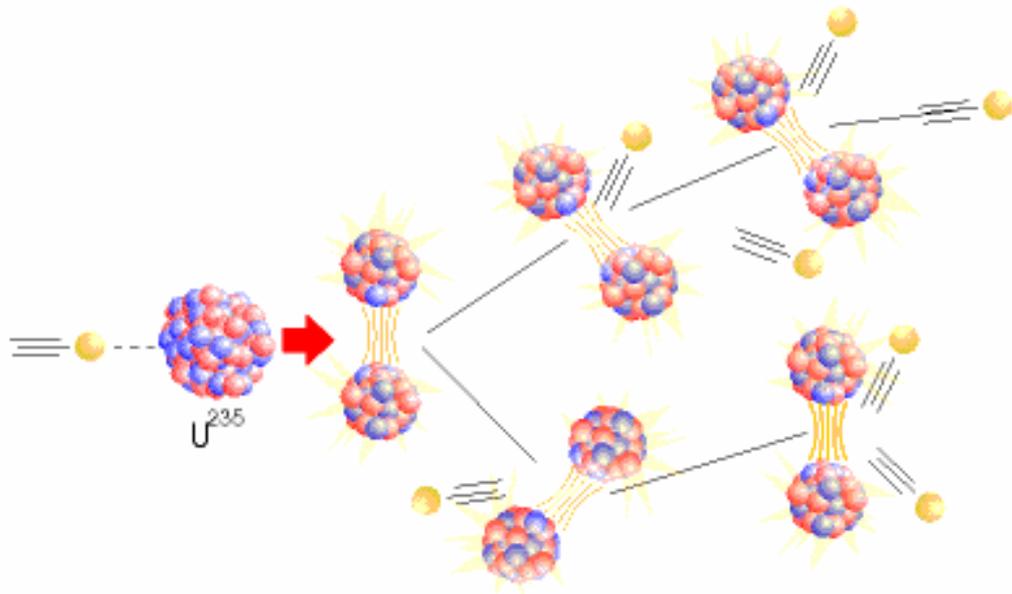
### **FISSÃO NUCLEAR**

A divisão do núcleo de um átomo pesado, por exemplo, do **urânio-235**, em dois menores, quando atingido por um nêutron, é denominada **Fissão Nuclear**. Seria como jogar uma bolinha de vidro (um nêutron) contra várias outras agrupadas (o núcleo).

### **REAÇÃO EM CADEIA**

Na realidade, em cada reação de fissão nuclear resultam, além dos núcleos menores, dois a três nêutrons, como consequência da absorção do nêutron que causou a fissão. Torna-se, então, possível que esses nêutrons atinjam outros núcleos de urânio-235, sucessivamente, liberando muito calor.

Tal processo é denominado **Reação de Fissão Nuclear em Cadeia** ou, simplesmente, **Reação em Cadeia**.



### **CONTROLE DA REAÇÃO DE FISSÃO NUCLEAR EM CADEIA**

Descoberta a grande fonte de energia no núcleo dos átomos e a forma de aproveitá-la, restava saber como controlar a reação em cadeia, que normalmente não pararia, até consumir quase todo o material físsil (= que sofre fissão nuclear), no caso o urânio-235.

Como já foi visto, a fissão de cada átomo de urânio-235 resulta em 2 átomos menores e 2 a 3 nêutrons, que irão fissionar outros tantos núcleos de urânio-235. A forma de controlar a reação em cadeia consiste na eliminação do agente causador da fissão: o nêutron. Não havendo nêutrons disponíveis, não pode haver reação de fissão em cadeia.

Alguns elementos químicos, como o boro, na forma de ácido bórico ou de metal, e o cádmio, em barras metálicas, têm a propriedade de absorver nêutrons, porque seus núcleos podem conter ainda um número de nêutrons superior ao existente em seu estado natural, resultando na formação de isótopos de boro e de cádmio.

A grande aplicação do controle da reação de fissão nuclear em cadeia é nos Reatores Nucleares, para geração de energia elétrica.

---

**RADIOATIVIDADE**

---

**DESCOBERTA DA RADIOATIVIDADE**

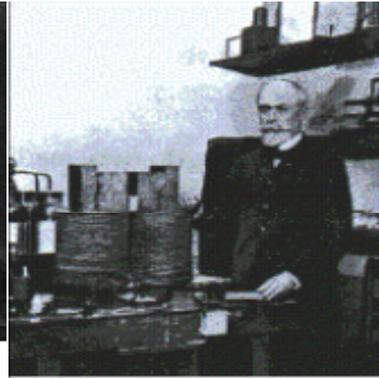
---

O esquecimento de uma rocha de urânio sobre um filme fotográfico virgem, levou à descoberta de um fenômeno interessante: o filme foi queimado por alguma "coisa", na época chamada de raios ou radiações. Essa descoberta foi chamada posteriormente de radioatividade e os elementos que apresentam essa propriedade foram chamados de elementos radioativos. A palavra radioatividade vem do latim: radius (= "raio") e é a desintegração espontânea do núcleo atômico de alguns elementos, resultando em emissão de radiação.

A radiação é emitida por muitos outros elementos, além do urânio, - rádio, potássio, tório, carbono e iodo são apenas alguns desses elementos - chamados radioativos. Toda a radiação pode ser prejudicial aos seres vivos (humanos e animais) porque danifica as células vivas. Quanto maior for o nível de radiação recebido, maior será o dano. As pessoas têm usado essa capacidade destrutiva da radiação para tratar de algumas doenças, como por exemplo, o câncer. No tratamento, uma determinada dose de radiação é aplicada ao paciente para matar as células cancerígenas. As pesquisas sobre a radioatividade foram iniciadas com a descoberta dos raios X em 1895. Poucos meses depois, o físico francês Antoine Henri Becquerel (1852-1908), professor de física do Museu de História Natural da França, descobriu que um determinado material, o urânio, emitia radiações espontaneamente. Os dez anos posteriores à descoberta de Becquerel foram de grandes avanços. Em 1897, o britânico Joseph John Thomson descobriu o elétron. Dois anos depois, em 1898, o casal Pierre e a sua mulher, a polonesa Marie Curie, estudando os componentes do minério de urânio encontram fontes radiativas muito mais fortes que o próprio elemento. Desse modo, descobriram novos elementos químicos ao qual chamaram rádio (Ra) - verificaram que o rádio podia provocar ferimentos sérios e até fatais nos seres humanos que dele se aproximavam - demonstraram que o tório (Th) também apresentava o fenômeno da radioatividade. O polônio foi assim batizado em homenagem à Marie Curie, por ser polonesa.



Foto da polonesa  
Marie Curie

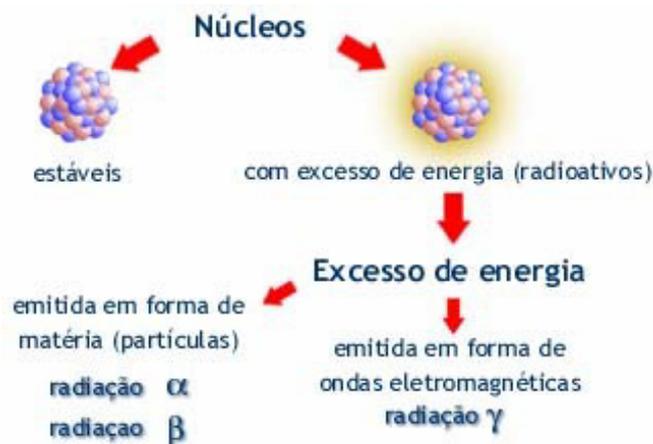


Becquerel em seus estudos

Outros elementos pesados, com massas próximas à do urânio, como o rádio e o polônio, também tinham a mesma propriedade.

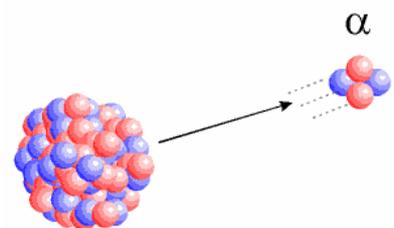
O fenômeno foi denominado **radioatividade** e os elementos que apresentavam essa propriedade foram chamados de **elementos radioativos**.

Comprovou-se que um núcleo muito energético, por ter excesso de partículas ou de carga, tende a estabilizar-se, emitindo algumas partículas.



### **PARTÍCULA ALFA OU RADIAÇÃO ALFA**

Um dos processos de estabilização de um núcleo com excesso de energia é o da emissão de um grupo de partículas, constituídas por dois prótons e dois nêutrons, e da energia a elas associada. São as **radiações alfa** ou **partículas alfa**, na realidade núcleos de hélio (He), um gás chamado “nobre”, por não reagir quimicamente com os demais elementos. As partículas  $\alpha$  possuem carga +2.

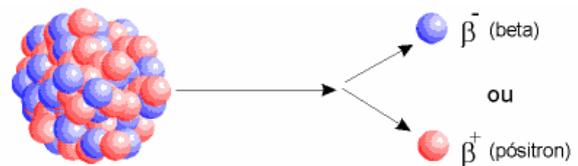


**PARTÍCULA BETA OU RADIAÇÃO BETA**

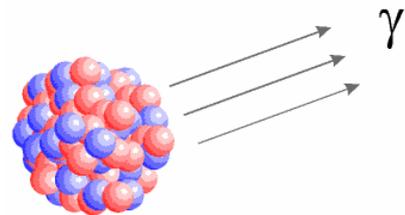
Outra forma de estabilização, quando existe no núcleo um excesso de nêutrons em relação a prótons, é através da emissão de uma partícula negativa, um elétron, com carga -1, resultante da conversão de um nêutron em um próton. É a **partícula beta negativa** ou, simplesmente, **partícula beta**.

No caso de existir excesso de cargas positivas (prótons), é emitida uma **partícula beta positiva**, chamada **pósitron**, resultante da conversão de um próton em um nêutron.

Portanto, a radiação beta é constituída de partículas emitidas por um núcleo, quando da transformação de nêutrons em prótons (partículas beta) ou de prótons em nêutrons (pósitrons).

**RADIAÇÃO GAMA**

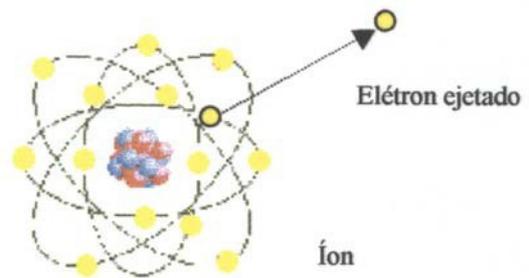
Geralmente, após a emissão de uma partícula alfa ( $\alpha$ ) ou beta ( $\beta$ ), o núcleo resultante desse processo, ainda com excesso de energia, procura estabilizar-se, emitindo esse excesso em forma de onda eletromagnética, da mesma natureza da luz, sem carga elétrica, denominada radiação gama.

**RADIAÇÃO**

É a propagação de energia, na forma de **ondas eletromagnéticas** ou de **partículas**.

A onda eletromagnética é uma forma de energia, constituída por campos elétricos e campos magnéticos, ariáveis e oscilando em planos perpendiculares entre si, capaz de propagar-se no espaço. No vácuo, sua velocidade de propagação é de 300.000 km/s.

Considera-se **radiação ionizante** qualquer partícula ou radiação eletromagnética que, ao interagir com a matéria, "arranca" elétrons dos átomos ou de moléculas, transformando-os em íons, direta ou indiretamente. Assim, as partículas alfa, as partículas beta e a radiação gama, emitidas por fontes radioativas, bem como os raios X, emitidos pelos respectivos aparelhos, são radiações ionizantes.



### **DECAIMENTO RADIOATIVO**

Como foi visto, um núcleo com excesso de energia tende a estabilizar-se, emitindo partículas alfa ou beta.

Em cada emissão de uma dessas partículas, há uma variação do número de prótons no núcleo, isto é, o elemento se transforma ou se transmuta em outro, de comportamento químico diferente.

Essa transmutação também é conhecida como desintegração radioativa, designação não muito adequada, porque dá a idéia de desagregação total do átomo e não apenas da perda de sua integridade. Um termo mais apropriado é decaimento radioativo, que sugere a diminuição gradual de massa e atividade.

### **ATIVIDADE DE UMA AMOSTRA**

Os núcleos instáveis de uma mesma espécie (mesmo elemento químico) e de massas diferentes, denominados radioisótopos, não realizam todas as mudanças ao mesmo tempo.

As emissões de radiação são feitas de modo imprevisto e não se pode adivinhar o momento em que um determinado núcleo irá emitir radiação.

Entretanto, para a grande quantidade de átomos existentes em uma amostra de material radioativo é razoável esperar-se certo número de emissões ou transformações em cada segundo. Essa "taxa" de transformações é denominada atividade da amostra.

---

**UNIDADE DE ATIVIDADE**

---

A atividade de uma amostra com átomos radioativos (ou fonte radioativa) é medida em:

**Bq** (Becquerel) = uma desintegração por segundo

**Ci** (Curie) =  $3.7 \times 10^{10}$  Bq

---

**MEIA-VIDA**

---

Cada elemento radioativo, seja natural ou obtido artificialmente, se transmuta (se desintegra ou decai) a uma velocidade que lhe é característica.

Para se acompanhar a duração (ou a “vida”) de um elemento radioativo foi preciso estabelecer uma forma de comparação.

Por exemplo, quanto tempo leva para um elemento radioativo ter sua atividade reduzida à metade da atividade inicial? Esse tempo foi denominado meia-vida do elemento.

**Meia-vida**, portanto, é o tempo necessário para a atividade de um elemento radioativo ser reduzida à metade da atividade inicial.

Isso significa que, para cada meia-vida que passa, a atividade vai sendo reduzida à metade da anterior, até atingir um valor insignificante, que não permite mais distinguir suas radiações das do meio ambiente. Dependendo do valor inicial, em muitas fontes radioativas utilizadas em laboratórios de análise e pesquisa, após 10 (dez) meias-vidas, atinge-se esse nível. Entretanto, não se pode confiar totalmente nessa “receita”, pois, em várias fontes usadas na indústria e na medicina, mesmo após 10 meias-vidas, a atividade dessas fontes ainda é alta.

---

**OS RAIOS-X**

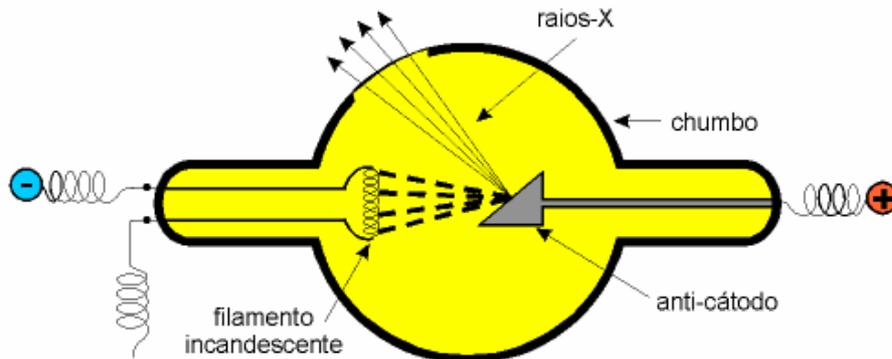
---

Os raios-X são radiações da mesma natureza da radiação gama (ondas eletromagnéticas), com características idênticas. Só diferem da radiação gama pela origem, ou seja, os Raios-X não saem do núcleo do átomo.

**Raios-X não são energia nuclear**

Os raios-X são emitidos quando elétrons, acelerados por alta voltagem, são lançados contra átomos e sofrem frenagem, perdendo energia. Não têm, pois, origem no núcleo do átomo.

**Raios-X são energia atômica**



Toda energia nuclear é atômica, porque o núcleo pertence ao átomo, mas nem toda energia atômica é nuclear.

Outro exemplo de energia atômica e não nuclear é a energia das reações químicas (liberadas ou absorvidas).

### **A DESCOBERTA DOS RAIOS X**



No final do século XIX, mais precisamente no dia 8 de novembro de 1895 foi descoberto os Raios X pelo físico alemão Wilhelm Conrad Roentgen ao ver sua mão projetada numa tela enquanto trabalhava com radiações. Por ser muito perspicaz e inteligente imaginou que de um tubo em que ele trabalhava deveria estar sendo emitido um tipo especial de onda que tinha a capacidade de atravessar o corpo humano.

Em seguida, resolveu realizar uma documentação para provar sua descoberta, sendo assim efetuou a primeira radiografia, usando a mão esquerda de sua esposa. Por ser uma radiação invisível, ele a chamou de Raios X. Sua descoberta valeu-lhe o prêmio Nobel de Física em 1901.

Na época - começo do século XX - ocorreu uma revolução no meio médico, trazendo um grande avanço no diagnóstico por Imagem.

