

Caracterização mineralógica de amostra de minério de níquel laterítico

Érica Escalzer da Silva

Geóloga, M.Sc, Bolsista do Programa de Capacitação Interna

Bruno Brandão

Bolsista de Iniciação Científica, Geologia, UFRJ

Reiner Neumann

Orientador, Geólogo, D.Sc.

Resumo

Os carreadores de níquel nos depósitos lateríticos são diversos, geralmente silicatos e óxidos/hidróxidos, e o desempenho do processamento hidrometalúrgico destes minérios requer uma caracterização tecnológica prévia acurada. Neste trabalho foram caracterizadas amostras de um minério de níquel proveniente de um solo saprolítico oxidado denominado SAP-Fe. Nestas amostras foram feitas análises de difração de raios X e análises térmicas com o objetivo de se identificar as fases carreadoras de níquel. Nas frações da amostra SAP-Fe foram observados espinélios como a nicromita e goethita que pode conter níquel em sua composição. A caracterização tecnológica de minérios proporciona um melhor aproveitamento dos recursos direcionando as aplicações e fornece subsídios à pesquisa mineral.

1. Introdução

O níquel é um metal ferroso de alto valor agregado, e estratégico para agregar valor à cadeia produtiva siderúrgica, por meio de ligas de alto desempenho. A mais comum, e de excepcional demanda, é o aço inoxidável (FeNiCr). 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 (PGE – elementos do grupo da 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.

Os depósitos lateríticos ocorrem mais superficialmente, principalmente na região saprolítica, e são resultantes de processos de lateritização sobre rochas básicas, formando veios ou bolsas de fases cristalinas do tipo garnierita [$(\text{Mg},\text{Ni})_6(\text{Si}_4\text{O}_{10})$], e/ou outros silicatos hidratados de níquel e magnésio, e podendo ter goethita niquelífera [$(\text{Fe},\text{Ni})\text{O}(\text{OH})$] associada (Lombard, 1956; Boldt, 1967). Uma pesquisa realizada pela Preston Resources Ltda em 1999, mostrou que os teores do metal nos minérios de origem laterítica são, em geral, superiores aos dos minérios sulfetados, e que o custo de extração do metal a partir do minério sulfetado, devido à exploração em profundidade, torna a fonte laterítica competitiva (Silva & Andrade, 2007).

Neste trabalho são caracterizadas alíquotas de um minério de níquel laterítico, provenientes de um solo saprolítico oxidado, denominadas SAP-Fe.

2. Objetivos

O objetivo deste trabalho é caracterizar mineralogicamente amostras de minério de níquel laterítico oriundas de solo saprolítico a fim de ajudar no desenvolvimento de retas de processamentos do minério e extração do metal.

3. Materiais e Métodos

Foi analisada uma amostra de minério de níquel laterítico, fácies óxido, fornecida pela Vale (Companhia Vale do Rio Doce) sem especificação do seu depósito de origem. A amostra está originalmente chamada de SAP-Fe, e foi processada seguindo os seguintes passos a seguir:

