

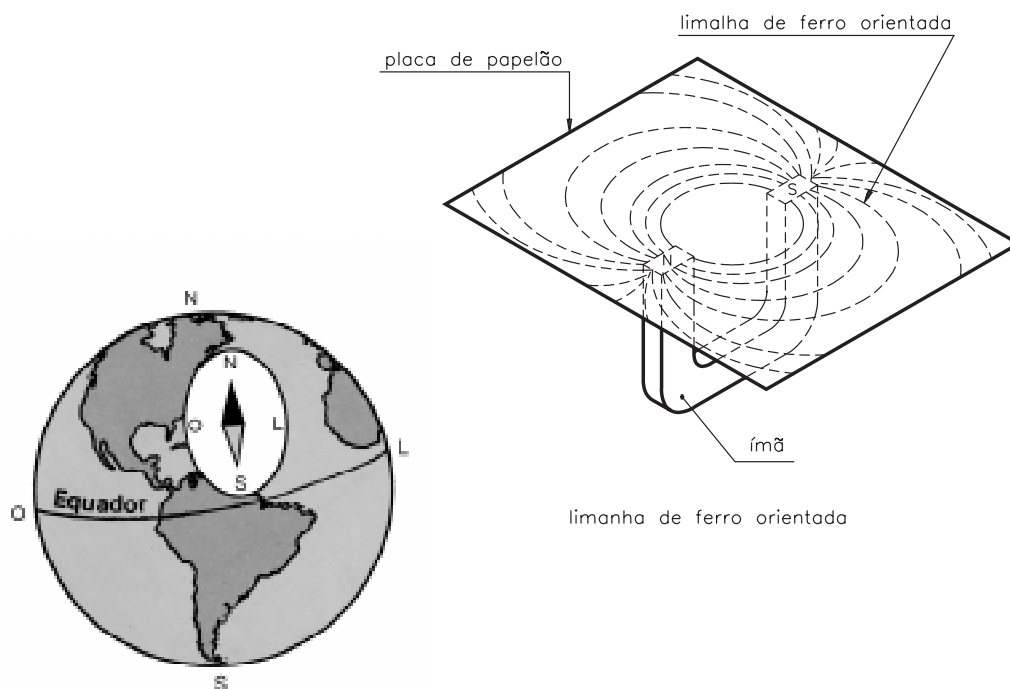
# Partículas magnéticas

Com certeza você já observou uma bússola.

## Introdução

Já verificou que, ao girá-la, a agulha imantada flutuante mantém-se alinhada na direção norte-sul do globo terrestre?

Deve ter observado também que, ao colocarmos um ímã sob um papelão e jogarmos limalha fina de ferro sobre esta superfície, com ligeiras pancadas no papelão a limalha se alinha obedecendo a uma determinada orientação.



Por que isto ocorre? Que “forças invisíveis” agem sobre esses materiais?

Veremos nesta aula como é feito o ensaio por partículas magnéticas. Nesse ensaio, utilizamos essas “forças invisíveis”, que também alinham as partículas magnéticas sobre as peças ensaiadas. Onde houver descontinuidades, a orientação será alterada, revelando-as.

## Nossa aula

### □ Ferromagnéticos

- Nome dado aos materiais que são fortemente atraídos pelo ímã, como ferro, níquel, cobalto e quase todos os tipos de aço.

## Ensaio por partículas magnéticas

O ensaio por partículas magnéticas é largamente utilizado nas indústrias para detectar descontinuidades superficiais e subsuperficiais, até aproximadamente 3 mm de profundidade, em materiais ferromagnéticos.

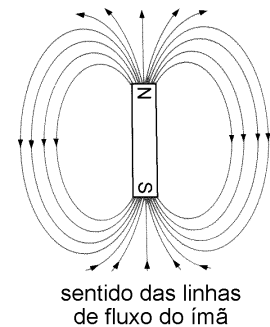
Para melhor compreender o ensaio, é necessário saber o que significam os termos a seguir:

- campo magnético;
- linhas de força do campo magnético;
- campo de fuga.

Observe novamente a figura que mostra a limalha de ferro sobre o papelão.