Desde esta época até os dias de hoje surgiram várias modificações nos aparelhos iniciais a fim de se reduzir a radiação ionizante usada nos pacientes, pois acima de certa quantidade é prejudicial à saúde. Assim foram surgindo tubos de Raios X, diafragmas e grades antidifusoras para diminuir a quantidade de Raios X assim diminuindo a radiação secundária que, além de prejudicar o paciente, prejudicava a imagem final.

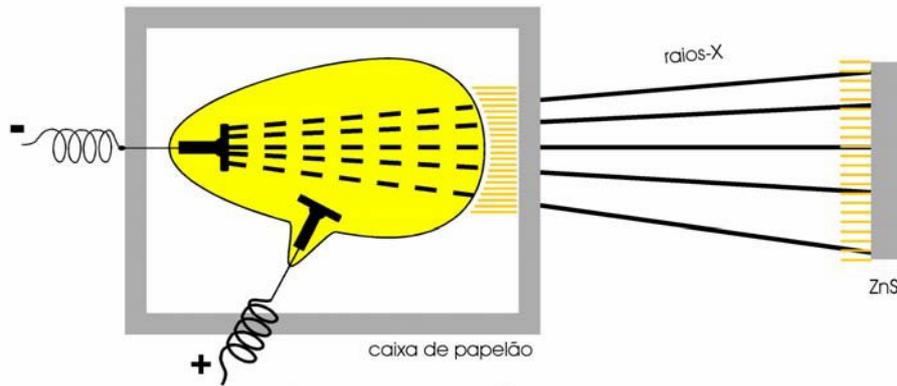
Em abril de 1896, fez-se a primeira radiografia de um projétil de arma de fogo no interior do crânio de um paciente, essa radiografia foi feita na Inglaterra pelo Dr. Nelson. Em novembro de 1899, Oppenheim descreveu a destruição da selatúrcica por um tumor hipofisário. Em março de 1911, Henschen radiografou o conduto auditivo interno alargado por um tumor do nervo acústico.

Em novembro de 1912, Lockett e Stenward descobriram ar nos Ventrículos ocasionados por uma fratura do crânio.

Um neurocirurgião de Baltimore, Dandy, em 1918, desenvolveu a ventriculografiacerebral, substituindo o líquido por ar. Assim ele trouxe grande contribuição no diagnóstico dos tumores cerebrais. Por volta de 1931, J. Licord desenvolveu a mielografia com a introdução de um produto radiopaco nos espaços subaracnóideo lombar.

Em julho de 1927, Egas Moniz (Neurocirurgião Português) descobriu a angiografia cerebral pela introdução de contraste na artéria carótida no pescoço. Ao apresentar seu trabalho na Sociedade de Neurologia de Paris, ele disse: "Nós tínhamos conquistado um pouco do desconhecido, aspiração suprema dos homens que trabalham e lutam no domínio da investigação".

O físico alemão Roentgen (pronúncia portuguesa: röntgen) observou que saíam raios misteriosos de uma ampola de Crookes (físico inglês), capazes de atravessar folhas de papelão. Por isso, ele os chamou de raios "X".



### Ampola de Crookes

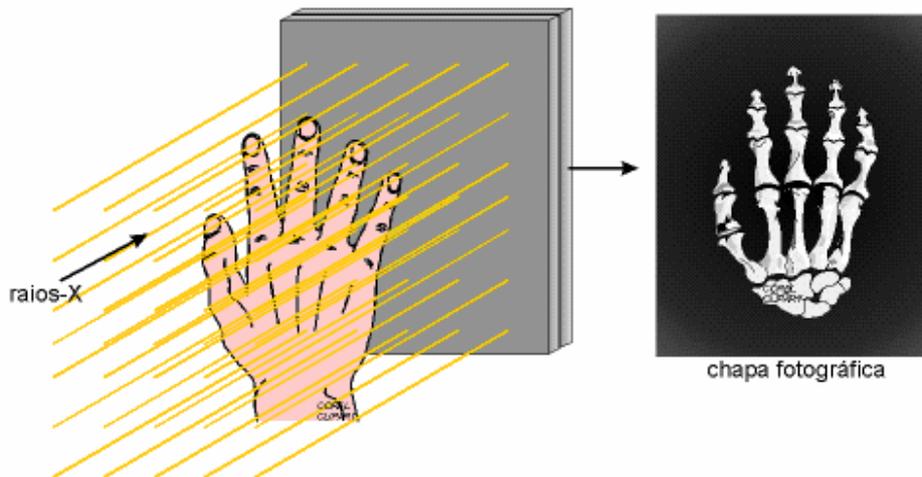
A ampola de Edison, que ficou conhecida como lâmpada incandescente, depois de aperfeiçoada, deu origem à ampola de Crookes, usada por Roentgen. Atualmente, a ampola mais famosa é o tubo de televisão.

Na época, Roentgen fez algumas observações sobre os "raios" que descobrira:

- são diferentes dos raios catódicos ;
- causam fluorescência em certos sais metálicos;
- impressionam (enegrecem) chapas fotográficas;
- são de natureza eletromagnética, pois não sofrem desvios em campos eletro- magnéticos;
- produzem radiações secundárias por onde atravessam;
- propagam-se em linha reta em toas as direções;
- transformam gases em condutores elétricos (ionização);
- seu poder de penetração aumenta com o aumento da tensão nos tubo

que os geraram.

A descoberta de Roentgen permitiu “visualizar” o interior de muitos objetos e o corpo humano, opacos à luz, mas transparentes aos raios-X. Na realidade, a primeira radiografia foi amão de sua própria mulher.



As primeiras aplicações dos aparelhos de raios-X ocorreram na Medicina, para diagnóstico de fraturas ósseas e, logo após, na Odontologia, para diagnóstico de canais dentários.

Foram desenvolvidos aparelhos mais potentes para uso em radiografia industrial (semelhante à gamagrafia). As principais desvantagens de tais aparelhos, para a indústria, são as seguintes:

- as peças têm que ser levadas até eles, uma vez que é impraticável deslocar os aparelhos (de grande porte) e acessórios;
- depende de fonte de alimentação (energia elétrica);
- têm limitações, impostas pela forma das peças a serem radiografadas.

**Os aparelhos de raios-X não são radioativos. Só emitem radiação quando estão ligados, isto é, em operação.**

Em relação ao ser humano, os raios-X requerem os mesmos cuidados que a radiação gama e, por isso, não podem ser usados indiscriminadamente.

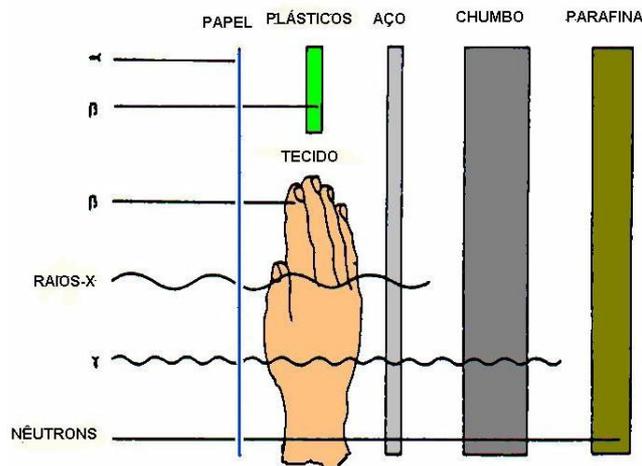
### ***PENETRAÇÃO DAS RADIAÇÕES NA MATÉRIA***

As partículas alfa são as radiações mais ionizantes por terem carga +2, mas, exatamente por esse motivo, além de ter maior massa, sua penetração na matéria é pequena, não conseguindo atravessar uma simples folha de papel e percorrendo poucos centímetros no ar.

Dependendo de sua energia, a maioria das partículas beta, que são elétrons de origem nuclear, podem percorrer até poucos metros no ar e têm

um poder ionizante bem menor do que as partículas alfa.

Embora a radiação gama e os raios-x sejam as radiações mais penetrantes, seu poder de ionização é baixo em relação às partículas alfa e beta.



Os nêutrons se comportam de uma forma mais complexa ao atravessar a matéria, não interagindo por força coulombiana (das cargas elétricas), característica das outras radiações.

Os nêutrons de grande energia (nêutrons rápidos) atravessam materiais mais densos sem perder muita energia. Contudo, os átomos pequenos, por exemplo, os átomos de hidrogênio, são capazes de causar grande redução de energia desses nêutrons. Em compensação, quando os nêutrons perdem bastante energia transformam-se em nêutrons térmicos, que podem ser capturados por um núcleo, alterando a estrutura desse núcleo e tornando-o radioativo, capaz de emitir radiação gama de alta energia.

### ***EFEITOS DAS RADIAÇÕES NO SER HUMANO***

Como já foi mencionado, as partículas alfa e beta são facilmente bloqueadas e causam danos apenas na pele ou internamente, em razão da ingestão do radionuclídeo que as emite. Por esse motivo, a preocupação maior é devida às radiações eletromagnéticas (radiação gama e raios-X).

Os efeitos biológicos, quando ocorrem, são precedidos de efeitos físicos e químicos.

**a) Efeitos Físicos**

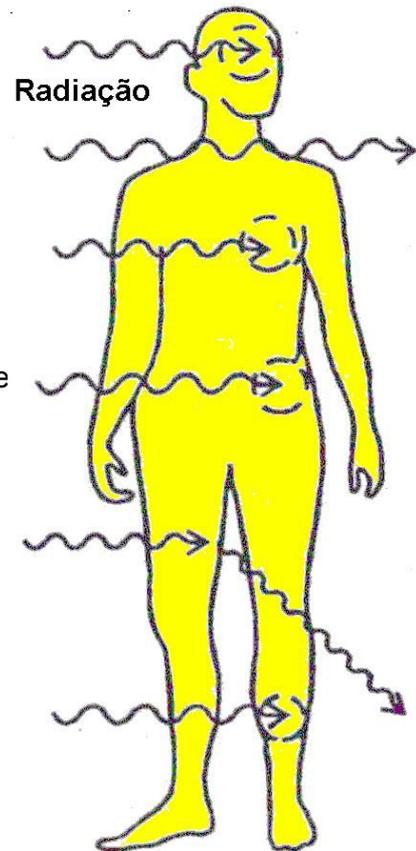
- Absorção de energia
- Excitação
- Ionização: produção de íons e radicais livres
- Quebra de ligações químicas

**b) Efeitos Químicos**

- Mobilização e neutralização dos íons e radicais livre
- Restauração do equilíbrio químico
- Formação de novas substâncias

**c) Efeitos Biológicos**

- Armazenamento de informações
- Aberração cromossomial
- Alteração de metabolismo local
- Restauração de danos
- Morte celular



Os efeitos das radiações podem ser, ainda, considerados:

**Efeitos Estocásticos**

A probabilidade de ocorrência do dano é proporcional à dose recebida, mesmo que a dose seja pequena e abaixo dos limites de radioproteção. O dano devido a esses efeitos, no caso o câncer, pode levar até 40 anos para ser detectado.

**Efeitos Determinísticos**

São produzidos por doses elevadas, onde a gravidade do dano aumenta com a dose recebida. O dano não é provável; é previsível.

**Efeitos Somáticos**

Causam dano nas células do corpo.

**Efeitos Imediatos**

Ocorrem em poucas horas até algumas semanas após a exposição.

**Efeitos Retardados ou Tardios**

Aparecem depois de alguns anos, por exemplo, o câncer.

Em relação a efeitos de radiações ionizantes cabem algumas observações interessantes e importantes:

- 1) **A exposição a uma fonte de radiação não significa a "quase certeza de se ter um câncer" e sim a probabilidade de um dano que, na maioria dos casos, é corrigido naturalmente pelo organismo.**
- 2) **Um dano biológico produzido em uma pessoa não passa para outra, ou seja, "é uma doença que não pega".**
- 3) **A mesma dose que causou um efeito biológico em uma pessoa pode até não causar dano algum em outra.**

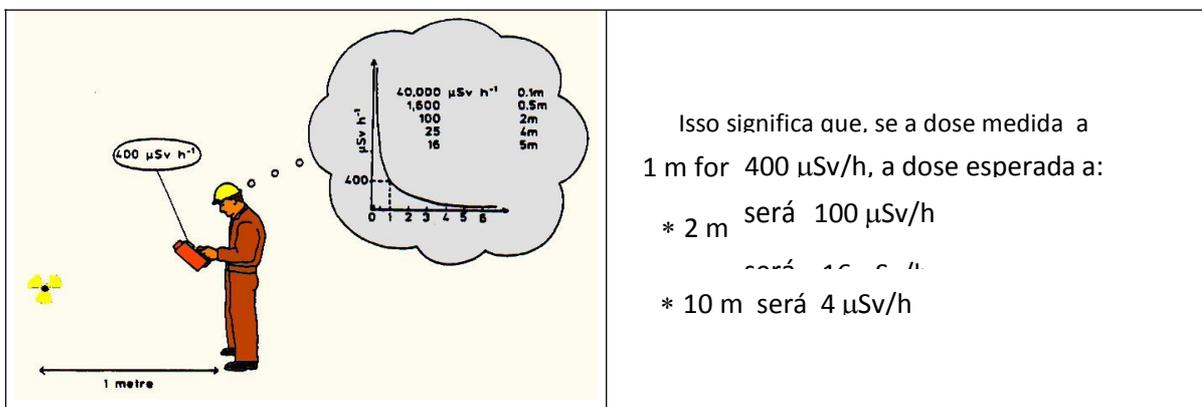
### COMO SE PROTEGER DAS RADIAÇÕES - DOSIMETRIA

As radiações externas (radiações provenientes de fontes fora do corpo humano) podem ser controladas pelas variáveis **tempo, distância e blindagem**.

- a) **Tempo** - a dose absorvida por uma pessoa é diretamente proporcional ao tempo em que ela permanece exposta à radiação. Qualquer trabalho em uma área controlada deve ser cuidadosamente programado realizado no menor tempo possível.
- b) **Distância** - para as fontes radioativas normalmente usadas na indústria (fontes "pontuais") pode-se considerar a dose de radiação é inversamente proporcional ao quadrado da distância, isto é, decresce com o quadrado da distância da fonte à pessoa. É chamada lei do inverso do quadrado e pode ser escrita da forma:

$$\frac{1}{D_2} = \frac{(r_2)^2}{(r_1)^2} \quad \text{onde } D_1 = \text{taxa de dose à distância } r_1 \text{ da fonte}$$

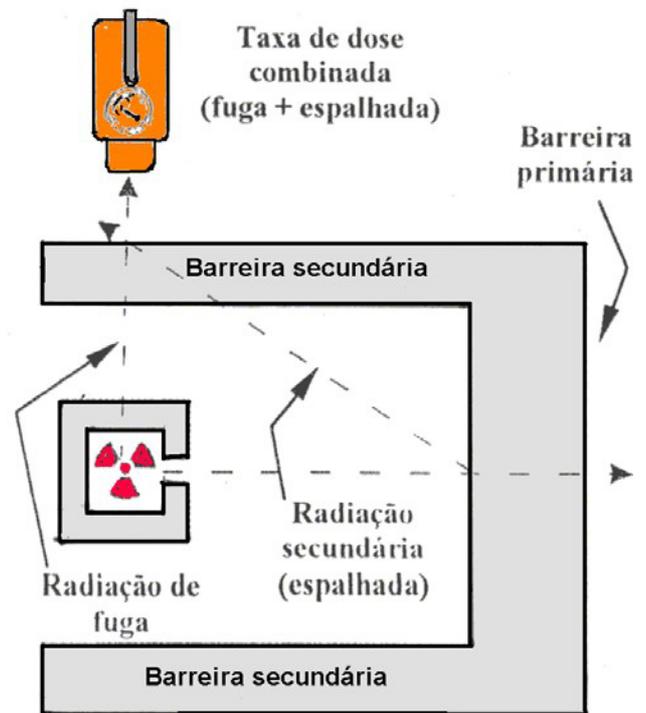
$$D_2 = \text{taxa de dose à distância } r_2 \text{ da fonte}$$



c) **Blindagem** - é o modo mais seguro de proteção contra as radiações ionizantes, uma vez que os dois métodos anteriores dependem de um controle administrativo contínuo dos trabalhadores.

Barreira primária ou blindagem primária é uma blindagem suficiente para reduzir, a um nível aceitável, as taxas de equivalente de dose transmitidas a áreas acessíveis. Pode ser feita com espessuras variadas de um mesmo material ou de materiais diferentes.

Além das barreiras primárias, barreiras secundárias são necessárias para prover uma blindagem eficiente contra radiações secundárias, que são aquelas que sofrem desvios ("espalhamento") do feixe primário (feixe útil) ou que passam através das blindagens das fontes ou dos equipamentos emissores de radiação (radiações de "fuga").



