

TÉCNICO EM MECÂNICA



MÓDULO II
TECNOLOGIA DOS MATERIAIS



2025 - INEPROTEC

Diretor Pedagógico	EDILVO DE SOUSA SANTOS
Diagramação	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Capa	MICHEL MARTINS NOGUEIRA
Elaboração	INEPROTEC

Direitos Autorais: É proibida a reprodução parcial ou total desta publicação, por qualquer forma ou meio, sem a prévia autorização do INEPROTEC, com exceção do teor das questões de concursos públicos que, por serem atos oficiais, não são protegidas como Direitos Autorais, na forma do Artigo 8º, IV, da Lei 9.610/1998. Referida vedação se estende às características gráficas da obra e sua editoração. A punição para a violação dos Direitos Autorais é crime previsto no Artigo 184 do Código Penal e as sanções civis às violações dos Direitos Autorais estão previstas nos Artigos 101 a 110 da Lei 9.610/1998.

Atualizações: A presente obra pode apresentar atualizações futuras. Esforçamo-nos ao máximo para entregar ao leitor uma obra com a melhor qualidade possível e sem erros técnicos ou de conteúdo. No entanto, nem sempre isso ocorre, seja por motivo de alteração de software, interpretação ou falhas de diagramação e revisão. Sendo assim, disponibilizamos em nosso site a seção mencionada (Atualizações), na qual relataremos, com a devida correção, os erros encontrados na obra e sua versão disponível. Solicitamos, outros sim, que o leitor faça a gentileza de colaborar com a perfeição da obra, comunicando eventual erro encontrado por meio de mensagem para contato@ineprotec.com.br.

VERSÃO 2.0 (01.2025)

Todos os direitos reservados à
Ineprotec - Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico Eireli
Quadra 101, Conjunto: 02, Lote: 01 - Sobreloja
Recanto das Emas - CEP: 72.600-102 - Brasília/DF
E-mail: contato@ineprotec.com.br
www.ineprotec.com.br

Sumário

ABERTURA

SOBRE A INSTITUIÇÃO

- Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente
- Missão
- Visão
- Valores

SOBRE O CURSO

- Perfil profissional de conclusão e suas habilidades
- Quesitos fundamentais para atuação
- Campo de atuação
- Sugestões para Especialização Técnica
- Sugestões para Cursos de Graduação

SOBRE O MATERIAL

- Divisão do Conteúdo
- Boxes

BASE TEÓRICA

INTRODUÇÃO

OS MATERIAIS E SUAS DISPONIBILIDADES

- Ligações químicas
 - ✓ Ligações metálicas, iônicas e covalentes
- Tipos de materiais
 - ✓ Materiais metálicos
 - ✓ Materiais cerâmicos
 - ✓ Materiais poliméricos
 - ✓ Materiais compósitos

OS MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

- Competição entre os materiais
- Estrutura atômica dos materiais
 - ✓ Solução sólida
- Propriedades mecânicas
 - ✓ Resistência mecânica
 - ✓ Elasticidade

- ✓ Ductilidade e/ou plasticidade
- ✓ Dureza
- ✓ Tenacidade
- ✓ Propriedades tecnológicas

AS LIGAS METÁLICAS FERROSAS

- Estrutura cristalina do ferro puro
 - ✓ Ferro alfa (Fe- α)
 - ✓ Ferro gama (Fe- γ)
 - ✓ Ferro Delta (Fe- δ)
- Átomo intersticial
- Contornos de grão
- Beneficiamento das ligas de ferro
- Histórico do beneficiamento de ligas metálicas ferrosas
- O processo siderúrgico
 - ✓ Matérias-primas da indústria siderúrgica
 - ✓ Minério de ferro

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO

SÍNTESE DIRETA

MOMENTO QUIZ

GABARITO DO QUIZ

REFERÊNCIAS

Módulo II

TECNOLOGIA DOS MATERIAIS

Abertura

SOBRE A INSTITUIÇÃO

Educação Tecnológica, Inteligente e Eficiente

O Instituto de Ensino Profissionalizante e Técnico (INEPROTEC) é uma instituição de ensino que valoriza o poder da educação e seu potencial de transformação.

Nascemos da missão de levar educação de qualidade para realmente impactar a vida dos nossos alunos. Acreditamos muito que a educação é a chave para a mudança.

Nosso propósito parte do princípio de que a educação transforma vidas. Por isso, nossa base é a inovação que aliada à educação, resulta na formação de alunos de grande expressividade e impacto para a sociedade. Aqui no INEPROTEC, o casamento entre tecnologia, didática e interatividade é realmente levado a sério e todos os dias otimizado para constante e contínua evolução.

Missão

A nossa missão é ser símbolo de qualidade, ser referência na área educacional presencial e a distância, oferecendo e proporcionando o acesso e permanência a cursos técnicos, desenvolvendo e potencializando o talento dos estudantes tornando-os, assim, profissionais de sucesso e cidadãos responsáveis e capazes de atuar como agentes de mudança na sociedade.

Visão

O INEPROTEC visa ser um instituto de ensino profissionalizante e técnico com reconhecimento nacional, comprometida com a qualidade e excelência de seus cursos, traçando pontes para oportunidades de sucesso, tornando-se, assim, objeto de desejo para os estudantes.

Valores

Ciente das qualificações exigidas pelo mercado de trabalho, o INEPROTEC tem uma visão que prioriza a valorização de cursos essenciais e pouco ofertados para profissionais que buscam sempre a atualização e especialização em sua área de atuação.

SOBRE O CURSO

O curso TÉCNICO EM MECÂNICA pertence ao Eixo Tecnológico de CONTROLE E PROCESSOS INDUSTRIAIS.

Vejamos algumas informações importantes sobre o curso TÉCNICO EM MECÂNICA relacionados ao **perfil profissional de conclusão e suas habilidades, quesitos fundamentais para atuação, campo de atuação** e, também algumas sugestões interessantes para continuação dos estudos optando por **Especializações Técnicas** e/ou **Cursos de Graduação**.

Perfil profissional de conclusão e suas habilidades

- Programar, controlar e executar processos de fabricação mecânica para máquinas e equipamentos mecânicos atendendo às normas e aos padrões técnicos de qualidade, saúde e segurança e de meio ambiente.
- Planejar, aplicar e controlar procedimentos de instalação, de manutenção e inspeção mecânica de máquinas e equipamentos.
- Elaborar projetos de produtos relacionados a máquinas e equipamentos mecânicos especificando materiais para construção mecânica por meio de técnicas de usinagem, soldagem e conformação mecânica.
- Realizar inspeção visual, dimensional e testes em sistemas, instrumentos e equipamentos mecânicos, pneumáticos, hidráulicos e eletromecânicos de máquinas.
- Reconhecer tecnologias inovadoras presentes no segmento visando a atender às transformações digitais na sociedade.

Quesitos fundamentais para atuação

- Conhecimentos e saberes relacionados aos processos de planejamento, produção e manutenção de equipamentos mecânicos de modo a assegurar a saúde e a segurança dos trabalhadores e dos usuários.
- Conhecimentos e saberes relacionados à sustentabilidade do processo produtivo, às técnicas e aos processos de produção, às normas técnicas, à liderança de equipes, à solução de problemas técnicos e trabalhistas e à gestão de conflitos.

Campo de atuação

- Indústrias de alimentos e bebidas, de instrumentos médico-hospitalares, têxteis, de artigos de borracha e plástico, de produtos químicos, metalmecânica, de máquinas e equipamentos, aeroespaciais, automobilística e de instrumentos de medida.

Sugestões para Especialização Técnica

- Especialização Técnica em Usinagem por CNC.
- Especialização Técnica em Ensaio Mecânicos.
- Especialização Técnica em Mecânica Automotiva.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética em Edificações.
- Especialização Técnica em Eficiência Energética Industrial.
- Especialização Técnica em Implantação e Comissionamento de Parques Eólicos.
- Especialização Técnica em Biocombustíveis.
- Especialização Técnica em Biogás e Biometano.
- Especialização Técnica em Aproveitamento Energético de Biogás.

Sugestões para Cursos de Graduação

- Curso Superior de Tecnologia em Fabricação Mecânica.
- Curso Superior de Tecnologia em Processos Metalúrgicos.
- Bacharelado em Engenharia Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia de Produção Mecânica.
- Bacharelado em Engenharia Metalúrgica.

SOBRE O MATERIAL

Os nossos materiais de estudos são elaborados pensando no perfil de nossos cursistas, contendo uma estruturação simples e clara, possibilitando uma leitura dinâmica e com volume de informações e conteúdos considerados básicos, mas fundamentais e essenciais para o desenvolvimento de cada disciplina. Lembrando que nossas apostilas não são os únicos meios de estudo.

Elas, juntamente com as videoaulas e outras mídias complementares, compõem os vários recursos midiáticos que são disponibilizados por nossa Instituição, afim de proporcionar subsídios suficientes a todos, no processo de ensino-aprendizagem durante o curso.

Divisão do Conteúdo

Este material está estruturado em três partes:

- 1) ABERTURA.
- 2) BASE TEÓRICA.
- 3) SESSÕES ESPECIAIS.

Parte 1 - ABERTURA

- Sobre a Instituição.
- Sobre o Curso.
- Sobre o Material.

Parte 2 – BASE TEÓRICA

- Conceitos.
- Observações.
- Exemplos.

Parte 3 – SESSÕES ESPECIAIS

- Mapa de Estudo.
- Síntese Direta.
- Momento Quiz.

Boxes

Além dessas três partes, no desenvolvimento da BASE TEÓRICA temos alguns BOXES interessantes, com intuito de tornar a leitura mais agradável, mesclando um estudo mais profundo e teórico com pausas pontuais atrativas, deixando a leitura do todo “mais leve” e interativa.

Os BOXES são:

- **VOCÊ SABIA?**



São informações complementares contextualizadas com a base teórica, contendo curiosidades que despertam a imaginação e incentivam a pesquisa.

- **PAUSA PARA REFLETIR...**



Um momento especial para descansar a mente do estudo teórico, conduzindo o cursista a levar seus pensamentos para uma frase, mensagem ou indagação subjetiva que leve a uma reflexão pessoal e motivacional para o seu cotidiano.

- **SE LIGA NA CHARADA!**



Se trata de um momento descontraído da leitura, com a apresentação de enigmas e indagações divertidas que favorecem não só a interação, mas também o pensamento e raciocínio lógico, podendo ser visto como um desafio para o leitor.

Base Teórica

A evolução da sociedade humana sempre foi influenciada pela descoberta de novos materiais. É possível correlacionar cada importante salto ocorrido no desenvolvimento da humanidade com descobertas envolvendo novos materiais.

Os primeiros utensílios utilizados pelo homem foram obtidos a partir de madeira ou pedra, principalmente para a fabricação de ferramentas e armas. Outros materiais também foram largamente utilizados para fins específicos como ossos, fibras vegetais, conchas, pele de animais e argila. Em geral, estes materiais eram usados para fins decorativos ou para proporcionar maior conforto.

Tal desenvolvimento, de certa forma, tornou mais fácil a obtenção e processamento dos recursos mínimos para a sobrevivência, fornecendo conseqüentemente, maior tempo livre para o nosso desenvolvimento intelectual. Nesta época, o cérebro humano não possuía nada diferente do cérebro do homem dos dias atuais, ou seja, a capacidade de raciocínio era equivalente à nossa.

No entanto, o homem possuía muito menos tempo para pensar e, conseqüentemente, menos oportunidade para se desenvolver. A partir do momento que o homem produziu ferramentas e novas técnicas para facilitar sua vida, passou a ter mais tempo para concatenar ideias, levando-o mais rapidamente a novas soluções para os problemas do dia-a-dia, como obter alimento, armazenar comida, desenvolver técnicas de caça e assim por diante.

O desenrolar deste processo funcionou como uma bola de neve. Quanto mais ele se desenvolvia mais tempo disponível para pensar e se desenvolver ele tinha.

OS MATERIAIS E SUAS DISPONIBILIDADES

O homem, há milhares de anos, isola e transforma materiais para a produção de utensílios que facilitem sua vida. Mas de onde vêm estes materiais? Onde estariam disponíveis? A resposta mais óbvia seria: “da Terra”.

A Terra possui um diâmetro em torno de 13.000 km e sua massa é de aproximadamente $6 \cdot 10^{24}$ kg (ou seja, 24 zeros acompanhando o número 6). Mas, o homem pode de fato utilizar todo este material? A resposta é *NÃO*. O homem tem possibilidade de utilizar somente o que há na *crosta* terrestre. A crosta terrestre é uma fina “casquinha” sobre esta grande esfera que é o planeta Terra. Ela possui uma espessura de 30 a 50 km. Fazendo-se uma analogia, se tivéssemos uma esfera de 100 mm (10 cm) de diâmetro, a espessura equivalente da crosta terrestre seria de 0,4 mm. Seria como uma camada espessa de verniz ou tinta sobre esta esfera de 100 mm. A atmosfera da terra possui dimensões semelhantes à da crosta terrestre, logo, a mesma analogia é válida.

O homem, então, extrai seus recursos do meio em que vive, ou seja, da crosta terrestre e da atmosfera. Mas, quais elementos químicos estão disponíveis na crosta terrestre e atmosfera? Sempre ouvimos falar que a terra é composta principalmente por ferro, mas esta informação leva em conta toda a esfera.

A figura a seguir (figura 1) mostra a distribuição da composição química dos elementos químicos que compõe a crosta terrestre.

