Pontíficia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Trabalho de Química

Ligas Metálicas

Professor Responsável: Dr. Pércio Augusto Mardini Farias

Componentes:	Matrícula nº:
Nome: Rafael Rodriguez Fulco	0114482-9
Nome: Héber Silva Bispo	0116729-8
Nome: Hugo Hippolyto Sanchez	0116694-2
Nome: Nédio	

Objetivo:

Fazer um estudo das ligas metálicas existentes, levando-se em conta suas características físicas e químicas, a fim de estabelecer suas aplicações no mercado.

Introdução:

Metais são elementos químicos sólidos a temperatura ambiente (exceto o mercúrio), opacos, lustrosos, e quando polidos refletem a luz, alem de serem bons condutores eletricidade e calor. A maioria dos metais é forte, dúctil, e maleável, e, em geral, de alta densidade. Possuem um grande número de elétrons livres; ou seja, estes elétrons não são ligados a nenhum átomo em particular. Muitas das propriedades dos metais estão diretamente ligados a estes elétrons. Metais são os materiais estruturais primários de toda a tecnologia, e inclui um grande número de ligas ferrosas (por exemplo, ferro-fundido, aço-carbono, ligas de aços, etc.).

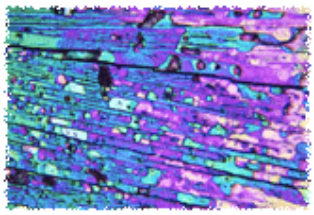


Figura1

Importância das ligas metálicas

Raros são os metais empregados puros. O cobre tem larga aplicação em estado de alto teor de pureza, especialmente com condutor elétrico. O alumínio e o ferro (ferro doce) podem ser usados em estado praticamente puro.

Figura 2

No entanto, a grande maioria dos metais são empregados em forma de misturas chamadas ligas.

As ligas são produtos metálicos obtidos, geralmente pela solidificação de dois ou mais metais misturados no estado líquido. Às vezes são usados não metais como é o caso do carbono que , ao lado do ferro, é substância essencial em qualquer tipo de aço. Os aços contêm de 0,5 a 1,7% de carbono.

Por que as ligas são tão empregadas?

Com exceção da densidade e da cor que, geralmente dependem dos metais misturados para se obter uma liga, as demais propriedades podem ser muito diferentes das dos componentes dela.

Mesmo assim, podemos encontrar cores surpreendentes em alguns casos. Assim, o latão é amarelo, apesar de ser formado por cobre

(avermelhado) e zinco (cinza quase branco). Há ligas cobre-níquel, com 75% de cobre, de coloração cinza-prateado.

As resistências elétricas são sempre ligas nas quais se conseguem níveis de resistência à passagem da corrente elétrica muito superiores às dos metais que as constituem.

Os aços especiais têm uma resistência muito superior à dos elementos que os formam. Em todos as aços temos necessariamente ferro e carbono, porém, podemos ter cromo, níquel, cobre, vanádio, manganês, entre outros, de acordo com a finalidade para a qual serão empregados.

Figura 3

Chamamos amálgamas às misturas líquidas ou sólidas do mercúrio com outros metais. Quase todos os metais formam amálgamas, fazem exceção o ferro e a platina. Se deixarmos cair mercúrio (único metal líquido nas condições ambientes) sobre ouro, observaremos que a superfície do objeto ficará "prateada" devido à amálgama formada pelo contato desses dois meais. A amalgamação é uma técnica utilizada para extrair-se metais de certos minérios. É o caso, por exemplo, do ouro, que se encontra muitas vezes disperso na rocha em meio às substâncias que o acompanham. O mesmo ocorre com a prata nativa da qual se deseja eliminar a ganga, isto é, na substâncias sem valor econômico nas quais o metal se encontra disseminado.

Nesses casos os metais são retirados das demais substâncias por dissolução no mercúrio. O mercúrio pode ser, então, separado do metal por aquecimento, uma vez que4 seu ponto de ebulição é muito menor que o do ouro ou da prata.

Ao formar a amálgama, o mercúrio reduz bastante a reatividade do metal ao qual está misturado. Assim, por exemplo, ao colocarmos amálgama de sódio em água observaremos um lento desprendimento de hidrogênio. Já o sódio puro reage com água violentamente, liberando H_2.

A redução de reatividade por amalgamação explica o fato de os dentistas usarem amálgamas de prata (misturas Ag-Hg) nas obturações.

Aço:

Figura 4

Liga de ferro e carbono na qual a porcentagem deste último varia entre 0,05% e 2%. Tem cor branca acinzentada, densidade em torno de 7,7g.mL^{-1} e funde cerca de 1.300^{o}C. Os diversos tipos de aço diferem de acordo com a relação ferro-carbono e a adição à liga de outros elementos como:

- Aço-Níquel com 36% de níquel (também chamado Invar)
- Platinite contendo 46% de níquel
- Aço-Cromo com 11 a 14% de cromo
- Aço-cromo-níquel contendo 36% de níquel e 12% de cromo
- Aço-cromo-vanádio com 1 a 10% de cromo e 0.15% de vanádio
- Aço-manganês com 11% a 14% de manganês
- Aço-molibdênio com 6% a 7% de molibdênio
- Aço-silício com 2% a 5% de silício

O aço vem sendo utilizado desde a Idade Média, mas somente começou a ser produzido em larga escala a partir de 1856, quando o Inglês Henry Bessemer descobriu que, passando uma corrente de ar através de uma massa de ferro em fusão, o carbono e outras impurezas oxidavam-se com rapidez, ocorrendo a formação de uma escória imiscível com o metal líquido. Construiu-se então o conversor Bessemer para efetuar a operação.

Figura 5

Obtenção.O Aço é obtido pela transformação do minério de ferro, nos altos fornos, em ferro gusa, que apresenta elevado teor de carbono e outras impurezas. Segue-se o refino da gusa, que consiste num processo de oxidação do carbono e de elementos estranhos presentes, os quais são eliminados sob forma de escória. A operação de limpeza prossegue, até a obtenção do ferro puro. Neste ponto é possível conseguir a composição precisa do aço, pela adição de quantidades controladas dos elementos que irão formar a liga desejada. Os principais processos de refino da gusa são:

1.*Bessemer*. As impurezas contidas nos lingotes de ferro são removidas pela oxidação, insuflando-se de ar através do ferro em fusão num conversor; quase todo carbono é removido, fazendo a adição de carbono no fim da operação.