### **MONITORAÇÃO / MONITORAMENTO**

Monitoramento Radiológico - medição de grandezas relativas à Radioproteção, para fins de avaliação e controle das condições radiológicas de locais onde existe ou se pressupõe a existência de radiação.

Monitoramento de área - avaliação e controle das condições radiológicas das áreas de uma instalação industrial, incluindo medição de grandezas relativas a:

- a) campos externos de radiação;
- b) contaminação de superfícies;
- c) contaminação do ar.

Monitoramento individual - monitoramento de pessoas com dispositivos individuais (dosímetros) colocados sobre o corpo.

### **DETECTORES DE RADIAÇÕES**

São dispositivos (aparelhos) capazes de indicar a presença de radiação, convertendo a energia da radiação em um sinal elétrico, luz ou reação química. A utilização de um detector depende do tipo da radiação presente: um detector muito eficiente para radiação gama é inadequado para partículas alfa.

Monitores de radiação são detectores construídos e adaptados para um determinado tipo de radiação.

Dosímetros são monitores que medem uma grandeza radiológica com resultados relacionados ao corpo humano inteiro ou a um órgão ou tecido.

#### **Detector/Contador Geiger-Müller (GM)**

É um dos dispositivos mais antigos para detectar e medir radiação, desenvolvido por Geiger e Müller em 1928 e muito usado ainda atualmente por sua simplicidade, baixo custo e facilidade de operação.



GM-MIR, produzido no IEN

### **AS APLICAÇÕES DA ENERGIA NUCLEAR E DAS RADIAÇÕES**

Infelizmente são pouco divulgados os grandes benefícios da energia nuclear.

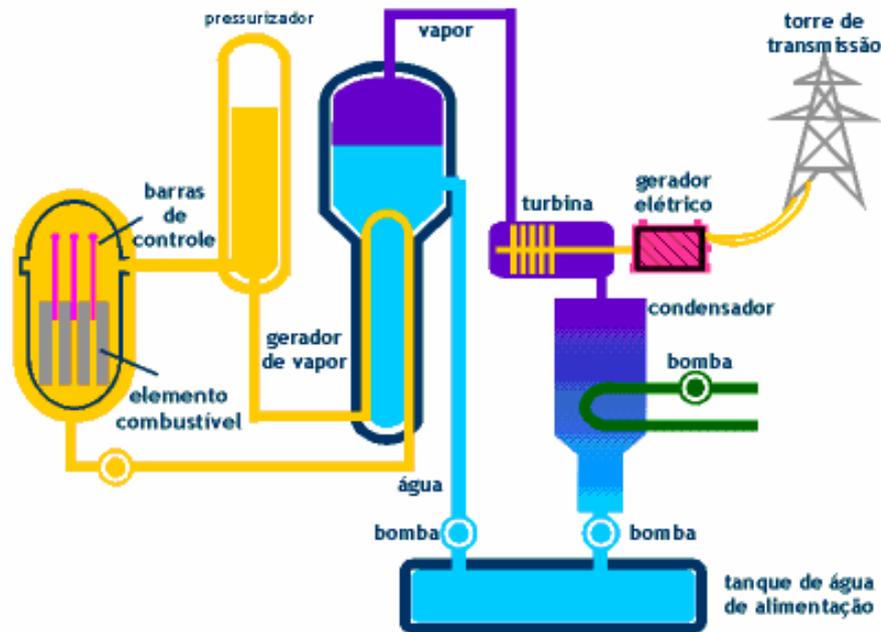
A cada dia, novas técnicas nucleares são desenvolvidas nos diversos campos da atividade humana, possibilitando a execução de tarefas impossíveis de serem realizadas pelos meios convencionais.

A aplicação de maior vulto é a conversão da energia nuclear para energia elétrica, o que se obtém nos Reatores Nucleares de Potência, como os de Angra, já mencionados.

De uma forma simplificada, um Reator Nuclear é um equipamento onde se processa uma reação de fissão nuclear, assim como um reator químico é

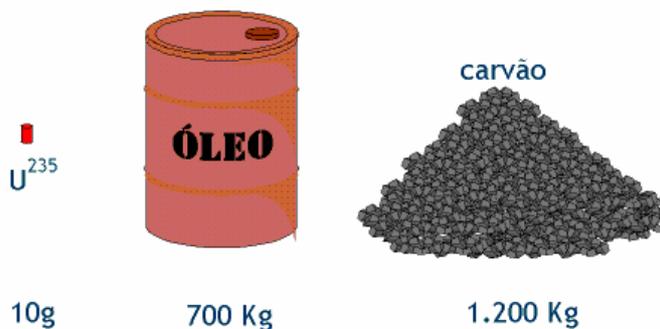
um equipamento onde se processa uma reação química.

Um Reator Nuclear para gerar energia elétrica é, na verdade, uma Central Térmica, onde a fonte de calor é o urânio-235, em vez de óleo combustível ou de carvão. É, portanto, uma Central Térmica Nuclear.



Não há diferença entre a energia gerada por uma fonte convencional (hidroelétrica ou térmica) e a energia elétrica gerada por um Reator Nuclear.

A grande vantagem de uma Central Térmica Nuclear é a enorme quantidade de energia que pode ser gerada, ou seja, a potência gerada, para pouco material usado (o urânio).



Comparação entre as quantidades de diferentes combustíveis, em massa, para a geração da mesma quantidade de energia.

A medicina, a indústria, particularmente a farmacêutica, e a agricultura são as áreas mais beneficiadas pela energia das radiações.

Os isótopos radioativos ou radioisótopos, devido à propriedade de emitirem radiações, têm vários usos. As radiações podem até atravessar a matéria ou serem absorvidas por ela, o que possibilita múltiplas aplicações. Mesmo em quantidades cuja massa não pode ser determinada pelos métodos químicos, a radiação por eles emitida pode ser detectada.

Pela absorção da energia das radiações (em forma de calor) células ou pequenos organismos podem ser destruídos. Essa propriedade, que normalmente é altamente inconveniente para os seres vivos, pode ser usada em seu benefício, quando empregada para destruir células ou microorganismos nocivos.

A propriedade de penetração das radiações possibilita identificar a presença de um radioisótopo em determinado local.

### **TRAÇADORES RADIOATIVOS**

As radiações emitidas por radioisótopos podem atravessar a matéria e, dependendo da energia que possuam, são detectadas (“percebidas”) onde estiverem, através de aparelhos apropriados, denominados detectores de radiação. Dessa forma, o deslocamento de um radioisótopo pode ser acompanhado e seu percurso ou “caminho” ser “traçado” num mapa do local. Por esse motivo, recebe o nome de traçador radioativo.

**Traçadores Radioativos** - *Radioisótopos que, usados em “pequeníssimas” quantidades, podem ser “acompanhados”* por detectores de radiação.

### **A MEDICINA NUCLEAR**

A **Medicina Nuclear** é a área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias.

Radioisótopos administrados a pacientes passam a emitir suas radiações do lugar (no caso, órgão) onde têm preferência em ficar.

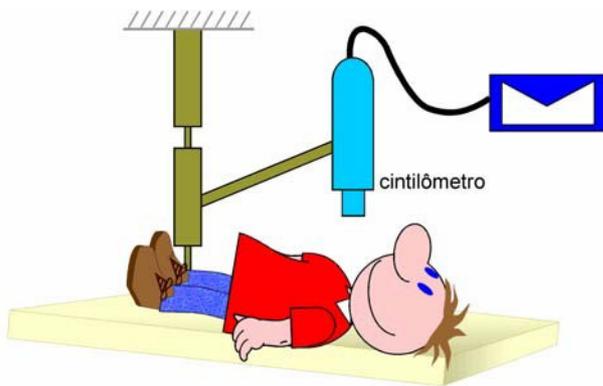
Um exemplo prático bem conhecido é o uso do **iodo-131 (I-131)**, que emite partícula beta, radiação gama e tem meia-vida de oito dias.

O elemento iodo, radioativo ou não, é absorvido pelo organismo humano preferencialmente pela glândula tireóide, onde se concentra. O funcionamento

da tireóide influi muito no comportamento das pessoas e depende de como o iodo é por ela absorvido.

O fato de ser radioativo não tem qualquer influência no comportamento de um elemento químico em relação aos demais elementos.

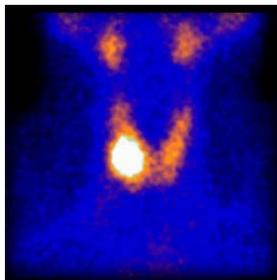
Para diagnóstico de tireóide, o paciente ingere uma solução de iodo-131, que vai ser absorvido pela glândula. “Passando” um detector pela frente do pescoço do paciente, pode-se observar se o iodo foi muito ou pouco absorvido em relação ao normal (padrão) e como se distribui na glândula.



O detector é associado a um mecanismo que permite obter um “desenho” ou mapeamento, em preto e branco ou colorido, da tireóide.

Um diagnóstico, no caso um radiodiagnóstico, é feito por comparação com um mapa padrão de uma tireóide normal.

A mesma técnica é usada para mapeamento de fígado e de pulmão.



Exemplo de radiodiagnóstico da tireóide, utilizando-se o Iodo-131. A área mais brilhante indica maior concentração do radioisótopo.

## **OS RADIOISÓTOPOS NA MEDICINA**

Os radiofármacos usados em medicina no Brasil são, em grande parte, produzidos pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN, em São Paulo.



#### Gerador de Tecnécio (IPEN/CNEN)

O tecnécio-99 (Tc-99m) é utilizado, para obtenção de mapeamentos (cintilografia) de diversos órgãos:

- cintilografia renal, cerebral, hepato-biliar (fígado), pulmonar e óssea;
- diagnóstico do infarto agudo do miocárdio e em estudos circulatórios;
- cintilografia de placenta.

Outro radioisótopo, o samário-153 (Sm-153), é aplicado (injetado) em pacientes com metástase óssea, como paliativo para a dor.

Esses produtos são distribuídos semanalmente pelo IPEN para os usuários.

### **A RADIOTERAPIA**

A radioterapia teve origem na aplicação do elemento rádio pelo casal Curie, para destruir células cancerosas, e foi inicialmente conhecida como “Curieterapia”. Posteriormente, outros radioisótopos passaram a ser usados, apresentando um maior rendimento.

O iodo-131 também pode ser usado em terapia para eliminar lesões, identificadas nos radiodiagnósticos da tireóide, aplicando-se, no caso, uma dose maior do que a usada nos diagnósticos.

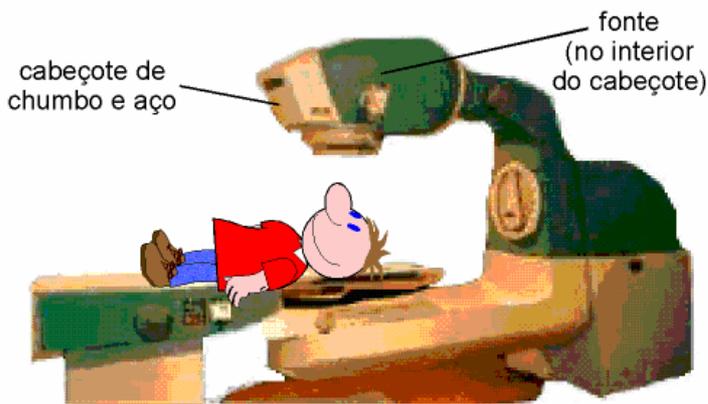
O iodo radioativo apresenta as características ideais para aplicação em Medicina, tanto em diagnóstico como em terapia:

- tem meia-vida curta;
- é absorvido preferencialmente por um órgão (a tireóide);
- é eliminado rapidamente do organismo;
- a energia da radiação gama é baixa.

Fontes radiativas (= fontes de radiação) de césio-137 e cobalto-60 são usadas para destruir células de tumores, uma vez que estas são mais sensíveis radiação do que os tecidos normais (sãos).

**Radioterapia = tratamento com fontes de radiação.**

Um dos aparelhos de radioterapia mais antigos é a *Bomba de Cobalto*, usada no tratamento contra o câncer, e que nada tem de “bomba” (não explode). Trata-se de uma fonte radiativa de cobalto-60 (Co-60), encapsulada ou “selada” (hermeticamente fechada) e blindada, para impedir a passagem de radiação. Até bem pouco tempo, para este fim, eram utilizadas fontes de césio-137, que foram substituídas pelas de cobalto-60, que, entre outras razões técnicas, apresentam maior rendimento terapêutico.



No momento da utilização, a fonte é deslocada de sua posição “segura”, dentro do cabeçote de proteção (feito de chumbo e aço inoxidável), para a frente de um orifício, que permite a passagem de um feixe de radiação, concentrado sobre a região a ser “tratada” ou irradiada.

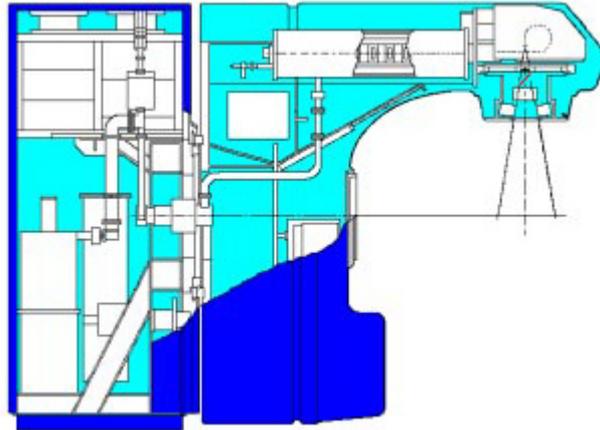
Após o uso, a fonte é recolhida para a posição de origem (“segura”).

Deve ficar bem claro que

**Um objeto ou o próprio corpo, quando irradiado (exposto à radiação) por uma fonte radiativa, NÃO FICA RADIOATIVO.**

Não se deve confundir o efeito (construtivo ou destrutivo) da radiação com o fato de tornar radioativo um material, só possível por outros processos (em Reatores Nucleares ou aceleradores de partículas).

### **ACELERADOR LINEAR**



Estes aparelhos usam microondas para acelerar elétrons a grandes velocidades em um tubo com vácuo. Uma extremidade do tubo, os elétrons muito velozes chocam-se com um alvo metálico, de alto número atômico. Na colisão com os núcleos dos átomos do alvo, os elétrons são subitamente desacelerados e liberam a energia relativa a esta perda de velocidade. Parte desta energia é transformada em raios X de freiamento, que tem energia variável na faixa de 1 MeV até a energia máxima do elétron no momento do choque. Por exemplo, um acelerador linear que acelera elétrons até 10 MeV, produz raios X com energias entre 1 e 10 MeV.

Os aceleradores lineares podem gerar fótons de energia muito maior que os do cobalto-60. Fótons de alta energia liberam menor dose na pele e nos tecidos saudáveis do paciente. Entretanto, os aceleradores lineares requerem potencial elétrico bastante estável, mais manutenção e pessoal mais habilitado para o seu funcionamento.

Alguns aceleradores lineares, como mencionado anteriormente, permitem que os elétrons atinjam diretamente o paciente, retirando-se o alvo de átomos pesados da frente do feixe.

Os aceleradores lineares podem gerar fótons de energia muito maior que os do cobalto-60. Fótons de alta energia liberam menor dose na pele e nos tecidos saudáveis do paciente. Entretanto, os aceleradores lineares requerem

potencial elétrico bastante estável, mais manutenção e pessoal mais habilitado para o seu funcionamento.

Alguns aceleradores lineares, como mencionado anteriormente, permitem que os elétrons atinjam diretamente o paciente, retirando-se o alvo de átomos pesados da frente do feixe.

Os elétrons não penetram profundamente no tecido, liberando sua dose num intervalo que vai da pele até uma profundidade em torno de 5 cm, com uma queda acentuada após esta profundidade. Os tratamentos com elétrons são adequados quando o órgão alvo é superficial com estruturas radiosensíveis ao seu redor, como, por exemplo, os linfonodos cervicais que têm a medula espinhal logo atrás e lesões infiltrativas de pele.

### **BRAQUITERAPIA**

---

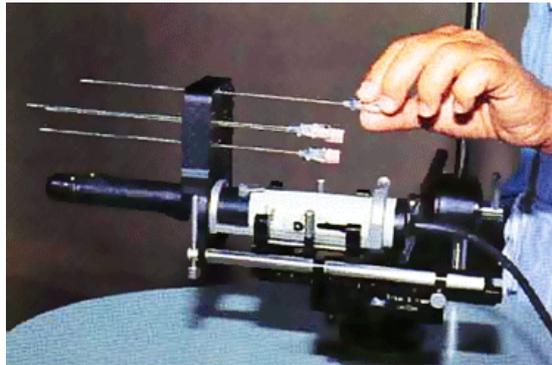
O termo braquiterapia foi primeiramente sugerido por Forsell, em 1931, para irradiação a curta distância.

