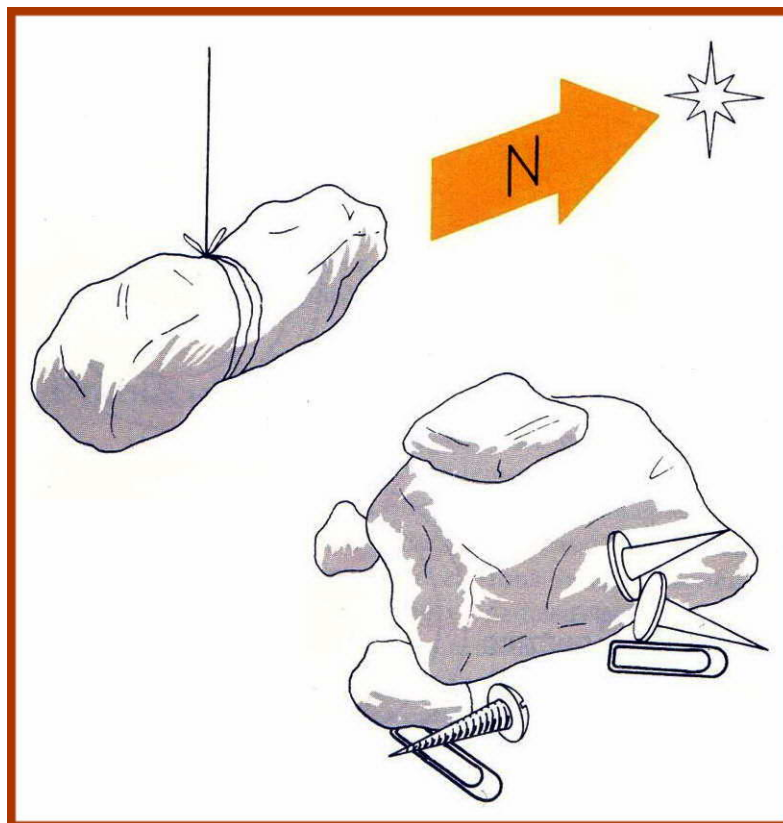


# MAGNETISMO

O magnetismo foi descoberto há cerca de 2.000 anos na Ásia Menor pelos antigos gregos, quando perceberam que certo tipo de pedra, que foi batizada como *magnetita*, tinha a propriedade de atrair fragmentos de ferro.

A *magnetita* é um ímã natural e descobriu-se mais tarde quando a mesma era suspensa por um fio alinhava-se na direção norte-sul, daí então recebeu o nome de *pedra indicadora* ou *pedra-ímã*, que nada mais é do que a bússola, conhecida atualmente.

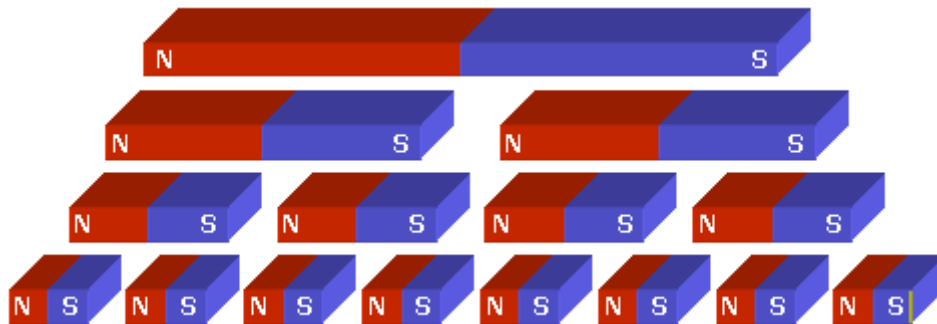


## Característica do ímã:

1. Atrai o ferro, principalmente a limalha de ferro além de outros metais; essa atração é muito mais intensa do que a correspondente atração gravitacional;
2. É capaz de imantar outro metal, passando suas propriedades para outro metal;
3. Se suspenso pelo seu centro de gravidade, tende a manter sempre a mesma orientação;
4. Quando aproximado de outro ímã, ambos podem atrair-se ou repelir-se;
5. Cria um campo elétrico ao seu redor, da mesma forma que uma carga elétrica cria um campo elétrico no espaço que a circunda.

## Definição dos polos de um ímã:

Todo ímã tem duas polaridades definidas. Essas polaridades são conhecidas como polos Norte e Sul.



Observe na figura acima que mesmo dividindo o ímã do topo em 2, 4 e 8 partes, as polaridades Norte e Sul são mantidas. Podemos dividir sucessivamente até chegar a uma molécula, que as polaridades serão mantidas, ou seja, N e S.

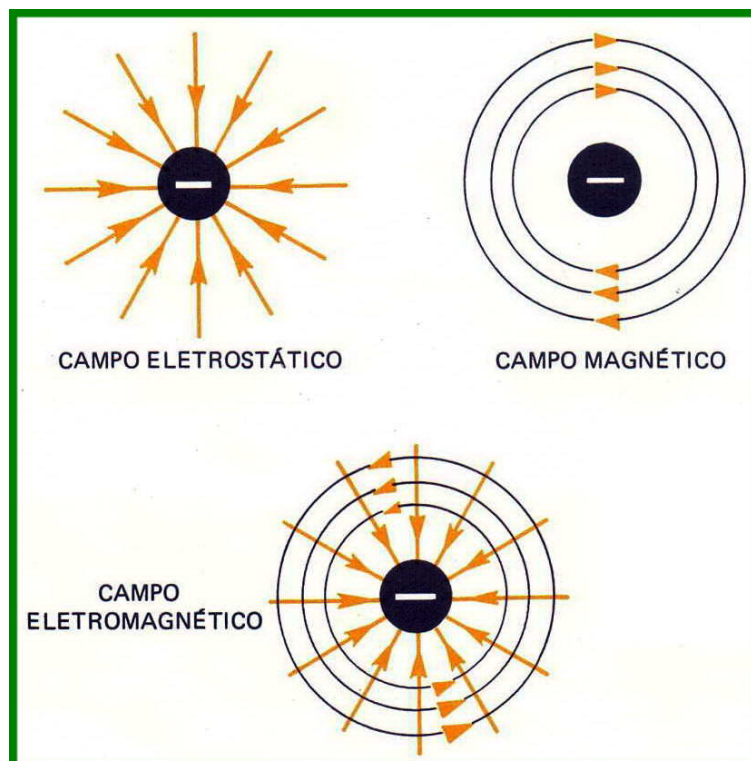
### **MATERIAIS MAGNÉTICOS E NÃO MAGNÉTICOS:**

Para entender o que são materiais magnéticos e não magnéticos, devemos correlacionar o magnetismo e o elétron.

