

# Radiografia industrial

## Introdução

**S**e você já teve algum tipo de fratura óssea ou pegou uma gripe mais forte, certamente o médico deve ter solicitado uma radiografia da área afetada, para fazer um diagnóstico do seu problema.

Realizada a radiografia, é provável que você tenha observado, junto com o médico, o resultado, apresentado numa chapa radiográfica semelhante ao negativo de uma fotografia.

Pelas diferenças de tonalidade na chapa, ele percebeu várias coisas e até comentou com você, que deve ter ficado meio desconfiado, pois não viu quase nada ou... nada do que ele apontou.

É, a interpretação da radiografia requer conhecimento especializado e prática!

Na indústria, usa-se o mesmo tipo de exame, com o mesmo produto final para análise – a chapa radiográfica – para detectar discontinuidades em materiais. É a **radiografia industrial**, mais um tipo de ensaio não destrutivo que você vai começar a estudar nesta aula.

Mas há um aspecto muito importante: a radiografia industrial trabalha com doses de radiação cerca de dez vezes maiores que as usuais nos ensaios de radiografia clínica! Por aí você já pode imaginar que a segurança é um dos fatores fundamentais na realização deste ensaio.

Só pode agir com segurança quem conhece o assunto. Por isso, vamos começar pelo estudo de alguns conceitos básicos, necessários à compreensão dos ensaios por radiografia, como: em que consiste este ensaio e qual a sua importância; como surgiu; quais os tipos de radiação utilizados, suas características e modos de obtenção.

## Nossa aula

### Ensaio por radiografia

Na radiografia industrial, utilizamos o mesmo princípio da radiografia clínica.

Coloca-se o material a ser ensaiado entre uma fonte emissora de radiação e um filme.

Uma parte dos raios emitidos é absorvida pelo material e a outra parte irá atravessá-lo, sensibilizando o filme e produzindo nele uma imagem do material ensaiado.

Após a revelação, temos uma chapa radiográfica para ser analisada e interpretada por um técnico especializado.

### Por que radiografar?

Imagine as seguintes situações:

- um gasoduto transportando gás combustível a alta pressão entre refinarias, ou mesmo entre equipamentos dentro da refinaria;
- uma caldeira fornecendo vapor a alta pressão em uma indústria ou hospital.

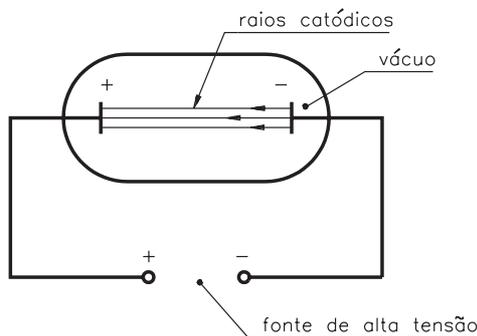
Estes produtos simplesmente não podem falhar e, portanto, não podem ter defeitos!

Mas a construção dos gasodutos, caldeiras, oleodutos etc. é feita basicamente com chapas de aço e solda.

Se uma solda não estiver adequada, não suportará a pressão e apresentará vazamentos, podendo provocar acidentes com conseqüências terríveis. A explosão de uma caldeira, por exemplo, pode fazer desaparecer o prédio onde ela está instalada e tudo mais que estiver na vizinhança.

Para evitar acidentes, precisamos ter certeza de que não há defeitos nesses produtos. Por isso, realizamos os ensaios não destrutivos. Nos casos citados, a radiografia é bastante utilizada - os cordões de solda são totalmente radiografados.

### Tudo começou por acaso...



esquema de geração de raios catódicos

Em 1895, quando o professor Wilhelm K. Röntgen pesquisava a fluorescência causada por **raios catódicos** numa folha de papel recoberta com uma película de sal de bário, ele acidentalmente esqueceu de retirar uma caixa de papelão preto que protegia a ampola de raios catódicos. Ficou surpreso ao perceber que, mesmo assim, ocorria a fluorescência na película de sal de bário.