- Classificação da amostra por peneiramento em malha de 53 micrômetros;
- Separação eletromagnética via úmida, iniciando-se o processo pelo Tubo Davis com campo magnético de ± 3 kG, seguido por separador magnético de alto gradiente (HGMS) *Boxmag Rapid* nos campos 5 kG, 10 kG e 13 kG, que somadas às frações não magnéticas, geraram um total de 5 frações;
- Calcinação do material pelo equipamento LECO TGA 701 (Thermogravimetric analyzer), para a determinação da P.F (perda ao fogo) utilizado para determinação dos valores de umidade segue os parâmetros da norma ASTM D5142 substituindo o N_2 (sugerido na norma) por ar seco. O primeiro estágio do método é a determinação de umidade partindo de 5 °C sob atmosfera de ar seco e com rampa de 6°C/min até 107°C e em seguida inicia-se a calcinação do material até 1000 °C. Os cálculos foram realizados pelo software LECO versão 1.1x.
- Após a calcinação, as frações foram preparadas por prensagem do material sob pressão de 20 toneladas, e as pastilhas obtidas foram analisadas em espectrômetro de fluorescência de raios X BRUKER-AXS modelo S4- Explorer, equipado com tubo de Rh. Para obtenção da análise química semi-quantitativa, o espectro gerado a partir da amostra foi avaliado pelo software *Spectra plus* v.1.6 no modo *standardless method*, sem curva de calibração específica
- Identificação das fases presentes por difração de raios X. Os espectros das amostras, pelo método do pó, foram coletados em um equipamento Bruker-AXS D5005 equipado com espelho de Goebel para feixe paralelo de raios X, nas seguintes condições de operação: radiação $Co\ \alpha$ (40 mA/35 kV), velocidade do goniômetro de 0,02° 2 θ por passo com tempo de contagem de 1,0 segundo por passo e coletados de 5 a 80° 2 θ . A interpretação qualitativa de espectro foi efetuada por comparação com padrões contidos no banco de dados PDF02 (ICDD, 2006) em software Bruker-AXS *DiffraC^{Plus}*.
- Análises termodiferenciais e termogravimétricas TGA/DTA simultâneas das frações, obtidas em equipamento TA Instruments modelo SDT 2960, nas seguintes condições de operação: taxa de

aquecimento de 10°C/min, faixa de temperatura de ambiente a 1200°C/min, atmosfera de nitrogênio e vazão de gás de 110 ml/min, e interpretados pelo software Universal Analysis 2000.

4. Resultados obtidos

O minério saprolítico ferruginoso SAP-Fe após ser submetido a separação eletromagnética via úmida, e calcinação das frações resultantes foi analisado pela fluorescência de raios X. A composição química das quatro frações desse minério são expostos, em óxidos, na Tabela 1:

Tabela 1. Fases identificadas nas cinco frações da amostra SAP-Fe por FRX

Oxido/Fração	Concentração (%)			
	HGMS 5 kG	HGMS 10 kG	HGMS 13 kG	Não Mag. HGMS 13 kG
CoO	0,12	0,15	0,15	0,11
ZnO	0,07	0,07	0,07	0,07
P2O5	0,45	0,43	0,44	0,46
MnO	0,99	1,00	1,03	1,04
CaO	0,16	0,10	0,11	0,16
TiO2	0,52	0,49	0,46	0,46
Al2O3	2,01	1,28	2,23	2,39
Cr2O3	1,36	0,75	0,30	0,21
MgO	1,30	2,19	1,22	1,25
NiO	1,73	1,66	1,78	1,78
SiO2	11,20	12,20	13,30	14,90
Fe2O3	78,29	78,14	77,54	77,01
TOTAL(%)	98,20	98,45	98,62	99,83

As fases cristalinas presentes na amostra e nos seus produtos de separação magnética, segunda a interpretação dos espectros de raios-X, identificou somente a nicromita, uma cromita rica em Ni, como carreador mais explícito do metal. Os espectros de raios X dos produtos são reproduzidos na Figura 1.