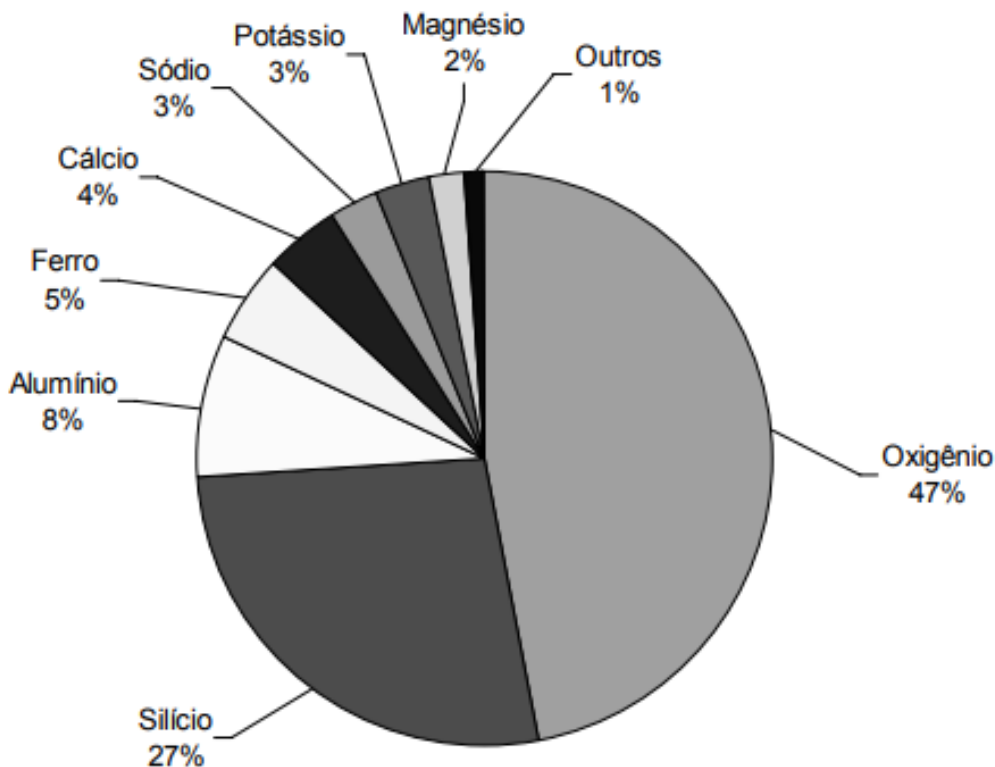


Figura 1: Composição química da crosta terrestre.

A “Figura 1” mostra algo interessante: o oxigênio e silício juntos representam quase 75% da proporção de elementos químicos presentes na crosta terrestre. Nada mais justo! A crosta terrestre é formada principalmente por rochas. A quantidade de sílica presente nestas rochas é muito grande. A areia do mar, nada mais é do que sílica moída. Se observarmos a composição química da sílica (SiO_2) notamos que ela é composta de um átomo de silício e dois átomos de oxigênio. Observando a Figura 1 percebemos que a quantidade de oxigênio é quase o dobro da de silício. Coincidência?

Os elementos que seguem, em ordem decrescente, alumínio, ferro, cálcio, sódio, magnésio e potássio juntos com oxigênio e silício representam 99% dos elementos químicos presentes na crosta terrestre. Isto significa dizer que 99% dos recursos disponíveis são compostos por estes elementos. O elemento químico mais abundante do universo é o hidrogênio, a matéria orgânica é composta principalmente de carbono, a água possui 2/3 de hidrogênio, o carbono (elemento principal de organismos vivos) e metais importantes como níquel, chumbo, estanho, cobre, titânio, molibdênio e mais os outros noventa e tantos elementos químicos da tabela periódica com 1% de representação na proporção da crosta.

Outro ponto a ser ressaltado. Por que o alumínio é tão disputado entre os catadores de sucata já que se trata do terceiro elemento mais abundante na crosta terrestre? Por que simplesmente não cavar e recolher o alumínio? O mesmo pode-se dizer do ferro, também muito abundante. Cálcio, sódio, magnésio e potássio também são metais. Você já os viu? Você já viu algum objeto feito a partir de uma barra de cálcio? Qual a cor do cálcio? Branco?



VOCÊ SABIA?

Na reciclagem de 1 tonelada de alumínio economiza-se 95% de energia (são 17.600 kwh para fabricar alumínio a partir de matéria-prima virgem, contra 750 kwh a partir de alumínio reciclado).

O que ocorre é que, assim como o silício, estes outros metais estão ligados ao oxigênio. O alumínio está presente principalmente como alumina (Al_2O_3) e o ferro como hematita (Fe_2O_3) e magnetita (Fe_3O_4). Não é possível produzir latinhas de alumínio diretamente com a alumina recolhida da terra. É como morrer de sede na praia. A água salgada não serve para beber! É necessário separar o alumínio do oxigênio e isso é muito dispendioso. O mesmo ocorre com o ferro, mas este é mais fácil de separar que o alumínio. Por isso há mais objetos produzidos de ferro que de alumínio, apesar de o Ferro ser menos abundante que o Alumínio. Certamente você não encontrou por aí nenhum objeto feito de uma barra de cálcio metálico.

O ímpeto de pensar o cálcio na cor branca é que você o encontra na forma de óxido. A cal é, basicamente, óxido de cálcio. O cálcio (assim como o lítio, potássio, sódio, rubídio, cério, frâncio, magnésio, etc.) é extremamente “apaixonado” por oxigênio e por isso a separação é um tanto “dolorosa”. Você precisa ceder muita energia para separar o cálcio do oxigênio. O inverso ocorre quando estes metais muito “apaixonados” por oxigênio o encontram, uma quantidade grande de energia é liberada.

Os metais alcalinos e alcalinos terrosos possuem esta característica:

- ✓ Materiais metálicos;

- ✓ Materiais cerâmicos;
- ✓ Materiais poliméricos;
- ✓ Materiais compósitos.

Esta classificação é baseada na estrutura atômica e nas ligações químicas predominantes em cada grupo. Os materiais compósitos foram incorporados recentemente nesta classificação e representa os materiais formados por aqueles pertencentes a diferentes classes ou da mesma classe desde que não haja dissolução de um no outro. Não vamos confundir esta classificação com a classificação dos elementos químicos da tabela periódica.

Os elementos químicos são classificados como metais, não-metais, semimetais e gases nobres. Quando falamos em materiais, queremos dizer um conjunto de elementos químicos formando uma substância com estrutura e ligações entre os átomos. Para que um amontoado de átomos permaneça junto é necessário que haja atração entre eles. Esta atração é a ligação química.

Ligações químicas

Como já dito, as ligações químicas fazem com que um amontoado de átomos permaneça unido. Antes de começarmos, vamos lembrar como é o átomo. O átomo é constituído de prótons, nêutrons e elétrons. Os prótons possuem carga positiva, os elétrons possuem carga negativa e os nêutrons não possuem carga. O átomo possui um núcleo muito pequeno e denso e uma nuvem de partículas em sua volta. Esta nuvem de partículas são os elétrons (carga negativa) que viajam em torno do núcleo cada qual em sua órbita específica, a eletrosfera. Já o núcleo é composto de prótons e nêutrons. A massa do átomo está praticamente toda no núcleo.

O átomo em si é eletricamente neutro, pois o número de prótons é igual ao número de elétrons, como ambos possuem cargas opostas estas se anulam. A natureza do átomo é dada pelo número de prótons (ou de elétrons) e a tabela periódica os classifica todos os centos e tantos átomos um a um desta maneira.



VOCÊ SABIA?

A atração entre seus íons acaba produzindo aglomerados com formas geométricas bem definidas, denominados retículos cristalinos.

Como vimos, os átomos são eletricamente neutros, mas estes não são necessariamente estáveis. Com exceção dos gases nobres, quando um átomo se aproxima do outro ocorre uma interação entre as eletrosferas de ambos. Esta interação pode ser de várias formas, compartilhamento de elétrons, troca de elétrons ou “socialização” de elétrons dos átomos “em contato”. Esta interação produz uma força que faz com que os átomos permaneçam unidos, ou seja, produz a força de ligação química (ou ligação química). Com esta força atuando, os átomos ficam unidos e para separá-los é necessário ceder uma força maior que a da ligação química (já experimentou quebrar uma lajota com o dedão do pé?).

Mas como agem as ligações químicas? O que ocorre é que existe uma força que faz com que os átomos se atraiam agrupando-os. Ocorre como num ímã. O polo negativo de um ímã é atraído pelo polo positivo de outro. Lembrando, cargas opostas se atraem. É exatamente o que ocorre no caso das ligações químicas. Os átomos quando próximos de outros modificam o equilíbrio das suas cargas elétricas fazendo com que um átomo fique “grudado” em outro devido à atração de cargas.

Esta força é conhecida como força de ligação química, ou simplesmente ligação química. Existem vários tipos de ligações químicas, que podem ser classificadas de várias formas. Existem ligações químicas fortes e ligações químicas fracas.

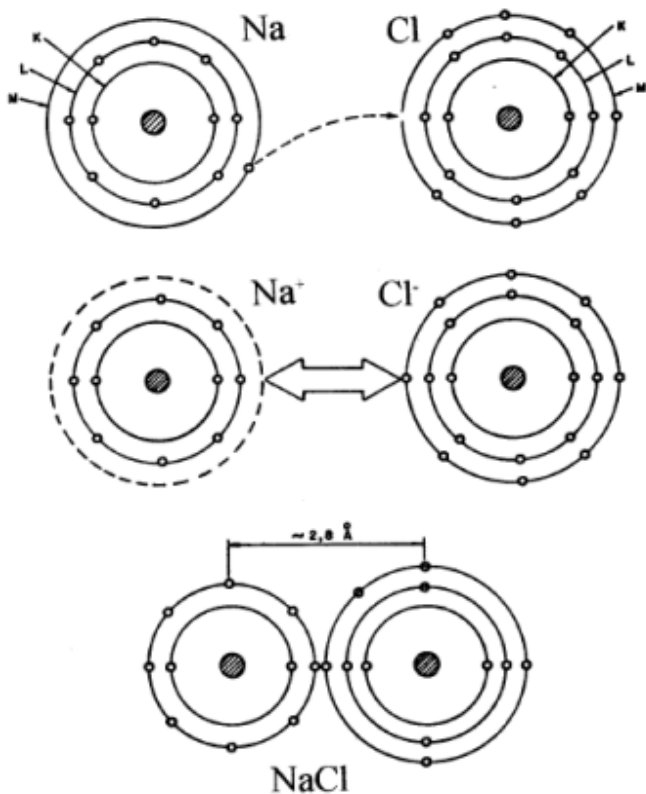


Figura 2: Formação do cloreto de sódio por meio de ligação iônica.

Ligações metálicas, iônicas e covalentes

As ligações fortes podem ser basicamente de três tipos:

- 1) Ligação metálica;
- 2) Ligação iônica;
- 3) Ligação covalente.

Na ligação iônica, um ou mais elétrons são transferidos de um átomo menos “ávido por elétrons” (eletropositivo) para outro sedento por elétrons (eletronegativo). A força de ligação existe, pois um ao ceder e o outro ao receber elétrons ficaram eletricamente desbalanceados. O que recebeu o elétron ficou negativo e o que cedeu ficou positivo. A ligação ocorre devido à atração do íon negativo e do positivo.

Na ligação covalente, um ou mais elétrons são compartilhados entre dois átomos, gerando uma força de atração entre aqueles que participam da ligação. Este compartilhamento é muito comum nas moléculas orgânicas.

A ligação metálica ocorre da seguinte forma: átomos com 1, 2 ou no máximo 3 elétrons na última camada (de valência) possuem possibilidade de se movimentar livremente quando juntos com outros átomos com as mesmas características. Os elétrons que não são de valência permanecem presos ao átomo. Estes elétrons presos mais o núcleo forma um “caroço” eletricamente positivo que é envolvido por uma nuvem de elétrons. Os elétrons da nuvem atuam como uma “cola” mantendo os caroços positivos unidos.

O fato dos materiais metálicos possuírem este tipo de ligação determina as propriedades físicas e mecânicas, como condutividade elétrica, térmica e capacidade de modelagem (ductilidade).

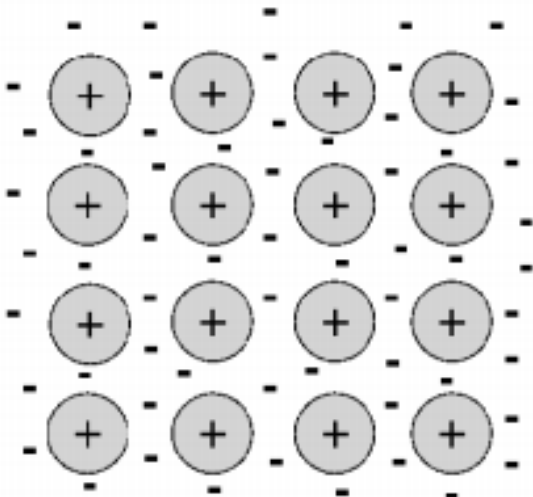


Figura 3: Ilustração da nuvem eletrônica, que caracteriza a ligação metálica.

Os principais tipos de ligações químicas fracas são:

- Pontes de hidrogênio;
- Forças de Van der Waals.

Estas ligações são muito mais fracas que as ligações metálicas, iônicas e covalentes. A força de Van der Waals é uma força de atração muito fraca que tem sua origem na atração dos núcleos positivamente carregados de cada molécula pelos elétrons de outra molécula. Este tipo de ligação tem sua importância ressaltada nos polímeros (plásticos). Estes materiais possuem principalmente ligações covalentes e iônicas entre os átomos formando moléculas.

No entanto, existem ligações fracas (do tipo velcro) entre as moléculas ou entre partes diferentes de uma mesma molécula formando um emaranhado de moléculas rígido (como um novelo de lã cheio de nós). Isso faz com que o material polimérico tenha características plásticas quando aquecido (no caso dos termoplásticos).

O outro tipo de ligação fraca, as pontes de hidrogênio, forma-se quando um átomo de hidrogênio se assenta sobre dois átomos de oxigênio ou dois átomos de nitrogênio, ou um de cada. Um exemplo importante é a água. Existem ligações fracas entre os átomos de hidrogênio de uma molécula com o oxigênio de outra molécula de H_2O .

Caso não existisse esta ligação a água seria gasosa nas condições em que vivemos, este simples fato definiu nossa existência na Terra. Tanto a força de Van der Waals como as pontes de hidrogênio são facilmente formadas e facilmente rompidas. Poderíamos fazer uma analogia: as ligações fortes seriam como uma solda e as ligações fracas como um velcro.

Tipos de materiais

Os materiais de construção mecânica podem ser divididos em quatro grandes grupos. O primeiro em escala de uso e mais antigo é o grupo dos materiais metálicos. Em seguida temos os materiais cerâmicos e poliméricos. Por último, temos os materiais compósitos que podem ser considerados combinações estratégicas dos três grupos de materiais anteriores para o aproveitamento racional das propriedades individuais de cada grupo. O enquadramento dos materiais dentro destes grupos é arbitrário. Geralmente, levam-se em conta três aspectos: natureza dos elementos químicos presentes, tipo de ligação química preponderante e estrutura atômica.

A “figura 4”, mostra de forma esquemática estes grupos de materiais. Nesta figura, é possível ver também, alguns exemplos de combinação de duas classes de materiais para a confecção de um material compósito específico.