A braquiterapia constitui uma forma de tratamento que utiliza fontes radioativas, em contato direto com o tumor, sendo indicada em cerca de 10% dos pacientes que se submetem à radioterapia.

Pode ser empregada para qualquer neoplasia acessível a uma fonte radioativa, sendo indicada rotineiramente no tratamento das neoplasias do colo e do corpo uterino, da cabeça e pescoço, da região perineal e dos tecidos moles.

As fontes radioativas podem ser introduzidas em uma cavidade corporal (braquiterapia intracavitária), dispostas sobre uma superfície tumoral (molde superficial) ou implantadas na intimidade do tumor (braquiterapia intersticial ou implantes).

Isótopos radioativos são caracterizados pela sua meia-vida, tipo de energia da radiação permitida e forma de apresentação. O primeiro isótopo disponível foi o Rádium-226, descoberto no início do século passado pelo casal Curie. Este isótopo radioativo está em desuso, tendo em vista que libera gás radônio, extremamente nocivo à saúde. Atualmente os radioisótopos mais utilizados são: o Césio-137, o Irídio-192 e o Cobalto-60, para uso temporário, o Ouro-198 e o Iodo-125, para uso permanente. Este material é manufacturado sob a formade tubos, agulhas, fios ou sementes.



### ***TOMOGRAFIA COMPUTADORIZADA (TC)***

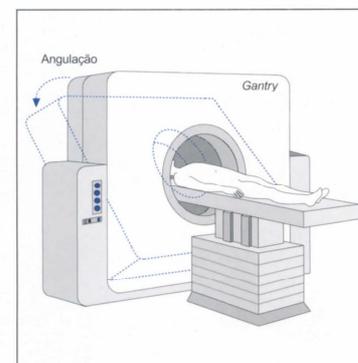
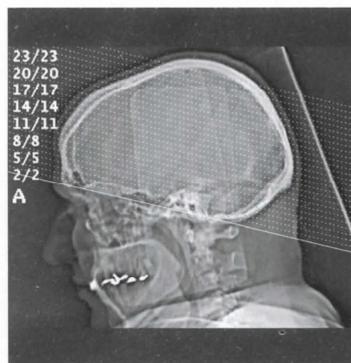
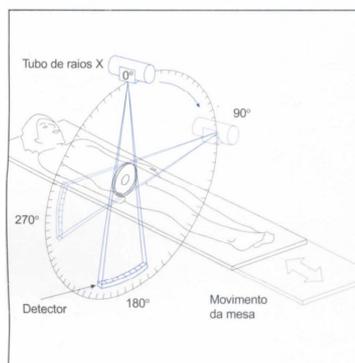
A tomografia computadorizada é um tipo especial de procedimento com raios X que envolve a medida indireta do enfraquecimento, ou atenuação, dos raios X em numerosas posições localizadas em torno do paciente investigado.

Assim apresentado, qualquer outro aspecto é deduzido a partir dessas informações. A maior parte das fatias de TC são orientadas verticalmente ao eixo do corpo. Elas são geralmente chamadas axiais ou transversais.

Para cada fatia, o tubo de raios X roda em torno do paciente para obter uma espessura pré-selecionada. A maior parte dos sistemas de TC emprega a rotação contínua e um projeto de "feixe em leque": com esse projeto, o tubo de raios X e o detector estão rigidamente acoplados e rodam continuamente em torno do campo de exame enquanto os raios X são emitidos e detectados. Assim, os raios X que passaram através do paciente alcançam os detectores no lado oposto do tubo. A abertura do feixe em leque varia de 40° a 60°, dependendo do projeto do sistema, e é definido pelo ângulo que se origina no foco do tubo de raios X e estende-se aos limites externos do arranjo do detector.

Tipicamente, as imagens são produzidas para cada rotação de 360°, permitindo adquirir grande número de dados de medida e aplicação de suficiente dose de raios X. Enquanto o exame está sendo executado, são

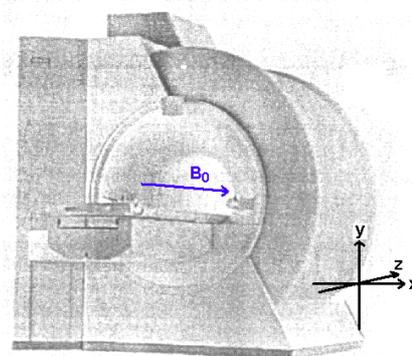
obtidos os perfis de atenuação, também referidos como amostras ou projeções. Os perfis de atenuação não são, na verdade, nada mais do que uma coleção de sinais obtida de todos os canais detectores a uma dada posição angular da unidade do tubo detector. Os sistemas modernos de TC adquirem aproximadamente 1.400 projeções ao longo de 360° ou cerca de 4 projeções por grau. Cada perfil de atenuação contém os dados obtidos a partir de cerca de 1.500 canais detectores, cerca de 30 canais por grau, no caso de um feixe de leque de 50°. Enquanto a mesa do paciente se move continuamente através do gantry, uma radiografia digital ("escanograma" ou "localizador") é produzida, na qual os cortes desejados podem ser planejados. Para um exame TC da coluna ou do crânio, o gantry é angulado para uma orientação ótima.



## RESSONÂNCIA MAGNÉTICA

Na técnica de Ressonância Magnética (RM) aplicada à medicina trabalha-se principalmente com as propriedades magnéticas do núcleo de hidrogênio ( $^1\text{H}$ ), que é o menor núcleo que existe e consta de um próton. O próton tem carga positiva, e devido ao movimento giratório deste em torno do seu próprio eixo, gera-se um pequeno campo magnético, isto é, para cada próton temos também o que chamamos de um spin magnético. Como descrito acima, a imagem de ressonância magnética baseia-se no sinal proporcionado pelo núcleo de hidrogênio  $^1\text{H}$ , por duas razões: o sinal magnético do núcleo do  $^1\text{H}$  é bem superior ao de outros núcleos magnéticos, e, o hidrogênio é o átomo mais abundante no corpo humano, principalmente devido à concentração da água. No corpo humano temos milhões e milhões de prótons. Quando os prótons não se encontram sob a influência de nenhum campo magnético exterior, o spin magnético de cada um deles esta apontando para uma direção diferente, de

maneira que a soma vetorial de todos eles é igual a zero. Fala-se que a magnetização total  $M_{tot}$  é igual a zero ( $M_{tot} = 0$ ).



Para podermos obter um sinal de RM precisamos colocar o paciente a ser examinado dentro de um campo magnético alto, o qual pode variar de 0.2 a 3.0 T ( $1 \text{ T} = 10^4 \text{ Gauss}$ ) dependendo do aparelho. Este campo magnético, chamado de campo magnético externo  $B_0$ , é gerado pela corrente elétrica circulando por um supercondutor que precisa ser continuamente refrigerado até uma temperatura de 4K (Kelvin), por meio de hélio líquido, a fim de manter as características supercondutoras do magneto. O campo magnético é maior e mais homogêneo no centro do magneto, onde o paciente será posicionado, mas não devemos esquecer que também existe um campo magnético em volta do magneto, o suficientemente forte para causar estragos se algum objeto metálico ficar por perto.

Após o paciente ser posicionado no centro do magneto, os spins começam a “sentir” o efeito do campo magnético externo  $B_0$  e orientam-se em paralelo ou antiparalelo ao  $B_0$ . Só existem estas duas possibilidades e cada uma destas orientações corresponde a um nível energético diferente. Para os spins poderem ficar em antiparalelo ao  $B_0$  eles precisam de um pouco mais de energia. Por isso, no estado de equilíbrio, temos um pequeno excesso de spins em paralelo ao  $B_0$ . O resultado é que a soma vetorial de todos os spins já não é zero: temos uma magnetização total ( $M_{tot}$ ) em paralelo ao  $B_0$ . O  $B_0$  tem um efeito a mais sobre os spins. Eles começam a fazer um movimento de precessão em torno do  $B_0$ , com uma frequência determinada, a frequência de Larmor  $\omega_L$ , a qual é proporcional ao  $B_0$  e à constante giromagnética  $\gamma$  de cada núcleo ( $\omega_L = -\gamma B_0$ ), isto é, cada núcleo tem uma  $\omega_L$  característica. A  $\omega_L$  do hidrogênio num  $B_0$  de 1.5 T é de aprox. 63 MHz, isto é, o spin dá 63 milhões de voltas em torno do  $B_0$  por segundo.

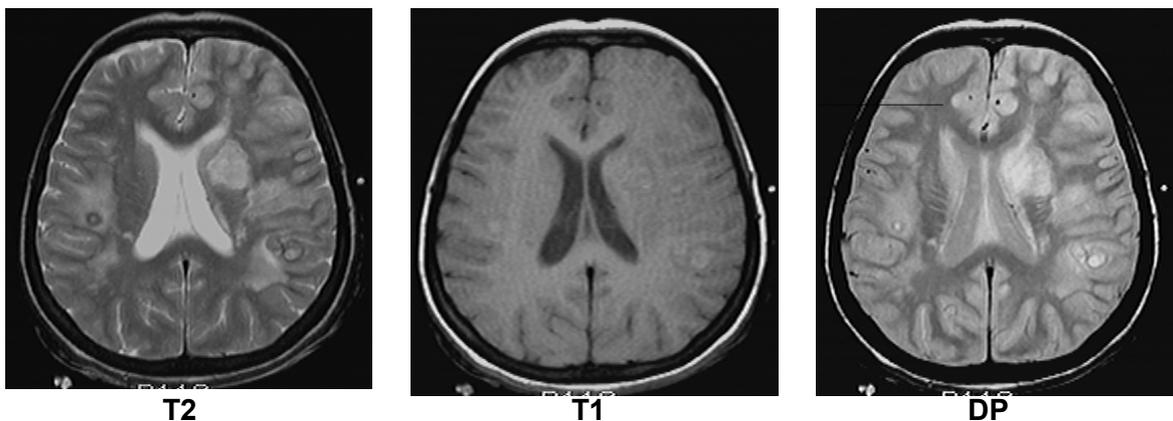
Embora tenhamos já uma magnetização diferente de zero, esta ainda não pode ser medida, para isso precisamos deslocar a magnetização para um eixo perpendicular ao  $B_0$ , o qual chamamos de eixo transversal. Para passar a magnetização do eixo longitudinal ao transversal precisamos emitir uma onda eletromagnética da mesma frequência que  $\omega_L$ , o que chamamos de onda de radiofrequência (rf) com campo magnético de  $B_1$  (que corresponde à amplitude da onda) e perpendicular ao  $B_0$ . Como a frequência do  $B_1$  corresponde a  $\omega_L$  temos o que se descreve classicamente como efeito de ressonância, no qual o  $B_0$  é cancelado e a magnetização passa a “sentir” só o efeito do  $B_1$ , e com isso, passa a fazer um movimento de precessão em torno de  $B_1$ , no eixo transversal, sem deixar de girar em torno de  $B_0$  com a frequência de Larmor.

Uma vez a magnetização estando sobre o eixo transversal a onda de rf é desligada e podemos começar medir a magnetização com o receptor no eixo transversal. O que nosso receptor registra é uma voltagem induzida pelo movimento de precessão da magnetização transversal em torno ao  $B_0$ , que oscila com  $\omega_L$  e cuja amplitude vai diminuindo exponencialmente. Este sinal é o que se chama de “Free Induction Decay” (FID) ou Decaimento de Indução Livre (DIL). A amplitude do FID diminui com o tempo por causa do processo de relaxamento, que é o mecanismo pelo qual a magnetização vai voltar lentamente ao estado inicial de equilíbrio. Na realidade, a rapidez com que o conjunto de spins volta ao estado de equilíbrio depende do tipo de tecido ao que eles pertençam. Lembremos que no estado de equilíbrio o vetor de magnetização total está apontando na direção z do campo magnético externo  $B_0$  ( $M_z = M_{tot}$ ) e não há nenhum componente de magnetização transversal ( $M_{xy} = 0$ ). No processo de relaxamento distinguimos dois tipos de relaxamento: relaxamento longitudinal ( $M_z \rightarrow M_{tot}$ ) e relaxamento transversal ( $M_{xy} \rightarrow 0$ ), os quais são descritos pelas constantes de tempo T1 e T2, respectivamente. Quanto mais longo o T1 e o T2 mais tempo demora o processo de relaxamento. T2 é sempre menor (ou igual) a T1, isto é, a magnetização transversal decresce mais rapidamente do que a magnetização longitudinal demora a voltar ao valor inicial. O valor de T1 e T2 depende da intensidade das interações entre os spins magnéticos e da frequência com que estas interações estão sendo moduladas. Pode se falar que T1 e T2 dependem das propriedades moleculares de cada tecido, e assim

podemos diferenciar a gordura, a substância branca, a substância cinzenta, o edema ou o liquor através de seus diferentes tempos de relaxamento, já que T1 e T2 aumentam nesta ordem.

Na hora de registrar o “FID” nós podemos escolher certos parâmetros que vão determinar se o contraste da imagem final vai ser ponderado em T1, T2 ou densidade de prótons (DP). Na imagem T1 tecidos com T1 longo aparecem com hipossinal e tecidos com T1 curto com hipersinal. Na imagem pesada em T2 tecidos com T2 curto aparecem com hipossinal e tecidos com T2 longo aparecem com hipersinal. Na imagem ponderada em DP, o contraste T1 e T2 é minimizado de tal maneira que o contraste final da imagem representa a densidade de prótons no tecido. Por isso, em lugares onde temos acumulação de água (por exemplo, em edemas) podemos observar hipersinal na imagem pesada em DP. Na RM trabalhamos também com contrastes externos intravenosos. Trata-se de contrastes paramagnéticos, em geral derivados de gadolínio, cuja função é diminuir os tempos de relaxação dos tecidos com os quais entram em contato. Os elétrons do gadolínio podem interagir intensamente com os spins magnéticos dos nossos prótons, fazendo com que estes relaxem rapidamente, ou seja, diminuimos o T1 e T2 dos nossos tecidos. Por isso, se obtemos imagens pesadas em T1 após injeção do contraste, podemos observar hipersinal nas regiões onde chega o contraste paramagnético, por exemplo no cérebro, nas regiões onde temos quebra de barreira hemato-encefálica.

A seguir podemos observar exemplos de imagens pesadas em T2, T1, DP e imagens T1 após a injeção de contraste paramagnético.



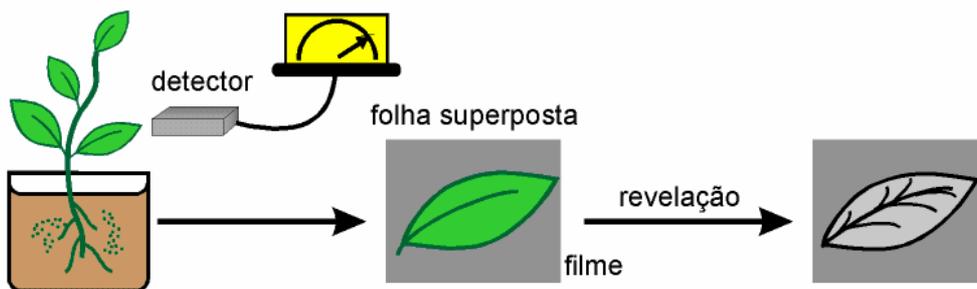
Além destas imagens morfológicas através da técnica de Ressonância Magnética (RM) também podem se obter imagens pesadas em fluxo (angiografias), difusão, perfusão ou imagens funcionais (através das quais pode

se estudar a ativação cerebral). Outra aplicação da RM é a espectroscopia que representa uma análise bioquímica do tecido “in vivo”.

### **APLICAÇÕES NA AGRICULTURA**

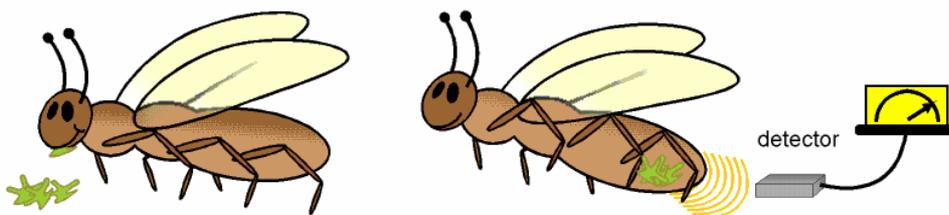
É possível acompanhar, com o uso de traçadores radioativos, o metabolismo das plantas, verificando o que elas precisam para crescer, o que é absorvido pelas raízes e pelas folhas e onde um determinado elemento químico fica retido.