### **O magnetismo e o elétron; a teoria eletrônica do magnetismo:**

Forças elétricas e magnéticas são diferentes e as mesmas não interagem na ausência de movimento, a não ser que uma delas esteja em movimento, provocando a interação entre as forças.

A figura abaixo mostra a interação entre o campo magnético e o campo eletrostático:



Cientistas comprovaram que cargas elétricas em movimento produzem um campo de força multidirecional, portanto, um campo magnético.

Como o elétron é dotado de um movimento de rotação denominado *spin*, ele dá origem a um campo magnético.

É um campo constituído de linhas circulares concêntricas em torno do elétron.

Temos então o cruzamento das de força dos campos elétricos e magnéticos, perpendiculares uma a outra, conforme ilustra a figura anterior.

Esse campo é denominado *CAMPO ELETROMAGNÉTICO*.

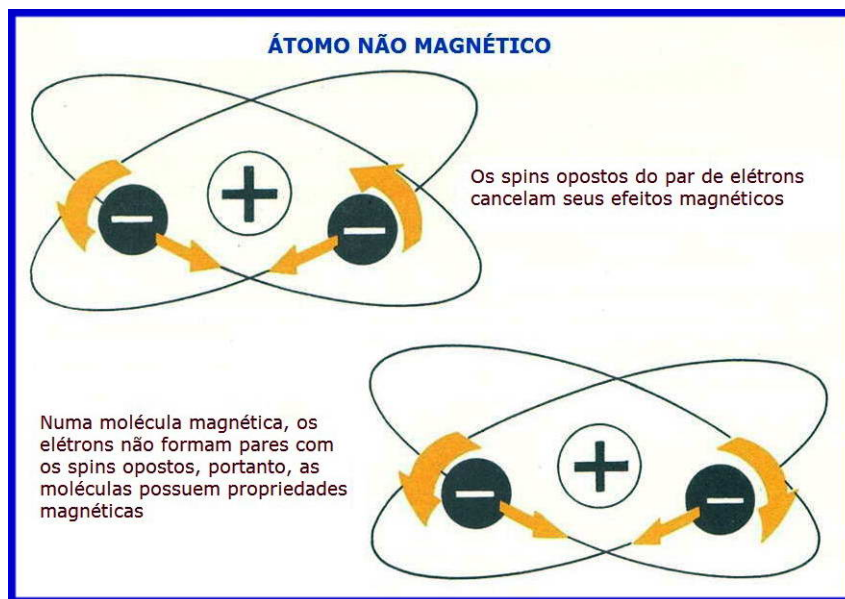
### **A molécula magnética:**

Os únicos metais naturalmente magnéticos são o ferro, o níquel e o cobalto.

Mas aí vem a pergunta: se todos os materiais possuem elétrons, por que nem todos possuem propriedades magnéticas?

A resposta é: os elétrons de um átomo tendem a formar pares e órbitas de *spins* opostos, de tal forma que seus campos magnéticos são opostos e se cancelam.

Veja a ilustração na figura abaixo:



Mas, e os elementos que tem um número ímpar de elétrons não seriam magnéticos?

Isso é verdade se considerarmos o átomo isolado, no entanto quando os mesmos se combinam para formar a molécula, eles se dispõem de modo a possuírem 8 elétrons de valência, e nesse processo, os spins orbitais dos elétrons cancelam os campos magnéticos, na maioria dos materiais.

### **O domínio magnético:**

Por alguma razão esse processo sistemático não ocorre no ferro, no níquel e no cobalto.

Quando os elétrons desses materiais se combinam, eles se ionizam e compartilham seus elétrons de valência de tal forma que muitos *spins* dos elétrons se adicionam ao invés de se cancelarem.

Isso resulta na formação de regiões no metal chamadas *domínio magnético*, que são constituídos por *moléculas magnéticas*.

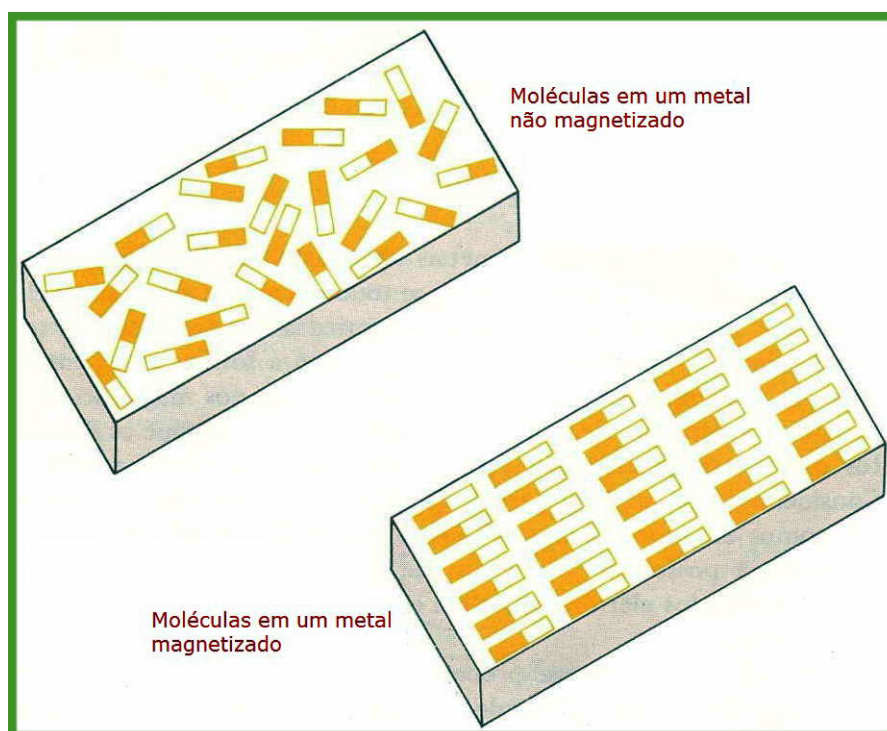
Embora o ferro, o níquel e o cobalto sejam os únicos materiais naturalmente magnéticos, substâncias compostas podem ser reproduzidas, com determinado processo de controle, de modo que venham a ter boas propriedades magnéticas.