2.*Siemens-Martin*. O calor sensível dos gases provenientes do alto-forno é aproveitado para o pré-aquecimento do ar utilizado na oxidação das impurezas da gusa; obtem-se temperaturas bem mais elevadas nestes fornos regenerativos do que no conversor, o que possibilita a fusão e aproveitamento de sucata, além do ferro gusa.

3.*Elétrico*. É mais usado para o afino de aços obtidos por outros processos ou para a produção de aços especiais, sendo utilizadas fornalhas elétricas revestidas com materiais refratários.

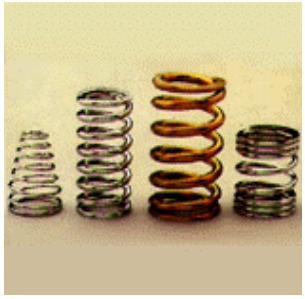


Figura 6

Propriedades Físicas. O aço é um material duro, dúctil, resistente à fadiga, ao choque (em especial o aço-níquel), à corrosão forte (aços inoxidáveis), ao desgaste (em especial o aço-cromo-vanádio) e à pressão, além de possuir coeficiente de dilatação muito pequeno (invar) e boas propriedades eletromagnéticas (aço-silício em especial).

Química do Aço. A composição química do aço tem relação direta com suas propriedades físicas. Com exceção do ferro, o carbono é o elemento mais importante. Um maior teor de carbono reduz sua ductibilidade mas aumenta a resistência e a dureza. Aços ricos em fósforo são quebradiços sob o efeito de impactos ou vibrações. O manganês tende a aumentar sua resistência, dependendo da quantidade de carbono existente. O silício pouco influi na resistência e ductibilidade se mantido abaixo de 0,2%; mas elevando o teor de silício até 0,4%, aumenta a resistência máxima e o limite elástico, sem modificar muito sua ductibilidade.

Figura 7

Utilização. O aço é utilizado em quase todos os setores da indústria moderna. As ligas simples são empregadas na fabricação de estruturas de máquinas e ferramentas agrícolas, enquanto as complexas possuem utilização mais específica: instrumentos de precisão (invar), núcleos de transformadores (aço-silício), instrumentos cirúrgicos (aços-inoxidáveis), ferramentas de corte de alta velocidade (aço-tungstênio) e blindagens (aço-manganês).

Figura 8

Alumínio:

Metal abundante na crosta terrestre, atingindo um total estimado em 7,5% de sua composição. Não se encontra m estado livre, mas formando inúmeros compostos geralmente contendo oxigênio. O principal minério de alumínio é a bauxita, cujo nome deriva da cidade de Baux, na França, onde foi usado pela primeira vez. A composição das bauxitas varia de acordo com o estado de hidratação, sendo mais comum aquela em que a alumina (Al_2O_3) está ligada a duas moléculas de água. Geologicamente é o produto da alteração do silicato de alumínio com perda da sílica seguida de hidratação.

Figura 9

O Brasil possui enormes depósitos de bauxita, já tendo sido estudadas ocorrências em Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Pará, Maranhão, Bahia e Rio de Janeiro. As jazidas mais importantes são de Minas Gerais e São Paulo. Essas reservas são de formação recente, conforme estudos de Benjamin N. Weber. Embora possua grande jazidas de bauxita e exporte esse minério, o Brasil não produz alumínio suficiente para as necessidades de sua indústria, importando-o de outros países.

Figura 10

O Alumínio puro foi obtido pela primeira vez em 1827 por F. Wohler, aquecendo o cloreto de alumínio em presença do potássio. Mais tarde Sainte-Claire Deville substituiu o potássio pelo sódio, sendo esse o único processo conhecido até 1866. O alumínio permanecia como mera curiosidade química. A descoberta, feita em 1866 por Paul Heroult na França e, simultaneamente, por Charles Hall nos Estados Unidos, da possibilidade de tornar condutora uma solução de alumina pela fusão com criolita e outros fundentes permitiu a obtenção de alumínio pelos processos eletrolíticos modernos.

A metalurgia do alumínio consiste em duas fases: obtenção da alumina a partir do minério de alumínio (bauxita), e eletrólise da alumina.

A matéria-prima mais utilizada é a bauxita, que é submetida, inicialmente, a uma purificação para eliminar, principalmente, os óxidos de ferro, titânio e silício que a acompanham. Em seguida é aquecida para eliminação da água. Após esse tratamento é preciso levá-la a um banho de soda cáustica no qual se obtém uma solução de aluminato de sódio. Essa solução, diluída

Figura 11

em recipientes apropriados, transforma-se em hidróxido de alumínio, que se deposita sob forma sólida. O hidróxido de alumínio, quando aquecido, em fornos especiais, a 1.200^{o}C, converte-se em alumina.

A eletrólise é feita nas células eletrolíticas, onde se coloca a alumina juntamente com criolita e outros fundentes, mantendo-se a temperatura entre 850^{o}C e 900^{o}C. O alumínio metálico mais denso que o banho, deposita-se no fundo da célula; daí é escoado para as formas, onde se solidifica constituindo os lingotes.

Figura 12

Propriedades e Aplicações. Metal branco azulado, de ponto de fusão igual a 660^{o}C, ponto de ebulição 1.800^{o}C, de baixa densidade média de 2,5 a 2,7g.mL^{-1}, muito dúctil e maleável entre 100^{o}C e 150^{o}C. Quando recozido, é facilmente reduzido a laminas delgadas, folhas e fios. Não resiste bem aos choques, e acerca de 530^{o}C sofre consideráveis modificações em suas propriedades, perdendo a dureza e tornando-se facilmente pulverizável.

Figura 13

É bom condutor de calor e de corrente elétrica; sua massa atômica média é 26,97; quando exposto ao ar seco permanece inalterável, mas em presença de umidade recobre-se de uma película de óxido, perdendo o brilho. Queima, com grande desprendimento de energia, em temperatura superior a 700^{o}C.