Chamamos de **campo magnético** a região que circunda o ímã e está sob o efeito dessas “forças invisíveis”, que são as **forças magnéticas**.

- O campo magnético pode ser representado por linhas chamadas **linhas de indução magnética**, **linhas de força do campo magnético**, ou ainda, **linhas de fluxo do campo magnético**.
- Em qualquer ímã, essas linhas saem do pólo norte do ímã e caminham na direção do seu pólo sul.



### Atenção

Nas linhas de fluxo do campo magnético não há transporte de qualquer tipo de material de um pólo a outro.

## Ponto de partida da pesquisa

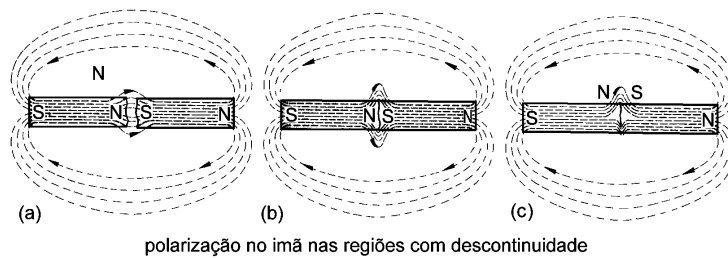
No início do século, W. E. Hoke observou que, ao usar peças de ferro e aço num torno com mandril imantado, as finas limalhas eram atraídas para rachaduras visíveis, existentes nas peças.

### Fenômeno observado

As linhas de fluxo que passam por um material submetido a um campo magnético são alteradas por descontinuidades existentes no material.

Esta observação ajudou a desenvolver pesquisas em andamento, culminando com o surgimento do ensaio por partículas magnéticas.

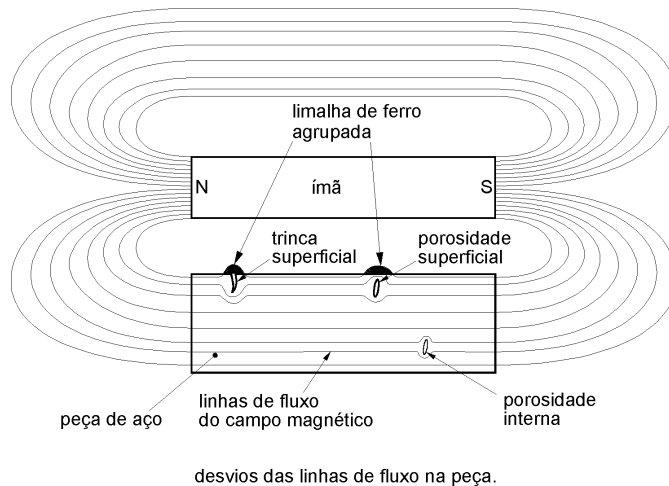
Mas por que as partículas de limalha se agrupam nas descontinuidades? Observe as figuras a seguir.



Na descontinuidade há nova polarização do ímã, repelindo as linhas de fluxo. A esta repulsão chamamos de **campo de fuga**.

O que ocorre com uma peça de aço, por exemplo, quando submetida a um campo magnético?

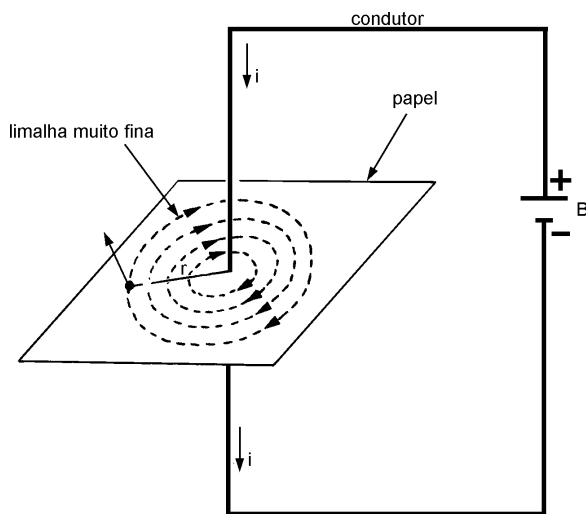
Veja a figura ao lado.