### **Materiais ferromagnéticos:**

Os materiais naturalmente magnéticos são denominados *ferromagnéticos*.

Como os materiais magnéticos contêm moléculas magnéticas, é normal a princípio admitir que todos deveriam atuar como ímãs?

Errado: em condições normais as moléculas magnéticas estão espalhadas e orientadas de forma aleatória de forma a anular total ou parcialmente o campo magnético resultante.



Se todas as moléculas forem alinhadas na mesma direção seus campos de força se somarão, tornando o material magnetizado resultando então em um campo intenso.

Porém se apenas algumas moléculas se alinharem, resultará em um campo fraco e dizemos que o material está parcialmente magnetizado.

### **PROCESSOS DE MAGNETIZAÇÃO E DESMAGNETIZAÇÃO:**

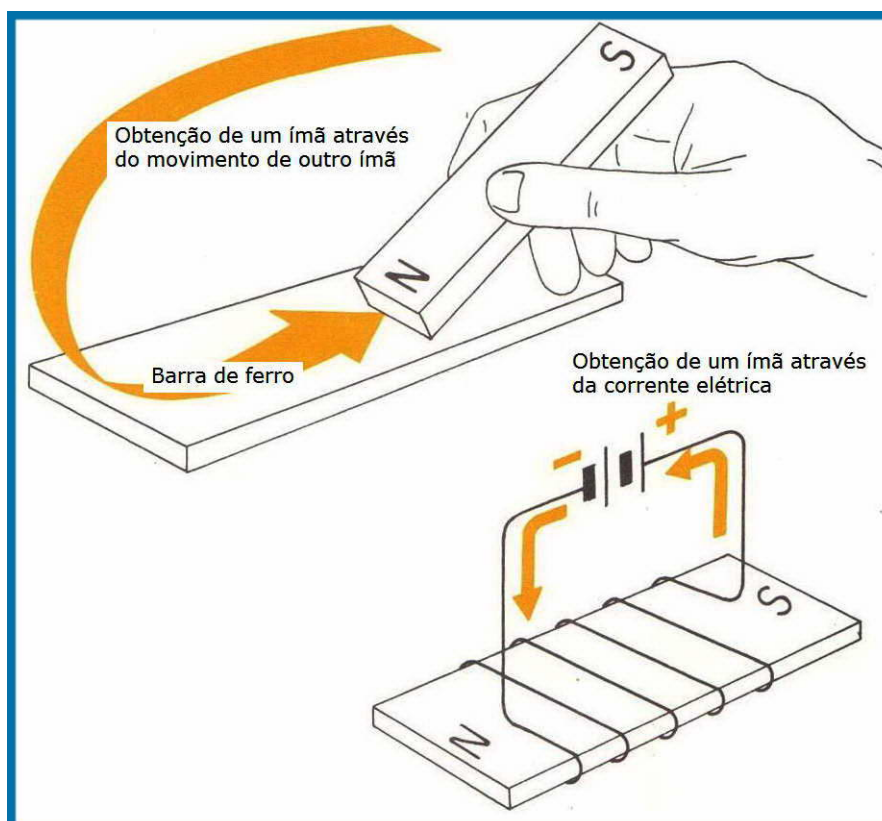
#### **Como magnetizar?**

A princípio, as moléculas magnéticas devem ser alinhadas.

A melhor forma de fazer isso é aplicar um campo magnético sobre o material que se deseja magnetizar. Esse campo agirá contra o campo de cada molécula do material a ser magnetizado, forçando assim a orientação.

Duas formas são usadas:

1. Peça ação de um ímã;
2. Por uma corrente elétrica.



Quando uma peça de ferro é colocada no interior de um enrolamento de fio ligado a uma bateria, a corrente elétrica provoca um campo magnético que magnetiza o ferro. É o princípio do eletromagnetismo, assunto que será abordado posteriormente.

Quando um material magnetizado mantém seu campo magnético por longo tempo, dizemos tratar-se de um *ímã permanente*.

Se o magnetismo for passageiro, trata-se de um *ímã temporário*.

Ferro duro ou aço são bons ímãs permanentes.

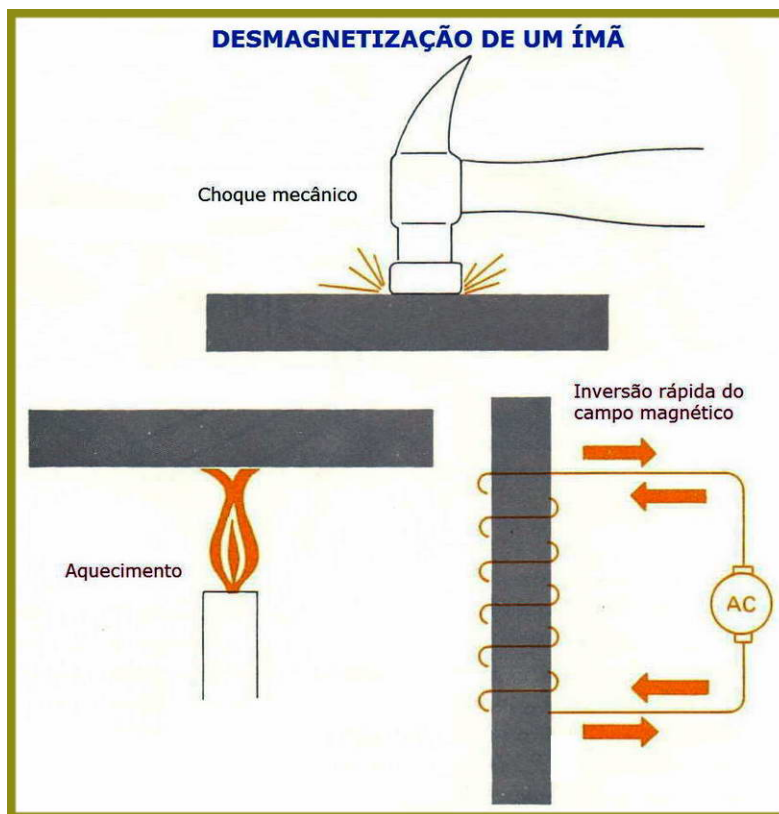
### Como desmagnetizar?