**Raios catódicos** – São um feixe de elétrons que partem do cátodo, (pólo negativo), acelerados a alta velocidade por uma fonte externa de alta tensão, em direção a um alvo, o ânodo (pólo positivo).

Röntgen concluiu que algum tipo de raio, desconhecido até então, ultrapassava a caixa de papelão atingindo o papel. Ou seja, além dos raios catódicos, a ampola emitia outro tipo de raio. Por ser um raio desconhecido, Röntgen resolveu chamá-lo de **raio X**.

A descoberta dos raios X foi de grande auxílio para diversas pesquisas. Alguns meses mais tarde, outros cientistas divulgaram suas descobertas.

**Metals pesados** – Metais com grande número atômico.

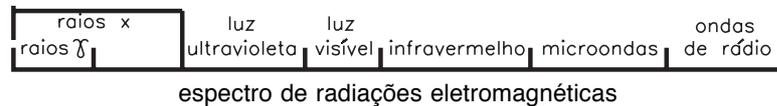
Henri Becquerel, Pierre e Marie Curie constataram a emissão de raios, semelhantes aos raios X, por **metais pesados**, como o urânio, o polônio e o rádio, surgindo daí a denominação **radioatividade**: emissão espontânea de radiação por elementos químicos, naturais ou artificiais. Nos anos que se seguiram, diversos experimentos nucleares levaram à descoberta do raio  $\gamma$  (lê-se gama). Esta descoberta deu origem à **gamagrafia**, inspeção por meio de raios gama.

Nos ensaios por radiografia industrial, utilizamos dois tipos de radiação: o raio X e o raio gama.

### Um pouco de onda

Os raios X e os raios gama, assim como a luz, são formas de radiação eletromagnética de natureza ondulatória, isto é, propagam-se em forma de ondas. Possuem alta frequência e, portanto, pequeno comprimento de onda.

O comprimento de onda desses raios é menor que o da luz visível dos raios ultravioleta e infravermelhos.



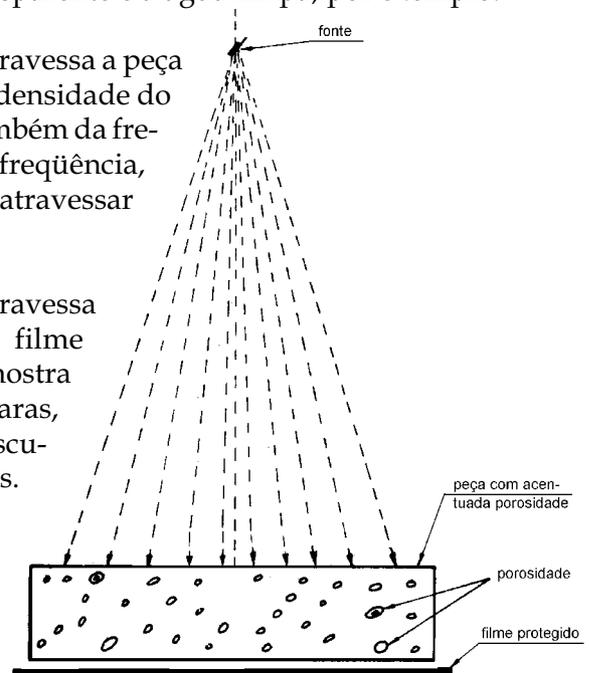
Merece destaque o fato de os raios X e gama poderem atravessar corpos opacos, como metais e concreto, enquanto a luz visível atravessa apenas materiais translúcidos, como o vidro transparente e a água limpa, por exemplo.

A quantidade de radiação que atravessa a peça é variável e depende da espessura e densidade do material naquele ponto. Depende também da frequência de radiação – quanto maior a frequência, maior sua capacidade de penetrar e atravessar os materiais.

Essa variação de radiação que atravessa a peça é captada e registrada em filme radiográfico que, após a revelação, mostra uma imagem da peça com regiões claras, referentes às maiores espessuras, e escuras, referentes às menores espessuras.

