

SUMÁRIO

1. Propriedades do níquel.....	01
1.1. Classificação do minério de níquel.....	01
2. História do Níquel.....	03
3. Reservas de Níquel.....	04
3.1 Reserva brasileiras.....	05
4. Beneficiamento do níquel.....	05
5. Processo de Refino do níquel.....	03
5.1. Processo Mond.....	07
5.2. Processos para minérios lateríticos que apresentam elevados teores de níquel (>2%) e magnésio (>10%).....	08
5.3. Rota hidrometalúrgica (lixiviação sob pressão — HPAL).....	09
5.4. Processo Caron (uma combinação de piro e hidrometalurgia).....	10
6. Projetos e investimentos.....	11
7. Utilização e mercado do níquel.....	12
8. Conclusão.....	13

Níquel

Símbolo	Ni	Fusão	1455°C
Estado	Sólido	Ebulição	2732°C
Grupo	VIII	Condutividade Elétrica	$14,382 \cdot 10^6/m$ ohm
Numero Atômico	28	Condutividade Térmica	90,7536 W/(m*K)
Peso Atômico	58,71	Massa Específica	8,5 g cm ⁻³
Valências	2,3	Dureza	3,5 Mohs
Preço de Metal Reciclado	R\$ 55,00/kg	Preço	US\$ 24.000,00/ton

1. Propriedades do níquel

O Níquel é o vigésimo-segundo elemento mais abundante em peso na crosta terrestre. Minérios de níquel de importância econômica incluem sulfeto, geralmente misturados com sulfetos de Fe ou Cu, e depósitos aluviais de silicatos e óxidos/hidróxidos. O minério mais importante é a pentlandita, $(Fe,Ni)_9S_8$. Ela apresenta sempre uma proporção de Fe:Ni de 1:1. Ocorre quase sempre com uma forma de FeS chamado pirrotita – os dois têm cor de bronze e são encontrados na ex-URSS, Canadá e África do Sul. Antigamente eram importantes diversos outros minérios do grupo dos sulfetos e dos arsenetos, tais como milerita, NiS, nicolita, NiAs, e a pirita arsenical de Níquel, NiAsS, que hoje são pouco usados. Depósitos aluviais importantes incluem a garnierita, um silicato de magnésio e níquel de composição variável $(Mg,Ni)_6Si_4O_{10}(OH)_8$, e a limonita níquelífera $(Fe,Ni)O(OH)(H_2O)_n$. Os minérios extraídos em 1988 continham cerca de 860.000 toneladas de níquel. Os produtores principais foram o Canadá (25%), a ex-URSS (24%) e Austrália, Nova Caledônia e Indonésia com 7% cada.

1.1. Classificação do minério de níquel

O minério de níquel pode ser classificado em dois tipos principais, segundo sua composição: o sulfetado e o laterítico (também conhecido como oxidado). Os minérios sulfetados possuem em sua composição, além do níquel, sulfetos de cobre, cobalto e ferro, assim como alguns metais valiosos (platina, prata e ouro). Os minerais carreadores, neste caso, são pentlandita e milerita ($FeNi_9S_8$), e os sulfetos de Fe pirita e

pirrotita podem conter algum Ni em solução sólida. Apesar de produzir níquel de minério sulfetado (em Fortaleza de Minas - MG), a maior parte da produção atual, e a quase totalidade dos projetos em implantação no Brasil, são desenvolvidos sobre minério laterítico.

I – Contexto Mundial do Níquel

2. História

O uso do níquel remonta aproximadamente ao século IV A.C geralmente junto com o [cobre](#) já que aparece com frequência nos [minerais](#) deste metal. [Bronzes](#) originários da atual [Síria](#) tem conteúdos de níquel superiores a 2%. Manuscritos chineses sugerem que o «cobre branco» era utilizado no Oriente desde 1400-1700 A.C, entretanto a facilidade de confundir as minas de níquel com as de [prata](#) induzem a pensar que, na realidade, o uso do níquel foi posterior, a partir do século IV A.C.

Os minerais que contêm níquel, como a [niquelina](#) se tem empregado para colorir o [vidro](#). Em [1751 Axel Frederik Cronstedt](#) tentando extrair o cobre da niquelina, obteve um metal branco que chamou de níquel, já que os mineiros de [Hartz](#) atribuem ao (o diabo) o motivo pelo qual alguns minerais de cobre não poderiam ser trabalhados. O metal responsável por isso foi descoberto por Cronstedt na niquelina, o kupfernickel, diabo do cobre, como se chamava e ainda é chamado o mineral.