Uma planta que absorveu um traçador radioativo pode, também, ser “radiografada”, permitindo localizar o radioisótopo. Para isso, basta colocar um filme, semelhante ao usado em radiografias e abreugrafias, sobre a região da planta durante alguns dias e revelá-lo. Obtém-se o que se chama de auto-radiografia da planta.

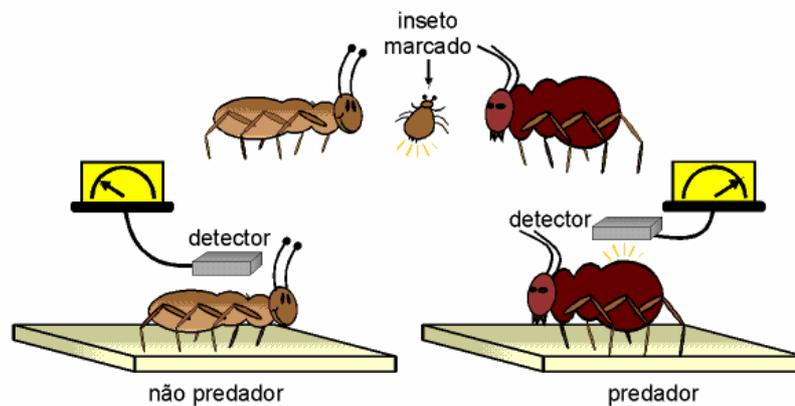


A técnica do uso de traçadores radioativos também possibilita o estudo do comportamento de insetos, como abelhas e formigas.

Ao ingerirem radioisótopos, os insetos ficam marcados, porque passam a “emitir radiação”, e seu “raio de ação” pode ser acompanhado. No caso de formigas, descobre-se onde fica o formigueiro e, no caso de abelhas, até as flores de sua preferência.



A “marcação” de insetos com radioisótopos também é muito útil para eliminação de pragas, identificando qual predador se alimenta de determinado inseto indesejável. Neste caso o predador é usado em vez de inseticidas nocivos à saúde.



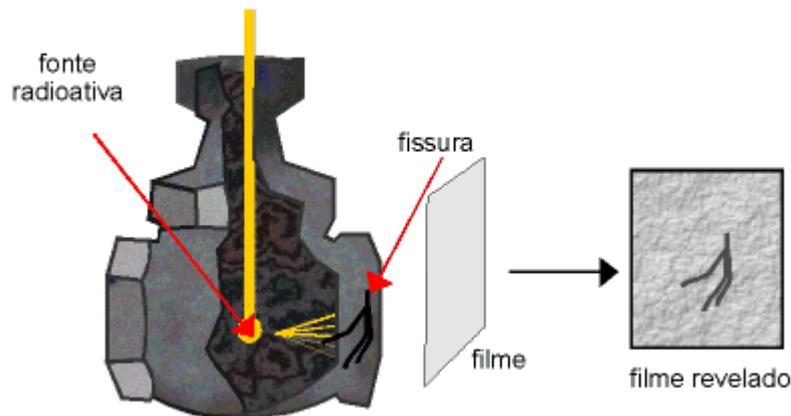
### **APLICAÇÕES NA INDÚSTRIA**

A aplicação de radioisótopos mais conhecida na indústria é a radiografia de peças metálicas ou gamagrafia industrial.

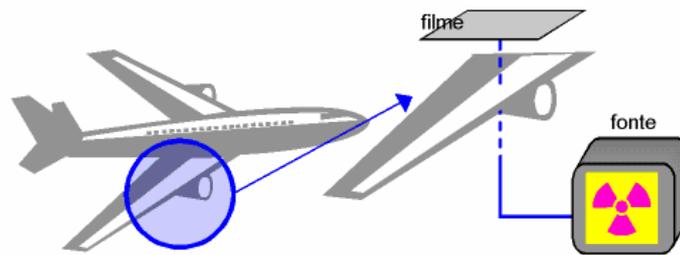
#### Gamagrafia

**Impressão de radiação gama em filme fotográfico.**

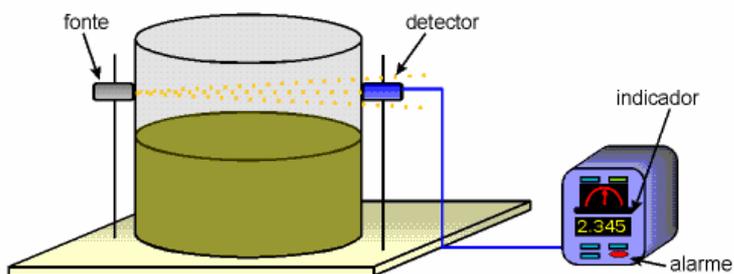
Os fabricantes de válvulas usam a gamagrafia, na área de Controle da Qualidade, para verificar se há defeitos ou rachaduras no corpo das peças.



As empresas de aviação fazem inspeções freqüentes nos aviões, para verificar se há “fadiga” nas partes metálicas e soldas essenciais sujeitas a maior esforço (por exemplo, nas asas e nas turbinas) usando a gamagrafia.



Para ter-se indicação de nível de um líquido em um tanque, coloca-se uma fonte radiativa em um dos lados e, no lado oposto, um detector ligado a um dispositivo (aparelho) de indicação ou de medição.



Quando o líquido alcança a altura da fonte, a maior parte da radiação emitida pela fonte é absorvida por ele e deixa de chegar ao detector, significando que o líquido atingiu aquele nível.

O mesmo artifício serve para indicar um nível mínimo de líquido desejado em um tanque. Nesse caso, a fonte e o detector devem ser colocados na posição adequada e, quando o líquido atingir esse ponto, deixará de absorver a radiação, que chegará ao detector com maior intensidade. Em geral, acrescenta-se um sistema de alarme, para soar ao ser atingido esse nível. No caso de indicação de nível máximo ocorrerá o contrário, isto é, a radiação chegará ao detector com menor intensidade.

A Indústria Farmacêutica utiliza fontes radioativas de grande porte para esterilizar seringas, luvas cirúrgicas, gaze e material farmacêutico descartável, em geral. Seria praticamente impossível esterilizar, pelos métodos convencionais que necessitam de altas temperaturas, tais materiais, que se deformariam ou se danificariam de tal forma que não poderiam ser mais utilizados.

**A PRESERVAÇÃO DE ALIMENTOS POR IRRADIAÇÃO**

A preservação de alimentos por irradiação consiste em sua exposição, embalado ou não, à radiação ionizante (radiação gama, raios-x ou feixe de elétrons).

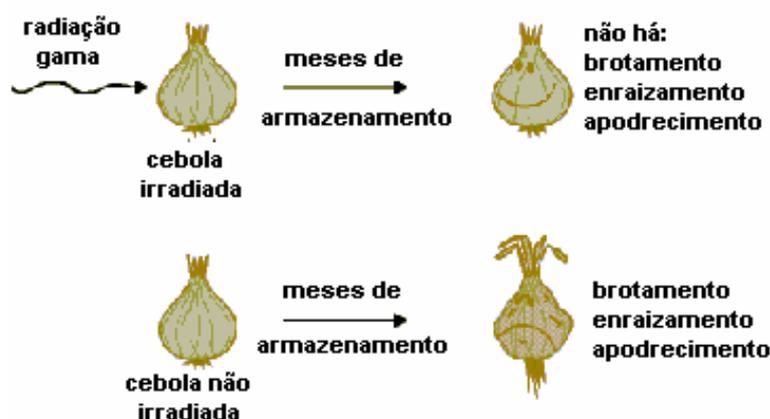
A tecnologia de preservação de alimentos por ionização em consequência de irradiação tem recebido uma crescente atenção de todo o mundo, junto com os métodos tradicionais de preservação de alimentos. As autoridades de vigilância sanitária e de segurança alimentar de 37 países, inclusive o Brasil, aprovaram a irradiação de vários tipos de alimentos, englobando especiarias, carne de frango, frutas e legumes.

O Brasil está tentando entrar na área de preservação de alimentos por irradiação (ionização). O desconhecimento do assunto leva à idéia errônea de que os alimentos "seriam contaminados pela irradiação" ou que ficariam radioativos, o que, em ambos os casos, se constitui num absurdo técnico e científico.

Deve-se salientar que a preservação de alimentos por irradiação não é um "milagre" e não pode transformar alimento deteriorado em alimento de alta qualidade nem substitui processos de higiene.

Além disso, esse tratamento pode não ser adequado para algum tipo de alimento, assim como outra técnica de preservação pode não ser adequada para algum tipo de alimento.

Duas grandes vantagens podem ser destacadas: não altera a qualidade do alimento e não deixa resíduos tóxicos.



O processo é realizado em uma instalação radiativa denominada Irradiador de Grande Porte, utilizando, na maioria dos casos, uma fonte de Co-60.

A vantagem do uso de uma fonte de Co-60 é devida à penetração da radiação gama, proporcionando maior versatilidade e maior amplitude de utilização do irradiador.

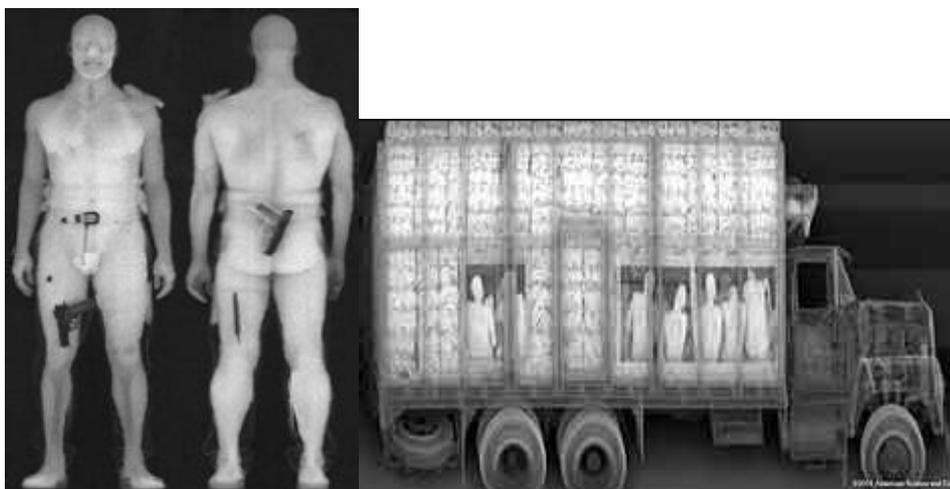
A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) regulamentou através da Resolução nº 21, de 26 de janeiro de 2001, a preservação de alimentos por irradiação, desde que sejam observadas as seguintes condições, em relação à dose de radiação:

- b) a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida;
- c) a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento.

Os detectores GM podem ser usados para medir grandezas como dose e exposição, através de artifícios de instrumentação e metrologia. Para a taxa de exposição a escala é normalmente calibrada para a energia do  $^{60}\text{Co}$ .

### ***PORTOS, AEROPORTOS E FRONTEIRAS***

Atualmente tem sido de grande utilidade o uso de radiações ionizantes no controle de portos aeroportos e fronteiras. Seu uso permite avaliar o conteúdo de cargas assim como verificar se clandestinos estão escondidos misturados às cargas. O método também permite checar se uma pessoa esta ou não portando armas. Nas figuras abaixo são apresentados alguns exemplos desse uso.



**EQUIPAMENTOS E ACESSÓRIOS DA RADIOLOGIA CONVENCIONAL**

---

**Equipamento Básico**

O processo de produção de uma imagem radiológica é composto basicamente por uma fonte geradora de radiação, o objeto de irradiação (corpo do paciente) e um sistema de registro do resultado da interação do feixe de fótons com o corpo, normalmente, o filme radiográfico sensível à radiação X ou à luz. Associados à fonte e ao sistema de registro, temos dispositivos que servem para atuar sobre a emissão e forma do feixe de radiação, de maneira a tratá-lo convenientemente para produzir imagens que possuam validade diagnóstica.

Atualmente, existem vários tipos de equipamentos radiográficos produzidos por inúmeras empresas espalhadas pelo mundo. Todos os equipamentos possuem os mesmos componentes básicos e funcionam segundo o mesmo princípio de produção e detecção ou registro da imagem.

A tecnologia digital de registro e armazenamento das imagens geradas está ocupando o espaço do filme radiográfico, permitindo o tratamento de imagens e o envio das mesmas para locais distantes da sala de exames para análise por profissionais da área radiológica. O que varia nos equipamentos é a forma, tamanho, capacidade de produção de raios X e alguns mecanismos ou acessórios que permitem maior flexibilidade no uso do aparelho, além, da questão da qualidade da imagem e da dose de radiação que o paciente se expõe. Desta forma, podemos dividir os equipamentos radiográficos em três grupos:

- a) fixos;
- b) móveis; e
- c) portáteis.

**Equipamento Fixo**

Os equipamentos fixos, pela própria classificação, são aqueles que não podem ser retirados do local onde foram instalados. Necessitam, pois, de uma sala exclusiva para sua utilização, com suprimento adequado de energia, espaço para movimentação do paciente, técnico e equipe de enfermagem, local reservado para o operador controlar o equipamento à distância, armários para a guarda de acessórios, mesa onde se realizam os exames, entre outros requisitos.

Para clínicas e hospitais, é o equipamento mais utilizado, quando realmente há uma grande demanda de exames diários.

O equipamento fixo possui várias formas e tamanhos, podendo ser fixo ao chão por um pedestal ou ser preso ao teto, com uma coluna retrátil. Existem muitos fabricantes em nível mundial e cada um procura diferenciar seu aparelho com alguma peculiaridade.

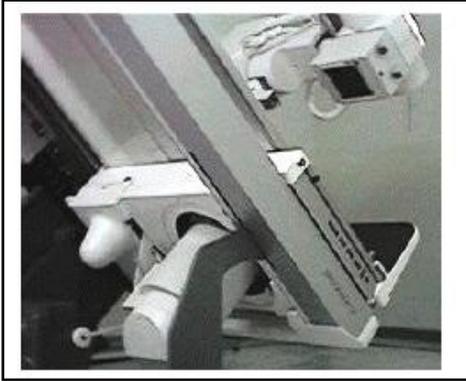
Por isso é difícil identificar muitos pontos em comum nos diversos aparelhos radiográficos existentes, embora, todos eles permitam a realização de todas as técnicas radiográficas conhecidas.



A figura ao lado apresenta a foto de um aparelho telecomandado, que visualmente não apresenta diferenças com um aparelho comum. Isto porque o aparelho telecomandado possui como diferença principal a possibilidade de ajustar todos os parâmetros mecânicos e geométricos (posição da mesa, inclinação, tamanho do campo, etc) a partir da própria mesa de comando, sem a necessidade do técnico tocar na mesa ou paciente.

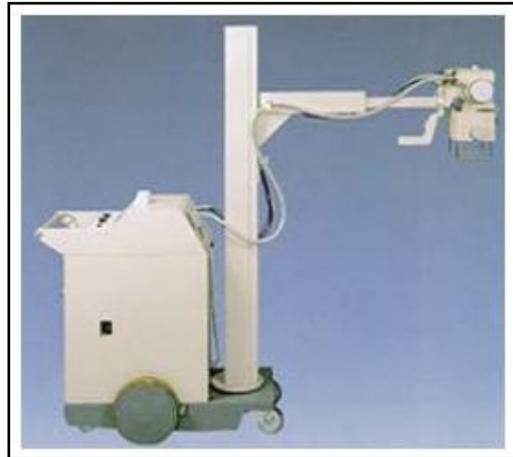
Além da radiografia convencional, muitos aparelhos radiográficos são

construídos para realizarem outros tipos de exames, como a fluoroscopia e a planigrafia, ou tomografia linear. Do ponto de vista técnico, o equipamento pode ser considerado idêntico a um equipamento simples, apenas há a inclusão de alguns dispositivos acessórios que permitem a realização destes exames especiais.



A figura ao lado apresenta um equipamento radiográfico que permite a realização de exames fluoroscópicos, pois possui um tubo intensificador (atrás do pedestal escuro, abaixo e no centro da foto). Este tubo, que desempenha a função do filme radiográfico, capta a imagem formada pelos raios X que atravessam o paciente deitado na mesa, após a geração na ampola.

### Equipamento Móvel



Muito semelhante em recursos, o equipamento radiográfico móvel é aquele que se constitui apenas do essencial para a realização de um exame radiográfico. Assim, é dispensada a mesa de exames e os controles do equipamento estão fisicamente juntos com a unidade geradora de radiação. A unidade pode ser então transportada facilmente através de um sistema de rodas já embutida na estrutura, já que possui tamanho razoável.