As principais propriedades das radiações X e gama são:

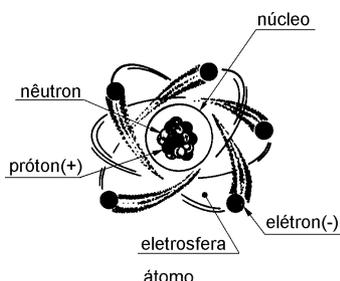
- propagam-se em linha reta, à velocidade da luz (300.000km/s);
- produzem luz em substâncias fluorescentes;
- provocam o escurecimento de filmes fotográficos;



aspecto de um filme radiográfico

- tornam o ar e outros gases condutores de eletricidade;
- são mais absorvidas pelos elementos pesados;
- não são desviadas por campos magnéticos;
- possuem vários comprimentos de onda;
- causam danos às células do corpo humano e modificações genéticas.

## Geração dos raios X



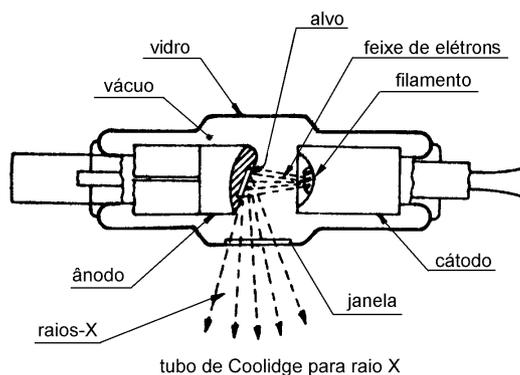
Você deve estar lembrado de que o átomo é constituído do núcleo, com seus prótons e nêutrons, mais a eletrosfera, com seus elétrons.

Os raios X são gerados ao se acelerar, por meio de uma fonte externa de energia, os elétrons de um cátodo. Esses elétrons saem em alta velocidade em direção ao ânodo. Ao colidirem com o ânodo, esses elétrons penetram na eletrosfera do metal do ânodo, causando sua instabilidade, com grande liberação de calor e de ondas eletromagnéticas – **os raios X**.

Um dispositivo usado para gerar raios X é o tubo de Coolidge, que nada mais é do que um tubo de raios catódicos modificado.

Consiste numa ampola de vidro com alto vácuo, que contém um cátodo feito de um filamento aquecido e um ânodo feito de metal duro, com alto ponto de fusão (tungstênio).

As tensões utilizadas na produção de raios X são da ordem de 80.000 a 500.000 Volts (80 a 500 kV).



A intensidade dos raios X é determinada pela corrente elétrica que passa pelo filamento. Quanto maior a intensidade da corrente, maior o aquecimento do filamento e maior o número de elétrons que ele libera.

Devido ao aquecimento causado no alvo (ânodo) pelo bombardeamento de elétrons, é necessário refrigerá-lo por aleta ou por circulação de água.

O poder de penetração dos raios X é tanto maior quanto menor for seu comprimento de onda, que é função da tensão que acelera os elétrons do filamento para o alvo.

## Geração dos raios gama

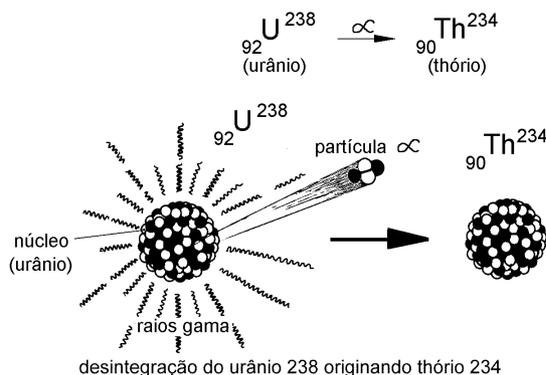
Como já vimos, o núcleo atômico é formado por partículas chamadas prótons e nêutrons. Os elementos químicos são definidos em função do número de prótons presentes no núcleo do átomo.