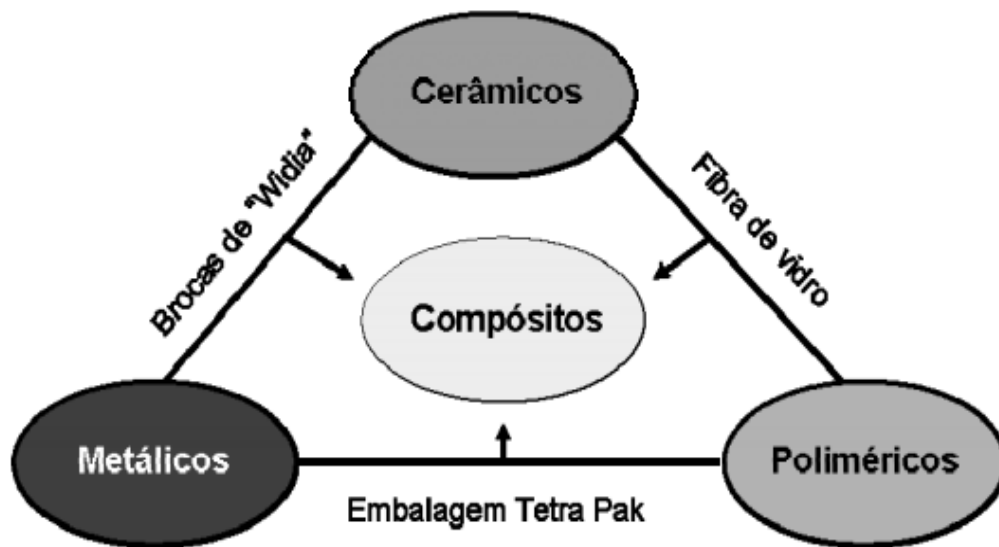


Figura 4: Diagrama esquemático dos grupos tradicionais de materiais.

A disponibilidade comercial dos materiais é crescente e há uma concorrência entre eles em diversas aplicações em engenharia. Não são poucas as vezes que vemos materiais metálicos sendo substituídos por polímeros (nos automóveis, por exemplo), ou alumínio, substituindo o ferro, ou vice-versa. Cabe ressaltar que a escolha de um material para uma determinada aplicação é arbitrária, e deve levar em conta vários requisitos, tanto técnicos como econômicos e sociais. Logo, o conhecimento dos tipos de materiais auxilia na elaboração de critérios técnicos baseados nas propriedades físicas, mecânicas e tecnológicas requeridas para manufatura de componentes e suas aplicações.

Materiais metálicos

Os materiais metálicos são substâncias inorgânicas formadas, geralmente, a partir da combinação de elementos metálicos da tabela periódica. Estes materiais possuem preponderantemente ligações metálicas. Um exemplo simples, o elemento químico Al (alumínio) quando ligado com outros átomos de alumínio (com ligações metálicas) forma o material conhecido como alumínio. Parece óbvio? Cuidado! Fique atento para o fato que elemento químico metálico, ligação metálica e material metálico, são três definições distintas!

**VOCÊ SABIA?**

Ródio é o metal mais valioso do mundo. Este metal pode ser encontrado em apenas alguns locais do mundo, sendo que a África do Sul é responsável pela exploração de 60% deste metal.

Existem elementos não-metálicos (semimetais e não metais) que podem fazer parte da composição dos metais, por exemplo: carbono, nitrogênio, oxigênio, hidrogênio, boro, entre outros.

Como já dito, os materiais metálicos são classificados como um conjunto de átomos que apresentem ligações metálicas. Os elementos que preferem formar predominantemente ligações metálicas são os átomos metálicos (coincidência?). Estes materiais possuem um grande número de elétrons não-localizados, ou seja, elétrons que não estão ligados a qualquer átomo em particular. Muitas propriedades dos metais são atribuídas diretamente a estes elétrons (ou a este tipo de ligação química). Os metais são excelentes condutores de eletricidade e calor, são opacos, resistentes e deformáveis, o que faz desta classe de materiais muito atraente para o uso em uma infinidade de aplicações.

Como vimos, os materiais metálicos são formados por um arranjo ordenado de íons (do elemento químico metálico) positivamente carregados (Figura 3), cada um dos quais contribui com elétron (s) para a nuvem negativa. Sem estes elétrons, os íons metálicos (Figura 3) positivamente carregados iriam se repelir. São os elétrons negativamente carregados, que constituem um “adesivo móvel” por vezes denominado “nuvem de elétrons”, que os mantém unidos pelo que denominamos ligação metálica.

Os materiais metálicos podem ser formados por um único elemento químico, ou seja, metal puro (p. ex.: Ouro, alumínio, cobre, estanho, prata), ou formado por mais de um elemento químico, ou seja, liga metálica (p. ex.: aço-carbono – Fe+C, bronze – Cu+Sn, latão – Cu+Zn, aço inox – Fe+C+Cr, Duralumínio – Al+Cu+Mg+Mn+Si, entre outros).

Numa liga metálica temos a matriz, formada pelo elemento químico em maior quantidade e o elemento de liga, presente em menor quantidade. Por exemplo, o aço-carbono é uma liga formada por ferro e carbono. Neste caso, a matriz é o ferro e o carbono o elemento de liga, já que este último está presente numa proporção de até 2,11% na liga.

De maneira geral, as ligas metálicas são classificadas como ferrosas e não ferrosas. Tal classificação pode ser entendida se for levado em conta a matriz da liga. Assim, uma liga que possui predominância do elemento químico Fe, é classificada como ferrosa, caso contrário, como não-ferrosa.

Materiais cerâmicos

Numa definição muito grosseira, materiais cerâmicos são substâncias duras, resistentes ao ataque ambiental e constituída de uma combinação de materiais (blenda) de elementos metálicos ou semimetálicos e um elemento não-metálico, que é usualmente o oxigênio. Uma cerâmica muito conhecida é a sílica, nome comum do dióxido de silício (SiO_2). Aqui o silício é o semimetal e o oxigênio o não-metal. Outro exemplo comum é a alumina (Al_2O_3), onde o metal é o alumínio e o não-metal o oxigênio. Existem, no entanto, uma série de cerâmicas sem oxigênio, formadas principalmente por nitrogênio e carbono.

Por exemplo, nitreto de silício, carboneto de tungstênio, entre outros. Existem materiais cerâmicos compostos por um único elemento químico. O grafite e o diamante, por exemplo, são materiais cerâmicos constituídos unicamente de carbono.

Uma definição mais abrangente quanto aos materiais cerâmicos pode ser a seguinte: Os materiais cerâmicos são materiais inorgânicos onde predominam o tipo de ligação química iônica ou covalente. Os materiais que se enquadram como cerâmicos inclui aqueles compostos por materiais argilosos, cimento e vidro. Estes materiais são tipicamente isolantes elétricos e térmicos, em decorrência do tipo de ligação química que não possui elétrons livres para a condução de eletricidade e calor.

Os cerâmicos são, geralmente, mais resistentes às elevadas temperaturas e à abrasão que os materiais metálicos e poliméricos. Os cerâmicos são em geral duros e quebradiços (lembrando que dureza anda lado a lado com a fragilidade).

EXEMPLOS:

Alguns exemplos de materiais cerâmicos:

- ✓ **Compostos simples** – óxidos, carbonetos, nitretos, boretos com ligação predominantemente iônica;
- ✓ **Compostos mistos** – óxidos mistos, carbonetos e nitretos mistos, carbonitretos, entre outros, com ligação química predominantemente iônica;
- ✓ **Diamante** – formado por carbono com ligações covalentes com estruturas tetraédricas.
- ✓ **Vidros cerâmicos** – formado por ligações iônicas onde não há ordenação atômica a longa distância.

Quando falamos de materiais cerâmicos, nos vem em mente sempre algo como tijolos, telhas, vasos, etc.. Materiais com pouca resistência mecânica e com relativa fragilidade. Estes materiais, na verdade, fazem parte de uma classe dentro dos materiais cerâmicos, que são as cerâmicas tradicionais. Estas possuem elevada dureza, mas também elevada fragilidade. São fabricados a partir de pós de argilo-minerais e rochas moídas (sílica). Estas cerâmicas são utilizadas onde as solicitações mecânicas não são muito severas. Geralmente, decorativos, para proteção ao calor ou intempéries (construção civil e utensílios domésticos).

No entanto, existe outra classe de materiais cerâmicos para aplicação em engenharia, as denominadas cerâmicas avançadas (ou de alto desempenho). Estas possuem maior resistência ao choque e vibrações (ou seja, possuem maior tenacidade) e podem ser usadas como componentes especiais de máquinas e motores que necessitem de elevada resistência ao desgaste e calor, além é, claro de maior tenacidade. Nesta classe, se enquadram a alumina (Al_2O_3), óxido de zircônia (ZrO_2), nitreto de silício (Si_3N_4), carboneto de silício (SiC), nitreto de alumínio (AlN), entre outros.

Materiais poliméricos

Uma classe particular de compostos do carbono desempenha um papel importante no mundo vivo e no ambiente material de grande parte da humanidade. Esta classe é denominada polímeros. Um polímero é uma cadeia, produzida pela união (ligação covalente) de pequenas moléculas, conhecida como monômeros. Os monômeros de uma cadeia podem ser idênticos, como as peças de um colar, ou similares. Monômeros são pequenas moléculas contendo carbono (por ex.: etileno C_2H_4).

Palavra polímero origina-se do grego *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição).

Polímero = muitos meros em cadeia por ligação covalente.

Por exemplo, um polímero muito comum, o polietileno. É formado pela repetição de vários meros formados a partir do monômero etileno (ou eteno), conforme a “Figura 5”.

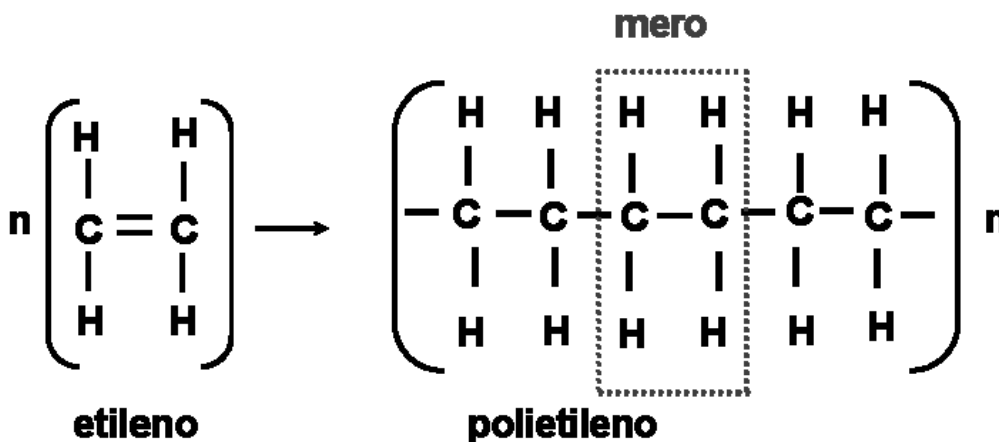


Figura 5: Esquema da polimerização do monômero etileno para formar o polietileno com grau de polimerização “n”.

EXEMPLOS:

Policarbonato, poliuretano, poliestireno, polipropileno, são exemplos de polímeros.

Os polímeros, por terem este tipo de ligação química e estrutura molecular fazem com que estes materiais sejam isolantes elétricos e maus condutores de calor, baixa densidade, elevada resistência à corrosão e ampla variedade de formulação. Em compensação, estes materiais possuem baixa resistência mecânica e baixa resistência ao calor, quando comparado com as cerâmicas e metais.

Os polímeros podem ser **naturais** (madeira, cabelos, pele, proteínas, celulose, chifres de animais, entre outros) ou **sintéticos** (polietileno, PVC, nylon, acrílico, teflon, etc.).

O mais abundante polímero natural sobre a Terra é certamente a celulose, que é uma substância tenaz que forma a cobertura externa da célula vegetal. O algodão é celulose quase que pura, a madeira possui cerca de 50% de celulose. A glicose também é um importante polímero natural. Do ponto de vista do homem, o mais importante polímero é a molécula do DNA, que carrega informação genética de uma geração para a seguinte.

Materiais compósitos

Os materiais compósitos são materiais formados pela mistura de dois ou mais materiais. A maioria dos materiais compósitos é produzida a partir de uma mistura de um material de reforço, com características requeridas para o produto e um outro material que serve como matriz que agrega o primeiro formando um único material (exemplo: concreto armado: ferro e concreto. Neste caso o último funciona como matriz). Um outro exemplo clássico é a fibra de vidro. Fibras de vidro são incorporadas no interior de um material polimérico.

Estes materiais podem ser enquadrados nas outras três classes (como no exemplo da Figura 3) ou podem pertencer à mesma classe de material. De um modo geral, os componentes que compõem o material compósito não se dissolvem um nos outros e podem ser identificados pelas interfaces que os separam.

Um compósito é projetado para se ter uma combinação das melhores características de cada material que o compõe. A fibra de vidro, por exemplo, adquire resistência do vidro e flexibilidade do polímero. Algo semelhante pode-se fazer com a fibra de carbono. Algumas estruturas são construídas de fibras de carbono embebidas em resina polimérica. A resina

dá sustentação e forma ao objeto. Já a fibra de carbono com resistência à tração muito elevada fornece à estrutura tal característica



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

Por que o macaco-prego não entra no mar?

RESPOSTA:

Porque ele tem medo do tubarão martelo.

OS MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

Os materiais muitas vezes são identificados pelos seus atributos ou qualidades. Por exemplo, materiais refratários, aços mola, materiais com boa condutibilidade elétrica. Estes atributos são chamados de propriedades dos materiais e são essenciais para a escolha de um material para uma determinada aplicação.

As propriedades dos materiais dependem da natureza do material, composição química, estrutura cristalina, dos defeitos na estrutura cristalina. Podemos citar como propriedades dos materiais, as propriedades físicas, químicas, mecânicas e tecnológicas.

Todas as propriedades têm importância, no entanto, para a área tecnológica as mais importantes e as quais brevemente explanaremos serão as propriedades mecânicas e tecnológicas.

Competição entre os materiais

Buscando maior competitividade nos bens de consumo, as indústrias desenvolvem produtos cada vez melhores. O objetivo final é sempre a satisfação do cliente, no entanto, esta “satisfação” é algo relativo. Em geral, o cliente quer o bom e barato. O desafio então é utilizar o material que fornece a melhor relação custo/benefício do mercado. Atualmente, pode-se

notar que os aspectos sociais e ambientais vêm sendo levado em consideração pelos clientes, cada vez mais exigentes. Para se conhecer estas características deve-se ter um bom entendimento sobre os materiais, seus possíveis tratamentos e os custos envolvidos e impactos associados.