Para a realização do exame, utiliza-se geralmente a própria maca ou cama onde se encontra o paciente, ou até mesmo a cadeira em que ele estiver

sentado. A energia necessária para operação do equipamento é retirada da rede 127V ou 220V da própria sala onde será realizado o exame, mediante uma tomada comum na parede. A capacidade de realização de exames é praticamente a mesma de um equipamento fixo.

Embora tenha um custo bem menor que o equipamento fixo, o equipamento móvel não deve ser utilizado como um substituto deste. Até por que o equipamento móvel não tem capacidade para ser utilizado constantemente, realizando um exame após o outro. Além disso, a utilização do equipamento móvel pressupõe que a área onde ele será utilizado, uma UTI, por exemplo, deverá ser protegida com biombos de chumbo para que os demais pacientes não sejam irradiados.

### Equipamento Portátil



A diferença entre o equipamento móvel e o portátil está em duas características básicas: peso e capacidade de radiação, ou flexibilidade para realização de exames. No caso dos equipamentos portáteis, seu peso e tamanho são concebidos para que possa ser carregado por uma única pessoa, através de alças ou armazenado em uma valise. Assim, pode facilmente ser transportado nas ambulâncias ou mesmo no porta-malas de carros. Na realização de exames, o equipamento portátil tem capacidade para radiografar, normalmente, apenas as extremidades do corpo humano. Em contraposição, o equipamento móvel é muito utilizado para exames de tórax em unidades de tratamento intensivo, já que os pacientes não podem ser removidos até a sala de radiografia.

O baixo custo deste equipamento e a transportabilidade já fez surgir em alguns países do hemisfério norte um novo tipo de serviço: o exame radiográfico a domicílio.

**COMPONENTES BÁSICOS DO EQUIPAMENTO DE RADIOLOGIA CONVENCIONAL**

---

Vamos centralizar nossa abordagem, inicialmente, sobre as características principais do equipamento radiográfico fixo, já que este é o mais completo e o mais utilizado atualmente. A partir dele, podem-se verificar quais os dispositivos ou acessórios que podem ser suprimidos para a construção de um equipamento móvel ou portátil. Além disto, por ser mais complexo, permite uma abordagem mais completa sobre os fatores que influenciam na produção da radiação X e sua interação com o paciente e com os dispositivos de detecção (filme, por exemplo).

Desta forma, podem-se prever as restrições de qualidade quando da utilização de equipamentos móveis ou portáteis.

A construção de um aparelho de raios X envolve conhecimento de várias tecnologias, mas um equipamento básico pode ser dividido em três grandes subsistemas: o subsistema gerador de raios X, responsável pela geração do feixe de radiação; o subsistema elétrico, responsável pela alimentação do gerador de raios X e pelos controles do equipamento, e o subsistema mecânico, responsável pela arquitetura do equipamento e pela proteção e controle no direcionamento do feixe de raios X gerado. Os aparelhos convencionais de raios X estão divididos em seis módulos básicos:

- O cabeçote, de onde se origina o feixe de raios X;
- A estativa, onde fica fixado o cabeçote e que permite fazer o direcionamento do feixe;
- A mesa, que permite acomodar o paciente e posicioná-lo para a aquisição das imagens;
- O mural, que cumpre a mesma função de posicionamento que a mesa, mas é utilizado para posicionamentos verticais do paciente (posicionamento ortostático);
- O gerador de alta-tensão, que cumpre a função de elevar a tensão da rede a um valor necessário para gerar o feixe de raios X;
- O painel de comando através do qual é feita a seleção de parâmetros de controle e o acionamento do feixe de raios X para a aquisição da imagem.

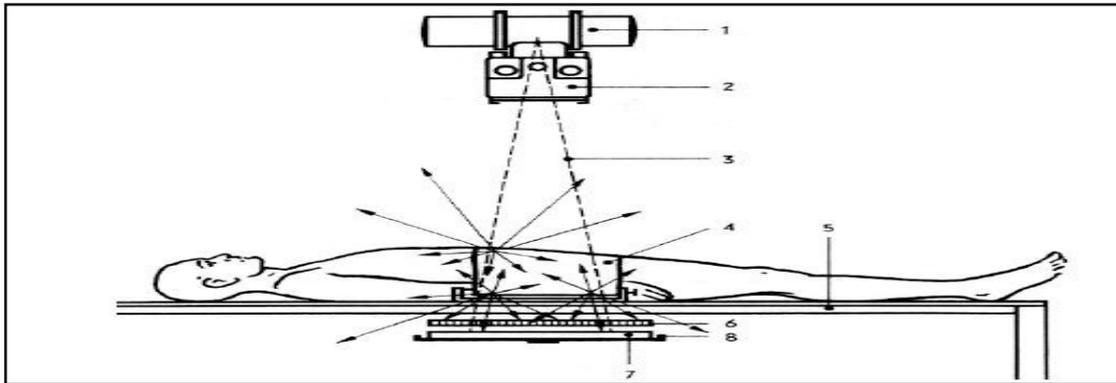
A mesa, o mural e o cabeçote encontram-se localizados na sala de exames. O painel de controle pode ser posicionado em sala adjunta com janela

de vidro de alto teor de chumbo que permita visualizar o paciente, ou na sala de exames, desde que haja um biombo de chumbo com janela protegida que permita ao operador visualizar o paciente e se proteger da radiação espalhada.



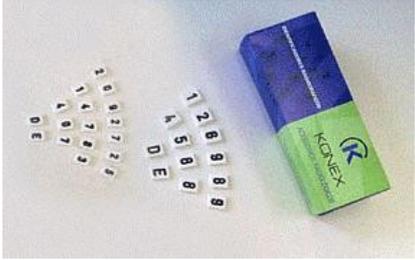
A Figura abaixo ilustra a cadeia básica de aquisição de uma imagem radiográfica, mostrando desde a fonte de radiação, passando pelo paciente colocado sobre a mesa, até o final do processo com o dispositivo de registro da imagem, o filme radiográfico.

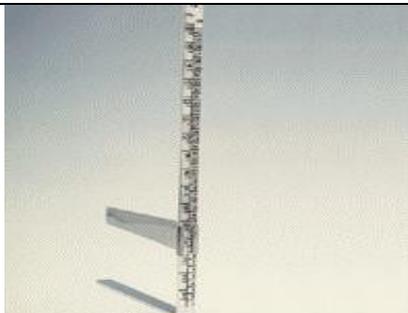
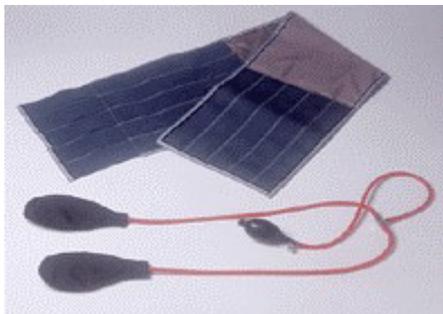
Tem-se, então, mais detalhadamente, a representação da unidade geradora - chamada cabeçote, o dispositivo de controle geométrico do feixe - caixa de colimação, além de um acessório que se justapõem ao filme radiográfico - a grade antidifusora. Pode-se também perceber no desenho, o efeito produzido pela passagem do feixe pelo paciente, chamado a radiação secundária, que é um efeito colateral da interação do feixe com o paciente que, quando produzida em excesso, prejudica a qualidade da imagem, além de aumentar a dose de radiação no paciente.



Podemos identificar na figura, pelos números indicados, os seguintes componentes, além da radiação secundária, identificada pelas setas que se espalham a partir do paciente:

- 1) **Cabeçote do equipamento:** Local em que se encontra a ampola (tubo) de raios x, onde se produz a radiação propriamente dita.
- 2) **Sistema de colimação interna do feixe:** Responsável pela adequação do tamanho do campo, redução do efeito penumbra e da radiação espalhada.
- 3) **Feixe primário:** Assim chamado por ser o feixe que sai da ampola e que irá interagir com o paciente.
- 4) **Faixa de compressão do paciente:** Usada para adequar a espessura do paciente e melhorar a qualidade da imagem, pela redução da radiação espalhada.
- 5) **Mesa de exames:** Local onde são colocados, além do paciente, alguns acessórios, tais como o porta-chassi, a grade antidifusora e o filme radiográfico.
- 6) **Grade antidifusora:** Responsável pela redução dos efeitos de borramento da radiação espalhada na imagem radiográfica.
- 7) **Filme Radiográfico:** Elemento sensível à radiação, colocado em um invólucro metálico protegido da luz, chamado chassi.
- 8) **Porta-chassi:** Estrutura metálica onde é colocado o chassi que contém o filme.
- 9) **Radiação Secundária:** É toda a radiação que não é proveniente do feixe principal, resultante da interação do feixe principal com a matéria (paciente, mesa, chassis, grade, cabeçote, etc.).
- 10) **Estativa (não está no desenho):** É a coluna ou o eixo onde está preso o cabeçote. Pode ser do tipo pedestal, preso ao chão, ou do tipo aéreo, fixado ao teto. Normalmente possui um trilho para que possa se movimentar.

	<p style="text-align: center;"><b><u>ALFABETO DE CHUMBO</u></b></p> <p>Com base em PVC contendo 5 (cinco) letras de cada, com trilho metálico para composição da palavra. Tamanhos: 06, 08 e 10mm de altura ou especial.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>CHASSI RADIOGRÁFICO</u></b></p> <p>Em alumínio e cantos em nylon de alto impacto. Com sistema de fechamento com travas tipo push, com área interna revestida em espuma mantendo o perfeito contato entre filme e ecrans, proporcionando nitidez e qualidade de imagem.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>CILINDRO DE EXTENSÃO</u></b></p> <p>Cilindro de extensão para seios da face, em latão cromado e base em aço inoxidável revestido com chumbo, adaptável a qualquer equipamento de Raios X.</p> <p><b>Observação:</b> O tamanho da base do cone de extensão será de acordo com o colimador do aparelho onde o acessório será utilizado.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>CILINDRO DE MASTÓIDE</u></b></p> <p>Cilindro para mastóide, em aço inoxidável, com base em aço inóx revestido com chumbo, adaptável à qualquer equipamento de Raios X.</p> <p><b>Observação:</b> O tamanho da base do cone de extensão será de acordo com o colimador do aparelho onde o acessório será utilizado.</p>

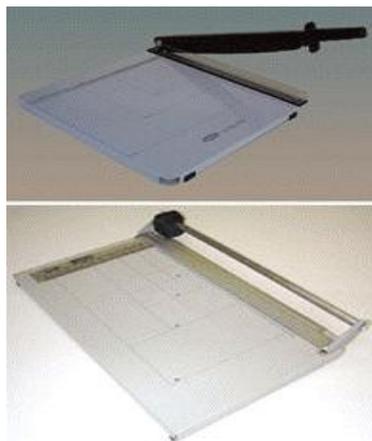
 A photograph showing a metal radiographic divider, which is a laminated sheet with a stainless steel finish, used for positioning X-ray films.	<p style="text-align: center;"><b><u>DIVISORES RADIOGRÁFICOS</u></b></p> <p>Em chumbo laminado, com acabamento em aço inoxidável, encaixe para o chassi. O divisor radiográfico possibilita melhor aproveitamento do filme, tanto no sentido longitudinal (L) como no sentido transversal (T).</p>
 A photograph of three Lumax intensifying screens, which are white rectangular sheets with small blue labels, used to enhance X-ray images.	<p style="text-align: center;"><b><u>ECRANS INTENSIFICADORES BASE VERDE</u></b></p> <p>Com base no fósforo e com técnicas avançadas de recobrimento, o écran LUMAX possui uma regularidade superior entre a velocidade e resolução, proporcionando uma ótima qualidade de imagem. Devido ao revestimento de poliéster o écran LUMAX elimina a carga estática, tem maior flexibilidade e maior duração. Compatível com todos os filmes disponíveis no mercado.</p>
 A photograph of a metal thickness gauge, a long, thin metal strip used for measuring the thickness of materials.	<p style="text-align: center;"><b><u>ESPESSÔMETRO</u></b></p> <p>Em alumínio polido ou aço inoxidável, permite nítida observação de medidas até 16 polegadas ou 40cm.</p>
 A photograph of a patient support belt and a urographic compressor. The belt is made of dark material with Velcro closures. The compressor consists of two black balloons connected by a red tube.	<p style="text-align: center;"><b><u>FAIXA DE PACIENTE E COMPRESSOR UROGRÁFICO</u></b></p> <p>Faixa de paciente em lona crua maleável e fechamento regulável em velcro. Compressor urográfico com insuflação simultânea em dois balões.</p>

**FAIXA DE COMPRESSÃO**

Faixa de compressão para urografia de mesa, estrutura adaptável a qualquer mesa de exames. Faixa em lona crua maleável, estrutura com acabamento em alumínio.

**GONIÔMETRO**

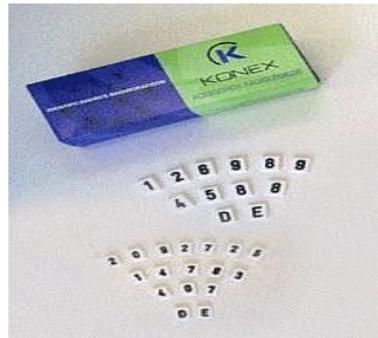
Em alumínio com dupla angulação, escala 0° a 180° e 180° a 360° e haste alongada com 30 cm.

**GUILHOTINAS**

Guilhotinas radiográficas para corte do filme no tamanho desejado. Base de apoio com medidas em centímetros e milímetros, facilitando a utilização.

**HISTEROSALPINGÓGRAFO**

Conjunto para histerosalpingografia em latão cromado, com 3 pontas cônicas de nylon e 1 ponteira de silicone, suporte e caixa de esterilização em aço inoxidável.

**NÚMEROS DE CHUMBO**

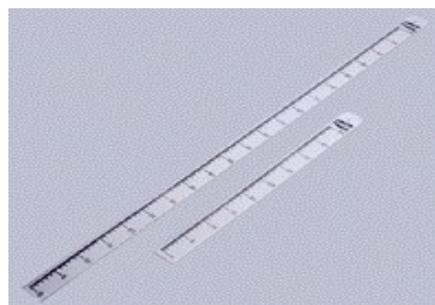
Com base em PVC, contendo 5 (cinco) algarismos de cada, mais a letra "D" (direita) e a letra "E" (esquerda). Acompanha um trilho metálico para composição do código. Fornecido em três tamanhos: 06, 08 ou 10mm de altura ou especial.

**PINÇA DE 4 GARRAS**

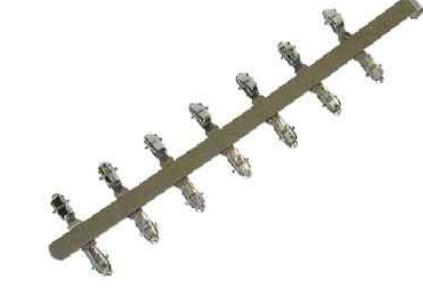
Pinças de quatro garras para uretrocistografia em latão cromado. Acompanha caixa de esterilização aço inoxidável.

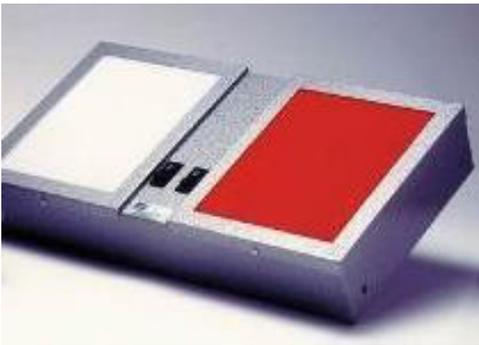
**PINÇA DE KNUTSEN**

Pinças de Knutsen para uretrocistografia com duas garras em latão cromado. Acompanha caixa de esterilização aço inoxidável.

**RÉGUA ESCANOGRÁFICA**

Em acrílico, preenchida com chumbo, espessura 1,5mm.