A primeira moeda de níquel pura foi cunhada em [1881](#).

3-Reservas

Níquel é encontrado em minerais sulfuretos, silicatados, arsenetos e oxidados. O teor de níquel no mineral e a concentração desse mineral em uma área bem definida e relativamente pequena na crosta terrestre definem os depósitos minerais que são explorados de acordo com suas reservas, e dessa forma constituem fontes de suprimento das demandas existentes.

As reservas mundiais de níquel em 2003 foram definidas por depósitos minerais que ocorrem em vários países. Neste contexto Austrália, Cuba e Canadá representam 46% do total das reservas mundiais atualmente conhecidas. Segue a esses, países como Brasil, Colômbia China, Grécia, Indonésia, Nova Caledônia, África do Sul e Rússia, Quadro 1.

Quadro 1

Reservas e Produção Mundial

Discriminação	Reservas			Produção (t)	
	2003	%	2002	2003(1)	%
Brasil	8.300	5,90	44.928	45.160	3,20

Austrália	27.000	19,30	211.000	220.000	15,70
Cuba	23.000	16,40	73.000	75.000	5,40
Canadá	15.000	10,70	178.338	180.000	12,90
Indonésia	13.000	9,30	122.000	120.000	8,60
Nova Caledônia	12.000	8,60	99.650	120.000	8,60
África do Sul	12.000	8,60	38.546	40.000	2,90
Rússia	9.200	6,60	310.000	330.000	23,60
China	7.600	5,40	54.500	56.000	4,00
Filipinas	5.200	3,70	26.532	27.000	1,90
República Dominicana	1.000	0,70	38.859	39.000	2,80
Colômbia	1.000	0,70	58.196	65.000	4,60
Botswana	920	0,70	20.005	18.000	1,30
Outros Países	4.780	3,40	64.446	64.840	4,60
TOTAL	140.000	100,00	1.340.000	1.400.000	100,10

Fonte: Mineral commodity Summaries – 2004

Notas: (1) Inclui reservas medidas e indicadas, em níquel contido, (2) Dados de produção de Ni contido no minério, (r) Revisão, (p) Preliminar.

2.1– Reservas Brasileiras

No Brasil as reservas de níquel aprovadas pelo DNPM encontram-se nos estados de Goiás (74,0%), Pará (16,7%), Minas Gerais (5,1%) e Piauí (4,2%). O recente desenvolvimento de projetos de pesquisa mineral em novos alvos, como também em depósitos minerais conhecidos, não só nesses estados, mas também em Mato Grosso, segundo o DNPM, é responsável pelo aumento das reservas brasileiras de níquel e sua elevação para 8ª posição no ranking mundial, Quadro 2.

Quadro 2

Reservas Brasileiras de Níquel (Medidas)

UF	Minério (t)	Ni Contido	Teor (%)
GO	228.415.454	3.380.549	1,48
PA	45.560.000	797.148	1,83
PI	20.007.510	314.118	1,57
MG	9.034.016	140.027	1,55
Total	301.016.980	4.631.842	1,61

Fonte: DNPM – Sumário Mineral - 1999

3-Beneficiamento do níquel.

A extração do níquel de seus minérios é dificultada pela presença de outros metais. Minérios do grupo dos sulfetos são hoje a principal fonte do níquel produzido.

O minério das reservas será britado, peneirado e misturado para produzir uma alimentação consistente para a planta de processo dentro das especificações projetadas.

A granulação do minério ainda se constitui em fator limitante para a utilização de processos de concentração densitária, especialmente para tamanhos de partículas inferiores a 25 μm .

A separação ocorre por meio de um processo de flotação, com reagentes projetados para atrair e separar minerais da rocha. Os xantatos e ditiofosfatos são os surfatantes mais comumente utilizados, sendo que o consumo dos xantatos é incomparavelmente maior.

Esta nova geração de equipamentos tem por princípio a utilização da ação centrífuga e da fluidização do leito de partículas. Tais equipamentos baseiam-se na geração de grandes campos de aceleração através da utilização da rotação dos respectivos dispositivos. Os campos assim gerados podem proporcionar uma maior seletividade na separação de partículas de minerais com pequenas diferenças de densidade.