Na história, o uso de materiais para produzir bens de consumo estava limitado ao conhecimento da existência destes materiais, na facilidade de se obter, e nas suas características quanto à facilidade de se processar e quão duráveis eram tais materiais. A “figura 6” mostra a importância relativa das principais classes de materiais ao longo da história.

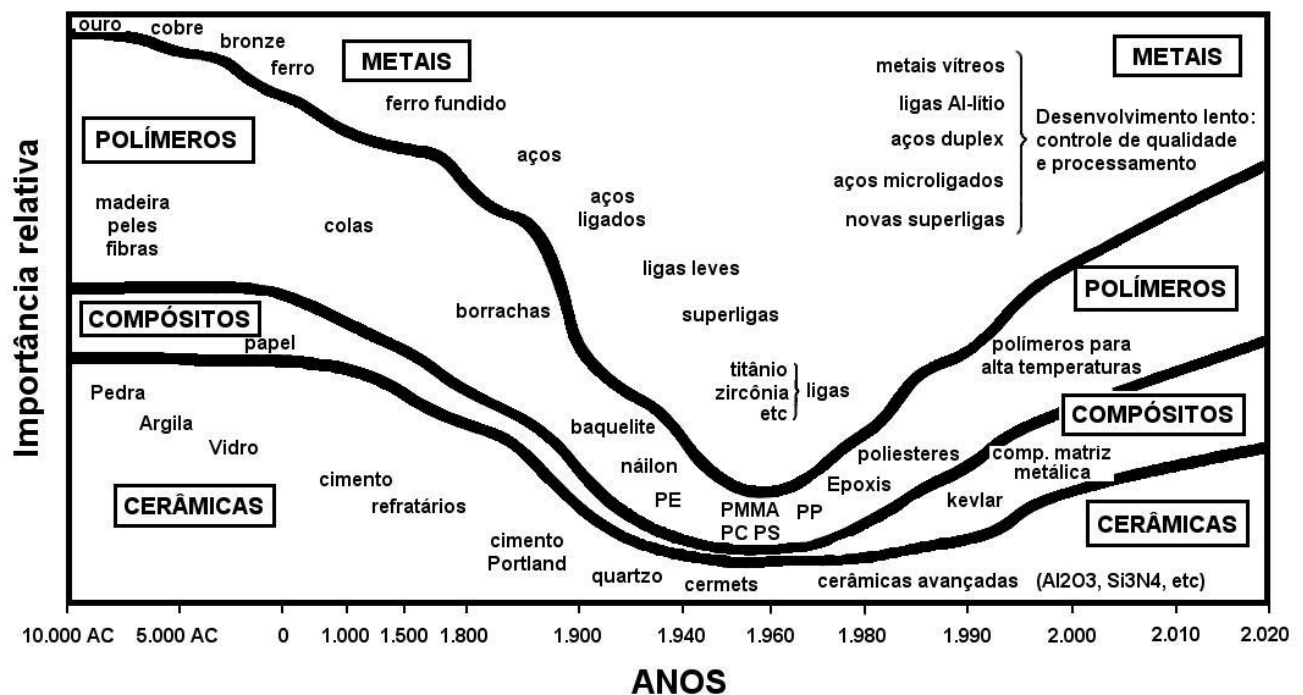


Figura 6: A evolução dos materiais com o tempo.

Os materiais pré-históricos eram, principalmente as cerâmicas e os polímeros naturais. As armas (como sempre na crista da onda da tecnologia) eram produzidas com madeira e pedras (ponta de flechas, lanças, entre outros). As casas e pontes eram construídas a partir de pedras. O ouro e a prata disponíveis na época tinham menor importância nesta “tecnologia”.

Com a descoberta do cobre, bronze e em seguida o ferro, um enorme avanço foi desencadeado, pois estes metais substituíram com maior eficiência os artefatos armamentícios e as ferramentas produzidas de madeira e pedra. Com o desenvolvimento da metalurgia, os horizontes se abriram e um grande salto na tecnologia foi dado.

Nos meados da Segunda Guerra Mundial, os materiais metálicos se sobressaíam (e com folga!) as demais classes de materiais. A partir daí as cerâmicas avançadas começaram a se desenvolver e sua utilização passou a ser inevitável. Além disso, a partir deste período, o homem consolidou seu domínio na síntese de materiais poliméricos e, por conseguinte, os materiais compósitos se desenvolveram também.

Estrutura atômica dos materiais

Como já mencionado anteriormente, os átomos se agrupam através de ligações químicas. Mas eles se agrupam de qualquer forma? A natureza reservou alguma maneira própria para os átomos se agruparem? A resposta é **SIM**. Na maioria dos casos os átomos não estão agrupados de qualquer jeito. Eles se agrupam segundo uma regra que a natureza impôs a cada tipo de material. O modo como os átomos estão agrupados dentro do material.

Chamado de estrutura atômica dos materiais (ou arranjo atômico). A importância da estrutura atômica dos materiais deve-se ao fato que elas influenciam marcadamente as propriedades dos materiais, ou seja, quão “resistentes”, duros, moldáveis, etc., são os materiais.

Este agrupamento pode ser ordenado, ou aleatório. Entende-se por agrupamento ordenado o material que possui os átomos em **posições bem definidas**, por exemplo, átomos enfileirados um atrás do outro. Podemos fazer uma analogia com uma caixa de ovos. Os átomos seriam os ovos. Neste tipo de “caixa” cada átomo tem uma posição bem definida. Na natureza existem milhares de modelos de “caixas de ovos”. Ou seja, os átomos podem se arranjar (ordenadamente) de várias maneiras. Este tipo de arranjo é denominado **Estrutura Cristalina** (que nada tem a ver com transparência). Quase todos os metais e os cerâmicos possuem estrutura cristalina.

OBSERVAÇÕES:

Ao contrário do que se pensa, um átomo pode ser dividido através do processo de fissão nuclear e a energia liberada é proporcional ao número de partículas no núcleo.

A “figura 7” mostra exemplos de diferentes tipos de estrutura cristalina. Neste caso temos diferentes estruturas para materiais que são compostos única e exclusivamente de um mesmo átomo, o carbono.

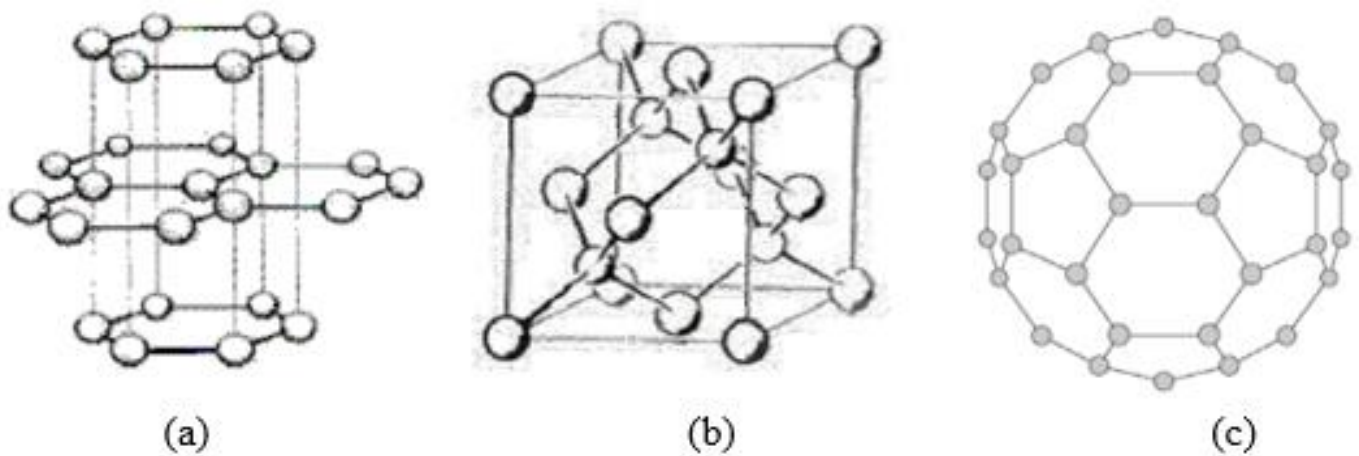


Figura 7: Exemplos de estrutura cristalina possível para o átomo de carbono (a) hexagonal, (b) cúbico diamante e (c) fulereno.

No caso “a” temos o átomo de carbono com a estrutura cristalina na forma **hexagonal**. Este material é o grafite. Esta estrutura cristalina confere a propriedade de lubrificante sólido ao material, já que as ligações entre os “hexágonos” são mais fracas e se rompem com maior facilidade. No caso “b”, o carbono está agrupado na estrutura cristalina do diamante. Isto lhe confere dureza extraordinária ao material. No caso “c” temos o carbono arranjado na forma de bola, ou mais conhecido como fulereno. Os metais em geral apresentam estrutura cristalina. O ferro, por exemplo, apresenta estrutura cristalina cúbica, assim como o alumínio, o cobre e outros.

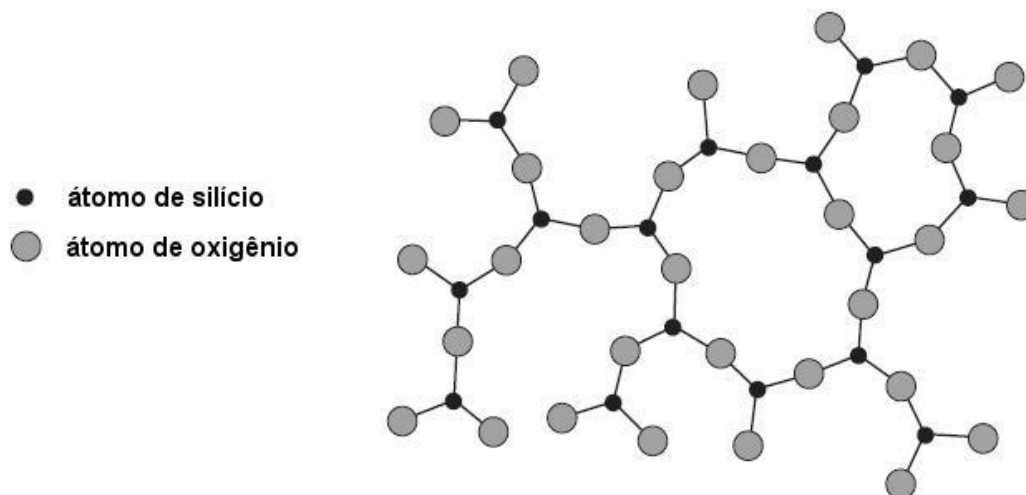


Figura 8: Desenho esquemático de uma estrutura amorfa.

No agrupamento aleatório os átomos não têm posições definidas. Seria como levar ovos em uma sacola plástica. Cada átomo se acomoda da maneira que lhe convém. Esta estrutura é chamada de Estrutura Amorfa (ou seja, sem forma, ou aleatória). Em geral, os materiais cerâmicos na forma de vidro possuem estrutura amorfa.

A “figura 8” mostra exemplo de uma estrutura amorfa. Neste caso, apesar de ter uma organização a curta distância, os átomos do composto SiO_2 , se encontram desorganizados.

Solução sólida

A maioria das pessoas gostam de café doce. Para adoçar o café é necessário misturar açúcar numa certa quantidade. Se você faz parte das pessoas que adoçam o café já deve ter notado que você adiciona algo sólido em um líquido (açúcar e café, respectivamente). Para que você sinta o café doce é necessário que o açúcar sólido se dissolva no café. Quando isso ocorre você não consegue mais diferenciar o açúcar do café, não é mesmo? Isto porque temos uma solução monofásica. Neste caso, para se ter uma solução monofásica é necessário que todo o açúcar se dissolva no café. Caso você coloque açúcar demais, parte dele se dissolve e parte fica no fundo da xícara. Isto seria uma solução bifásica. Dizemos que o açúcar atingiu o **limite de solubilidade** e este **precipitou** no fundo da xícara.

Tudo bem. Mas, o que isso tem a ver com o nosso curso? No caso do exemplo anterior, estamos falando de solução no estado líquido. Depois de dissolvido, o açúcar e o café ficaram no estado líquido. Na metalurgia, o conceito é muito similar, porém, trabalhamos geralmente, com solução sólida.

O bronze é uma liga cobre e estanho. Mas como dois materiais sólidos podem se dissolver um no outro? Na verdade, não é bem assim que ocorre. O que se faz geralmente é fundir os materiais e após a solidificação temos então um dissolvido no outro, formando uma liga metálica. Mas, como ocorre essa dissolução?

Existem, basicamente, duas maneiras:

- 1) Solução Sólida Intersticial.
- 2) Solução Sólida Substitucional.

A “figura 9” mostra a representação destes dois tipos de solução sólida.

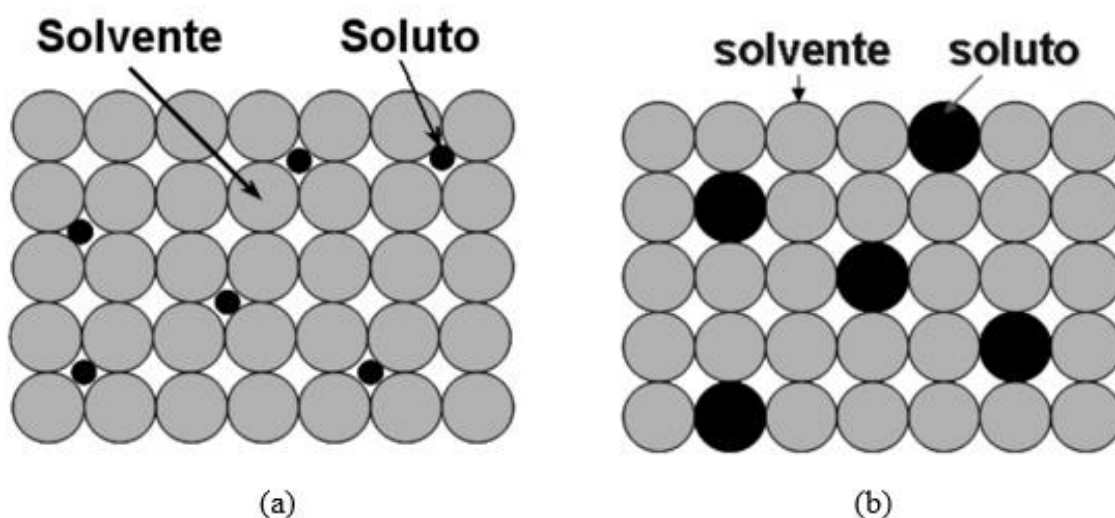


Figura 9: Representação esquemática da solução sólida intersticial (a) e solução sólida substitucional (b).