Primeiro observe que as linhas de fluxo do campo magnético passam através da peça, imantando-a. Observe ainda que:

- As linhas de fluxo da peça são repelidas pelas descontinuidades devido à sua polarização, gerando o campo de fuga;
- Esta polarização atrai a limalha, revelando a descontinuidade;
- Quando o campo de fuga não atinge a superfície, não há atração das partículas de limalha.

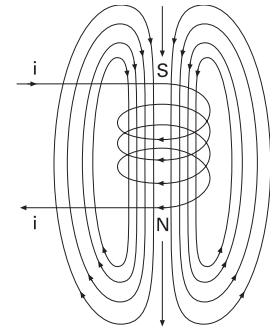
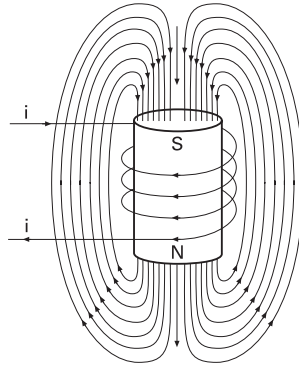
### Saiba mais essa...



A formação de campos magnéticos não é exclusividade dos polos terrestres e nem dos ímãs permanentes. Se passarmos corrente elétrica por um fio condutor, haverá formação de campo magnético ao redor desse condutor. Portanto, a corrente elétrica também gera campo magnético.

## Saiba mais essa...

O campo magnético é mais intenso quando a corrente elétrica, em vez de passar por um fio reto, passa por um condutor enrolado em espiral (bobina).



Uma barra de material ferromagnético, colocada no interior da bobina, aumenta muitas vezes o campo magnético produzido pela corrente da bobina.

Vamos estudar agora este ensaio esclarecendo primeiro o que são partículas magnéticas.

### Partículas magnéticas

Partículas magnéticas nada mais são do que um substituto para a limalha de ferro. São constituídas de pós de ferro, óxidos de ferro muito finos e, portanto, com propriedades magnéticas semelhantes às do ferro.

Embora chamadas de “partículas magnéticas”, na realidade elas são partículas **magnetizáveis** e não pequenos ímãs ou pó de ímã.

Agora você deve estar pronto para conhecer o ensaio por partículas magnéticas.

### Etapas para a execução do ensaio

1. Preparação e limpeza da superfície
2. Magnetização da peça
3. Aplicação das partículas magnéticas
4. Inspeção da peça e limpeza
5. Desmagnetização da peça

Vamos conhecer cada etapa detalhadamente:

#### Preparação e limpeza da superfície

Em geral, o ensaio é realizado em peças e produtos acabados, semi-acabados ou em uso. O objetivo dessa etapa é remover sujeira, oxidação, **carepas**, respingos ou inclusões, graxas etc. da superfície em exame. Essas impurezas prejudicam o ensaio, formando falsos campos de fuga ou contaminando as partículas e impedindo seu reaproveitamento.

**Carepa:** camada de óxidos formada nas superfícies da peça, em decorrência de sua permanência a temperaturas elevadas, na presença de oxigênio.

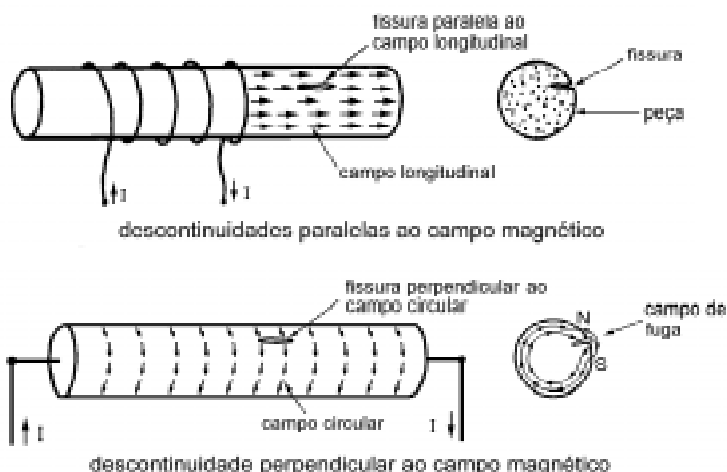
Os métodos mais utilizados para a limpeza das peças são:

- jato de areia ou granalha de aço;
- escovas de aço;
- solventes.