Figura 14

Modernamente, as ligas de alumínio são sobretudo empregadas na fabricação de aeronaves, o que consome cerca de 33% da produção mundial. Um único bimotor dos utilizados na II Guerra Mundial consome cerca de 30 toneladas de alumínio. O invólucro protetor de doces, chocolates, cigarros, etc. consta de laminas finíssimas de alumínio, de espessura inferior a 0,04mm. Além de ser usado em espelhos, eletrodos, folha de alumínio, portas e esquadrias, latas, placas, embalagens, painéis, sinalizadores, placas de sinalização.

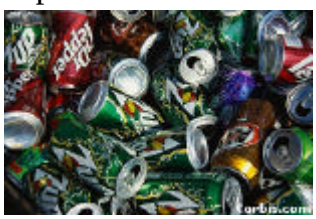


Figura 15

Figura 16

Bronze:

Nome genérico das ligas em que entram como principais constituintes o cobre e o estanho. Segundo alguns historiadores, é a liga mais antiga de que se tem conhecimento, devendo ter sido descoberta nos tempos pré-históricos, quando se faziam fusões de minérios que continham cobre e estanho.

Figura 17

A liga, uma vez constituída, oferece algumas vantagens em suas propriedades físicas e mecânicas sobre o cobre puro, como a maior fusibilidade, que permite sua extensa utilização em moldagens, geralmente duras e muito tenazes.

Figura 18

Conforme o emprego a que se destina, o bronze tem uma composição diferente, sendo por isso classificado comercialmente em vários tipos.

As principais qualidades de bronze são as ligas com o estanho, mas há alguns tipos com zinco, como o que é destinado à fabricação de moedas, atividades artísticas, e o bronze fosforoso, particularmente duro, usado na confecção de objetos que devem estar sujeitos a grandes esforços de tração, coxins ou chumaceiras de máquinas, e válvulas cuja resistência à corrosão deve se aliar a algumas propriedades mecânicas.

Figura 19

Existem ainda tipos especiais, como o bronze-manganês, usado na fabricação de hélices de barco; o bronze-alumínio, duro e leve, usado na fabricação de cascos de iates; o bronze-silicoso, usado em fios de telégrafo.

O teor em estanho de um bronze pode ser avaliado rapidamente pela coloração da liga, sendo vermelha como o cobre quando contém cerca de 5% de estanho, amarelo-ouro com 13% passando por branca, cinza-azul e por fim cinza de estanho, conforme cresce o teor de estanho.

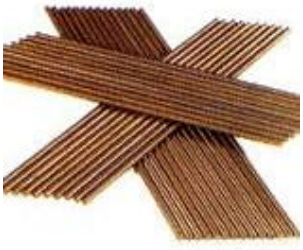


Figura 20

Figura 21

Figura 22

Cobre:

Elemento químico metálico, símbolo Cu, número atômico 29, massa atômica 63,54, descoberto e usado pela primeira vez pelo homem Neolítico, por volta de 8000A.C. Encontrado sob forma metálica livre na natureza e possuindo grande maleabilidade, foi utilizado pelo homem como substituto da pedra na fabricação de machados, facas e outros utensílios.

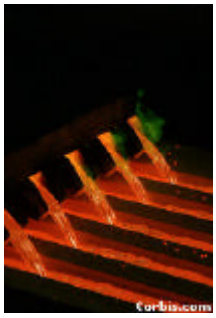
A metalurgia do cobre parece ter alcançado grande desenvolvimento no Egito, onde em 5000A.C. todos os instrumentos encontrados em túmulos para uso dos mortos já eram de cobre. A mais antiga peça de bronze conhecida foi encontrada na pirâmide de Medum e data provavelmente de 3700A.C. Do Egito, seu uso rapidamente se espalhou pelo Mediterrâneo, atingindo Creta em 300A.C., a Sicília em 2500A.C., França e Europa Central em 2000A.C., Inglaterra e Escandinávia em 1800A.C. a Ilha de Chipre era o maior produtor de cobre da Antigüidade, e ali se abasteciam egípcios, assírios, fenícios, gregos, persas e romanos. O metal era conhecido como *aes cyprium* (“minério de Chipre”), nome que foi reduzido para *cyprium* e mais tarde modificado para *cuprum*, origem da palavra cobre em português e do símbolo químico do metal. No Oriente, existem referências ao metal já em 2500A.C. e vasilhas de bronze de grande beleza já eram fabricadas à época da Dinastia Shang, entre 1765-1122A.C. Nas Américas, a Idade do Cobre parece ter surgido entre 100 e 200 D.C., mas tanto na América do Norte quanto na do Sul os indígenas passaram quase diretamente da Idade da Pedra para a do Ferro.

O cobre encontra-se largamente difundido na crosta terrestre, assim como em sedimentos oceânicos e fluviais, nas cinzas de algas marinhas e outras plantas, no fígado humano, como núcleo de uma proteína respiratória dos moluscos, como componente da hemocianina (composto semelhante em estrutura e funções à hemoglobina sangüínea), nos artrópodes, em muitos corais e no Sol. Além de ocorrer na natureza sob forma metálica livre, aparece ainda em diversos minérios, tais como: calcocita Cu_2S, covelita CuS, calcopirita $CuFeS_2$, bornita Cu_5FeS_4, enargita Cu_3AsS_4, tetraedrita Cu_3SbS_3, cuprita Cu_2O, tenorita CuO, malaquita $CuCO_3.Cu(OH)_2$, azurita $2CuCO_3.Cu(OH)_2$, calcantita $CuSO_4.5H_2O$ e brocantita $CuSO_4.3Cu(OH)_2$. Cerca de 90% das reservas mundiais de cobre encontram-se em quatro grandes regiões: Montanhas Rochosas e Região dos Grandes Lagos (EUA), Planalto Central Africano (República Democrática do Congo e Zâmbia); vertente ocidental dos Andes (Chile e Peru); e escudo pré-cambriano do centro da América do Norte (Canadá e Estado de Michigan, EUA). Depósitos menores ocorrem no Alasca,

Figura 23

China, ex-URSS, Austrália e porções da Europa, África, América do Norte e do Sul.