Na solução sólida intersticial (Figura 9a) o soluto entra nos espaços vazios (interstícios) da rede cristalina (o ferro CCC possui 32% de espaço vazio na célula unitária). No entanto, para isso o átomo que entra nestes interstícios deve ter um tamanho pequeno o suficiente para

poder entrar neste. No ferro, os átomos que podem entrar em solução intersticial são, principalmente o H, B, C, N e O.

No caso do átomo de soluto não ser suficientemente pequeno para caber nos interstícios da estrutura cristalina do solvente ele pode entrar em solução sólida substitucional. Por exemplo, o aço inox é uma liga de ferro, cromo e uma “pitada” de carbono. Para que o aço seja realmente “inox” é necessário que haja, pelo menos, 12% em solução sólida. No entanto, o átomo de cromo tem o tamanho parecido com o átomo de ferro, logo ele entra em solução sólida substitucional. Já o carbono que é pequeno, entra em solução sólida intersticial.

Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas constituem uma das características mais importantes das ligas metálicas ferrosas em suas várias aplicações, visto que o projeto e a construção de componentes mecânicos estruturais são baseados nestas propriedades.

Elas definem o comportamento do material quando sujeito a esforços de natureza mecânica e correspondem as propriedades que, num determinado material, indicam a sua capacidade de transmitir e resistir aos esforços que lhe são aplicados, sem romper ou sem que produzam deformações permanentes.

As propriedades mecânicas podem ser obtidas a partir de ensaios mecânicos, seguindo as suas respectivas normas. Estes procedimentos serão abordados mais adiante.

As propriedades mecânicas mais importantes são:

- Resistência mecânica.
- Elasticidade.
- Ductilidade e/ou plasticidade.
- Dureza.
- Tenacidade.

Resistência mecânica

Pode-se conceituar resistência mecânica como sendo a capacidade do material de resistir a esforços de natureza mecânica, como tração, compressão, cisalhamento, torção, flexão entre outros, sem romper e/ou se deformar. O termo “resistência mecânica”, porém abrange na prática um conjunto de propriedades que o material deve apresentar, dependendo da aplicação ao qual se destina. É muito comum para efeito de projeto relacionar diretamente a resistência mecânica com resistência à tração do material.

Elasticidade

É a capacidade que o material apresenta de deformar-se elasticamente. A deformação elástica de um material ocorre quando o material é submetido a um esforço mecânico e o mesmo tem suas dimensões alteradas, e quando o esforço é cessado o material volta às suas dimensões iniciais.

OBSERVAÇÕES:

A teoria da elasticidade estuda de forma rigorosa a determinação das tensões, deformações e da relação entre elas para um sólido tridimensional.

Ductilidade e/ou plasticidade

É a capacidade que o material apresenta de deformar-se plasticamente (ou permanentemente) antes de sua ruptura. Nota-se que houve deformação plástica de um material quando este é submetido a um esforço mecânico e o mesmo tem suas dimensões alteradas, e quando o esforço é cessado o material não retorna à sua dimensão inicial.

Dureza

A dureza possui várias definições. Talvez a que mais se adapte ao nosso curso seja: dureza é a medida da resistência que o material possui a deformação plástica localizada.

Tenacidade

É a capacidade que o material possui em absorver energia antes de sua ruptura. Dentro deste mesmo conceito pode-se associar a tenacidade com a resistência ao impacto.

Propriedades tecnológicas

Na produção de certos componentes mecânicos, algumas propriedades tecnológicas podem ser consideradas, para que o material a ser processado tenha um comportamento que não comprometa seu desempenho tanto durante o processamento, como em sua utilização.

Vamos citar as mais importantes:

- a) **Usinabilidade** – expressa a facilidade de um material ser usinado, ou seja, fabricação de uma peça, a partir da remoção de maior dimensão, através da remoção de material. Esta propriedade tecnológica pode expressa por meio de um valor numérico comparativo com um outro material padrão;
- b) **Conformabilidade** – é a capacidade do material de ser deformado plasticamente através de processos de conformação mecânica. Esta propriedade está associada à ductilidade do material;
- c) **Temperabilidade** – está diretamente relacionada com a profundidade (da superfície em direção ao núcleo) com a qual o material pode ser endurecido num tratamento térmico de têmpera.
- d) **Soldabilidade** – é a capacidade de um material ser unido pelo processo de soldagem, tendo por objetivo a continuidade das propriedades físicas, químicas e mecânicas dos mesmos.



PAUSA PARA REFLETIR...

Se a meta principal de um capitão fosse preservar seu barco, ele o conservaria no porto para sempre.

Tomás de Aquino

AS LIGAS METÁLICAS FERROSAS

Muitos dos utensílios e equipamentos que são utilizados pelo homem foram produzidos a partir do ferro. No entanto, raramente estes objetos são fabricados a partir do ferro puro. Então, afirmar que um prédio utiliza barras de ferro para a confecção de concreto armado estaria tecnicamente errado. Na realidade o homem utiliza ligas ferrosas e as principais delas são o aço e o ferro fundido, que são ligas formadas basicamente por ferro e carbono. Começaremos, no entanto, do início, ou seja, como são produzidas estas ligas, como é feito o beneficiamento do minério de ferro até se produzir o aço.

Estrutura cristalina do ferro puro

Nesta apostila veremos fundamentalmente os materiais ferrosos. Deste ponto em diante, veremos então as características metalúrgicas relacionadas ao ferro e suas ligas.

As propriedades mecânicas dos materiais ferrosos são definidas principalmente por sua estrutura cristalina. Por um capricho da natureza e muita sorte a nossa, o ferro puro apresenta mais de um tipo de estrutura cristalina, mudando conforme a temperatura. O ferro no estado líquido (a uma temperatura acima de 1534 °C) não apresenta uma disposição regular de átomos (seria amorfo). Isto ocorrerá somente na solidificação, quando os átomos formam a estrutura cristalina (rede especial regular, repetitiva a longo alcance).

O ferro cristaliza-se sob a forma cúbica e, dependendo da disposição dos átomos dentro do cubo (isto depende da temperatura), pode-se designá-las pelas letras do alfabeto grego, alfa (α), gama (γ) e delta (δ)³

**VOCÊ SABIA?**

O minério de ferro é uma das principais commodities produzidas e exportadas pelo Brasil.

Ferro alfa (Fe- α)

Como já dito, o ferro pode se apresentar na natureza (no estado sólido) com três estruturas cristalinas (alfa, gama e delta), dependendo da temperatura em que se encontra. O ferro se apresenta com a estrutura alfa (Fe- α) desde temperaturas criogênicas até temperatura de 912 °C. O ferro alfa é também frequentemente denominado: Fe- α , Ferro CCC ou Ferrita.

A forma desta estrutura é a cúbica de corpo centrado (CCC). Isto porque os átomos se arranjam na forma de um cubo. Na estrutura CCC átomos de ferro se posicionam nos vértices do cubo (num total de 8) tendo um átomo adicional no centro do cubo.

A “figura 10” mostra como é o arranjo atômico da estrutura cristalina alfa do ferro.

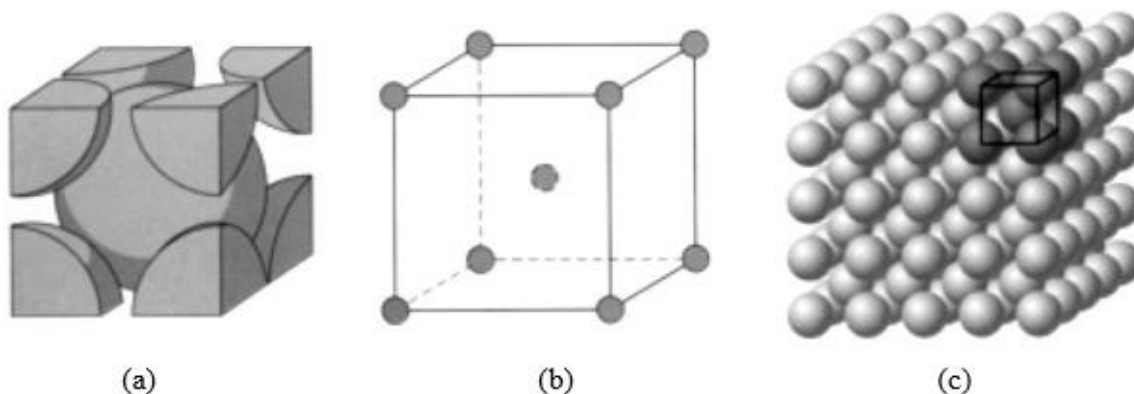


Figura 10: Estrutura cristalina CCC - Célula unitária real (a), célula unitária esquemática (b) e rede cristalina (c).

A rede cristalina (figura 10c) pode ser definida como constituída de muitas células cúbicas (Figura 10c em destaque), ou células unitárias, representada pela “figura 10a e 10b”. A

dimensão característica desta rede espacial é o comprimento da aresta do cubo, também chamado de parâmetro de rede (“**a**”).

Observando a célula unitária real da estrutura CCC podemos contar quantos átomos estariam dentro desta célula. Cada átomo do vértice corresponde a um oitavo ($1/8$) de átomo, pois temos que levar em consideração que, numa rede cristalina (figura 10c) temos uma célula unitária ao lado, na frente acima e nas diagonais, assim, os átomos dos vértices são compartilhados entre oito células unitárias. Temos também o átomo do centro. Como temos oito vértices, então teremos oito oitavos de átomos que é igual a um ($8 \cdot (1/8) = 1$) mais um átomo no centro, fazendo um total de 2 átomos dentro de uma célula unitária.

Observe com atenção que os átomos não ocupam todos os espaços possíveis (Figura 9a). Seria como empilhar bolinhas de pingue-pongue numa caixa. Restaria ainda espaço vazio entre as bolinhas. Nos materiais é a mesma coisa.

Numa rede cristalina perfeita, os átomos (idealizados como esféricos) não ocupam todo o espaço possível, logo há espaço disponível. Este **espaço é ocupado de quê?** Boa pergunta! Ar? Lembre-se que o ar é formado por moléculas (N_2 , O_2 , etc.) que talvez sejam maiores que estes espaços entre os átomos do ferro. Será que o ar consegue entrar nestes espaços? A resposta é **NÃO**. Para ocupar este espaço é necessário que o átomo seja do tamanho destes espaços entre os átomos de ferro. Existem átomos que podem ocupar estes espaços, mas isto é um assunto para ser visto mais adiante, por enquanto guarde esta informação, pois ela é importante! Caso não seja ocupado por nenhum átomo então este espaço é vácuo absoluto!

Fazendo-se o cálculo do volume do cubo ocupado pelos átomos chegaríamos num valor que se chama FEA (Fator de Empacotamento Atômico). No caso da estrutura CCC do ferro o FEA é igual a 0,68, ou seja, 68% do cubo é ocupado por átomos e 32% é vazio.

Ferro gama (Fe- γ)

O Ferro gama possui uma estrutura cristalina diferente da do ferro alfa. A estrutura do ferro gama é a Cúbica de Face Centrada (CFC). O ferro gama, para o ferro puro, existe entre as temperaturas de $912^\circ C$ e $1394^\circ C$. Esta estrutura pode ser visualizada na “figura 11”.

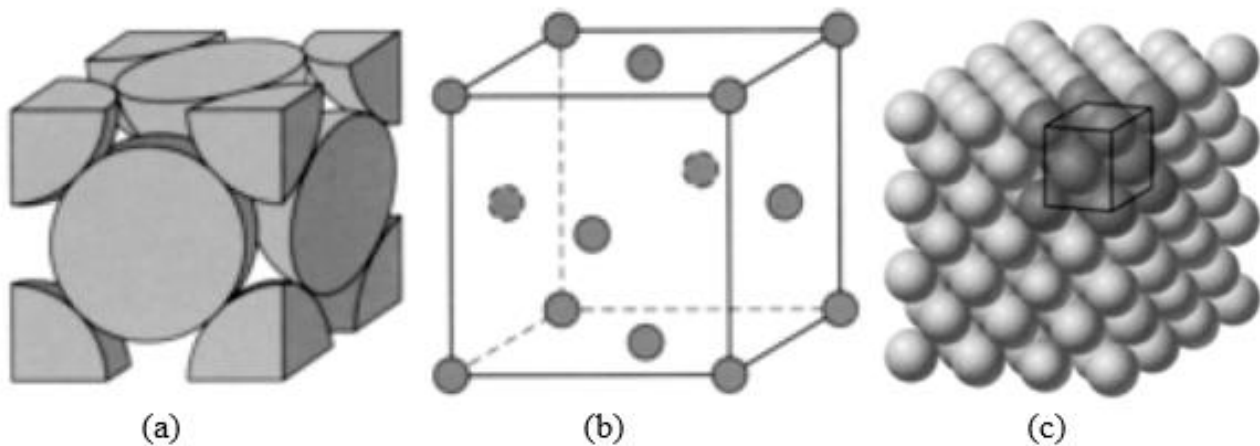


Figura 11: Estrutura cristalina CFC - Célula unitária real (a), célula unitária esquemática (b) e rede cristalina (c).

O ferro gama também é conhecido como **Fe- γ , ferro CFC ou Austenita**. Como o próprio nome diz esta estrutura é formada por um cubo. No entanto, a disposição dos átomos dentro deste cubo é um pouco diferente daquela do ferro CCC. Neste caso, os átomos dos vértices não mudam, continuam onde estavam. Porém, na estrutura CFC não há mais um átomo no centro do cubo e sim um átomo localizado no meio de cada face do cubo.



VOCÊ SABIA?



O ser humano começou a dominar a metalurgia do ferro no período pré-histórico conhecido como Idade do Ferro (início em, aproximadamente, 1.200 a.C. na Europa Ocidental).

A célula unitária CFC possui então em cada vértice um oitavo ($1/8$) de átomo, da mesma forma que a estrutura CCC. No entanto, esta célula possui meio átomo nas faces, pois esta célula compartilha um átomo com o seu vizinho. Para se saber quantos átomos teremos numa célula unitária CFC basta contar: oito oitavos de átomos dos vértices que é igual a 1 ($8 \cdot (1/8) = 1$), mais seis metades de átomos nas faces que fica igual a 3 ($6 \cdot (1/2) = 3$). Logo, na soma total temos o equivalente a quatro (4) átomos numa célula unitária CFC (a célula

unitária CFC maior que a CCC). O fator de empacotamento atômico (FEA) da estrutura CFC é igual a 0,74, ou seja, 74% da célula é ocupada por átomos e 26% é vazio.