Neste momento, temos a peça limpa e pronta para o ensaio.

### Magnetização da peça

As figuras a seguir mostram que, quando a descontinuidade é paralela às linhas de fluxo do campo magnético, o campo de fuga é pequeno e o ensaio tem menor sensibilidade. Se é perpendicular às linhas de fluxo do campo magnético, o campo de fuga é maior, dando maior sensibilidade ao ensaio.



Devido às dimensões, à geometria variada das peças e à necessidade de gerarmos campos magnéticos ora longitudinais, ora transversais, foram desenvolvidos vários métodos de magnetização das peças.

### Vamos magnetizar as peças?

QUADRO 1 - MÉTODOS DE MAGNETIZAÇÃO		
MÉTODO	TÉCNICAS DE MAGNETIZAÇÃO	
Longitudinal (cria campo magnético longitudinal na peça)	Indução de campo	Bobina eletromagnética Yoke
Circular (cria campo magnético circular na peça)	Indução de campo	Condutor central
	Passagem de corrente	Eletrodos (pontas) Contato direto (placas)
Multidirecional (cria simultaneamente campo magnético longitudinal e circular)	Indução e/ou passagem de corrente	Combinação das técnicas de campo longitudinal com o circular.

Para cada método existe uma técnica de magnetização e um equipamento apropriado.

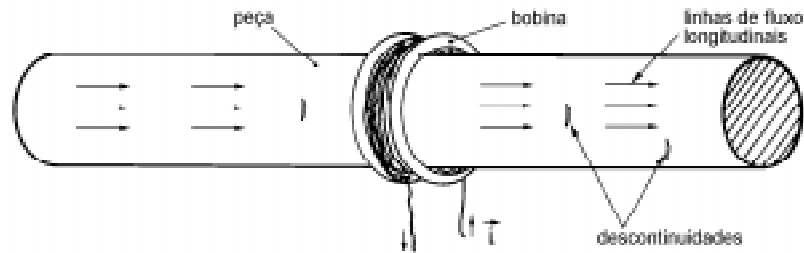
## Técnicas de magnetização

### Magnetização por indução de campo magnético

Neste caso, as peças são colocadas dentro do campo magnético do equipamento, fazendo-se então com que as linhas de fluxo atravessassem a peça.

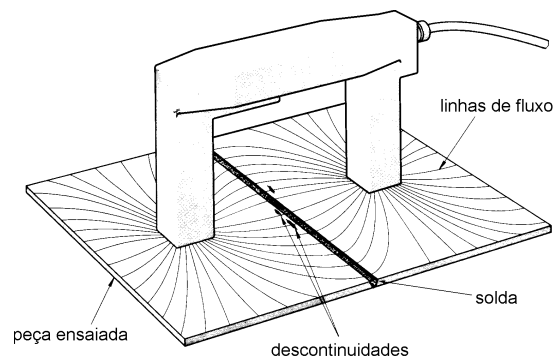
As linhas de fluxo podem ser longitudinais ou circulares, dependendo do método de magnetização, que é escolhido em função do tipo de descontinuidade a verificar.

**Por bobinas eletromagnéticas** – A peça é colocada no interior de uma bobina eletromagnética. Ao circular corrente elétrica pela bobina, forma-se um campo longitudinal na peça por indução magnética.

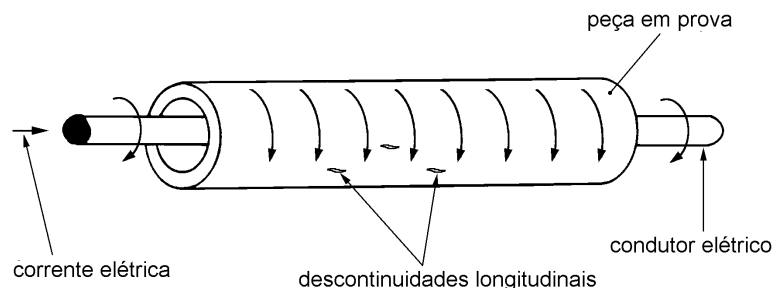


**Por yoke (yoke é o nome dado ao equipamento)** – Nesta técnica, a magnetização é feita pela indução de um campo magnético, gerado por um eletroímã em forma de "U" invertido que é apoiado na peça a ser examinada.