Já a separação magnética é um método consagrado na área de processamento de minérios para concentração e/ou purificação de muitos minerais. O processo está baseado nos comportamentos que partículas minerais apresentam quando submetidas a um campo magnético. Quando um campo magnético uniforme é aplicado a uma partícula, as forças que atuam sobre dois pólos da mesma são iguais e opostas, portanto a resultante dessas forças é nula. Se o campo aplicado apresentar um gradiente, a atração ou repulsão do mesmo a campos convergentes. Nos equipamentos modernos tanto o campo quanto o gradiente são os responsáveis pelo processo de concentração.

E a seguir aquecido com SiO_2 . O FeS se decompõe a FeO , que reage com o SiO_2 formando FeSiO_3 como escória de fácil remoção. A mate dos sulfetos é resfriada lentamente, com formação de uma camada prateada superior de Cu_2S e uma camada preta inferior de Ni_2S_3 , que pode ser separada mecanicamente (também se forma uma pequena quantidade de uma liga metálica Cu/Ni). O Ni_2S_3 é então aquecido com ar e

convertido em NiO. Este último pode ser utilizado diretamente na indústria do aço. O NiO também pode ser reduzido ao metal pelo carbono, num forno. O metal é fundido em eletrodos, que são purificados por eletrólise numa solução aquosa de Sulfato de níquel.

O minério misturado passará por secagem em um forno de calcinação rotativo a carvão, antes de ser carregado nos fornos elétricos onde ocorrerão a redução, até a graduação desejada do ferro-níquel (FeNi), e as fases de separação do metal e escória.

As impurezas do ferro-níquel cru derretido e vazadas do forno serão removidas na galeria de refino antes do minério ser granulado, secado e acondicionado para transporte.

4 Processo de ferino do níquel.

4.1 Processo Mond

O processo Mond é um método alternativo para produzir Ni de elevada pureza. Esse método foi patenteado por L. Mond e utilizado no sul do País de Gales de 1899 até a década de 1970. NiO e gás d'água (H_2 e CO) são aquecidos à pressão atmosférica a $50^\circ C$. O H_2 reduz o NiO a Ni, que por sua vez reage com o CO formando o tetracarbonilníquel (volátil e altamente inflamável e tóxico). As impurezas permanecem no estado sólido. Aquecido a $230^\circ C$, o gás de decomposições formando o metal puro e CO, que é reciclado. Uma fábrica recém construída no Canadá utiliza CO e metal impuro, porém opera a $150^\circ C$ e 20 atm de pressão para obter o $Ni(CO)_4$.

O processamento de minérios lateríticos pode ser realizado por pirometalurgia (metalurgia pelo fogo) ou hidrometalurgia (metalurgia pela água), dependendo do tipo de minério.

3.2 Processos para minérios lateríticos que apresentam elevados teores de níquel (>2%) e magnésio (>10%)

Pirometalurgia (Fe-Ni): nesse processo, após lavrado, o minério é enviado para secadores, que removem sua umidade. A seguir, é encaminhado a um forno, onde o concentrado de ferroníquel é formado, com produção de escória. O concentrado tem teor de 23% de níquel e é utilizado como insumo na indústria de aço inoxidável.

Fundição pirometalúrgica — como a empregada em Sudbury, Thompson e Indonésia — ou lixiviação ácida de alta pressão, como a que está sendo desenvolvida

em Goro e Voisey's Bay, serve para prosseguir com o processamento do minério a maiores graus de pureza. Envolve aplicações de calor intenso em fundições tradicionais e uso de conversores para criar um produto mate. A lixiviação ácida de alta pressão envolve a lixiviação direta do minério com ácido a temperaturas acima dos 240 graus centígrados em autoclaves.

No processo de lixiviação ácida sob pressão (LAP) o minério inicialmente é submetido a uma etapa de cominuição onde é gerada uma polpa que alimenta as autoclaves de titânio da seção de lixiviação que operam em elevados valores de temperatura e pressão. Em seguida a suspensão gerada é neutralizada e passa por estágios de decantação onde se obtém o licor clarificado. O resíduo gerado, rico em ferro, é devidamente estocado em bacias de decantação. Em seqüência, é feita a remoção do cobre do licor clarificado para que possa ser encaminhado a uma etapa de extração por solvente de cobalto, onde o níquel está contido no refinado. A partir das soluções purificadas de sulfatos de níquel e cobalto são produzidos os respectivos metais por processo eletrolítico.