Ferro Delta (Fe- δ)

O Ferro delta é idêntico ao ferro alfa, exceto quanto à faixa de temperatura na qual existe. Ele possui estrutura cúbica de corpo centrado (CCC), e é também chamada de **Ferrita**, porém, mais especificamente de ferrita delta. Logo, esta estrutura pode ser visualizada na Figura 10. A faixa de temperatura que ocorre a ferrita delta (Fe- δ) para ferro puro é de 1394 ° C até a fusão do ferro que ocorre a 1536 ° C.

Átomo intersticial

Os átomos intersticiais ocorrem quando um átomo não está em sua posição correta, havendo um átomo a mais na rede cristalina. Este átomo acaba “empurrando” os átomos vizinhos produzindo uma certa distorção na rede.

A “figura 12” mostra um exemplo de átomos intersticiais:

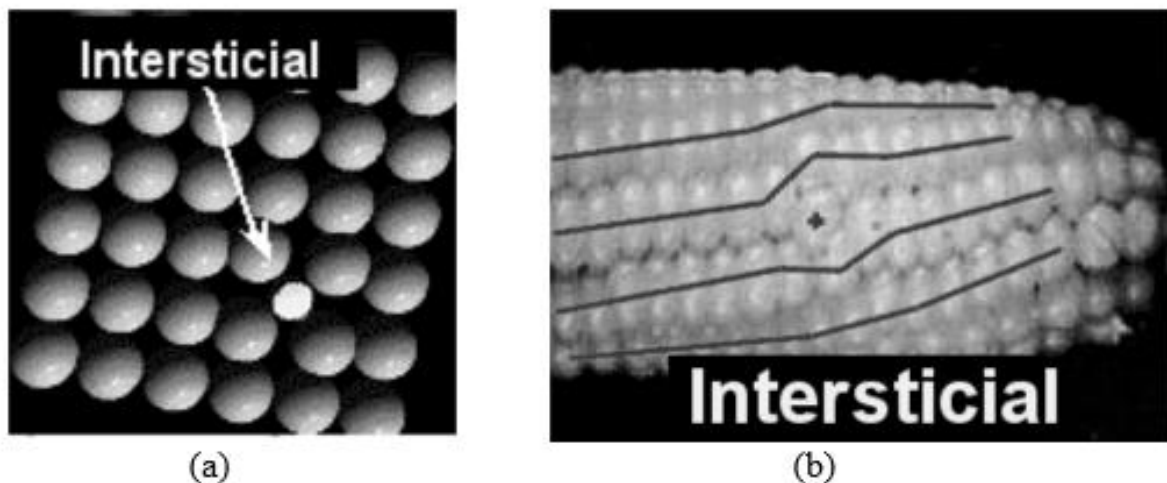


Figura 12: Representação esquemática de um átomo intersticial na rede cristalina (a) e uma analogia com os grãos de milho em uma espiga (b).

Este defeito também é considerado um defeito pontual. Este tipo de defeito interfere muito pouco nas propriedades mecânicas dos materiais.



VOCÊ SABIA?

O aço inoxidável é uma liga metálica (que não oxida, não enferruja) composta por Ferro, Carbono, Cromo e Níquel.

Contornos de grão

Os contornos de grão são defeitos importantes nos materiais. Eles são, na verdade, uma falha na orientação dos cristais. É mais fácil entender o que é o contorno de grão quando explicamos de onde ele vem.

A “figura 13” ajuda a exemplificar o fenômeno.

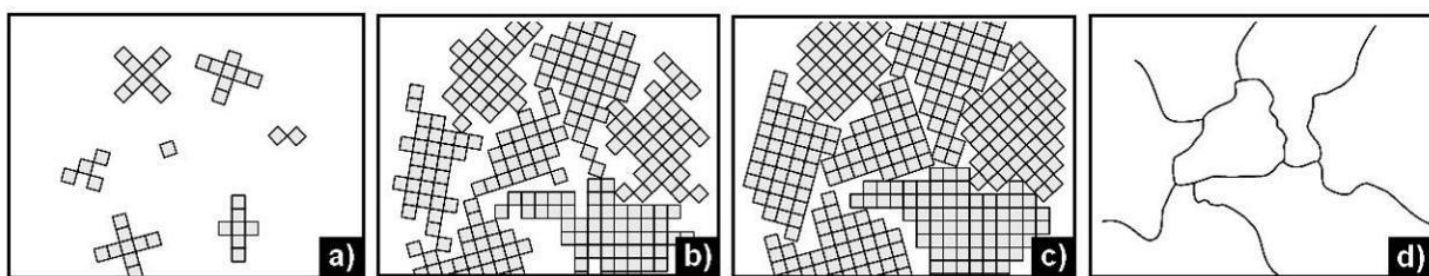


Figura 13: Representação esquemática da solidificação do material e a formação dos contornos de grão a partir de vários núcleos.

Beneficiamento das ligas de ferro

Na natureza o ferro normalmente não se apresenta na forma metálica e sim presente na formulação de compostos químicos, em geral cerâmicos. Uma exceção a esta regra é o ferro meteorítico, que está presente somente em pequena quantidade na natureza. Os compostos químicos que apresentam uma grande concentração de ferro são conhecidos como **minério de ferro**.

Alguns dos principais minérios de ferro encontrados na natureza podem ser observados na Tabela a seguir (figura 14).

Minério de Ferro	Fórmula	Quantidade média de ferro (%)
Hematita	Fe_2O_3	70,0
Magnetita	Fe_3O_4	72,4
Limonita	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	59,9
Siderita	FeCO_3	48,3

Figura 14: Tabela com os Principais minérios de Ferro.

Assim sendo, os principais minérios de ferro são óxidos (Hematita e Magnetita). Como vimos, os metais tendem a formar óxidos, pois eles “preferem” se ligar ao oxigênio a permanecer ligado a outros átomos de ferro (possuem menor energia livre como óxido de ferro que como ferro puro). Como mostrado na Tabela 1, por exemplo, a Hematita, possui dois átomos de ferro ligados a três átomos de oxigênio. Este composto não é metálico e sim cerâmico, isto porque possui ligações preponderantemente iônicas entre ferro e oxigênio (átomos metálicos ligados a átomos não-metálicos).

Veremos que Ferro Fundido é uma denominação dada a uma liga ferrosa. Não confunda esta denominação com o estado físico de uma liga ferrosa (aço-carbono derretido não é Ferro Fundido!).

Sabemos da experiência do dia a dia que os materiais cerâmicos (cerâmica tradicional) são frágeis, ou seja, quebradiços. Se tentarmos moldar o minério de ferro para fazermos uma espada, este se fragmentará em várias partes até formar um pó (pó de Hematita).

Se a natureza “prefere” que o ferro se apresente na forma de óxido, como fazer então para transformá-lo em metal (ligações químicas metálicas entre átomos metálicos, Fe-Fe)? Necessitamos transformar este óxido de ferro em ferro metálico. Partimos do minério de ferro, pois ele possui uma elevada concentração de átomos de Ferro (Tabela 1). Quanto mais ferro no minério, teoricamente, maior o aproveitamento. Podemos começar a estudar o beneficiamento com um histórico, e veremos que tudo não passou de acidente.

Histórico do beneficiamento de ligas metálicas ferrosas

Os primeiros contatos do homem com o metal ferro foram a partir de ferro meteorítico. Não é a toa que em diversas línguas a palavra que designa o metal ferro tem significado equivalente a “metal que veio do céu”.

Nos seus 3000 anos “oficiais” de existência, o processo de transformação de minério de ferro em produtos de aço (siderurgia) evoluiu junto com a civilização, mas sua essência é a mesma até hoje:

- ✓ Usa-se uma fonte de carbono (carvão vegetal ou mineral);
- ✓ Faz-se uma reação deste carbono com o oxigênio do ar para extrair o ferro do minério;
- ✓ O material obtido é tratado termicamente e mecanicamente até o produto final. Para se reduzir (separar o oxigênio do metal) um óxido de ferro a partir do carbono, são necessárias altas temperaturas. Eu entendi bem, ou se adiciona oxigênio para remover o oxigênio do ferro? Isso mesmo, porém tem que haver carbono nesta história. O sopro de ar em uma mistura de minério de ferro e carvão situados em local isolado da atmosfera, (que pode ser um buraco no chão) em presença de calor pode resultar na redução do minério. Bastaria alguém fazer uma fogueira num buraco cavado na terra, onde houvesse minério de ferro (ou outro mineral rico deste elemento) para que pedras maleáveis fossem recolhidas do fundo do mesmo. Frequentemente, grandes descobertas são realizadas acidentalmente.



VOCÊ SABIA?

O ferro gusa pode passar por outros processos especiais até ser transformado em aço (liga metálica de ferro e carbono). O aço tem a vantagem de ser flexível, portanto, é muito utilizado na fabricação de automóveis, eletrodomésticos, etc.

Este processo já era dominado pelos *Hititas* (aprox. 3.000 a.C.), que o mantiveram em segredo por muito tempo. Com a queda do império *Hitita* (aprox. 1.200 a.C.), os ferreiros dispersaram-se e já entre os gregos a produção de ferro favoreceu o desenvolvimento de novas técnicas e ferramentas.

O “ferro bom” como era conhecido a liga ferrosa da época ainda possuía um elevado teor de impurezas. Apesar disso, este possuía relativa facilidade de se moldar e podia ser trabalhado por martelamento a temperaturas relativamente elevadas. Na realidade, os processos utilizados no passado eram de “redução direta”, ou seja, sem que se formasse ferro inteiramente líquido. Isto porque as temperaturas alcançadas não eram suficientes para liquefazer (fundir) o metal, o qual se apresentava no estado pastoso, misturado com as impurezas do minério.

O artesão (operador) recolhia o material no fundo do “forno” com auxílio de uma vara e formando-se uma bola que, depois de atingido certo peso, era retirado e, em seguida, martelado para eliminar as impurezas, que se apresentavam na forma de escória.

Pequenas variações na forma de se obter e trabalhar as ligas ferrosas foram realizadas até o séc. XVI, onde se desenvolveu o alto-forno, exatamente em 1450. No fim da Idade Média, o comércio de aço e outras ligas ferrosas estava plenamente difundido, e diferentes tecnologias coexistiam, tanto para a extração como para a obtenção de ferro-gusa que é usado como matéria base para a produção de aço.

A partir do advento do alto-forno e da utilização de carvão mineral para a redução do minério, a metalurgia ferrosa se desenvolveu rapidamente. Nos dias atuais, um alto-forno pode

produzir 13.000 toneladas de ferro-gusa por dia, tem vida útil, em média de 15 anos, alta produtividade e baixo consumo de combustível.

No Brasil, o grande passo para a consolidação da indústria siderúrgica nacional, baseada em carvão coque, foi dado durante o governo Getúlio Vargas, com a instituição em 4 de março de 1940 da “Comissão Executiva do Plano Siderúrgico Nacional”, resultando na fundação da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) em janeiro de 1941. A usina foi construída em Volta Redonda (RJ) e inaugurada em outubro de 1946.

O processo siderúrgico

As usinas siderúrgicas atuais podem ser divididas em dois grandes grupos: **integradas** e **semi-integradas**. A usina integrada é aquela cujo aço é obtido a partir do minério de ferro, que é transformado em ferro-gusa e em seguida em aço. A usina semi-integrada é aquela cujo aço é obtido a partir de ferro-gusa (adquirido de uma usina integrada) e/ou sucata de aço, não havendo a necessidade da etapa de redução do minério de ferro. A sucata é transformada novamente em aço comercial, por meio do emprego de fornos elétricos de fusão (são as recicladoras de aço). Neste capítulo veremos somente a parte referente à usina integrada.

Em uma usina integrada, o processo (que vai das matérias-primas ao produto final) é constituído pelas seguintes etapas principais:

- ✓ De ferro do seu minério (redução química) nos altos-fornos;
- ✓ Conversão do ferro-gusa em aço;
- ✓ Lingotamento do aço líquido de modo a solidificar em forma conveniente às operações seguintes.
- ✓ Conformação do metal na forma de produto.

A figura a seguir (figura 15) mostra um fluxograma simplificado do processo siderúrgico.

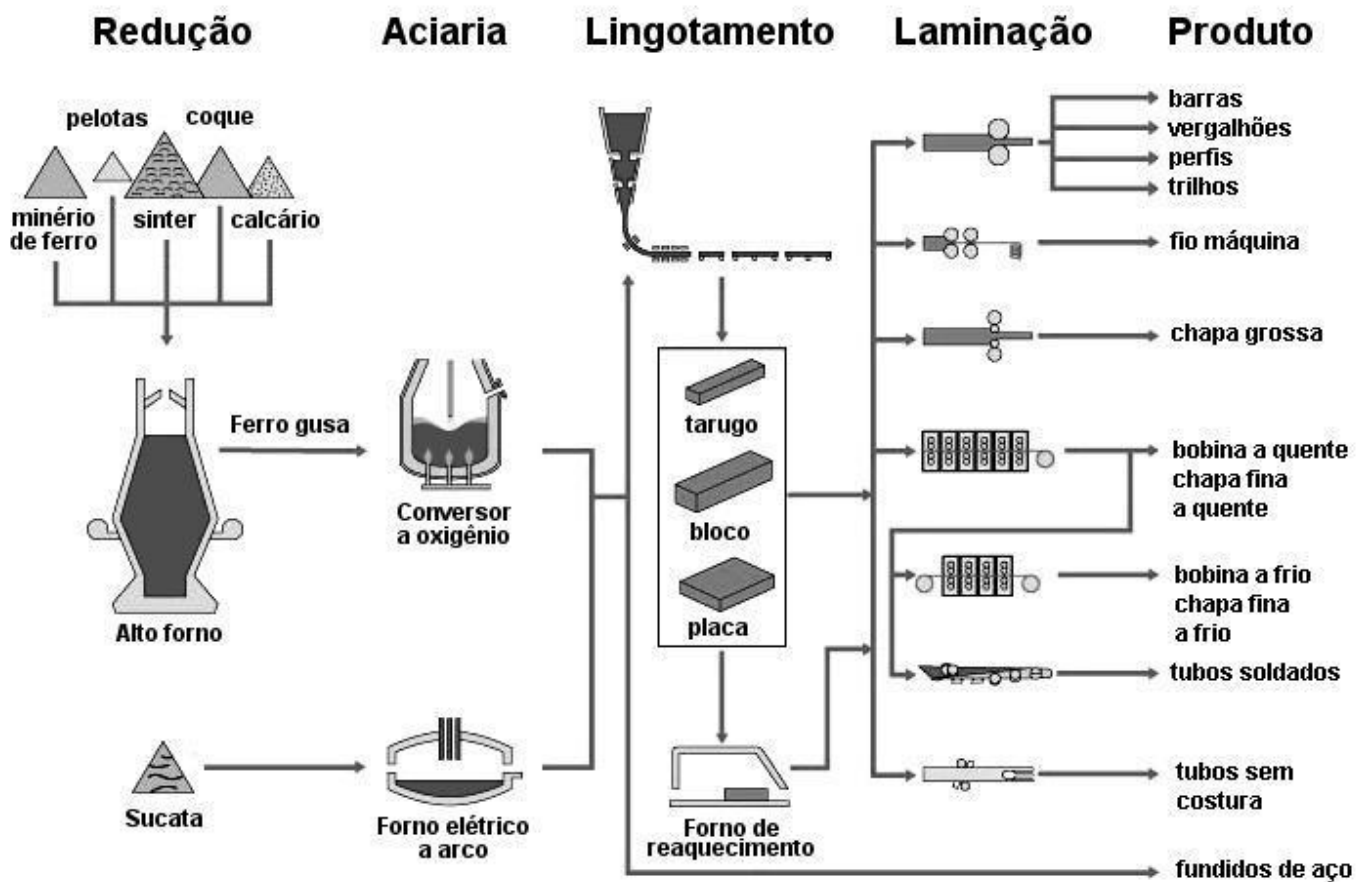


Figura 15: Fluxograma simplificado do processo siderúrgico.