A produção industrial do metal, conforme a natureza do minério, é feita em geral pelos seguintes processos: o cobre nativo é esmagado, concentrado pela lavagem com água, fundido e moldado em barras; os óxidos e carbonatos são fundidos com carvão e reduzidos; os sulfetos sofrem tratamento mais complexo, que consiste, em resumo, em obter-se por fundição um mate de sulfeto cuproso, sulfeto ferroso e sílica, que é tratado num conversor, onde se adiciona cal, forçando-se a passagem de ar pela massa fundida; os produtos obtidos são cobre bruto, escória de silicato de cálcio e ferro e dióxido de enxofre, que se desprende. O refino é feito por processo eletrolítico, obtendo-se ainda da lama do ânodo, por tratamento adequado, ouro e prata.



O cobre é um metal vermelho-amarelado, muito maleável e dúctil, e, embora não possua grande tenacidade e dureza, estas propriedades crescem bastante quando o metal é trabalhado a frio. Possui ponto de fusão de 1.083^{o}C, ponto de ebulição de 2.595^{o}C, sua densidade a 20^{o}C é 8,95g.mL^{-1}, calor específico a 20^{o}C, 0,0919cal/g.^{o}C. É um excelente condutor de eletricidade, mas traços de algumas impurezas podem faze-la decrescer. Cristaliza no sistema cúbico e não possui formas alotrópicas.

Figuras 24, 25, 26

O cobre é o segundo metal mais utilizado pelo homem, superado apenas pelo ferro. Encontra emprego em construções e aparelhagem em que seja exigida uma definida resistência à corrosão por agentes naturais. Como excelente condutor de eletricidade encontra larga aplicação na indústria de fios e cabos elétricos (99,95% Cu). Na indústria química é usado como catalisador de inúmeras reações, em estado finamente dividido. Forma ainda grande variedade de ligas metálicas, com os mais diversos usos, como o bronze, ligas com alumínio, zinco, manganês, chumbo e níquel. Atualmente as aplicações em que se destaca são: fundidos, componentes elétricos, frascos para gases líquidos.

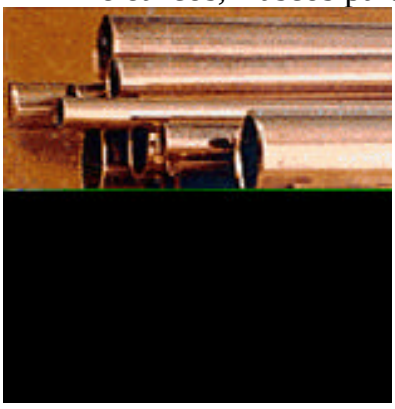


Figura 27

Figura 28

Figura 29

Cromo:

Figura 30

Elemento químico metálico, símbolo Cr, número atômico 24, massa atômica 52,01, cor branco-azulada. Em 1762, Hergmann descreveu pela primeira vez um mineral contendo cromo, em amostras provenientes da Sibéria, mas somente em 1797 L. N. Vauguelin o identificou como óxido de um novo metal, ao que denominou cromo, do grego *chroma*, cor, devido a sua coloração. Hoje sabemos que tal minério é a crocoisita (Cromato de Chumbo).

O cromo metálico não existe livre na natureza, encontra-se combinado ao oxigênio no ocre de cromo Cr_2O_3; combinado ao ferro na cromita $Fé(CrO_2)_2$, sendo este seu principal minério, e na forma da crocoisita como foi mencionado anteriormente. Algumas pedras preciosas, esmeralda, jade, rubi e a safira, devem a sua cor à presença de cromo na sua constituição.

É um metal extremamente duro, mais duro que o irídio e o aço, capaz de adquirir grande brilho por polimento, encontrando desta forma vasta aplicação industrial. Nas condições ordinárias é estável em presença do ar, porém aquecido oxida-se superficialmente. Quando submetido aos agentes corrosivos normais, inclusive à chuva, à neve, água do mar, compostos de enxofre, etc., mantém o aspecto brilhante. O nicromo é uma liga contendo de 11% a 25% de cromo de notável resistência à corrosão atmosférica a temperaturas elevadas, sendo usada na fabricação de resist6encias de aquecedores elétricos e outros utensílios. Usa-se a estelita, liga de cromo, cobalto e tungstênio na fabricação de instrumentos cirúrgicos, na indústria automobilística, e na fabricação de ferramentas, possuindo notável resistência ao desgaste.

Figuras 31, 32

Encontramos também emprego para os sais de cromo, na proteção de superfícies expostas à corrosão, como as nas peças cromadas; em cerâmica, no fabrico de refratários, na fabricação de vidros.

Figura 33

Os principais produtores de cromita são a Federação da Rodésia, a Niassalândia, a ex-URSS, a República da África do sul, a Turquia, a Albânia e as Filipinas.

Chumbo:

Metal cinza-azulado, possuindo, quando recentemente cortado, brilho metálico vivo. Seu símbolo químico é Pb e seu peso atômico é 207,21. Já conhecido em épocas remotas pelos antigos egípcios, que o utilizavam há mais de oito mil anos. Foi estudado pelos alquimistas, que o dedicaram a saturno, com certeza por causa de seu peso e de sua pequena dureza.

Encontra-se muitas vezes citado no Antigo Testamento e segundo a história foi confundido com o estanho. Sabe-se que os antigos romanos o usavam para fabricar manilhas.

Na natureza, é ocasionalmente encontrado livre, em pequenas quantidades. Seus compostos minerais são numerosos: a galena (sulfeto de chumbo) e a cerusita (carbonato de chumbo) são os mais abundantes e que têm encontrado aplicação industrial.

Figura 34

Em virtude da facilidade com que pode ser trabalhado, cortado, dobrado, soldado e pela resistência química que apresenta ao ataque pelos ácidos e pela água, tem sido largamente empregado na fabricação de utensílios para várias aplicações, tais como: em encanamentos para gás e para água; reduzido a folhas finas serve para cobrir telhados e para calhas; no revestimento de equipamentos industriais com a finalidade de proteger contra os ataques de ácidos; como isolante é utilizado nos condutores elétricos; é largamente usado na fabricação de placas para acumuladores de automóveis e outros veículos.