Quando este eletroímã é percorrido pela corrente elétrica (CC ou CA), gera-se na peça um campo magnético longitudinal entre as pernas do yoke.



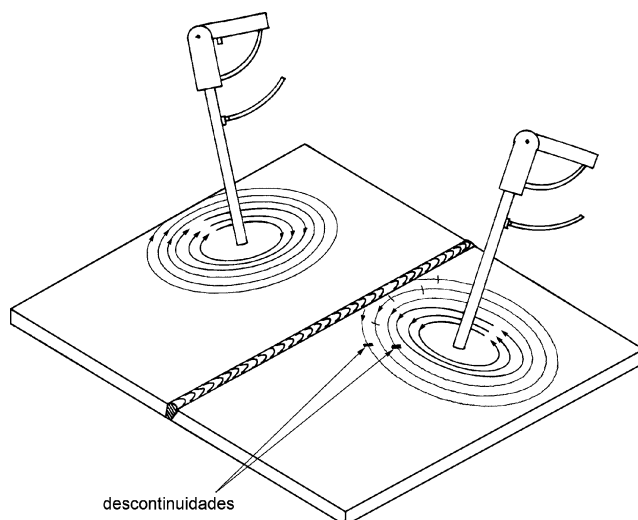
**Por condutor central** – Técnica usual para ensaio de tubos. Um condutor elétrico, que irá induzir um campo magnético circular, é introduzido no tubo, facilitando a visualização das suas descontinuidades longitudinais.



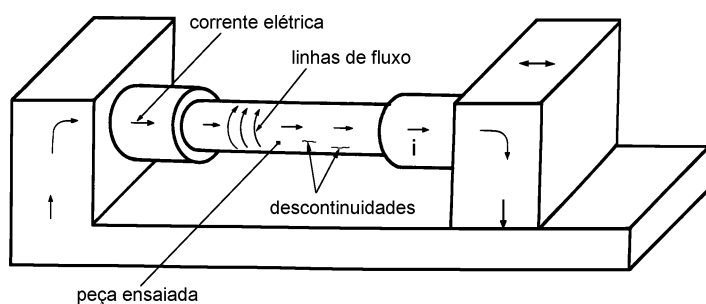
### Magnetização por passagem de corrente

Neste caso, faz-se passar uma corrente elétrica através da peça. A peça funciona como um condutor, gerando ao redor dela seu próprio campo magnético.

**Por eletrodos** – É a magnetização pela utilização de eletrodos; quando apoiados na superfície da peça, eles permitem a passagem de corrente na mesma. O campo formado é circular.



**Por contato direto** – Tem sua maior aplicação em máquinas estacionárias. A magnetização é efetuada pela passagem de corrente de uma extremidade da peça à outra. O campo magnético que se forma é circular.



### Indução/passagem de corrente (método multidirecional)

Dois campos magnéticos, um circular e outro longitudinal ou dois longitudinais perpendiculares são aplicados simultaneamente à peça ensaiada. Isso é feito quando queremos detectar, numa única operação, descontinuidades em qualquer direção.

A vantagem desta técnica é que ela permite analisar as peças de uma única vez. A dificuldade principal é conseguir um equilíbrio entre os dois campos, de modo que um não se sobreponha ao outro.

## Técnicas de ensaio

Você já deve ter atraído agulhas e alfinetes com ímãs. Depois de retirar estes objetos do contato com o ímã, observou que eles ainda se atraíam mutuamente.

Há materiais que depois de magnetizados retêm parte deste magnetismo, mesmo com a remoção do campo magnetizante. São materiais com alto magnetismo residual. Há ainda aqueles que não retêm o magnetismo, após a remoção do campo magnetizante.

Estas diferenças permitem o ensaio por meio de duas técnicas:

**Técnica do campo contínuo** – As partículas magnéticas são aplicadas quando a peça está sob efeito do campo magnético. Após a retirada desse campo, não há magnetismo residual.