Desmagnetizar significa desalinhar suas moléculas, fazendo com que seus campos se oponham e se anulem.

Existem basicamente 3 formas de desmagnetizar um ímã:

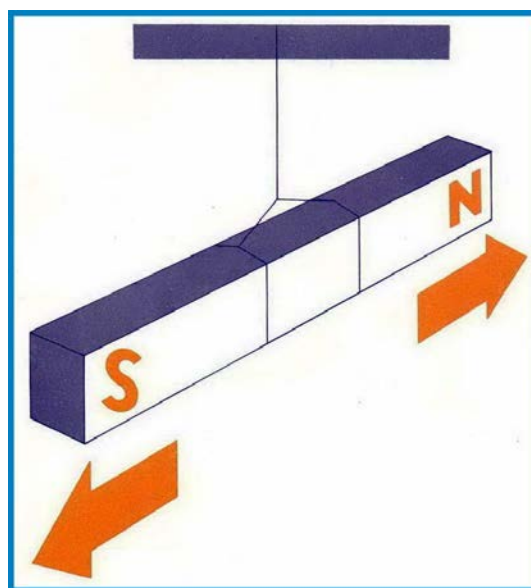
1. Choque mecânico: se um ímã for martelado fortemente, o choque mecânico será suficiente para desalinhar suas moléculas;

2. Aquecimento: o efeito do aquecimento é provocar a vibração das moléculas para que as mesmas se desalinham;
3. Se um ímã é colocado em um campo magnético que invertam o seu sentido de forma rápida, as moléculas tendem a se desalinhar. Esse procedimento normalmente é feito através da corrente alternada (AC).



### O CAMPO MAGNÉTICO DA TERRA:

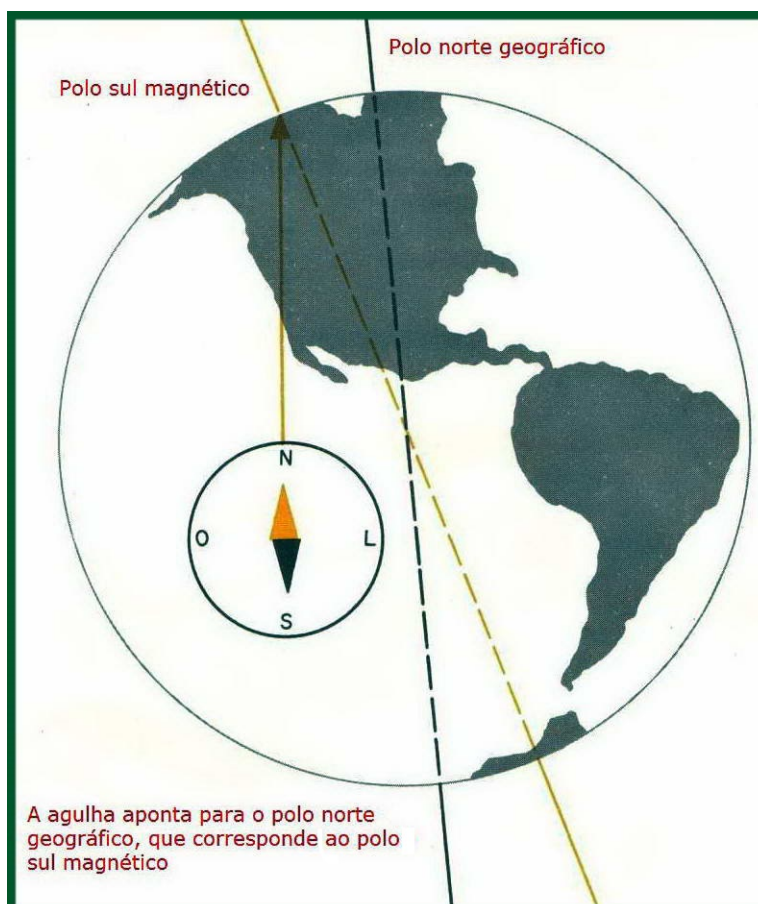
Relembrando, os ímãs possuem polaridades distintas. Convencionou-se denominar essas polaridades como N (norte) e S (sul).



Se suspendermos um ímã através de um fio, a extremidade que representa o polo N apontará para o polo Norte geográfico da Terra, que corresponde ao polo Sul magnético.

O polo S do ímã apontará então para o polo Norte magnético da Terra, que é o polo Sul geográfico.

O polo Sul magnético da Terra fica na região nordeste do Canadá e o polo Norte magnético aponta para a região do continente Antártico.



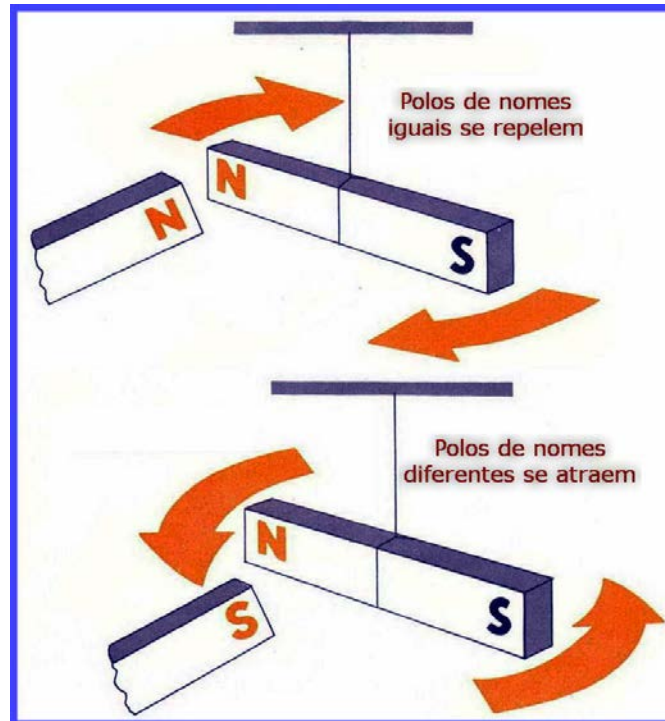
Esta é a forma como é feita a leitura de uma bússola.