Entretanto, é possível encontrar átomos do mesmo elemento químico com diferentes quantidades de nêutrons no seu núcleo. Esses elementos são os chamados **isótopos**.

Muitos dos isótopos dos elementos encontrados na natureza são **radioativos**, isto é, emitem **espontaneamente** do núcleo partículas e radiações eletromagnéticas.

O urânio pode apresentar em seu núcleo 92 prótons e 146 nêutrons (o chamado urânio 238 ou U238) – ou 92 prótons e 143 nêutrons (o urânio 235 ou U235). Ele é um exemplo de isótopo radioativo, ou seja, que emite partículas e radiações eletromagnéticas.

As partículas e as radiações eletromagnéticas emitidas pelos isótopos radioativos são de três tipos: alfa ( $\alpha$ ), beta ( $\beta$ ) e gama ( $\gamma$ ).



As partículas alfa são formadas por dois prótons e dois nêutrons. As partículas beta são semelhantes aos elétrons. Esses dois tipos de partículas possuem cargas elétricas e, portanto, podem ser desviadas por campos magnéticos. Além disso, seu alcance é pequeno, limitando-se a poucos centímetros no ar.

Os raios gama, são radiações eletromagnéticas com alto poder de penetração. Por isso essa radiação é usada nos ensaios.

Existem dois tipos de isótopos: os naturais e os artificiais. Os primeiros são encontrados normalmente na natureza. Os artificiais são produzidos nos reatores nucleares bombardeando-se nêutrons nos núcleos dos átomos.

Na gamagrafia utilizam-se isótopos artificiais. Os mais usados são o irídio 192, o cézio 137, o túlio 170 e o cobalto 60.

Quando se trabalha com isótopos, um aspecto importante é conhecer a atividade da fonte, que mede a velocidade de desintegração nuclear.

Uma unidade de medida é o becquerel (Bq), que equivale a uma desintegração por segundo. Outra unidade usada é o curie (Ci), que equivale a  $3,7 \times 10^{10}$  Bq.

Só para ter uma idéia, saiba que uma fonte de irídio 192 pode ter atividade de até  $18,5 \times 10^{11}$  Bq. Quanto é isso? Imagine!

Todos os núcleos dos átomos se desintegram da mesma maneira. Portanto, alguns valores devem ser conhecidos como, por exemplo, a “meia-vida” de um isótopo radioativo.

Com as desintegrações nucleares, a atividade da fonte decresce. Para designar o tempo necessário para a atividade da fonte chegar à metade do seu valor inicial, utiliza-se o termo “meia-vida”. Esta característica varia para cada isótopo. Veja alguns exemplos:

ISÓTOPO	MEIA-VIDA
Cobalto 60	5,3 anos
Írídio 192	75 dias
Césio 137	33 anos

## O filme

O filme para radiografia é semelhante aos filmes comuns. A única diferença é que é recoberto dos dois lados por uma emulsão de sais de prata (brometo de prata – AgBr).

Depois que o filme é exposto à radiação, os grãos dos sais de prata reagem quimicamente em contato com o revelador, transformando-se em prata metálica enegrecida.

É essa prata escurecida que forma a imagem na chapa radiográfica.

O filme radiográfico é escolhido em função do ensaio a ser realizado. Suas características são:

- densidade radiográfica: é o grau de enegrecimento registrado no filme em função da exposição;
- contraste da imagem: é dado pela diferença de densidade entre as regiões do filme;
- velocidade do filme: é a taxa em que ocorre a sensibilização dos grãos de sais de prata. Filmes com grãos maiores necessitam de menor tempo de exposição;
- granulometria: é o tamanho dos grãos nos sais da emulsão. Quanto menores os grãos, maior a nitidez.

## Qualidade e sensibilidade radiográfica

A radiografia de qualidade requer nitidez e definição da imagem. Conseguir-se isso controlando o contraste, ou seja, a densidade da imagem. Além disso, é necessário evitar falhas de processamento do filme (arranhões, manchas etc.).