**Técnica do campo residual** – Nesta técnica, as partículas são aplicadas depois que a peça sai da influência do campo magnético, isto é, o ensaio é realizado apenas com o magnetismo residual. Neste caso, depois do ensaio é necessário desmagnetizar a peça.

Neste ponto, estamos com a peça magnetizada e pronta para receber as partículas magnéticas. Mas como verificar se o campo magnético gerado é suficiente para detectar as descontinuidades?

Temos que garantir que o campo gerado tenha uma intensidade suficiente para que se formem os campos de fuga desejados.

Existem várias maneiras de verificar isto:

- com aparelhos medidores de campo magnético;
- aplicando o ensaio em peças com defeitos conhecidos;
- utilizando-se padrões normalizados com descontinuidades conhecidas;
- no caso do yoke, ele deve gerar um campo magnético suficiente para levantar, no mínimo, 4,5 kgf em corrente alternada e 18,1 kgf em corrente contínua.

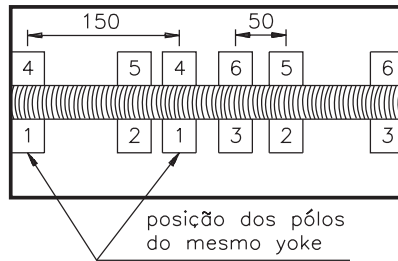
**Técnica de varredura** – Para garantir que toda a peça foi submetida ao campo magnético, efetuamos uma varredura magnética.

Depois de escolhida a técnica de magnetização, é necessário esquematizar na peça qual será o formato do campo magnético. Deve-se observar se toda ela será submetida a campos magnéticos, defasados de 90° um do outro, e também verificar se este campo será aplicado na peça inteira, isto é, se será feita uma varredura magnética total da mesma.

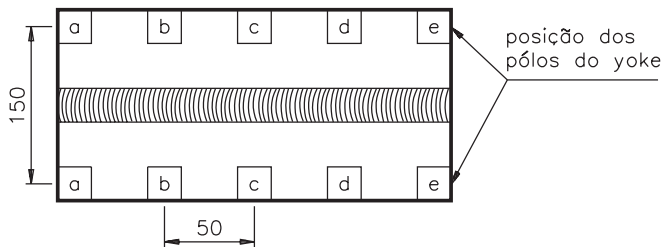
Isso é conseguido movimentando-se o equipamento magnetizante ou aplicando-se duas técnicas de magnetização (o método multidirecional, descrito anteriormente). A figura a seguir mostra um exemplo de varredura feita com o yoke.



1ª etapa – aplicação de campo longitudinal ao cordão de solda



2ª etapa – aplicação de campo transversal ao cordão de solda



esquema de varredura para ensaio com yoke

### Aplicação das partículas magnéticas

As partículas magnéticas são fornecidas na forma de pó, em pasta ou ainda em pó suspenso em líquido (concentrado).

Podem ainda ser fornecidas em diversas cores, para inspeção com luz branca, ou como partículas fluorescentes, para inspeção com luz negra.

Portanto, os métodos de ensaio podem ser classificados:

- a) Quanto à forma de aplicação da partícula magnética:
  - Via seca: pó
  - Via úmida: suspensa em líquido
- b) Quanto à forma de inspeção:
  - Visíveis: luz branca
  - Fluorescentes: luz negra

**Via seca** – As partículas magnéticas para esta finalidade não requerem preparação prévia. São aplicadas diretamente sobre a superfície magnetizada da peça, por aplicadores de pó manuais ou bombas de pulverização. As partículas podem ser recuperadas, desde que a peça ensaiada permita que elas sejam recolhidas isentas de contaminação.

**Via úmida** – Neste método, as partículas possuem granulometria muito fina, o que permite detectar discontinuidades muito pequenas. As partículas são fornecidas pelos fabricantes na forma de pó ou em suspensão (concentrada) em líquido. Para a aplicação, devem ser preparadas adequadamente, segundo norma específica (são diluídas em líquido, que pode ser água, querosene ou óleo leve).

Para verificar a concentração das partículas no líquido:

- coloca-se 100 ml da suspensão num tubo padrão graduado;
- depois de 30 minutos, verifica-se o volume de partículas que se depositaram no fundo.