A bússola possui uma agulha imantada, como se fosse um minúsculo ímã que, obedece aos princípios de atração e repulsão dos ímãs.



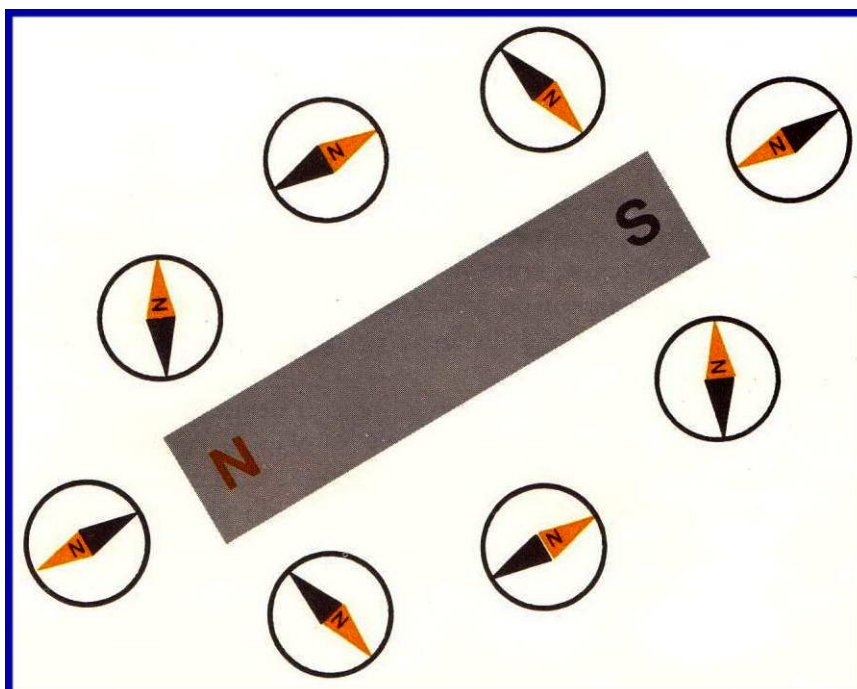
Podemos então concluir que a Terra é um imenso ímã.

Qualquer que seja a posição da bússola, a agulha estará sempre apontando para o polo Norte geográfico da Terra, obedecendo ao princípio de que polos de nomes iguais se repelem e polos de nomes diferentes se atraem.



As leis da atração e repulsão dos ímãs são análogas às leis da atração e repulsão das cargas elétricas.

A figura a seguir mostra através da bússola, como a força magnética se comporta ao redor de um ímã.





## AS LINHAS DE FORÇA DO CAMPO MAGNÉTICO:

O campo magnético é composto por linhas de força que saem do polo N e entram pelo polo S.

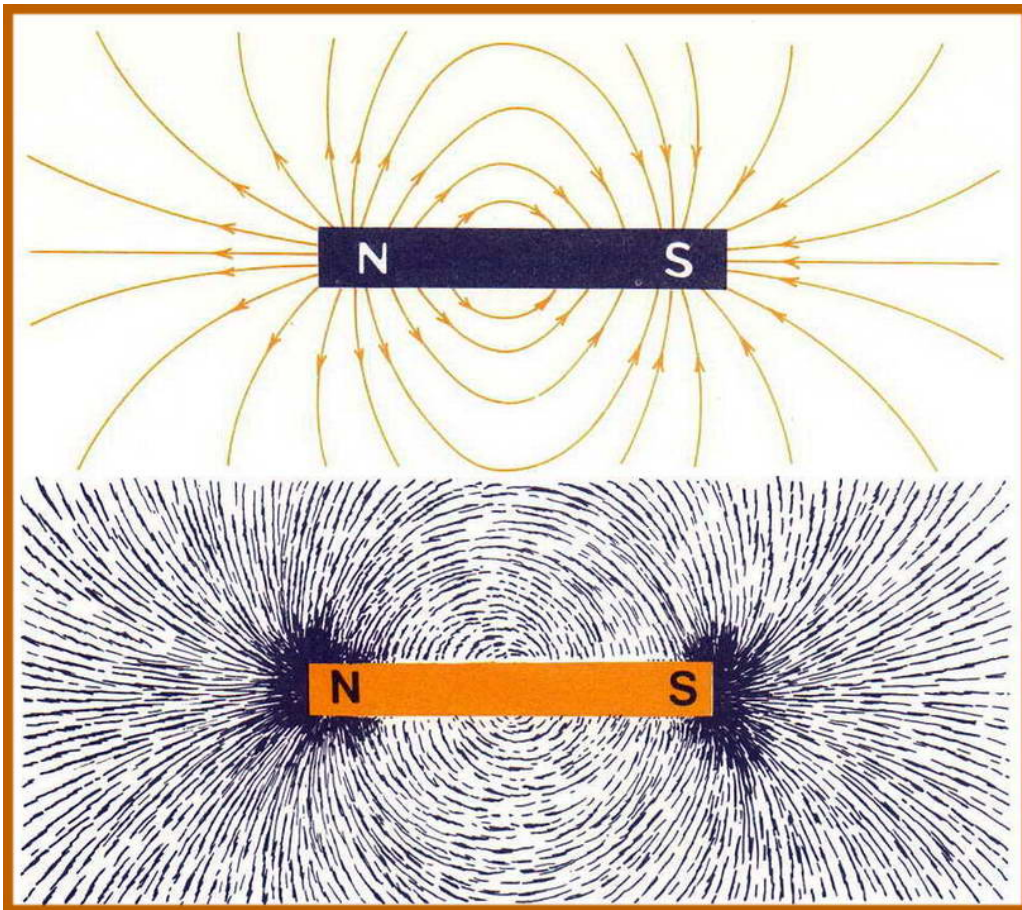
A concentração das linhas de força se dá nos polos e se espalham por todo o espaço.