Como elemento formador de ligas encontra largo emprego na indústria, sendo de notar a fabricação da solda dos soldadores e da solda dos funileiros. A primeira, destinada a soldar chumbo com chumbo, é constituída de duas partes de chumbo e uma parte de estanho; e a segunda destinada a soldar folha-de-flandres ou lata, contém uma parte de chumbo e uma parte de estanho. Os metais antifricção ou para mancais são ligas de chumbo com antimônio, estanho e cobre.

Figura 35

Outras importantes aplicações das ligas de chumbo são: a fabricação de tipos para imprensa, o revestimento de cilindros nas impressoras e a indústria bélica, em especial a de balas de caça, onde o encontramos ligado ao arsênio, este na proporção de 0,3% a 0,8%.

Do ponto de vista científico é interessante notar que o chumbo constitui o produto final de certas desintegrações radioativas, e

apresenta a propriedade singular de absorver radiações de ondas curtas, tais como as emanações do rádio ou as produzidas pelos raios X.

Figura 36

Muito embora seja um metal de largo emprego industrial, não constitui nem 1% dos minerais constituintes da crosta terrestre, sendo relativamente pequenas as jazidas encontradas no mundo. Entre as regiões produtoras destacam-se as de Missouri (EUA), o distrito de Broken-Hill, na Austrália, o Estado de Chihuahua no México e a Columbia Britânica, no Canadá.

No Brasil, as ocorrências de minério de chumbo estão localizadas principalmente na Bahia, Paraná e São Paulo. Em 1960, a produção brasileira foi de 105.158 toneladas.

A obtenção do chumbo é feita a partir de seus minérios, sendo o mais utilizado a galena, que em virtude de impurezas tais como a prata, o zinco e o cobre, deverá ser antes purificada. A galena é geralmente argentífera e em muitos casos faz-se economicamente a recuperação da prata, o que só é interessante quando seu teor atinge de 100g a 150g de prata por tonelada de minério.

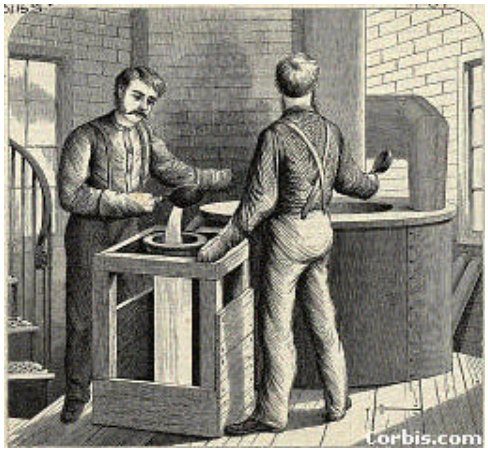


Figura 37

Os métodos empregados baseiam-se na fusão dos metais e sua separação por densidades. Sendo a densidade do chumbo 11,34 a 20^{o}C, a separação é realizada em fornos de cuba ou de revérbero. Em todos os casos, o chumbo fica sempre acompanhado de impurezas, necessitando por conseguinte um tratamento posterior para purificá-lo.

Esta purificação consiste no refino, que poderá ser feito em fornos tipo revérbero ou por processo eletrolítico. Neste último, consegue-se o chumbo com 99,995% de pureza em média, com dispêndio de 5Kw-dia por tonelada.

Suas principais características físicas são: massa atômica 207,21, densidade 11,34 a 20^{o}C, ponto de fusão 327,4^{o}C e ponto de ebulição a 1.740^{o}C. É muito mole e maleável a frio, e pode ser riscado com a unha.

Magnésio:

Elemento de número atômico 12, metal, símbolo Mg, massa atômica 24,32, peso específico 1,74, incluído no grupo II do sistema periódico. É o metal estrutural mais leve e um dos mais abundantes na natureza, pois só o superam o silício, o alumínio e o ferro. A água do mar contém cerca de 0,13% de magnésio. Além da água do mar há vários minerais ricos em magnésio, tais como a dolomia, magnesita e brucita, abundantes no Brasil. O magnésio é relativamente novo como metal, pois foi descoberto em 1808 por Humphry Davy. Algumas autoridades dizem que o metal não foi isolado naquela época. O efetivo isolamento do metal se atribui ao cientista francês Bussy, que, em 1828, fundiu cloreto de magnésio com potássio metálico, com o fim de obter magnésio em sua forma metálica. Acredita-se que Michael Faraday foi o primeiro que obteve magnésio com eletricidade, em 1883, quando eletrolisou cloreto de magnésio fundido. Em 1852, Roberto Bunsen descobriu uma célula eletrolítica para a obtenção de magnésio a partir do cloreto.

Figura 38

Em princípios de 1886 se iniciou na Alemanha a fabricação comercial do magnésio em escala de produção e ao mesmo tempo começou a fabricação de fio (arame) e cinta de magnésio para fins fotográficos. O processo usado era uma modificação da célula eletrolítica de Bunsen. A Alemanha foi o único produtor de magnésio até a I Guerra Mundial. A escassez incrementou o interesse de vários fabricantes nos EUA. Como resultado, em 1917 o produziram sete companhias. Em 1920, reduziram-se a duas apenas. Em 1927, apenas uma ficou no mercado até 1947, quando a demanda de magnésio para usos estruturais e pirotécnicos na II Guerra Mundial fez com que outros fabricantes se interessassem em sua produção. Em 1943, haviam 15 fábricas industriais produzindo magnésio metálico, com uma produção de cerca de 190.000 toneladas. No Brasil, a Companhia Nacional de Álcalis, em Cabo Frio, produz em média 7.000 a 8.000 toneladas por ano de óxido de magnésio.

Figura 39

Os processos de obtenção de magnésio metálico mais importantes são: o eletrolítico, que usa água do mar; o processo que emprega ferro-silício como substância redutora (Pidgeon), tendo a dolomita como matéria-prima.

O magnésio, como muitos metais puros, necessita de ingredientes que a ele se liguem para fortalece-lo com fins estruturais. Foram estudadas muitas composições de ligas para usá-lo em forma fundida e laminada e para aplicações especiais. Os principais ingredientes para muitas ligas comumente usadas são o alumínio, o manganês e o zinco.