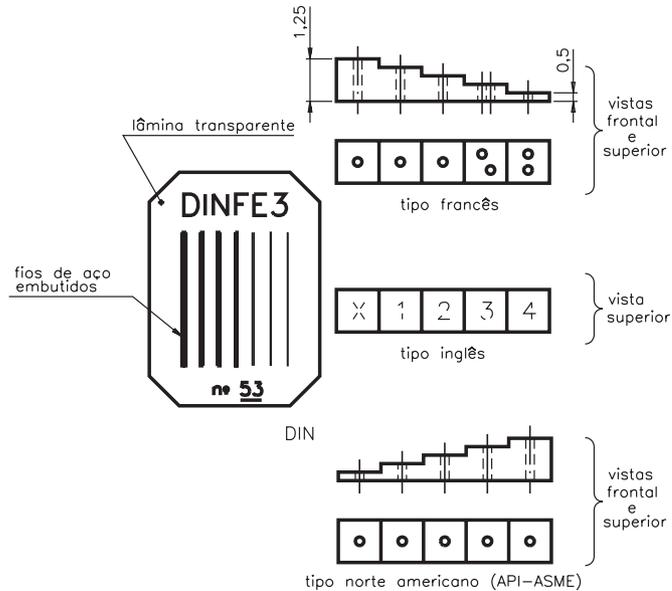
A sensibilidade radiográfica também precisa ser controlada, devendo ser ajustada aos requisitos da inspeção.

O grau de sensibilidade, que pode ser alto, médio ou baixo, é determinado pelo uso a que se destina a peça. Quem faz essa definição é a engenharia de fábrica, segundo normas específicas.

Para controlar a sensibilidade radiográfica, basta colocar **penetrômetros** sobre a face da peça metálica voltada para a fonte de radiação.

Os **penetrômetros** ou indicadores de qualidade de imagem – **IQI** – são dispositivos (lâminas de uma ou várias espessuras, ou fios de diversos diâmetros), colocados em evidência sobre a peça, para verificar a sensibilidade radiográfica, isto é, a nitidez desses dispositivos na radiografia.

Em geral, o IQI deve ter 2% da menor espessura da peça analisada e precisa necessariamente ser visível na radiografia.



tipos de penetrômetros (IQI)

Até aqui você viu que tipos de radiação interessam à radiografia industrial e como podem ser obtidas. Para prosseguir o estudo desse assunto nas próximas aulas, é importante que você verifique o que foi aprendido, resolvendo os exercícios a seguir.

## Exercícios

Marque com um X a resposta correta:

### Exercício 1

As radiações eletromagnéticas se propagam à mesma velocidade:

- a)  do som;
- b)  da luz;
- c)  do ultra-som;
- d)  do ultravioleta.

### Exercício 2

Os tipos de radiação eletromagnética utilizados na radiografia industrial são:

- a)  ultravioleta e infravermelho;
- b)  microondas e ondas de rádio;
- c)  raios gama e raios x;
- d)  raios alfa e raios beta.

### Exercício 3

Podemos dizer que radiografia é:

- a)  um filme radiográfico com o resultado do exame impresso;
- b)  o ato de realizar um ensaio não destrutivo;
- c)  emissão de radiação X e gama;
- d)  o dispositivo que bombardeia elétrons no ânodo.

### Exercício 4

O IQI é usado para:

- a)  avaliar a densidade do filme radiográfico;
- b)  medir a atividade radioativa da fonte;
- c)  avaliar a sensibilidade da imagem obtida na radiografia;
- d)  melhorar o contraste da imagem no filme.

### Exercício 5

Escreva **V** se a afirmação for verdadeira, ou **F**, se for falsa:

- a)  a atividade de uma fonte é a grandeza que mede a velocidade de desintegração dos núcleos atômicos;
- b)  a emissão de radiação é uma atividade que ocorre devido à instabilização energética do isótopo;
- c)  em gamagrafia geralmente usamos isótopos naturais;
- d)  o becquerel é a grandeza que mede as desintegrações nucleares por segundo em um isótopo.