3.3 Rota hidrometalúrgica (lixiviação sob pressão — HPAL)

No processo HPAL, o minério pode ser primeiramente enriquecido por meio de beneficiamento físico, com a remoção de sílica (caso existente). A partir daí, é alimentado juntamente com ácido sulfúrico a uma autoclave, onde níquel, cobalto e algumas impurezas são dissolvidos. Em seguida, a solução contendo níquel é separada do rejeito e submetida a etapas sucessivas de precipitação e refino, gerando soluções purificadas de níquel e de cobalto.

A partir dessas soluções, níquel e cobalto metálicos de elevada pureza são produzidos por eletrólise. Os metais são comercializados tendo como referência os preços praticados na London Metal Exchange e destinam-se às mais diversas aplicações, incluindo a indústria de aço inoxidável, superligas para indústria aeroespacial, fabricação de moedas e indústria química.

3.4 Processo Caron (uma combinação de piro e hidrometalurgia)

Aplicável a minérios com teores acima de 1,5%. Nesse caso, o minério é secado e ustulado, e lixiviado com amônia. Após a lixiviação, etapas de refino semelhantes às descritas anteriormente são também utilizadas para a produção de

metais. O processo Caron tem hoje aplicação limitada devido a seus maiores custos por tonelada de níquel produzido, quando comparado aos processos de Fe-Ni e HPAL.

A refinação e a transformação eletrolítica são os últimos passos na transformação final. A Vale Inco emprega um processo próprio a vapor, conhecido como refinação de carbonilo, para produzir uma pelota de níquel de elevada pureza. Também é usada a produção eletrolítica, na qual o mineral é removido em solução de células equipadas com catodos inertes.

4. Projetos e investimentos

A jazida de Onça Puma deverá produzir 55 mil toneladas de níquel ao ano quando estiver em plena operação, em 2009. Após a compra da Inco e do projeto Onça Puma, a Vale poderá se tornar a maior produtora de níquel do mundo, alcançando 300 mil toneladas por ano, ultrapassando a russa Norilsk, como prevê José Lancaster, diretor executivo de não-ferrosos da mineradora.

O Projeto Onça Puma foi adquirido pela Companhia Vale do Rio Doce em Dezembro de 2005. Situado no município de Ourilândia do Norte, no sudeste do Pará, o Projeto visa o aproveitamento dos depósitos de níquel laterítico localizados nas serras do Onça e do Puma, que se estendem pelos municípios de Ourilândia do Norte, São Felix do Xingu e Parauapebas e produzirá, a partir de 2008, aproximadamente 52.000 toneladas por ano de ferro-níquel.

A Votorantim Metais, outra grande empresa mineradora, é hoje a maior fabricante brasileira de níquel e única produtora de níquel eletrolítico da América Latina.

Iniciou suas atividades em 1981 e, hoje, produz cerca de 25 mil toneladas de níquel eletrolítico e matte de níquel por ano, sendo 47% da produção destinada à exportação para Estados Unidos, Europa e Ásia.

A Unidade de Negócio tem sua área de mineração instalada em Niquelândia (GO), onde ocorrem a extração de minério de níquel laterítico e a produção do carbonato de níquel. Esses produtos abastecem a usina metalúrgica, localizada no bairro de São Miguel Paulista, São Paulo (SP). Nessa unidade são fabricados o níquel eletrolítico e o cobalto.

Em Fortaleza de Minas, a Votorantim Metais produz matte de níquel, destinado ao mercado externo. A capacidade de produção anual é de 10 mil toneladas de níquel contido.

Em 2007, a VM investirá R\$ 738 milhões em melhorias e expansão da Unidade de Negócio Níquel. Desse montante, R\$ 558 milhões serão investidos na construção de uma nova fábrica em Niquelândia (GO), destinada à produção de ferro-níquel. O restante será investido na instalação de uma caldeira a coque na unidade já em operação no município. A nova caldeira permitirá a flexibilização da matriz energética ao substituir o uso de óleo combustível.