De maneira simplificada, podemos descrever as sequências (referentes às usinas integradas) conforme o fluxograma da Figura acima. As matérias-primas básicas do processo são o minério de ferro, coque (carvão destilado) e fundente (calcário), mas muitos outros insumos e utilidades podem ser empregados. Estas matérias-primas são processadas e levadas ao alto-forno onde são dispostas alternadamente e, em seguida, aquecidas pelo sopro de ar quente realizado pelas ventaneiras.

O oxigênio do ar reage com o coque formando calor e gases que reduzem o minério de ferro. O minério de ferro, por ser um material cerâmico, tem temperatura de fusão muito maior que o ferro metálico. Na temperatura na qual o alto-forno trabalha, o minério de ferro não se funde. Porém quando o minério é transformado em ferro metálico, tem-se a fusão deste, pois nas regiões mais quentes do alto-forno tem-se temperatura suficientemente alta para derreter o metal (chamado de ferro-gusa). Conforme o minério vai se transformando em ferro-gusa este se liquefaz e se deposita no fundo do alto-forno.

O fundente adicionado, com as matérias-primas, se liga às impurezas (também cerâmicas) formando um novo composto químico. Este composto químico formado pela ligação das impurezas com o fundente possui ponto de fusão inferior ao das impurezas. Desta forma, este novo composto químico também se funde e escorre para o fundo do alto-forno. Este composto líquido é chamado de escória. O sopro de ar quente necessário para a redução do minério de ferro e geração de calor é realizado por um tempo suficiente para que se tenha uma certa quantidade de ferro-gusa e escória. Depois de completado o processo, faz-se o vazamento do ferro-gusa e da escória.

O ferro-gusa é levado a aciaria através de carros torpedos onde são depositados no conversor para que o ferro-gusa seja refinado num conversor a oxigênio (processo LD). Do conversor temos o aço praticamente pronto, bastando apenas fazer correções de composição ou adicionar outros elementos de liga em um equipamento chamado forno panela (não aparece na Figura acima). Após a correção da composição química, o aço derretido é vazado no equipamento que efetua o lingotamento contínuo. Neste local, o aço adquire forma (tarugo, bloco ou placa).

Os lingotes obtidos nestes processos são considerados produtos intermediários, podendo ser vendidos nesta forma ou ainda processados pela própria usina (laminação) tendo-se então diversos tipos de produtos acabados, conforme a Figura acima.

OBSERVAÇÕES:

O **ferro** é um dos elementos **mais abundantes do Universo**; o núcleo da Terra é formado principalmente por ferro e níquel (NiFe). Este ferro está em uma temperatura muito acima da temperatura de Curie do ferro, dessa forma, o núcleo da Terra não é ferromagnético.

É encontrado no grupo 8 (anteriormente denominado como VIIIB) da Classificação Periódica dos Elementos. É o quarto elemento mais abundante da crosta terrestre (aproximadamente 5%) e, entre os metais, somente o alumínio é mais abundante.

O ferro (do latim ferrum) é um elemento químico, símbolo Fe, de número atômico 26 (26 prótons e 26 elétrons) e massa atômica 56 u. À temperatura ambiente, o ferro encontra-se no estado sólido. É extraído da natureza sob a forma de minério de ferro que, depois de passado para o estágio de ferro-gusa, através de processos de transformação, é usado na forma de lingotes. Controlando-se o teor de carbono (o carbono ocorre de forma natural no minério de ferro), dá-se origem a várias formas de aço.

Matérias-primas da indústria siderúrgica

O processo siderúrgico tem início na aquisição da matéria-prima (proveniente da mineração, beneficiamento da matéria-prima, etc.). Como já dito, as matérias-primas básicas da indústria siderúrgica são: minério de ferro, coque e fundente. Outras matérias-primas são igualmente importantes, como o minério de manganês, desoxidantes, sucatas, entre outros.

Minério de ferro

O minério de ferro, como é óbvio, constitui a matéria-prima essencial, pois dele se extrai o ferro. Como já mencionado na seção anterior, os minérios de ferro mais importantes são os magnetíticos (Fe_3O_4) e hematíticos (Fe_2O_3). Este último é o mais importante devido aos altos teores de Fe e baixos teores de impurezas (ganga). A grande ocorrência de ferro na crosta terrestre (Brasil, África do Sul, Austrália, China, Índia, entre outros) permite a sua exploração sem receios de exaustão.

A mineração produz minérios de ferro de diversos tamanhos. Uma classificação, separação e aglomeração são necessárias. Eles podem ser na forma granulada (oriunda diretamente do processo de trituração) ou aglomerada (finos de minério transformados em pelotas, sinter, entre outros por aglomeração).

O minério de ferro deve ser adicionado ao alto-forno com uma granulometria (tamanho do minério granulado) adequada para se tenha uma ótima eficiência no processo de redução do minério no alto-forno.

A seguir são listados os aspectos importantes da granulometria do minério de ferro:

- ✓ **Permeabilidade** – No alto-forno há a necessidade do fluxo de gases resultantes da queima do coque passe livremente através da matéria-prima presente no mesmo. A granulometria da matéria-prima não pode ser muito pequena, caso contrário o gás redutor fluirá com dificuldade através dele, diminuindo a eficiência do processo.
- ✓ **Velocidade de reação** – As reações que ocorrem entre o gás redutor e o minério (assim como a da queima do coque) dependem da área específica (área/volume). Então quanto menor o tamanho da partícula mais fácil é ocorrerem as reações (queima e redução). No entanto, deve-se levar em consideração a questão permeabilidade discutida anteriormente.
- ✓ **Fluidização** – é a propriedade de uma dada partícula sólida de se manter em suspensão num fluido. É função do tamanho de partícula e deve ser considerada para a determinação da faixa de tamanhos ideais a serem inseridas no alto-forno
- ✓ **Transmissão térmica** – Quanto maior a partícula mais difícil é equilibrar a temperatura entre superfície e núcleo desta. Como no alto-forno tem-se processos exotérmicos e endotérmicos existe a necessidade de ajustar o tamanho de partícula às necessidades.

Da moagem e peneiramento do minério adquirem-se os granulados com a granulometria adequada para a utilização (tipicamente de 6 a 40 mm). No entanto, os finos de minério (partículas com tamanho inferior àquela adequada) podem ser reaproveitados no processo de aglomeração.

Os processos de aglomeração (sinterização, pelletização, nodulização e briquetagem) objetivam transformar os finos de minérios em aglomerados que viabilizem a sua utilização no processo siderúrgico. Eles podem ser obtidos dos processos de mineração, granulação ou ainda, deliberadamente moídos para que seja possível sua aglomeração.

Os processos mais largamente utilizados na siderurgia são o de sinterização e pelletização:

- ✓ **Sinterização de minério** – consiste em aglomerar, por fusão incipiente, uma mistura de finos (porém não tão finos) de minérios, de coque ou carvão vegetal, de fundentes, de sínter de retorno e água. A carga é colocada em grelhas que se movem a uma determinada velocidade e é aquecida ao fim por intermédio de queimadores de gás. O calor necessário (1300 a 1500 °C) é fornecido pela combustão do carvão (coque ou carvão vegetal) contido na carga com o oxigênio do ar. A combustão localizada provoca uma fusão parcial da carga na região mais quente. O resultado é um material uniforme e poroso, denominado “sinter”. Este “bolo” de sinter é então granulado com o tamanho desejado. Os finos desta granulação retornam para o início do processo e servem como matéria-prima para a sinterização. O “sinter” possui tipicamente tamanho entre 5 e 50 mm.

- ✓ **Pelotização** – consiste na aglomeração de finos da ordem de 5 a 18 mm de diâmetro. Esta operação é realizada pelo rolamento em discos ou tambores rotativos. O princípio está em gerar continuamente uma quantidade de núcleos que devem crescer (como ocorre com a bola de neve) até o tamanho desejado. A coesão das partículas se dá pela força capilar do conjunto material-água, onde esta última atua como agente de ligação entre as partículas. As pelotas assim obtidas são denominadas “verdes” ou “cruas” e necessitam apresentar resistência suficiente para o manuseio. A resistência mecânica necessária para alimentar o alto-forno é conferida através de um tratamento térmico realizado em temperaturas elevadas (acima de 1300 ° C), conhecido como “queima”.



VOCÊ SABIA?

As indústrias petroquímica e siderúrgica são as maiores do país, e por isso representam o maior índice de necessidade de matérias e inovações. Outros setores da indústria que apresentam boas ofertas de matéria são os de: energia, mineração, química, automotiva e de bens de consumo.

Com o alto avanço tecnológico, empresas de fabricação de produtos eletrônicos também necessitam de materiais para desenvolver seus produtos. Aperfeiçoa suas

propriedades e estabelece combinações que resultam em produtos inéditos e estuda novas alternativas de aplicação de materiais já conhecidos.

Cerâmica: criar materiais cerâmicos, avaliar suas propriedades e estudar novas utilizações para os já existentes. Controlar a qualidade da produção das peças em indústrias de materiais refratários e revestimentos cerâmicos.

Metais: desenvolver ligas metálicas e gerenciar sua produção, para garantir a qualidade do material, conforme suas propriedades e seu destino.

Polímeros: criar compostos de borracha, resinas, plásticos e acrílicos para serem empregados nos mais diversos tipos de indústria, controlando a aplicação do material de acordo com suas propriedades e o uso a que se destina.

O setor que possibilita mais dinamismo de materiais é o da construção civil, pois ele pode atuar em empresas de produção de cimento, vidro, tintas ou cerâmicas.



SE LIGA NA CHARADA!

PERGUNTA:

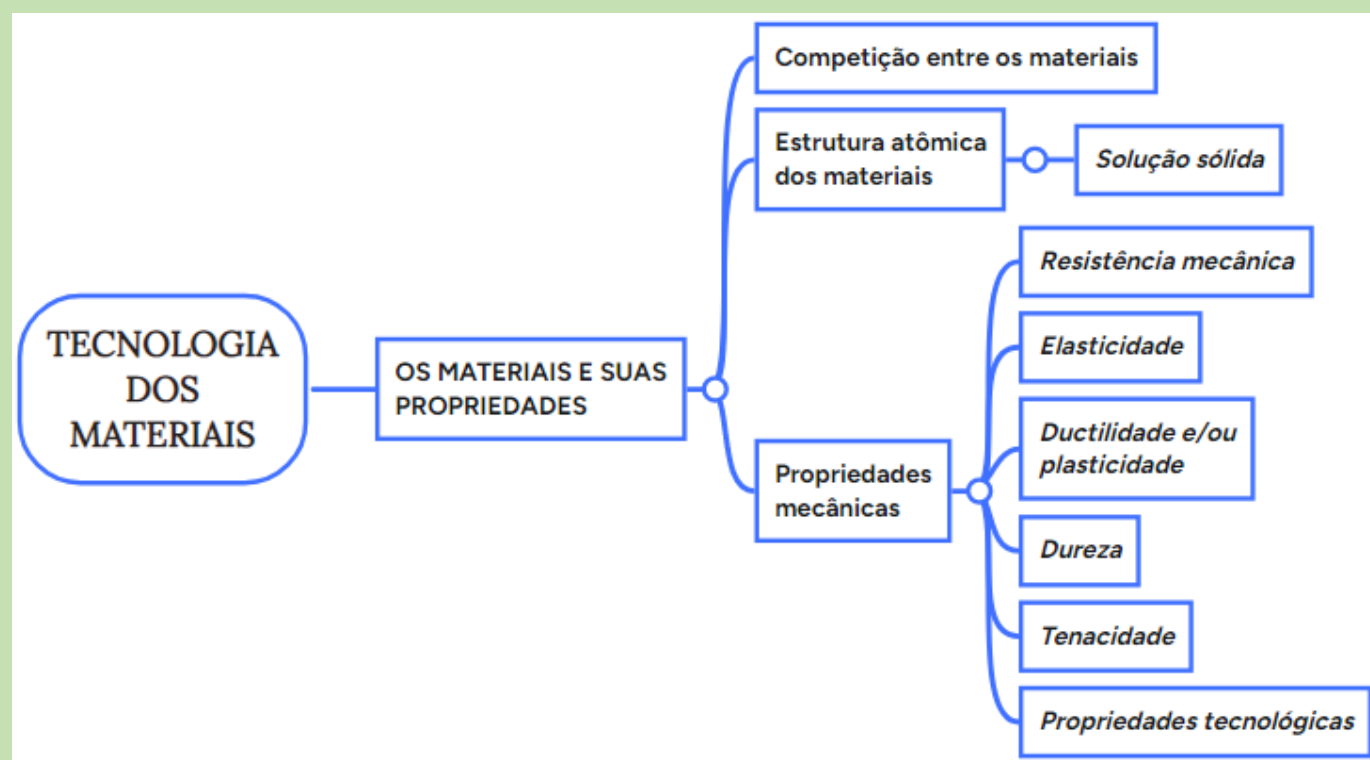
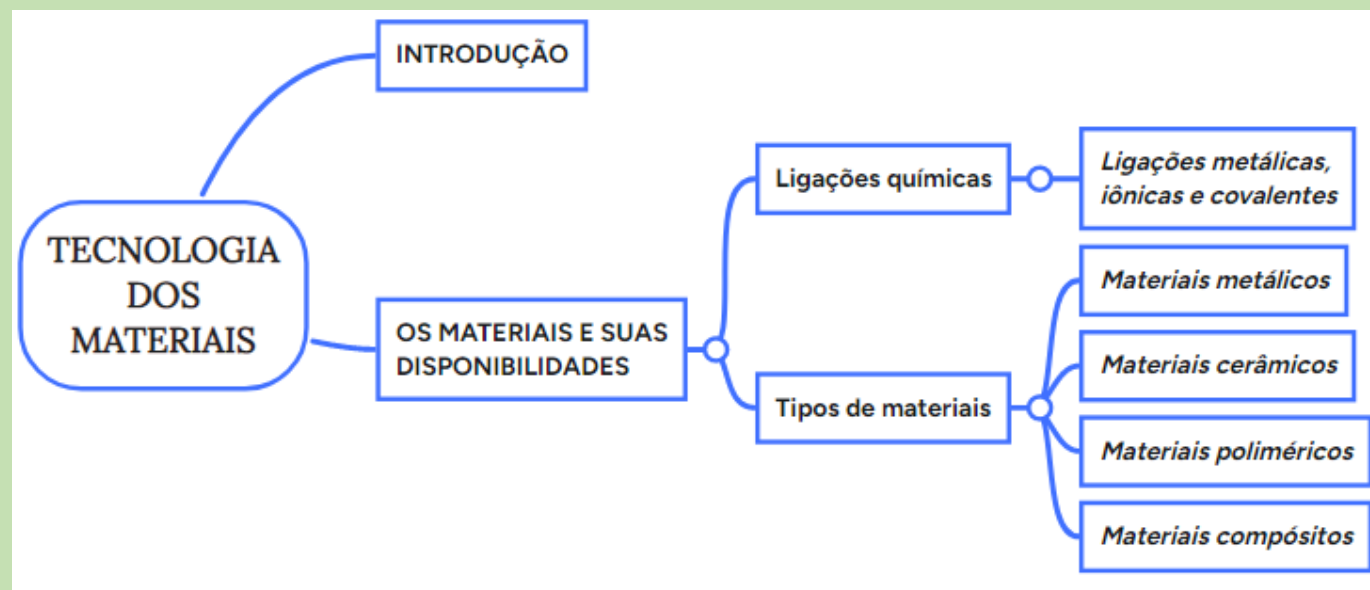
Por que o pato tem ciúme do cavalo?