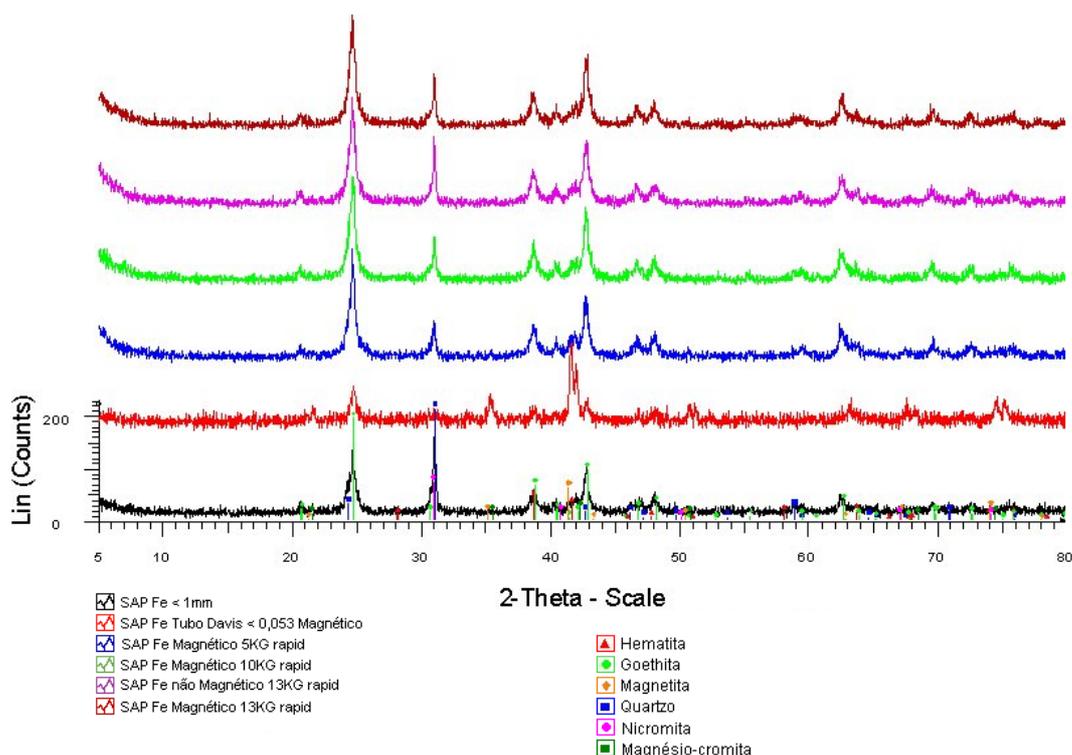


Figura 1. Espectros de raios-X das frações SAP-Fe, retidas no separador magnético Tudo Davis e no HGMS nas intensidades de 5 kG, 10 kG, 13 kG, mais a fração não magnética.

A semelhança dos espectros reflete a relativa ineficiência da separação magnética para essa amostra, resultando, após a separação, numa mineralogia praticamente constante nas diferentes frações. Além disso, observa-se que os espectros de raios X apresentam baixas contagens e relação sinal/ruído reduzida, sugerindo a presença de material amorfo. Como pode ser observado na Tabela 2, no entanto, foi possível separar toda a cromita magnésiana e magnetita com o Tubo Davis, e a nicromita, outro dos minerais do grupo dos espinélios da amostra, foi retida até 13 kG. A goethita, no entanto, permeia a todos produtos da separação magnética.

A presença de limonita, que ocorre cimentando os grãos, pode estar influenciando negativamente a separação magnética. Este mineral foi identificado mas ainda não foi quantificado.

Tabela 2. Fases identificadas nas cinco frações da amostra SAP-Fe por DRX .

	goethita	nicromita	quartzo	hematita	magnetita	magnésio-cromita
Tubo Davis	X	X			X	x
HGMS 5 kG	X	X	X	X		
HGMS 10 kG	X	X	X	X		
HGMS 13 kG	X	X	X	X		
Não magnético	X		X	X		

As análises termogravimétricas e termodiferenciais confirmam a grande quantidade de goethita em todos os produtos da separação magnética. Um exemplo de curva de análise térmica é apresentado na Figura 2.