	<p style="text-align: center;"><b><u>SUORTE PARA TELERADIOGRAFIA</u></b></p> <p>Em aço tratado e pintado, deslizamento longitudinal com encaixe do chassi. Fixo na parede através de parafusos ou móvel com base de sustentação.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>TERMÔMETROS E RELÓGIOS</u></b></p> <p>Relógio para câmara escura 60 minutos com alarme e termômetro flutuante revestido em plástico, para utilização no tanque de revelação.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>DÍSTICOS RADIOGRÁFICOS</u></b></p> <p>Dísticos com base em PVC com 06, 08 ou 10 mm de altura, para mamografia, padrão ou especial.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>COLGADURAS</u></b></p> <p>Colgadura tipo americana em aço inox, qualquer tamanho.</p>
	<p style="text-align: center;"><b><u>EXAUSTOR</u></b></p> <p>Exaustor para câmara escura construída em chapa de aço tratado e pintado, totalmente à prova de luz, com motor de 1280rpm, dimensões 30x30x45cm, disponível em 110 v ou 220 v.</p>

	<p style="text-align: center;"><b><u>Identificador radiográfico</u></b></p> <p>Identificador radiográfico eletrônico, para ser utilizado na câmara escura, identifica o filme através de fichas. Possui controle do nível de exposição. Disponível em 110 v ou 220 v.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LANTERNA DE SEGURANÇA (Dupla)</b></p> <p>Lanterna de segurança dupla para câmara escura, com filtro vermelho e tela branca para ser utilizada como negatoscópio. Possui dispositivo de segurança que evita o acendimento da luz branca quando a luz vermelha estiver acesa. Construída em aço tratado e pintado, disponível em 110 v ou 220 v.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>LANTERNA REDONDA</b></p> <p>Lanterna de segurança redonda ajustável com filtro vermelho, construída com chapa de aço tratado e pintado, interruptor externo para acendimento de lâmpada de 5 w, disponível em 110 v ou 220 v.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Passa chassi</b></p> <p>Passa-chassis de 04 portas construído em chapa de aço inoxidável, para ser embutido na parede entre a câmara escura e a sala de raios-x, permite a abertura de apenas uma das portas de cada vez. Com forração interna, permite a passagem de chassi de até 35x43cm. Dimensões: altura 60 cm; largura 47 cm; comprimento 45 cm (chassi não incluso).</p>

	<p><b>Processadora manual</b></p> <p>Processadora manual para filmes de raios-x, montada em estrutura monobloco de alumínio, contendo: tanque 20/40/20litros em aço inoxidável, com sistema de circulação por cascata e parte hidráulica completa, secador para até 12 colgaduras, identificador radiográfico eletrônico, arquivo para filmes ou chassis e bandeja pingadeira. alimentação 220v. dimensões: altura 100cm; largura 50cm; comprimento 145cm.</p>
	<p><b>Relógio para câmara escura</b></p> <p>Relógio para câmara escura, permite marcar o tempo de revelação, com capacidade para 60 minutos e alarme.</p>
	<p><b>Secador radiográfico</b></p> <p>Secador radiográfico construído em chapa de aço tratado e pintado com tinta epóxi, permite a secagem através de ar quente ou ar frio de até 12 colgaduras de cada vez. alimentação 220v. dimensões - altura: 1070mm; largura: 550mm; prof.: 535mm.</p>
	<p><b>Suporte para colgaduras</b></p> <p>Suporte para colgaduras secas construído em aço inoxidável para ser fixado na parede (colgaduras não inclusas).</p>
	<p><b>Tanque de revelação</b></p> <p>Tanque de revelação em aço inoxidável com capacidade de 06 litros para revelador, 20 litros para água e 06 litros para fixador, com sistema de circulação por cascata e parte hidráulica completa.</p>

	<p style="text-align: center;"><b>Sensitometro</b></p> <p>O sensitômetro x-rite modelo 396 é um sensitômetro de exposição monoface, bicolor, que funciona com baterias e é projetado para o controle de qualidade de sistemas de revelação de filmes radiográficos.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>DENSITOMETRO</b></p> <p>O densitômetro x-rite modelo 331 é um instrumento para medir densidade óptica em filmes radiográficos, portátil ideal para uso em laboratórios e medidas em campo. funciona a bateria recarregável e também com adaptador ac para ligar diretamente na tomada.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Negatoscópio de 01 corpo de mesa</b></p> <p>Negatoscópio de 01 corpo de mesa, contruído em chapa de aço tratado e pintado na cor cinza martelado, parte frontal em acrílico translúcido branco leitoso, iluminação através de 01 lâmpada de 32w.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Negatoscópio de 02 corpos simples</b></p> <p>Negatoscópio de 02 corpos, modelo simples, construído com chapa de aço, pintado nas cores cinza, branco, bege ou preto. parte frontal em acrílico translúcido branco leitoso, iluminação através de duas lâmpadas fluorescentes circulares.</p>
	<p style="text-align: center;"><b>Avental p/ prot. órgãos genitais 30x30cm 0.50mmpb</b></p> <p>Avental para proteção dos órgãos genitais, tamanho 30x30cm, para paciente (infantil), confeccionado em borracha plumbífera flexível com equivalência em chumbo de 0,50mm, acabamento em nylon lavável.</p>

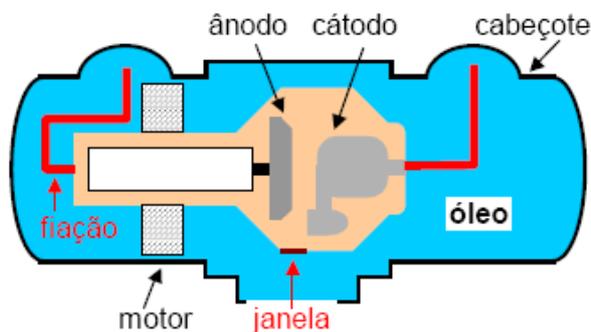
	<p><b>Avental p/paciente adulto 0,25mmpb (padrão)</b></p> <p>Avental odontológico para proteção do paciente, confeccionado em borracha plumbífera flexível com equivalência em chumbo de 0,25mm, acabamento em nylon lavável, fechamento em velcro, dimensões 100x60cm.</p>
	<p><b>Avental padrão 0,25mmpb 100x60cm</b></p> <p>Avental padrão 100x60cm, para proteção do paciente, sem proteção nas costas, equivalência em chumbo de 0,25mm, acabamento em nylon impermeável.</p>
	<p><b>Óculos de proteção frontal e lateral 0,75mmpb</b></p> <p>Óculos de proteção frontal e lateral fabricado com armação de acrílico e lentes de vidro plumbífero com equivalência de 0,75mm de chumbo.</p>
	<p><b>Protetor de tireóide adulto 0,50mmpb</b></p> <p>Protetor de tireóide confeccionado em borracha plumbífera flexível com equivalência em chumbo de 0,50mm, acabamento em nylon lavável.</p>
	<p><b>Avental padrão 0,50mmpb normatizado c/ca 110x60cm</b></p> <p>Avental padrão 110x60cm para profissional, com proteção na frente de 0,50mmpb e com proteção nos ombros de 0,25mmpb. acabamento em nylon impermeável.</p>

	<p><b>Luva plumbífera tipo escudo 0,50mmpb c/Ca</b></p> <p>Luva tipo escudo, confeccionada em borracha plumbífera flexível com equivalência em chumbo de 0,50mm, acabamento em nylon lavável, tamanho padronizado.</p>
	<p><b>Biombo curvo 1800x800x1mm com visor</b></p> <p>Biombo de proteção curvo de 1mm, construído em chapa de aço tratado e pintado, com visor de vidro plumbífero tamanho 7,5x13,0cm, montado sobre rodízios. dimensões: largura - 80cm; altura: 180cm</p>
	<p><b>Biombo reto 1800x800x2mm com visor</b></p> <p>Biombo de proteção plumbífera reto de 2mm, construído com estrutura de alumínio e acabamento em eucaplac, com visor de vidro plumbífero de 7,5x13,0cm, montado sobre rodízios. dimensões: altura - 180cm; largura: 80cm.</p>
	<p><b>Massa baritada prot-bar (kg)</b></p>
	<p><b>Dísticos para mamografia – tipo 1</b></p> <p>Jogo de dísticos para mamografia.</p>

	<p><b>Dísticos para mamografia – tipo 2</b> Jogo de dísticos para mamografia.</p>
<p><b>MEDIO LATERAL D</b> <b>MEDIO LATERAL E</b> <b>CRANIO CAUDAL D</b> <b>CRANIO CAUDAL E</b></p>	<p><b>Dísticos para Mamografia – tipo 3</b></p>
	<p><b>Lupa 100mm com cabo plástico</b></p>
	<p><b>Processadora Convencional</b></p>
	<p><b>Reveladora odontológica manual</b></p>

**Processadora Automática para Filmes Odontológicos**

Revela todos os tamanhos de películas periapicais, oclusais, panorâmicas e cefalométricas até 24x30cm.



Para entender-se melhor a estrutura de um equipamento radiográfico, se faz necessário revisar o processo de geração dos raios X. Um feixe de elétrons acelerados bombardeando um alvo, de material com elevado número atômico, é a chave na produção de radiação. Para serem acelerados, os elétrons necessitam de uma grande diferença de potencial, que é fornecida por um gerador ou fonte de alta tensão, através de dois eletrodos. Tem-se, então, um canhão de elétrons que os lança a partir de um eletrodo contra o outro.

O choque entre elétrons e alvo faz com que ocorra a ionização do material bombardeado, a partir das camadas K e L da eletrosfera de seus átomos. Ocorre, então, a reocupação dos espaços deixados nestas camadas (K e L) pelos elétrons de camadas mais energéticas, com liberação de energia eletromagnética de alta frequência e grande poder de penetração: os raios X.

Basicamente, há dois processos de produção de radiação, baseados na interação dos elétrons com o alvo, a saber: radiação de freamento ou *Bremstrahlung* e radiação característica. Independente de suas características peculiares, ambas as radiações são produzidas pelos mesmos elementos, o elétron acelerado de alta energia e o alvo de metal pesado. Portanto, podemos concluir que o aparelho de emissão de raios X é um equipamento que necessita ter um dispositivo com capacidade de acelerar elétrons e de dirigi-los para o choque com um alvo.

Por fim, devemos lembrar que a produção de raios X é omnidirecional, ou seja, a emissão dos fótons após o choque do elétron com o alvo ocorrerá em todas as direções. Logo, há a necessidade de se providenciar para que a radiação produzida possa ser direcionada para o paciente a fim de produzir a imagem. Por outro lado, a radiação não direcionada ao paciente deve ser contida tanto quanto o necessário para proteção dos pacientes e técnicos.

**Excitação**

Neste tipo de interação os elétrons que chega ao anodo interagem com um elétron de um átomo de tungstênio de alvo, fazendo com que elétron salte para uma camada mais externa. O átomo excitado por um período de tempo muito, pois rapidamente o buraco deixado pela excitação é preenchido por outro elétron que salta de uma camada mais externa. Quando ocorre este salto de elétrons de camadas mais externa para camadas mais externas do átomo há emissão de energia na forma de calor, não produção de raios X.

**Ionização (radiação características)**

Quando a energia dos elétrons é suficientes elevada, eles podem interagir com os elétrons orbitais dos átomos do alvo. A energia dos elétrons pode promovê-los a níveis de energias mais alta, resultante em excitação do átomo, se a energia for transferida a um dos elétrons orbitais forem suficientemente altos, os elétrons poderá ser arrancado do átomo, produzindo uma ionização. Os elétrons tendem a ocupar os buracos deixados, resultando na emissão de raios-x características do alvo. Esta radiação é chamada características, porque os valores são discretos e característicos de cada elemento. Para voltagem aplicadas entre 80 e 150Kvp, podemos dizer que a radiação características contribui com aproximadamente 10% do total dos raios-x produzidos, e para voltagem aplicadas maiores.

A colisão entre o elétron incidente e o elétron orbital do alvo. O elétron orbital ejetado cria um buraco, após o preenchimento com raios-x característicos.

**Radiação por freamento (Bremsstrahlung)**

O mecanismo de transferência de energia dos elétrons acelerados em direção do alvo consiste na interação inelástica entre os elétrons e os núcleos dos átomos do alvo. Os elétrons são desacelerados e defletidos ao chegarem às proximidades do núcleo, neste processo liberam-se os raios-x de freamento.

A energia desses raios-x varia continuamente, desde zero a energia máxima do elétron, deste modo, a energia do fótons esta limitada apenas pela energia do elétron que pode atingir vários milhões de eletronsvolts, como consequência , o poder de penetração dos fótons de freamento (Bremsstrahlung) pode ser muito maior que o poder de penetração dos raios-x característicos.

Os elétrons passam bem próximo ao núcleo do alvo e sofre desvio de sua trajetória.

### Produção de Calor

A maior parte da energia cinética dos elétrons é convertida em calor através de múltiplas colisões com os elétrons dos átomos do alvo, após várias interações (ionização), gerada uma cascata de elétrons de baixa energia. Estes elétrons não possuem energia suficiente para prosseguir ionizando os átomos do alvo, mas conseguem excitar os elétrons das camadas mais externas, os quais retornam ao seu estado normal de energia emitindo radiação infravermelha. Cerca de 99% da energia cinética dos elétrons incidentes é transformada em calor e cerca de 1% produz radiação.

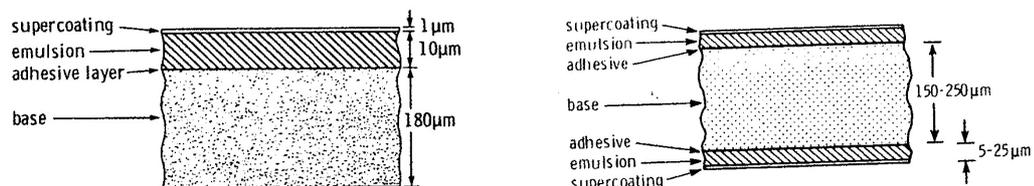
A produção do calor do anodo no tubo de raios-X aumenta com o aumento da corrente (mAs) no tubo, mas a eficiência na produção de raios-X independe da corrente no tubo, aumentando com energia (kV) do elétron projétil. Para 60kV, somente 0,5% da energia cinética do elétron produz raios-X.

### FORMAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA IMAGEM RADIOGRÁFICA

#### Filme Radiográfico:

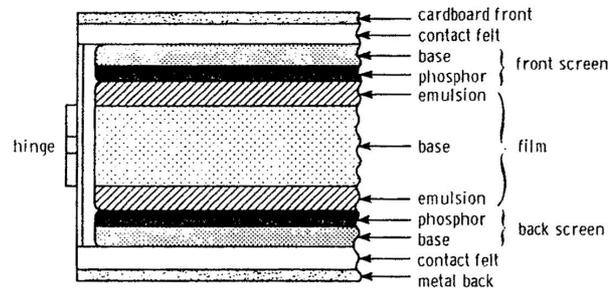
O filme radiográfico é um conversor de imagem. Converte luz em diversos tons de cinza. A quantidade de exposição necessária para produzir uma imagem depende da sensibilidade ou velocidade do filme. A velocidade é escolhida tendo-se em mente dois fatores importantes: exposição do paciente e qualidade da imagem. O filme de alta velocidade reduz a dose no paciente, mas, por outro lado degrada a qualidade da imagem.

A estrutura básica de um filme radiográfico pode ser vista na figura abaixo. É composto de base, emulsão e camada protetora.



A base é feita geralmente de material plástico transparente (em geral de poliéster) ou acetato de celulose e serve para dar suporte à emulsão. A emulsão é a parte principal do filme. Consiste de uma mistura homogênea de gelatina e sais (brometo de prata).

Atualmente o método mais usado para a obtenção de imagens em radiografia convencional é fazendo uso do sistema tela-filme. Um arranjo experimental deste sistema pode ser visto na figura abaixo.

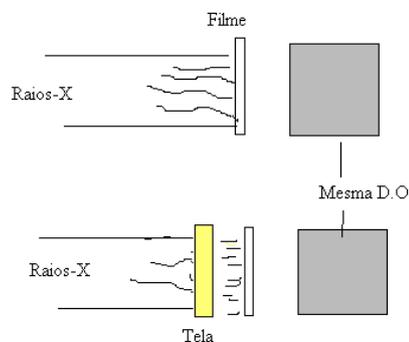


Esquema do conjunto tela-filme

### Telas Intensificadoras:

As telas intensificadoras também são chamadas de *écrans* (origem francesa da palavra tela). As telas intensificadoras são constituídas por 3 camadas : a base, geralmente de plástico, serve de suporte; a camada fluorescente, que consiste de oxissulfetos de terras raras e uma camada final cuja função é proteger o material fluorescente. Este material fluorescente tem a propriedade de emitir luz quando irradiado por um feixe de raios X. É esta luz que vai impressionar o filme radiográfico. Apenas cerca de 5 % da imagem será formada pela ação direta dos raios X 95 % será formada pela ação da luz proveniente das telas intensificadoras. Daí resulta seu alto rendimento.

A tela é um conversor de energia. O filme radiográfico é muito mais sensível à luz do que aos raios X, conseqüentemente o uso da tela possibilita uma substancial redução do tempo de exposição o que acarreta uma diminuição da dose transmitida ao paciente (cerca de 100 vezes).



Obtenção da mesma DO com e sem tela intensificadora.