Quando maior for o número de linhas de força, menor será a distância entre elas, portanto, mais intenso será o campo magnético.

As linhas de força nunca se cruzam.

As figuras abaixo mostram o espectro magnético. Na figura superior temos a diagramação das linhas de força magnéticas enquanto que na figura inferior temos a visualização do espectro magnético, com o auxílio de limalhas de ferro.

Podemos observar a alta concentração de linhas de força nos extremos do ímã.



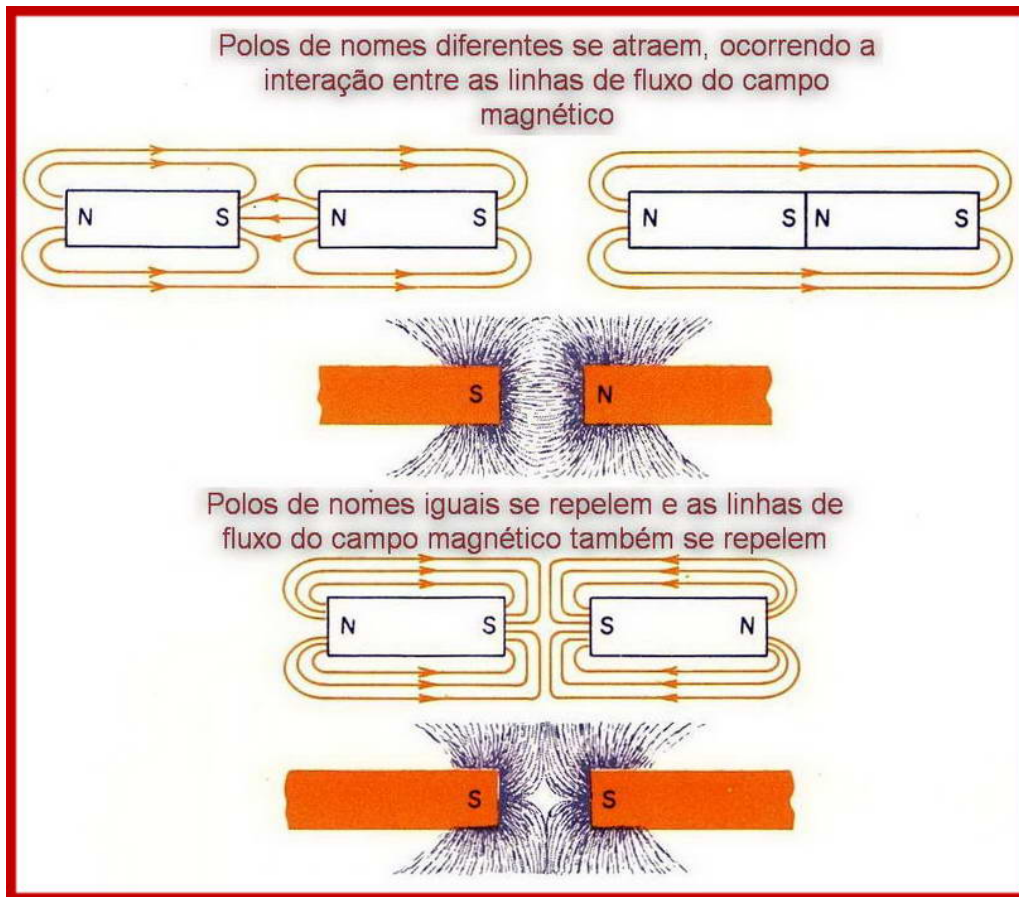
## A INTERAÇÃO DE CAMPOS MAGNÉTICOS:

Sempre que dois ímãs se aproximam seus campos magnéticos interagem, lembrando que, as linhas de força dos campos magnéticos não se cruzam.

Se as linhas de força tem o mesmo sentido, elas se atraem e tem a tendência de se unirem à medida que são aproximadas. Daí então o motivo pelo qual que, polos de nomes diferentes se atraem.

No entanto, se os seus sentidos forem opostos, não conseguem se combinar e ocorre a repulsão.

As figuras abaixo mostram essa situação.



Com o auxílio da limalha de ferro, fica bem fácil visualizar essas situações.

### **RELUTÂNCIA MAGNÉTICA e PERMEABILIDADE MAGNÉTICA:**

O fluxo magnético, formado pelas linhas de força, podem atravessar todos os materiais, mesmo aqueles que não possuem propriedades magnéticas.

Como exemplo, o plástico, vidro, madeira, alumínio, etc. Materiais desse tipo não oferecem praticamente nenhum tipo de resistência ao fluxo magnético.

No entanto, alguns materiais oferecem resistência ao fluxo magnético.

A resistência ao fluxo magnético chama-se *relutância*. Os materiais magnéticos oferecem uma baixa *relutância* ao fluxo magnético.

Daí a utilização desse tipo de material como blindagem magnética para a proteção de certos tipos de mecanismos como, por exemplo, relógios.

A tendência é que as linhas de força percorram o material magnético mesmo que, a distância a ser percorrida seja maior.

O ar possui uma alta *relutância* à passagem do fluxo magnético em comparação a certos tipos de materiais.

Fazendo uma comparação com diversos tipos de materiais, podemos então verificar que alguns facilitam mais a passagem do fluxo magnético, enquanto que outros dificultam.

A essa propriedade damos o nome de *permeabilidade* ( $\mu$ ), ou seja, permeabilidade é o inverso da relutância.

Os materiais magnetizáveis tem alta permeabilidade, sendo essa permeabilidade medida em relação ao ar ou ao vácuo, denominando-se *permeabilidade relativa* ( $\mu_r$ ). O ferro tem uma permeabilidade cerca de 2.000 vezes maior do que o ar.

### **Materiais magnéticos e não magnéticos quanto a permeabilidade:**

Sabendo o que é relutância e permeabilidade, isto fica mais simples.