Figura 40

As propriedades e características do magnésio e suas ligas determinam a seleção do metal para uma atividade de aplicações comerciais. Seu peso leve e resistência relativamente elevada o fazem um bom material de construção e é especialmente útil em ligas para aviação. O magnésio tem a vantagem de que pode ser trabalhado praticamente por todos os meios conhecidos até agora na arte de manipular os metais. As ligas de magnésio se podem fundir pelos métodos de areia, *Shell molding*, etc.

Os usos do magnésio se dividem convenientemente em dois tipos: estruturais e não estruturais. Os primeiros incluem aplicações, em forma de ligas de magnésio em satélites, fuselagem para aviões e espaçonaves, trem de aterrisagem, partes do motor e acessórios, na indústria de ferramentas portáteis, transportadores por gravidade, equipamentos para fundição, máquinas têxteis e de imprensa, artigos caseiros, artigos de esporte, veículos de transporte.

Figura 41

Os usos não estruturais incluem seu emprego como ingrediente para ligas com o alumínio, chumbo, zinco e certas outras ligas não ferrosas.

Zinco:

Metal de cor branca, densidade a 20^{o}C, 7,133g/mL; símbolo químico, Zn; quebradiço, quando na temperatura ambiente; maleável e dúctil entre 100^{o}C e 150^{o}C; quimicamente ativo. Seu peso atômico foi determinado por vários processos: análise dos compostos halogenados, síntese de seus óxidos e a partir das densidades dos compostos voláteis, tendo-se encontrado 65,38. Na natureza, o zinco ocorre sob formas diversas, como carbonato, no chamado espato de zinco ($ZnCO_3$); sulfeto (ZnS), na conhecida blenda; silicato, na calamina ($H_2SiO_5Zn_2$); óxido, na zincita, mais conhecida por minério vermelho de zinco.

Desde os tempos bíblicos, o zinco já era citado, embora hoje se creia que se tratasse do bronze. O termo zinco só veio a ser empregado por Paracelso (c.1490-1541).

Para a fabricação do zinco, utiliza-se geralmente a blenda ou o carbonato de zinco. O processo realiza-se em retorta de barro refratário, obedecendo a duas fases: ustulação do carbonato (ou da blenda), onde o minério é transformado em óxido; redução do óxido, através de seu aquecimento em presença do coque ou do antracito pulverizado. Sendo a redução feita em temperatura superior à do ponto de ebulição do zinco, cerca de 1.400^{o}C, quando o do zinco é de apenas 907^{o}C, o metal é recolhido em condensadores, de onde periodicamente é retirado para depois ser fundido em blocos.

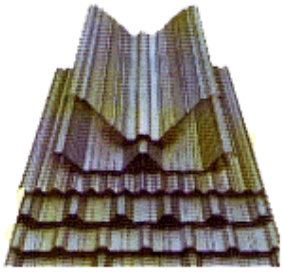


Figura 42

A utilização do zinco faz-se sentir constantemente na fabricação de utensílios domésticos, equipamentos de escritório, revestimentos, polias, peças decorativas fundidas e no fabrico de ligas onde se destaca o latão, liga de zinco e cobre.

Prata:

Figura 43

Metal branco, brilhante, que se aprsenta amarelo se a luz refletir-se em sua superfície muitas vezes antes de atingir a vista. Em lâminas muito delgadas tem coloração azulada. Pulverizada, é cinzenta e de aparência terrosa. Seu símbolo é Ag, derivado do latim *argentum*. Conhece-se a prata desde os tempos do mais remotos. No Velho Testamento, há algumas referências à prata, e, provavelmente, seu uso como moeda é tão antigo quanto o do ouro. Supõe-se que os fenícios obtinham prata na Armênia e na Espanha. O metal talvez fosse purificado pelo proceso de copelação, existindo, porém, poucas provas de que os antigos efetivamente soubessem separar a prata do ouro.

Figura 44

A prata é encontrada, ocasionalmente, em forma nativa, em grandes massas ou cristalizada, associada ao cobre metálico, ouro, etc. Seus principais minérios são: argentita e cerargirita. São encontrados no México, Peru, Chile, Bolívia, Arizona, Nevada, Colorado e Austrália. Grande quantidade ocorre, também, associada ao chumbo na galena e grande parte da prata do comércio é extraída do chumbo argentífero. Empregam-se muitos processos para extrair a prata, entre os quais podemos citar: processo de cianetação; processo por amalgamação; desprateamento do chumbo, e processo eletrolítico. Atualmente, o primeiro é o único método importante usado para o tratamento dos minérios de prata propriamente ditos enquanto que o terceiro e o quarto são muito usados para a extração de prata, respectivamente, do chumbo e cobre argentíferos. O segundo método somente tem interesse teórico. Extremamente maleável e dúctil. Já se conseguiu fazer lâmina de prata com 0,00025mm de espessura. Conduz melhor o calor e a eletricidade do que o cobre.

Figura 45

Seu peso atômico tem importância fundamental, uma vez que o da maior parte dos outros elementos foi determinado por seu intermédio. As melhores definições feitas até agora são devidas a Richaards, que obteve o valor de 107,88, o único aceito atualmente.

A prata metálica é muito usada nas moedas e para fabricação de baixelas e adornos. Quando pura, é demasiado mole para esses fins e, portanto, emprega-se em liga com outros metais, como o cobre. A moeda americana de prata contém 77,3% de prata.

Figura 46

Figura 47

Níquel:

Metal branco, regularmente duro, que funde a 1.455^{o}C e é muito pouco magnético. Possui a singular característica de melhorar as propriedades da maior parte dos metais e ligas a que se junta. O metal e mais de 3.000 de suas ligas são usados, principalmente, pela resistência à corrosão, aliada à grande dureza e ductibilidade. À temperatura ordinária, é estável em presença do ar e queima em atmosfera de oxigênio, formando óxido de níquel, NiO. Seu símbolo é Ni, posui peso atômico 58,71. Pertence ao grupo VIII do Sistema Periódico.