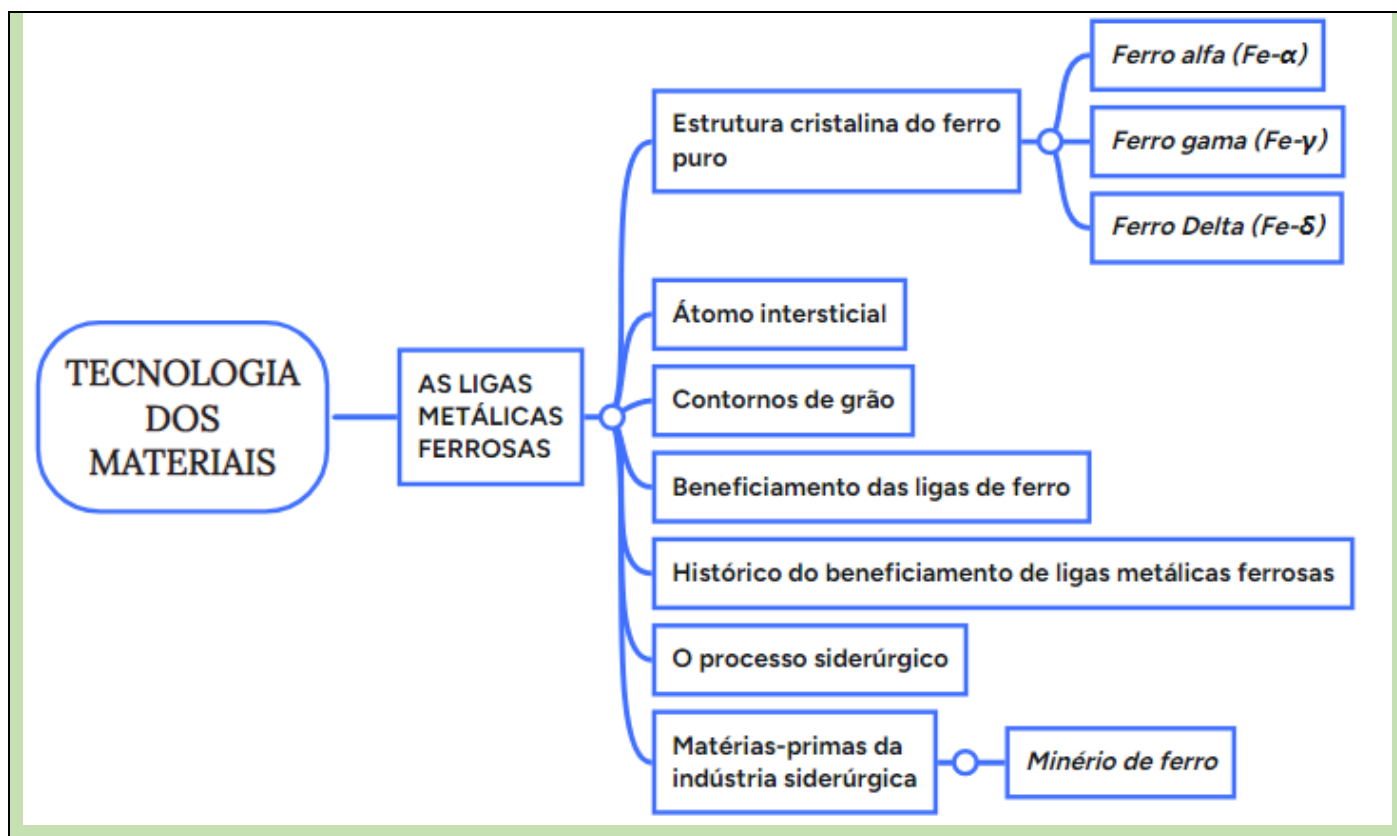
RESPOSTA:

Porque o cavalo tem 4 patas.

SESSÕES ESPECIAIS

MAPA DE ESTUDO





SÍNTESE DIRETA

1. INTRODUÇÃO

- O desenvolvimento da humanidade está diretamente ligado à descoberta e ao domínio dos materiais. A evolução técnica foi impulsionada pela manipulação de elementos disponíveis na crosta terrestre, o que permitiu maior tempo para o desenvolvimento intelectual e tecnológico.

2. OS MATERIAIS E SUAS DISPONIBILIDADES

- **Ligações químicas:** as ligações químicas unem átomos, possibilitando a formação de materiais com estruturas estáveis e propriedades específicas.
 - ✓ **Ligações metálicas, iônicas e covalentes.**
- **Tipos de materiais:** os materiais são classificados conforme sua composição química, estrutura atômica e tipo de ligação predominante.

- ✓ **Materiais metálicos:** condutores, resistentes e moldáveis, amplamente usados na engenharia.
- ✓ **Materiais cerâmicos:** isolantes, duros e frágeis, resistentes ao calor e à corrosão.
- ✓ **Materiais poliméricos:** leves, resistentes à corrosão, isolantes térmicos e elétricos.
- ✓ **Materiais compósitos:** combinam materiais distintos para unir propriedades desejáveis de cada componente.

3. OS MATERIAIS E SUAS PROPRIEDADES

- **Competição entre os materiais:** a escolha do material depende da aplicação, custo-benefício, impacto ambiental e exigência mecânica do produto.
- **Estrutura atômica dos materiais:** a forma como os átomos se organizam define características como resistência e deformabilidade.
 - ✓ **Solução sólida:** ocorre quando átomos de um elemento se dissolvem na estrutura cristalina de outro, formando ligas metálicas homogêneas.
- **Propriedades mecânicas:** são essenciais para definir o comportamento do material sob esforços mecânicos.
 - ✓ **Resistência mecânica:** capacidade do material suportar forças sem se romper.
 - ✓ **Elasticidade:** habilidade de retornar à forma original após a deformação.
 - ✓ **Ductilidade e/ou plasticidade:** capacidade de deformação permanente antes da ruptura.
 - ✓ **Dureza:** resistência à deformação localizada ou ao risco superficial.
 - ✓ **Tenacidade:** capacidade de absorver energia sem quebrar, relacionada à resistência ao impacto.
 - ✓ **Propriedades tecnológicas:** características ligadas ao processamento do material, como usinabilidade, conformabilidade, temperabilidade e soldabilidade.

4. AS LIGAS METÁLICAS FERROSAS

- **Estrutura cristalina do ferro puro:** o ferro apresenta diferentes estruturas cristalinas conforme a temperatura, influenciando nas propriedades das ligas ferrosas.
 - ✓ **Ferro alfa (Fe- α):** estrutura cúbica de corpo centrado (CCC), estável em temperaturas abaixo de 912 °C.

- ✓ **Ferro gama (Fe- γ):** estrutura cúbica de face centrada (CFC), presente entre 912 °C e 1394 °C, com maior capacidade de dissolução de carbono.
- ✓ **Ferro Delta (Fe- δ):** também com estrutura CCC, ocorre entre 1394 °C e a fusão do ferro.
- **Átomo intersticial:** defeito estrutural onde um átomo ocupa espaço entre átomos da rede cristalina, alterando propriedades do material.
- **Contornos de grão:** limites entre cristais que influenciam diretamente nas propriedades mecânicas, como dureza e resistência.
- **Beneficiamento das ligas de ferro:** processo que transforma minérios em ferro metálico e posteriormente em ligas como aço e ferro fundido.
- **Histórico do beneficiamento de ligas metálicas ferrosas:** desde a Antiguidade, com os hititas, até a era moderna com a criação do alto-forno e a fundação da CSN no Brasil.
- **O processo siderúrgico:** inclui a redução do minério em altos-fornos, conversão do ferro-gusa em aço e lingotamento do metal.
- **Matérias-primas da indústria siderúrgica:** englobam o minério de ferro, coque, fundentes e sucatas metálicas.
- ✓ **Minério de ferro:** hematita, magnetita e outras fontes ricas em ferro utilizadas como matéria-prima básica para a produção do aço.

MOMENTO QUIZ

1. Considerando as características dos materiais isolantes, assinale a alternativa INCORRETA:

- a) Algumas de suas propriedades podem variar conforme condições físicas de seu uso, a exemplo da temperatura, umidade e tensão aplicada.
- b) Classificar eletricamente um material como dielétrico não significa dizer que é um isolante perfeito, uma vez que o mesmo apresenta uma reduzida condutividade, embora geralmente seja desprezível.
- c) A ruptura dielétrica em um meio gasoso, quando a isolação de um gás é rompida, é devida a um impulso ionizante de tensão.

- d) A tensão de ruptura de um dielétrico é influenciada pela presença de impurezas no material.
- e) A constante dielétrica de gases varia com a temperatura, mas não com a pressão.

2. Dentre as alternativas a seguir, qual delas NÃO é característica do cobre como material condutor?

- a) Valor de resistividade muito pequeno, menor inclusive que o da prata, o que fez do cobre o líder de mercado para uso comercial na indústria de materiais elétricos.
- b) Características mecânicas favoráveis para a produção comercial.
- c) A oxidação se dá de forma muito lenta, quando comparada à de outros materiais condutores.
- d) A oxidação é acelerada com o aumento da temperatura.
- e) Material de fácil deformação, sendo fácil reduzir sua seção transversal em fios condutores.

3. Assinale a alternativa CORRETA a respeito dos materiais condutores, magnéticos e isolantes.

- a) Linhas de força magnéticas em material magnético se cruzam perpendicularmente.
- b) As linhas de força magnéticas são mais intensas em materiais condutores que em materiais magnéticos.
- c) Nos materiais isolantes, o número de elétrons livres é igual a zero.
- d) Em materiais condutores, a energia elétrica é transferida por meio dos deslocamentos de elétrons livres que se deslocam de átomo para átomo no interior do condutor.
- e) Nos materiais não magnetizados, os domínios magnéticos ficam orientados no mesmo sentido.

4. Sobre as propriedades de magnetização em materiais, assinale a alternativa CORRETA.

- a) O diamagnetismo é a propriedade que se manifesta em maior intensidade em todos os materiais, sendo mais pronunciada do que o paramagnetismo e o ferromagnetismo.
- b) O paramagnetismo ocorre em materiais cujos átomos possuem momentos dipolares totais iguais a zero, pois seus momentos estão alinhados em ordem ortogonal uni forme não aleatória.
- c) O ferromagnetismo é característica de todos os materiais metálicos, porém se manifesta mais pronunciadamente nos metais que contêm átomos de ferro, pois assim mantém seus momentos de dipolo magnético orientados devido à birrefringência mútua.

- d) O fenômeno da indução magnética em materiais é descrito pela lei de Faraday que descobriu seus efeitos no ano de 1232.
- e) O ferromagnetismo é observado apenas no ferro, níquel, cobalto, gadolínio e disprósio ou em compostos de ligas dos referidos elementos.

5. O processo de dopagem de material tetravalente por meio de material pentavalente refere-se à produção de:

- a) semiconductor tipo N.
- b) resistor de carbono.
- c) dielétrico para capacitor cerâmico.
- d) material ferromagnético.
- e) capacitor de tântalo.

GABARITO QUIZ

QUESTÃO	ALTERNATIVA
1	E
2	A
3	D
4	E
5	A

REFERÊNCIAS

CALLISTER, W. D., Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução. John Wiley & Sons, Inc., 2002.

CARLOS A.G.de Moura Branco Mecânica dos Materiais. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 1985.

SOUZA, S. A., Composição Química dos Aços, São Paulo, Edgard Blucher, 1989.

NOVIKOV, I., Teoria dos Tratamentos Térmicos dos Metais, Rio de Janeiro, Editora UFRJ, 1994.

LOSEKANN, C. R. Tecnologia de Materiais, Apostila Unidade 1, (2003).

PADILHA, F. Materiais de Engenharia: Microestrutura e propriedades, Hemmus: Curitiba (2000).

SILVA, A. L. V. C, MEI P. R. Aços e ligas especiais 3ª ed. São Paulo: Blucher (2010).

SOUZA, S.A. Composição química dos aços. São Paulo: Editora Blucher (1989).

SOUZA, S.A. Ensaaios Mecânicos de Materiais Metálicos: Fundamentos e aspectos práticos. 5ª Ed. São Paulo: Editora Blucher, (1982).

VAN VLACK, L. H., Princípios de Ciência e Tecnologia dos Materiais, Rio de Janeiro: Campus (1994).



OBRIGADO!
CONTINUE ESTUDANDO.