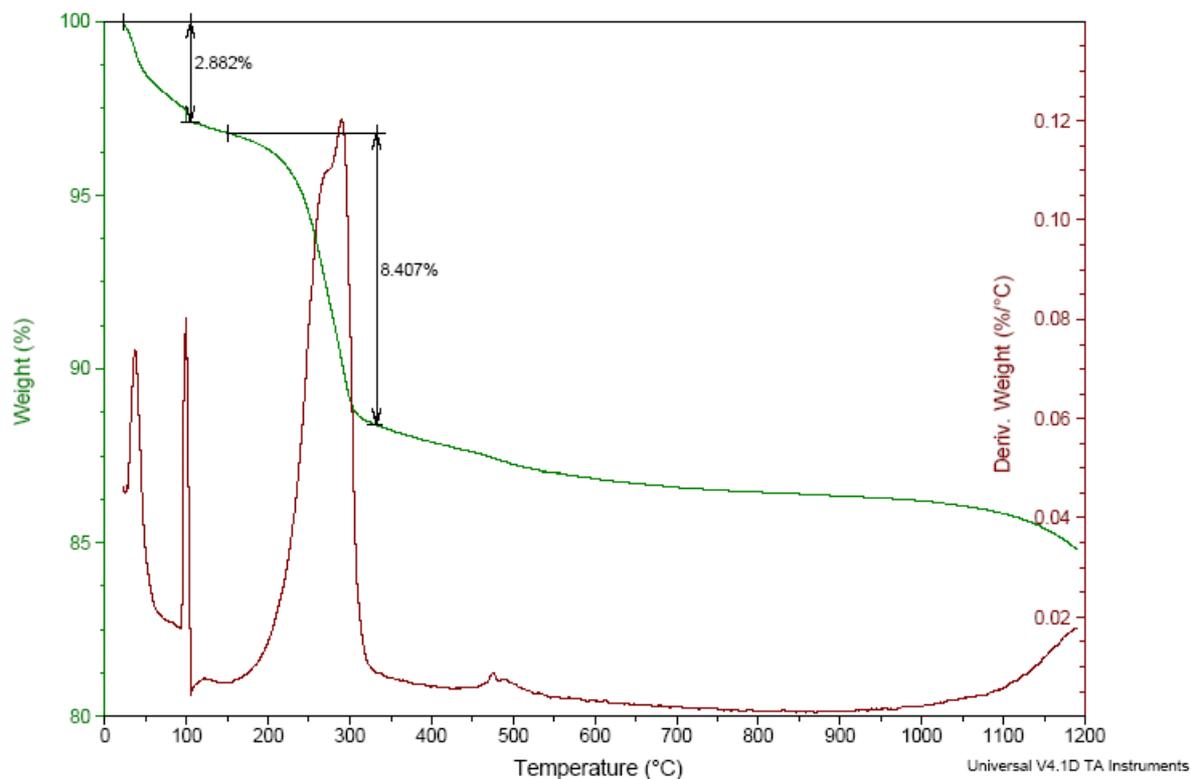


Figura 2. Curvas térmicas da amostra SAP-Fe 13 kG

A quantificação das fases mineralógicas presentes nas frações da SAP-Fe pôde ser obtida por cálculos estequiométricos, tendo como base a massa de goethita presente na amostra, estipulada a partir da interpretação de termogramas e das análises químicas. A Tabela 3 mostra uma estimativa quantitativa da distribuição das fases cristalinas em cada fração.

Tabela 3. Distribuição quantitativa dos minerais presentes na amostra SAP-Fe, por cálculos estequiométricos.

	goethita (%)	nicromita (%)	quartzo (%)	hematita (%)	Total (%)
HGMS 5kG	80,95	3,04	11,20	5,22	100,40
HGMS 10kG	77,30	1,67	12,20	8,50	99,67
HGMS 13kG	83,20	0,67	13,30	2,70	99,87
Não magnético	80,63	X	14,90	4,56	100,09

5. Conclusões:

Apenas um carreador específico de Ni pôde ser identificado na amostra de minério de níquel laterítico oxidado analisado, a nicromita. Suspeita-se, no entanto, que o mineral não é comum na amostra, e que a goethita, que perfaz mais de 80% da amostra, seja niquelífera e o principal carreador. A presença de óxidos/hidróxidos mal cristalizados é possível.

A separação magnética não permite que se concentre qualquer mineral, provavelmente pela cimentação com óxidos/hidróxidos de Fe. Não se vislumbra nenhuma possibilidade de processamento físico ou físico-químico para concentração do níquel, visado sua extração a partir de uma massa reduzida.

6. Agradecimentos

Ao CNPq, CETEM, Reiner Neumann, Arnaldo Alcover Neto e aos amigos do SCT.

7. Referências bibliográficas

- LOMBARD, J. **Sur La géochimie et les gisements du nickel. Chronique des mines d’Outre-Mer-Paris.** 1956. n° 244, 20 p.
- BOLDT, J.R. Jr. **The winning of nickel.** Longmans Canadá Ltd, Toronto. 1967. 487 p.
- SILVA, C.S.; ANDRADE, M,R. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional de Produção Mineral. **Sumário Mineral.** Brasília, DNPM, 2007.