Figura 48

O níquel foi conhecido em épocas remotas pelos chineses. Na Europa, até fins do séc. XVII, aplicava-se o termo alemão *kupper-nickel* (falso cobre), para designar um minério que tinha o aspecto geral de um minério de cobre. Foi isolado por A. F. Cronstedt em 1751 e, mais tarde, Bergman tentou sem êxito prepara-lo sinteticamente. A liga de cobre-níquel-zinco foi obtida na Inglaterra por volta de 1835. E. Faraday, em 1843, descobre o niquelado. Fleytmann, em 1870, conseguiu a maleabilidade do níquel, juntando-lhe magnésio. Em 1889, Riley descobriu os efeitos do níquel sobre o aço.

Figura 49

Figura 50

O maior dos depósitos minerais de níquel foi decoberto no distrito de Sudbury, Ontário, em 1883. Os minerais desse depósito são refinados nos EUA e desde 1904 constituem a maior fonte de abastecimento mundial. Existem três classes principais de minérios de níquel: sulfetos, que são encontrados principalmente no Canadá, Noruega, Finlândia e Suécia; silicatos, que se encontram na Nova Caledônia, Cuba, Brasil e ex-URSS; arseniatos, encontradosna Europa Ocidental, Canadá, Espanha e algumas regiões dos EUA.

Figura 51

Ligas cobre-zinco (latão):

Figura 52

O cobre ligado com o zinco em proporções diversas e chamado de latão. O latão alfa é uma liga de uma única fase, uma solução sólida de cobre e zinco com até 36% de zinco. Acima desta quantidade, de zinco, um segundo microconstituinte, a fase beta, aparece, o qual faz com que o latão seja mais quebradiço, e assim menos sujeito ao trabalho a frio que o latão alfa. Visto que a maioria dos latões transformados em seu estado de trabalho a frio, eles usualmente contêm menos do que 36% de zinco. Embora os latões beta tendam a encruar rapidamente, e conseqüentemente tenham limitações na quantidade de conformação a frio que podem receber, eles são conformados com facilidade a temperaturas elevadas. Latões que devem receber usinagem considerável contém alguma fase beta a fim de melhorar a usinabilidade.

Empregos comuns e a aparência do latão levam a nomes tais como latão vermelho, latão para cartucho, latão amarelo, metal Muntz e outros.

Figura 53

O latão vermelho tem emprego comum em remates de arquitetura, ferragem leve e pesada, tubos para trocador de calor, enfeites para vestidos, distintivos, caixas e recipientes para cosméticos.

Esta liga é facilmente conformada por estiramento, corte, dobramento, mandrilagem, e remoção de cavacos. No junçã9o por processos de solda, solda de estanho e solda de prata são preferidas.

O latão para cartuchos, contendo 30% de zinco, é usado para fazer cápsulas de cartucho por estampagem profunda, núcleos de radiador, rebites e peças semelhantes. Quase todos os métodos de conformação a quente e a frio e a maioria dos processos de solda são aplicáveis ao latão para cartuchos.

Figura 54

O metal Muntz contendo 40% de zinco é empregado para peças forjadas a quente, placas de condensador, haste de válvulas, e barras para solda forte.

O metal do almirantado, contendo 71% de cobre, 28% de zinco, e 0,01% de estanho têm boa resistência à corrosão à água salgada e a outros líquidos corrosivos e, em conseqüência, encontra uso favorável como tubos de condensador e de evaporador.

Um latão contendo 45% de zinco é um material de enchimento aceitável na solda forte de aços carbono, de ferro fundido, de latões de cobre e de muitas outras ligas.

De um modo geral, a grande aplicação industrial dos latões resulta de sua alta condutividade elétrica e térmica, resistência à corrosão, sua facilidade de fabricação, e boa aparência. Perfilados de latão em grandes quantidades custam de 0,50 a 0,60 dólares por libra.

Figura 55

Molibdênio:

Figura 56

Este elemento conhecido há longo tempo por sua capacidade de conferir a propriedade de estabilidade a alta temperatura aos aços. Embora uma pequena porcentagem do molibdênio total produzido tenha sido usada na forma pura, o seu maior valor aparece quando ligado com o alumínio, o columbio, o silício, o titânio, o tungstênio, o vanádio, e o cromo. A adição desses elementos melhora a resistência à tração do molibdênio, tanto à temperatura ambiente como a elevada temperatura. O molibdênio e suas ligas podem ser processados por forjamento, estampagem, usinagem, solda forte e solda, mas em geral, essas operações são relativamente difíceis. O custo do molibdênio em pó é de 3 dólares e 4 dólares por libra.

As ligas de molibdênio têm uma tendência a oxidar-se rapidamente a temperaturas elevadas, se não forem protegidas.

Com revestimentos adequados, tal como o revestimento siliconado, o níquel, o inconel, e outros, eles têm suportado temperaturas de serviço de 2200 F ou mais por períodos extensos.

O seu futuro mais promissor parece ser em campos em que são encontradas temperaturas elevadas, um exemplo de aplicação corrente sendo motores de avião à jato e peças de turbina à gás.

Titânio:

O grande crescimento da produção, e do emprego do titânio, deve-se as suas propriedades, muito valiosas: uma baixa densidade, grande tenacidade e elevada resistência à corrosão.

O titânio é empregado principalmente, na aviação, na construção de foguetes , e nos outros setores em que a resistência específica tem muita importância. As ligas de titânio possuem, na faixa de temperaturas de 300º-600ºC, uma resistência específica de elevadíssimos valores, em que as temperaturas inferiores a 300ºC, são ultrapassados apenas pelas ligas de alumínio, e na faixa de temperaturas superiores a 600ºC, pelas ligas à base do ferro e do níquel.

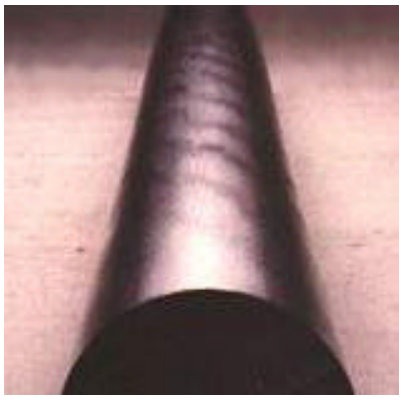


Figura 57

❖ **Suas propriedades**

O titânio é um metal branco, prateado, muito leve (d=4,5g/cm³), e tem um elevado ponto de fusão (1672ºC). Tais propriedades dependem substancialmente do seu grau de pureza.