Os valores recomendados são:

- 1,2 a 2,4 ml para inspeção por via úmida visível em luz branca;
- 0,1 a 0,7 ml para inspeção por via úmida visível em luz negra.

A aplicação é realizada na forma de chuveiros de baixa pressão, borrifadores manuais ou simplesmente derramando-se a mistura sobre as peças.

Para melhor visualizar as partículas magnéticas, podemos aplicar previamente sobre a superfície da peça um “contraste”, que é uma tinta branca na forma de spray.

As partículas magnéticas (via seca e via úmida) são fornecidas em diversas cores, para facilitar a visualização das descontinuidades na peça ensaiada.

### **Inspeção da peça e limpeza**

Esta etapa é realizada imediatamente após ou junto com a etapa anterior. Aplicam-se as partículas magnéticas e efetua-se, em seguida, a observação e avaliação das indicações.

Feita a inspeção, registram-se os resultados e promove-se a limpeza da peça, reaproveitando-se as partículas, se possível. Se a peça apresentar magnetismo residual, deverá ser desmagnetizada.

### **Desmagnetização da peça**

A desmagnetização é feita em materiais que retêm parte do magnetismo, depois que se interrompe a força magnetizante.

A desmagnetização evita problemas como:

**Interferência na usinagem** – Peças com magnetismo residual, ao serem usinadas, vão magnetizar as ferramentas de corte e os cavacos. Cavacos grudados na ferramenta contribuirão para a perda de seu corte.

**Interferência na soldagem** – Há o desvio do arco elétrico, devido à magnetização residual, o que prejudica a qualidade do cordão de solda. Esse fenômeno é conhecido como sopro magnético.

**Interferência em instrumentos** – O magnetismo residual da peça irá afetar instrumentos de medição, quando colocados num mesmo conjunto.

Não é necessário proceder à desmagnetização quando os materiais e as peças:

- possuem baixa retentividade magnética;
- forem submetidos a tratamento térmico;
- tiverem de ser novamente magnetizados.

Para a desmagnetização das peças, devemos submetê-las a um campo magnético pulsante (invertendo seu sentido) de intensidade superior ao campo magnetizante, reduzindo-o a zero gradualmente.

Isto é conseguido, por exemplo, com a peça passando através de uma bobina; ou com a peça parada dentro da bobina, reduzindo-se gradualmente o campo magnético.

Você percebeu que há várias opções para realizar o ensaio por partículas magnéticas. Cabe ao técnico escolher a forma que melhor se adapte às características da peça.

### Exercício 1

Assinale a alternativa em que **todos** os materiais podem ser ensaiados por partículas magnéticas:

- a) ( ) aço, alumínio, níquel, cobre;
- b) ( ) ferro, aço, níquel, cobalto;
- c) ( ) ferro, níquel, cobre, chumbo;
- d) ( ) alumínio, zinco, cobre, estanho.

### Exercício 2

O ensaio por partículas magnéticas detecta descontinuidades de até ..... mm de profundidade, aproximadamente.

### Exercício 3

O ensaio por partículas magnéticas pode ser classificado quanto à forma de aplicação da partícula magnética e quanto à forma de inspeção, respectivamente, em:

- a) ( ) via úmida, via aquosa, via fluorescente normal;
- b) ( ) via branca, via vermelha, via fluorescente e visível;
- c) ( ) via úmida, via seca, visível e fluorescente;
- d) ( ) visível, fluorescente, via úmida e via seca.

### Exercício 4

Enumere, de 1 a 5, as etapas de execução do ensaio por partículas magnéticas:

- a) ( ) inspeção da peça e limpeza;
- b) ( ) aplicação das partículas magnéticas;
- c) ( ) magnetização da peça;
- d) ( ) preparação e limpeza da superfície;
- e) ( ) desmagnetização da peça.

### Exercício 5

Complete o quadro a seguir, sobre os métodos e técnicas de magnetização.

MÉTODO	TÉCNICAS DE MAGNETIZAÇÃO	
Magnetização longitudinal	Indução de campo	
	Indução de campo	
Magnetização multidirecional		Eletrodos (pontas) Contato direto (placas)
	Indução e/ou passagem de corrente	

## Exercícios