**Processamento Radiográfico**

A revelação do filme radiográfico é basicamente uma reação química. Como toda reação química ela é regida por três características físicas: tempo, temperatura e concentração. As etapas básicas na obtenção da imagem são:

- Formação da imagem latente
- Revelação
- Fixação da imagem

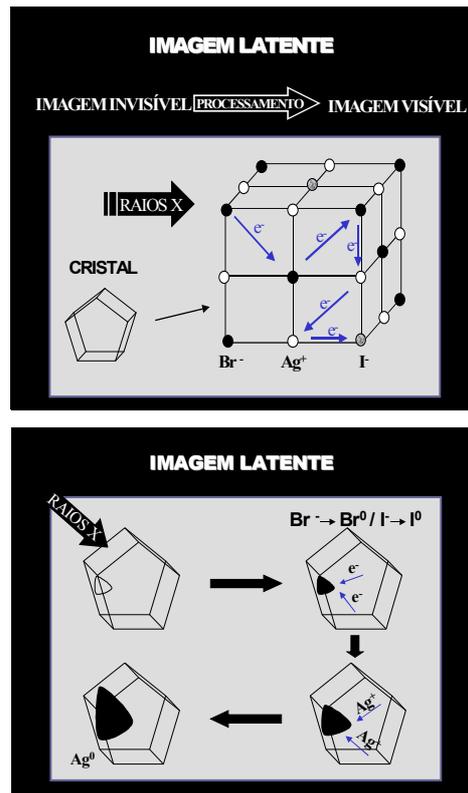
PASSOS	OBJETIVO	TEMPO
REVELAÇÃO	Iniciar o ataque químico aos haletos de prata da emulsão	5 min
BANHO	Interromper a revelação e remover o excesso de revelador da emulsão	30 Seg
FIXAÇÃO	Remover os haletos de prata da emulsão	15 min
LAVAGEM	Remover o fixador da emulsão	20 min
SECAGEM	Remover a água e preparar a radiografia para uso	30 min

Seqüência de eventos no caso de processamento manual.

A prata metálica tem coloração negra e é responsável pelas áreas escuras que podem ser visualizadas em um filme processado. Neste texto será explicado como os cristais expostos de brometo e iodeto de prata (presentes na emulsão do filme) levam à formação da prata atômica. A energia proveniente dos fótons de raios-x (exposição direta) ou luz (no caso dos chassis com ecrans) fornece aos elétrons dos íons brometo e iodeto energia suficiente para que eles escapem. Estes íons se transformam desta forma, em átomos eletricamente neutros, deixam o cristal e são absorvidos pela gelatina presente na emulsão. Os elétrons liberados, por sua vez, movimentam-se no interior do cristal até encontrarem uma região de imperfeição em sua estrutura, onde serão aprisionados. Esta imperfeição corresponde a uma irregularidade provocada pelo deslocamento dos íons prata ou pode ser artificialmente produzida pelo fabricante de filmes, através da adição de AgS (sulfeto de prata).

O aprisionamento dos elétrons leva à formação de um sítio de sensibilidade no interior do cristal. Sendo eletricamente carregada, esta região passa a atrair os íons de prata e a formar, conseqüentemente, o átomo de prata. Novos átomos são formados e este acúmulo de átomos de prata passa

a ser denominado de centro de imagem latente. Um mesmo cristal pode apresentar vários destes centros e são nestes locais que quantidades visíveis de prata metálica serão depositadas durante a revelação. Pelo menos dois átomos de prata devem estar presentes em um centro de imagem latente para que um cristal seja capaz de ser revelado. Quanto mais centros de imagem latente estiverem presentes, maior a probabilidade de os cristais serem revelados.



O revelador converte os cristais com os centros de imagem latente em grânulos metálicos de prata sólidos, negros e que podem ser visualizados. O fixador, por outro lado, remove os cristais halogenados de prata não expostos ou subrevelados, tornando o filme claro nas áreas onde não houve exposição.

Os elétrons das soluções reveladoras são conduzidos para o interior dos cristais halogenados de prata e reduzem (adicionam um elétron) os íons prata dos cristais expostos à prata metálica negra ( $Ag^+ + e^- = Ag^0$ ). O cristal inteiro é revelado, mas o processo é iniciado no centro de imagem latente, porque se acredita que a função dos átomos de prata presentes neste centro seja acelerar a redução dos íons prata pela solução reveladora. A prata presente em um cristal que não possui centro de imagem latente pode ser reduzida pelo revelador, porém muito vagarosamente e, como é do

conhecimento de todos, o tempo é fundamental no processamento radiográfico.

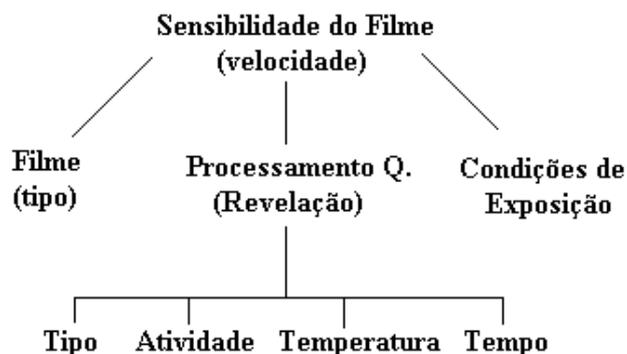
Quando um filme exposto é revelado, o revelador inicialmente não tem efeito visível. Após esta fase inicial, observa-se um aumento da densidade, rapidamente no começo e depois mais lentamente. Todos os cristais expostos são revelados (reduzidos à prata metálica negra) e posteriormente os cristais não expostos também são reduzidos. A revelação destes últimos origina o velamento químico do filme radiográfico. Entretanto, é preciso salientar que filmes muito escuros normalmente são resultantes de uma superexposição e não de uma superrevelação. Isto ocorre porque filmes superexpostos possuem centros de imagem latente mais amplos e mais eficazes, o que explica o fato de tais filmes adquirirem densidade aceitável em um período de tempo mais curto. Não se deve deixar de mencionar, no entanto, que a superexposição leva a um aumento desnecessário da dose de radiação recebida pelo paciente.

Uma solução reveladora contém cinco elementos, sendo todos dissolvidos em água: redutor, ativador, restringente, preservativo e endurecedor.

<b>REVELADOR</b>	
<b>Químico</b>	<b>Ação</b>
Hidroquinona	Redutor Lento
Elon (metol)	Redutor Rápido
Carbonato de Sódio	Alcalinizante
Brometo de Potássio	Restringente
Sulfito de Sódio	Anti Oxidante
Glutaraldeído	Endurecedor
Água destilada	Veículo

FIXADOR	
Químico	Ação
Tiosulfato de Sódio	Solvente de Prata
Tiosulfato de Amônio	Solvente de Prata
Alúmem de Potássio	Endurecedor
Cloreto de Alumínio	Endurecedor
Alúmen de Cloro	Anti Oxidante
Ácido Acético	Acidificante

A sensibilidade de um filme radiográfico depende de vários fatores. Esses fatores estão exemplificados na figura abaixo.



Esquema da sensibilidade de um filme radiográfico aos diversos fatores.

### **FORMAÇÃO E ARMAZENAMENTO DA IMAGEM RADIOGRÁFICA**

A qualidade da imagem radiográfica refere-se à precisão na representação das estruturas anatômicas. Uma imagem que reproduz com fidelidade a anatomia da região radiografada é considerada uma imagem de alta qualidade. Por outro lado, quando é difícil para os olhos humanos interpretarem uma certa imagem, diz-se que sua qualidade é baixa.

Quando falamos em qualidade da imagem radiográfica devemos lembrar dos seguintes fatores:

- Densidade
- Contraste
- Resolução

- Detalhe
- Nitidez ou Definição
- Ampliação ou Magnificação
- Distorção
- Velamento

Uma radiografia ideal para o diagnóstico é aquela que possui:

- Densidade média
- Contraste Médio
- Detalhe acentuado
- Grande nitidez

### **DENSIDADE**

Refere-se aos diferentes graus de escurecimento do filme radiográfico. Podemos definir densidade como a quantitativação da prata negra metálica presente na película radiográfica após o processamento.

A densidade radiográfica varia de acordo com os seguintes fatores:

#### **Miliamperagem por segundo**

A densidade é diretamente proporcional à miliamperagem e ao tempo de exposição. Estes dois últimos fatores são considerados um fator único denominado mAs. Quanto maior o mAs, mais fótons de raios x atingirão o filme e mais prata metálica será depositada em sua emulsão. Este é o principal fator energético relacionado à densidade radiográfica.

#### **Quilovoltagem**

A quilovoltagem é chamada de “poder de penetração dos raios x” e também influencia a densidade, apesar de a miliamperagem estar mais diretamente ligada à mesma. Quando é preciso utilizar um tempo de exposição muito pequeno, por exemplo, quando o paciente não consegue parar de se movimentar, é melhor alterar a densidade através do KV que do mAs. Aumentando-se a quilovoltagem, o grau de escurecimento da radiografia também aumentará desde que todos os outros fatores sejam mantidos constantes.

#### **Distância foco/filme**

Quanto menor a distância foco/filme, maior a quantidade de raios x que chegarão ao mesmo, originando, portanto, uma maior densidade. A densidade é inversamente proporcional ao quadrado da distância foco/filme.

Portanto, dobrando-se a distância, reduz-se a densidade em um quarto. Diminuindo-se a distância pela metade, aumenta-se quatro vezes a densidade.

### **Natureza do objeto**

Quanto maior o número atômico, a espessura e a densidade física do objeto, maior será sua capacidade de absorver os fótons de raios x. As imagens formadas serão radiopacas, possuindo, portanto, baixa densidade radiográfica.

### **Processamento**

Possíveis causas de aumento da densidade radiográfica (radiografias muito escuras):

- Superrevelação em decorrência de: Tempo excessivo na solução reveladora;
- Solução reveladora muito quente;
- Solução reveladora muito concentrada.

Possíveis causas de diminuição da densidade radiográfica (radiografias muito claras):

- Subrevelação em decorrência de: Pouco tempo na solução reveladora;
- Solução reveladora muito fria;
- Solução reveladora com exaustão; Revelador contaminado com fixador.

### **Filme**

Está na dependência do fabricante e seu poder de resolução depende do tamanho dos cristais halogenados de prata. Devem ser observados dois fatores:

- Tamanho da granulação;
- Dupla emulsão.

A finalidade do uso de filmes com cristais maiores é a diminuição do tempo de exposição do paciente. O uso da dupla emulsão torna o filme mais sensível e também reduz o tempo de exposição do paciente. Deve-se tomar muito cuidado, porém, com a superexposição (aumenta a densidade radiográfica).

**Grades antidifusoras**

As grades antidifusoras são utilizadas para diminuir a quantidade de radiações secundárias que atingem o filme. Elas consistem de uma série de lâminas de chumbo separadas por material de baixa densidade física. Seu uso requer um aumento do mAs para que a densidade seja mantida constante.

**Ecrans**

Ecrans muito sensíveis ou rápidos requerem menos mAs para causar uma alteração de densidade na radiografia.

**Fog ou Véu**

O fog ou véu é causado pela radiação secundária e representa um escurecimento (aumento de densidade indesejável) da radiografia. Aumenta a densidade e reduz o contraste de uma radiografia, podendo prejudicar a realização do diagnóstico.

**CONTRASTE**

Contraste da radiografia – corresponde às diferenças de densidade entre as diversas partes da radiografia. Refere-se aos diferentes tons de preto, branco e cinza visualizados em uma radiografia.

**Todos os fatores que influenciam a densidade também têm efeito sobre o contraste, com exceção da miliamperagem e da distância foco/filme.**

**Quilovoltagem**

É o principal fator que controla o contraste radiográfico. Quando se aumenta o KV, produz-se uma imagem com mais tons de cinza, ou seja, com escala de cinza longa. Por outro lado, a diferença entre os tons de preto e os tons de branco é menor, sendo, portanto, menor o contraste. Observe o resumo abaixo:

Alto KV – pouco contraste – escala de cinza longa

Baixo KV – alto contraste – escala de cinza curta

Quando a quilovoltagem é alta, a penetração dos fótons de raios x nos tecidos é maior, o que resulta em uma menor diferença de densidade nas áreas adjacentes da imagem radiográfica (muitos tons de cinza ou escala de cinza longa). Por outro lado, quando a quilovoltagem é baixa, o poder de penetração dos fótons de raios x é pequeno, o que faz com que áreas adjacentes na radiografia tenham uma grande diferença de densidade

(algumas áreas muito escuras e outras muito claras, com poucos tons de cinza), originando uma escala de cinza curta.

Ao se alterar o contraste de uma radiografia, altera-se também sua densidade, pois não se pode esquecer que a quilovoltagem também influencia a densidade. Quanto maior o KV, mais rápido os elétrons atingirão o alvo e, portanto, mais fótons de raios x serão formados. Desta forma, a densidade radiográfica aumentará.

O contraste, por outro lado, não é influenciado pela miliamperagem. Se o mA é aumentado, deve-se diminuir o KV para que a mesma densidade seja mantida (mas o contraste aumentará). Contudo, a densidade pode ser alterada sem que o contraste seja mudado. Como isto pode ser feito? Sabe-se que o principal fator que controla a densidade é o mAs, embora este não tenha influências sobre o contraste. Portanto, uma alteração do mAs alterará a densidade de uma radiografia, sem influenciar seu contraste.

Exemplo: Se duas radiografias de uma mesma região são obtidas com mAs diferentes, uma será escura (alto mAs) e a outra clara (baixo mAs). O contraste permanecerá o mesmo, uma vez que foi alterado o grau de escurecimento geral da radiografia (densidade) e não a diferença entre seus tons de preto e branco (contraste).

### **Fog ou Véu**

O fog ou véu é causado pela radiação secundária e representa um escurecimento (aumento de densidade indesejável) da radiografia. Aumenta a densidade e reduz o contraste de uma radiografia, podendo prejudicar a realização do diagnóstico.

Possíveis causas de um contraste radiográfico inadequado:

- Erros no processamento: sub-revelação (imagem muito clara), super-revelação (imagem muito escura), contaminação do revelador com o fixador, solução fixadora com exaustão – BAIXO CONTRASTE
- Velamento em decorrência de condições de estocagem insatisfatória, filmes usados depois de expirada a data de validade, chassis defeituosos que permitem a entrada de luz, falhas na câmara escura e processamento – BAIXO CONTRASTE

---

## RESOLUÇÃO

A resolução é a habilidade de se distinguir objetos. Uma imagem com alta resolução permite a diferenciação de objetos extremamente pequenos. A resolução geralmente é medida ou descrita em pares de linha por centímetro (ou milímetro). Um par de linhas por centímetro geralmente representa uma linha radiopaca e uma linha radiolúcida adjacente.

## DETALHE

Quando nos referimos à resolução, comumente utilizamos o termo detalhe.

Detalhe representa a perfeita identificação das estruturas de uma radiografia. Seria a propriedade que permite individualizar uma estrutura daquelas que a rodeiam.

## DEFINIÇÃO OU NITIDEZ

Definição ou nitidez, por sua vez, representam uma estrutura bem delimitada, ou seja, significam uma boa visualização do contorno de uma região anatômica.

Possíveis causas de falta de nitidez e borramento da imagem:

- Movimento do paciente durante a exposição;
- Falta de contato entre os filmes e os ecrans dentro dos chassis (se existir um espaço entre eles, por menor que seja, a luz emitida pelo ecran sofre divergência e borra a imagem).
- Sensibilidade dos ecrans: aqueles que são mais sensíveis (rápidos) causam perda de nitidez e detalhe da imagem;
- Superexposição, pois causa velamento das bordas do objeto radiografado.

A penumbra e a magnificação ou ampliação também causam falta de nitidez da imagem radiográfica.

## MAGNIFICAÇÃO OU AMPLIAÇÃO

Todas as imagens de uma radiografia são maiores que o tamanho real do objeto. A magnificação refere-se, portanto, à alteração do tamanho do objeto na imagem, mantendo-se sua forma.

---

**DISTORÇÃO**

A distorção corresponde a uma magnificação desigual de diferentes partes de um mesmo objeto. Refere-se às alterações na forma e tamanho do mesmo. O mau posicionamento do paciente e seu movimento durante a exposição causam distorção da imagem radiográfica.

**VÉU, FOG OU VELAMENTO**

O velamento corresponde a uma densidade extra, indesejável, sobreposta à densidade de uma película. A grande produtora desta densidade indesejável é a radiação secundária. Para minimizá-la são utilizadas as grades anti-difusoras. Estas permitem somente a passagem dos raios menos divergentes, sendo que a radiação dispersa e divergente é absorvida pelas lâminas de chumbo.

Outras possíveis causas de velamento são:

- Condições de estocagem insatisfatórias, permitindo exposição à radiação espalhada e à altas temperaturas;
- Filmes velhos, ou seja, usados depois de expirada a data de validade;
- Chassis defeituosos, permitindo a entrada de luz;
- Entrada de luz na câmara escura;
- Falha na luz de segurança;