❖ **Liga do titânio**

Neste caso igual como no da liga de ferro, a maior importância têm a susceptibilidade do titânio, de dissolver os elementos de liga, e a sua influência na situação do ponto crítico (temperatura de transformação a? ß).

No qual classificamos todos os elementos formando o grupo A e o grupo B. Ao primeiro grupo atribuímos elementos muito solúveis no titânio, enquanto ao grupo B apenas os elementos cuja dissolução no titânio é limitada, e que são susceptíveis a darem combinações químicas com o titânio, embora seja pequena a sua quantidade. Além disto os elementos de liga contribuem para o aumento da temperatura de transição a? ß, ou para a sua diminuição.

❖ **Ligas de titânio industriais.**

Tais ligas de titânio se diferenciam conforme a sua estrutura que obtém após o arrefecimento no ar, classificando-se , em virtude disto, as ligas a, as ligas ß, e as ligas a+ß.

Figura 58

As ligas a são relativamente de pequena plasticidade, nem susceptíveis da fragilidade no decorrer do tratamento térmico. As ligas deste tipo atribuem-se ao titânio puro e ao titânio com alumínio.

As ligas ß são as mais plásticas e também as menos resistentes, nem sofrem transformações de fase durante o aquecimento.

As ligas a+ß são as mais tenazes do que as monofásicas , além de serem muito maleáveis e dúcteis, e susceptíveis do tratamento térmico, porém em certas condições de tratamento térmico resultam ser frágeis.

A estrutura a+ß obtém-se no caso de teor de estabilizadores ß* atingir um certo valor, as ligas a+ß são as mais susceptíveis da utilização prática. A esta classe de ligas pertence a maior parte de ligas industriais.

❖ **Impurezas nas ligas de titânio.**

O titânio é um elemento quimicamente ativo. É difícil a obtenção do titânio de absoluta ou elevada pureza, sendo difícil evitar, que o titânio puro uma vez obtido, entre na combinação química com o meio ambiente. Portanto, tem muita importância não só possuir um titânio basilar de elevada pureza, mas também evitar a sua atuação de diferentes elementos no decorrer da efetuação de operações de conversões tecnológicas.

Pois durante o aquecimento o titânio absorve o oxigênio, o azoto, o hidrogênio, e o carbono, tais elementos que vão formando com Tia e o Tiß, as soluções sólidas de inserção de várias concentrações limite, diferentemente dos elementos da liga normal (o vanádio, o estanho, o alumínio, etc.)que formam as soluções sólidas de substituição. Tendo assim, uma formação de soluções sólidas de inserção.

❖ **Resistência do titânio á corrosão**

Figura 59

Além do grande valor de resistência específica, fator que tornou as ligas de titânio muito utilizáveis na técnica nomeadamente nos setores em que muita importância tem a massa (por exemplo; na fabricação de aviões , foguetes, etc.). O titânio possui grande resistência à corrosão no universo de quantidades abundantes de substancias corrosivas, superando neste respeito o aço inoxidável.

Explica-se isto por que o titânio deve-se à formação, na superfície do metal de uma película compacta protetora (TiO2). Se esta película não ficar dissolvida no meio ambiente, pode-se considerar o titânio, contido nela, de uma resistência absoluta a corrosão.

Figura 60

Por ter todas essas propriedades o titânio, é bastante usado na bioengenharia, e na medicina.

Bibliografia:

Livros:

→ Metais e suas Ligas tomo 2, A. P. Gulháev – Editora Mir
→ Aços e Ferros Fundidos, Vicente Chiaverini – Publicação da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais
→ Estrutura das Ligas de Ferro, W. Hume Rothery – Editora Edgard Blücher
→ Processos de Fabricação e materiais para engenheiros, Doyle / Morris / Leach / Schrader – Editora Edgard Blücher
→ Advanced Materials and Processes Vol. 149 N°3 – The Materials Information Society
→ JOM (September 98 Vol. 50 N°9) – A Publication of the Minerals, Metals and Materials Society
→ Enciclopédia Barsa – Encyclopaedia Britannica Editores Ltda.

Sites (Web Pages):

→ Metallurgy Division of MSEL – www.metallurgy.nist.gov
→ Centenário Instituto de Pesquisas Tecnológicas - www.ipt.br
→ Engenharia de Materiais - www.unesc.rct-sc.br/~engmat/materiais.htm
→ Materials Online - www.materials.leeds.ac.uk/grant.htm
→ Materials Research Society Website - www.mrs.org
→ Mextrametal - www.mextrametal.com.br
→ NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - www.inpe.br/
→ Somipal Minérios - www.somipal.com.br/metais.html
→ Titanium -www.alleghenytechnologies.com/titanium
→ Corbis Pictures – www.corbis.com

Figuras:

→ Figura 1 - Enciclopédia Delta Digital
→ Figura 2 - Enciclopédia Delta Digital
→ Figura 3 - Enciclopédia Delta Digital
→ Figura 4 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 5 - Centenário Instituto de Pesquisas Tecnológicas - www.ipt.br
→ Figura 6 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 7 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 8 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 9 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 10 - Corbis Pictures – www.corbis.com

→ Figura 11 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 12 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 13 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 14 - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - www.inpe.br
→ Figura 15 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 16 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 17 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 18 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 19 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 20 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 21 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 22 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 23 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 24 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 25 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 26 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 27 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 28 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 29 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 30 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 31 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 32 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 33 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 34 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 35 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 36 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 37 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 38 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 39 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 40 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 41 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 42 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 43 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 44 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 45 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 46 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 47 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 48 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 49 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 50 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 51 - Corbis Pictures – www.corbis.com
→ Figura 52 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 53 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm

→ Figura 54 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 55 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 56 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 57 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 58 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 59 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm
→ Figura 60 - NDSM - www.ufrgs.br/ndsm/index2.htm