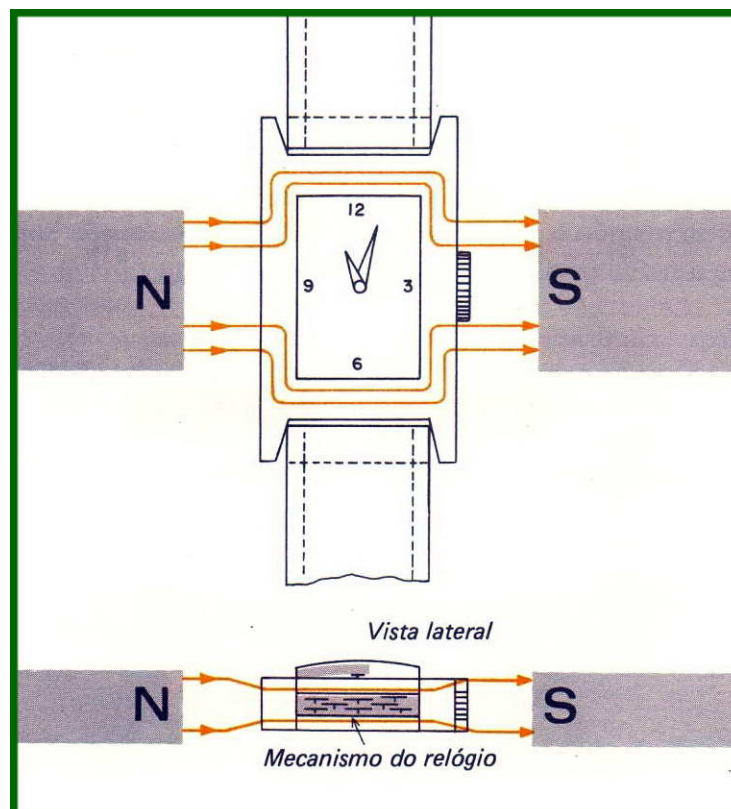
1. FERROMAGNÉTICOS: possuem propriedades magnéticas (permeabilidade alta), como aço, ferro, níquel, cobalto, além de ligas como o Alnico e Permalloy. O ferrite embora não magnético possui uma permeabilidade relativa que varia de 30 a 5.000, muito indicado para núcleos de transformadores e bobinas.

3. PARAMAGNÉTICOS: tem uma permeabilidade relativa pouco maior do que 1. Exemplos de materiais paramagnéticos: alumínio, platina, manganês e cromo.

4. DIAMAGNÉTICOS: tem uma permeabilidade relativa menor do que 1. Exemplos de materiais diamagnéticos: prata, ouro, cobre, zinco, mercúrio.

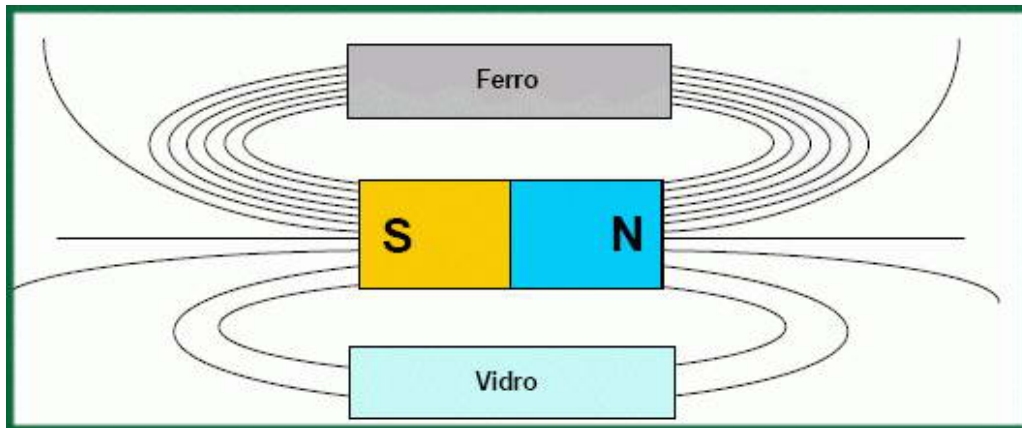
### **Blindagem magnética:**

A figura abaixo mostra o processo de blindagem magnética do mecanismo de um relógio:



O mecanismo do relógio está envolto em uma caixa metálica de alta permeabilidade, de maneira que as linhas de força percorrem um caminho de alta permeabilidade ou baixa relutância, protegendo o mecanismo do relógio.

A figura abaixo mostra que a concentração das linhas de força ocorre no material magnético, no caso o ferro, que tem alta permeabilidade.



### UNIDADES DE MEDIDA E DEFINIÇÕES:

#### Fluxo magnético ( $\Phi$ ):

É o conjunto de todas as linhas de força magnéticas que fluem do polo N para o polo S. Quando mais forte for o campo magnético, maior será o número de linhas de força.

#### Unidade de medida do fluxo magnético:

1) Weber (Wb): 1 Wb equivale a  $1 \times 10^8$  linhas do campo magnético ou  $1 \times 10^8$  Maxwell (Mx).

*A unidade de medida Weber é em homenagem a Wilhelm Weber (1804-1890), físico alemão.*

2) Maxwell (Mx): 1 Mx é igual a 1 linha do campo magnético.

*A unidade de medida Maxwell é em homenagem a James Clerk Maxwell (1831-1879), físico e matemático escocês.*

Com relação a unidade de medida Weber, utiliza-se com frequência o  $\mu\text{Wb}$ , por questão de conversão para o Mx, senão vejamos:

$$1\mu\text{Wb} = 1 \cdot 10^{-6} \cdot 10^8 \text{ linhas/Wb}$$

$$1\mu\text{Wb} = 1 \cdot 10^2 \text{ linhas} = 100 \text{ linhas ou } 100\text{Mx}$$

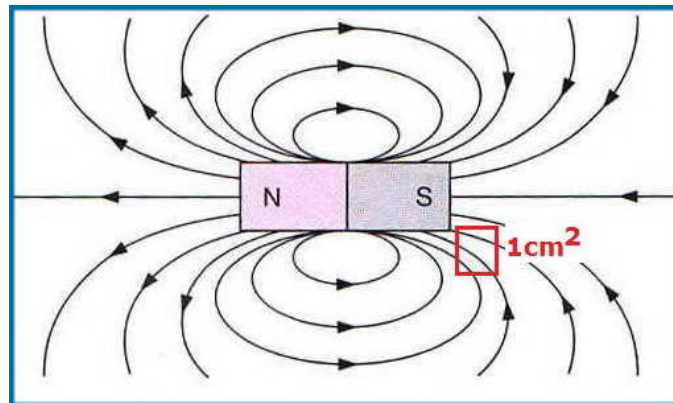
Vejamos um exemplo: Qual o número de linhas em  $\mu\text{Wb}$  de um fluxo magnético de 30.000 linhas?

$$300.000/100 = 300\mu\text{Wb}$$

#### Densidade do fluxo magnético B:

A densidade do fluxo magnético é o fluxo magnético por unidade de área, em uma secção perpendicular ao fluxo.