O mercado de níquel ainda pode gerar dois ou três ciclos de projetos para o setor no Brasil, mesmo com a queda do preço do metal. De acordo com estudos geológicos publicados pelo Mining Journal, o País tem potencial para cerca de 17 milhões de toneladas de níquel contido nos recursos minerais, volume comparável aos de países como Rússia e Austrália. Essa é a aposta da Anglo American, que terá um aumento de 36 mil toneladas anuais a partir de 2010, com a implementação do Projeto Barro Alto, iniciado em 2007.

Hoje, a participação da Anglo American no Brasil é de 25% da produção de níquel. "Com o crescimento da produção do minério no País, daqui a cinco anos, nossa expectativa é aumentar para 30% de participação de mercado, sendo que a previsão é atingirmos a liderança brasileira com 45% até 2018", afirma Paulo Castellari, diretor Comercial e de Desenvolvimento de Negócios da Anglo American Brasil.

5. Utilização e mercado do níquel

A maior parte do níquel produzido é consumida na fabricação de ligas ferrosas e não ferrosas. O níquel melhora a resistência do aço e sua capacidade de resistir aos ataques químicos. Em 1985 foram produzidas 385.000 toneladas de ferro-níquel. O aço inoxidável pode conter de 12 a 15% de Ni, e o aço para cutelaria contém 20% de Cr e 10 % de Ni. Ímãs permanentes muito fortes são fabricados com liga de aço "alnico". O metal monel resiste bem à corrosão e é usado em equipamentos em que se manuseiam gás flúor e outros fluoretos corrosivos. Essa liga contém 68% de Ni e 32 % de Cu e traços de Fe e Mn. Diversas ligas não ferrosas são importantes. As ligas da série "nimonica"(75% de Ni, com Cr, Co, Al e Ti) são utilizadas em turbinas de motores a jato onde resistem a elevadas tensões e temperaturas. Outras, como o "hastelloy C", devem seu emprego à elevada resistência à corrosão. O "nicromo" contém 60% de Ni e

40% de Cr e é usado em filamentos que se aquecem ao rubro em radiadores elétricos. O cupro níquel (80% de Cu e 20% de Ni) é usado em moedas de "prata".

Cerca de 65% a 70% da produção de níquel é hoje empregada para a fabricação de aço inoxidável, sendo o restante utilizado para a confecção de baterias, catalisadores e outras ligas. Existem diversas formulações para o aço inoxidável (todas com alguma combinação de Ferro, Níquel, Cromo, Molibidênio e outras ligas), que podem ser organizadas em dois grandes grupos: os aços inoxidáveis Austeníticos (Série 3), com cerca de 8% de níquel contido, e os aços inoxidáveis Ferríticos (Série 2), com aproximadamente de 1% a 3% de níquel contido

O níquel ainda é utilizado em acumuladores de Ni/Fe, que têm a vantagem de poderem ser carregados rapidamente sem danos às placas da bateria. Pequenas quantidades de níquel finamente divididos são empregados em muitos processos de redução. Entre os exemplos estão a fabricação de hexametilenodiamina, a obtenção de hidrogênio a partir de amônia, e a redução de antraquinona a antraquinol na fabricação de peróxido de hidrogênio.

Em galvanoplastia, o níquel é utilizado em construção civil e eletro-eletrônica, ou ainda em equipamentos onde a alta resistência à álcalis é necessária. O níquel é ainda utilizado para base para a posterior cromação.

7- Conclusão:

A participação do níquel vem aumentando no mercado mundial e conseqüentemente no Brasil, através da Companhia Vale do Rio Doce como os projetos Onça Puma.

A produção do níquel pode ser dizer que é relativamente barato comparado como os outros minérios refletindo no seu crescimento de produção , incentivos nos avanços de pesquisas para encontrar novas áreas de extração.

Mostramos também onde o níquel é utilizado em nosso dia-a dia, através das moedas , pilhas, baterias de telefones celulares e outros.



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE TECNOLOGIA
FACULDADE DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DIEGO FERREIRA / 08021004401
HUGO MESQUITA / 08021000501
RAFAEL LIMA / 07021001001

NIQUEL

BELÉM
2008

DIEGO FERREIRA / 08021004401
HUGO MESQUITA / 08021000501
RAFAEL LIMA / 07021001001
RENAN
PEDRO

NIQUEL

Trabalho de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Engenharia Mecânica do Instituto de Tecnologia da Universidade Federal do Pará.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Magalhães Braga

**BELÉM
2008**