Para entender melhor esse conceito, veja a figura a seguir:



$B$  = densidade

Assim:  $B = \Phi/A$

$\Phi$  = fluxo através da área

$A$  = área

No sistema CGS essa área é de  $1\text{cm}^2$

**GAUSS:** é definido no CGS como sendo 1 linha por  $\text{cm}^2$ , ou melhor dizendo:  $1\text{Mx}/\text{cm}^2$ .

Na figura acima, tendo como referência a área demarcada de  $1\text{cm}^2$  a densidade  $B$  corresponde a 3 gauss.

Gauss é uma unidade de medida em homenagem ao alemão Karl F. Gauss (1777-1855), matemático alemão.

Exemplo: Com um fluxo de  $10.000\text{Mx}$  em uma área perpendicular de  $5\text{cm}^2$ , determine a densidade do fluxo magnético em gauss.

$B = \Phi/A$

$$10.000/5\text{cm}^2 = 2.000\text{Mx}/\text{cm}^2 = 2.000\text{G}$$

*O magnetismo terrestre tem um valor típico da ordem de 0,2G*

**TESLA:** neste caso, considera-se o fluxo em uma área de 1 metro quadrado ( $\text{m}^2$ ).

Então o fluxo é referenciado como  $\text{Wb}/\text{m}^2$

Desta forma, 1 weber por metro quadrado ( $\text{Wb}/\text{m}^2$ ) = 1 Tesla, abreviadamente T.

*Essa unidade de medida é em homenagem a Nikola Tesla (1856-1943), inventor na área de engenharia mecânica e elétrica.*

Relacionando as unidades de medidas:

1 metro = 100cm

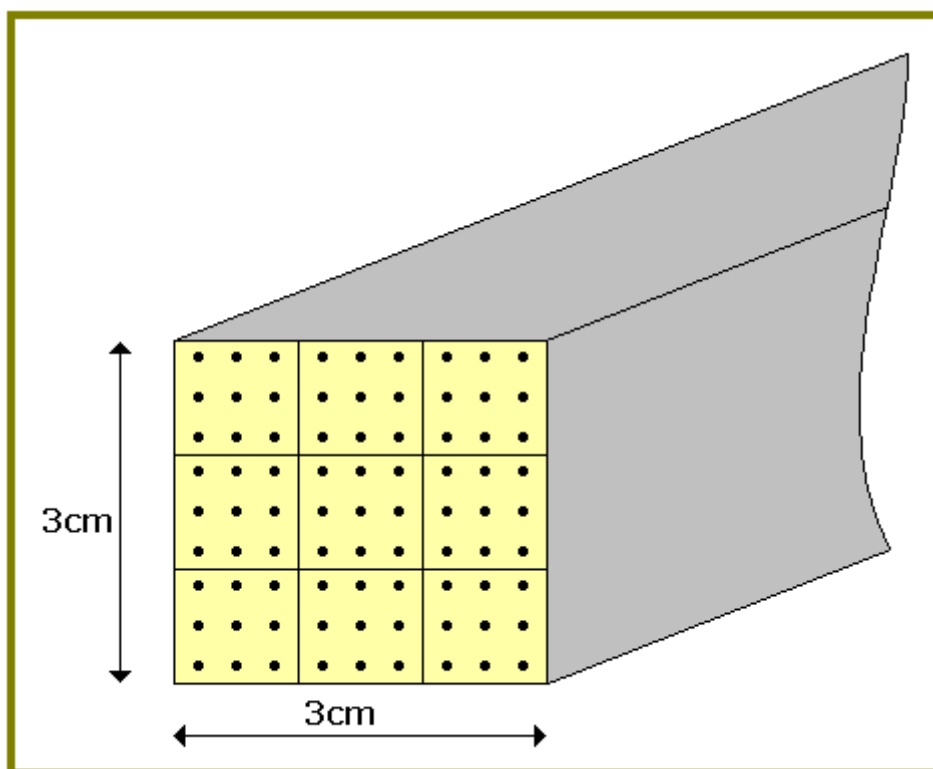
$1\text{m}^2 = 10^4 \text{ cm}^2$  (10.000cm)

$1\text{cm}^2 = 0,0001\text{m}^2 = (10^{-4} \text{ m}^2)$

Exemplo: Com um fluxo de  $400\mu\text{Wb}$  através de uma área de  $0,0005\text{m}^2$ , determina o fluxo em Tesla.

$$B = \Phi/A = 400 \cdot 10^{-6} \text{Wb} / 5 \cdot 10^{-4} \text{m}^2 = 400/5 = 80 \cdot 10^{-2} \text{ Wb/m}^2 = 0,8 \text{ Tesla (0,8T)}$$

Para melhor entender a relação fluxo e densidade, tomemos como exemplo a figura abaixo, onde temos uma área transversal de um material magnético, medindo  $3\text{cm} \times 3\text{cm}$ , subdivididas em áreas menores de  $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ , o que dará uma área de  $1\text{cm}^2$ .



A densidade do fluxo refere-se a uma área específica, no caso,  $1\text{cm}^2$ .

Admitindo que cada ponto representa 1 linha, então:  $B = 9\text{G}$

$$\Phi = B \times A = (3\text{cm} \times 3\text{cm}) \times 9\text{G} = 9 \times 9 = 81\text{Mx}$$