

QUANTIFICAÇÃO DA FRAÇÃO MAGNÉTICA DO PELLET FEED PARA O PROCESSO DE REDUÇÃO DIRETA

*Girley Ferreira Rodrigues¹, Fernanda A. Sampaio da Silva², Jorge Alberto Soares Tenório¹, Denise Croce Romano Espinosa¹

¹Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais
Escola Politécnica da USP

² Universidade Federal Fluminense

* Av. Das Nações Unidas, 8341 apto 54A Pinheiros, São Paulo – SP – Brasil
e-mail: girleyf@gmail.com

Resumo:

De forma a estudar o processo de redução direta do minério de ferro é importante conhecer a qualidade do material (composição química). Especialmente, a quantificação da fração de magnetita. Assim, amostras de pellet feed contendo concentrações mais elevadas de magnetita tem uma melhor aplicabilidade a reações de redução. Neste trabalho, a amostra foi homogeneizada e quarteada em pilha alongada e cônica, de modo que a porção extraída para análise foi representativo. Subsequentemente, a análise foi realizada em difração de raios X, o que resulta num padrão de difração, a partir do qual a fase ferromagnética foi quantificado por análise Rietveld. A partir da análise do difratograma foram encontradas as seguintes fases: hematita, magnetita goethita e quartzo. A fração magnética (magnetita) presente na amostra foi de 6,2% em massa.

Palavras chaves: Quantificação, Rietveld, Magnetita

Introdução

A composição química e distribuição granulométrica do minério de ferro, são fatores levados em conta na comercialização de minério de ferro. Mas outras características como a composição mineralógica e a microestrutura tem tido interesse em estudos de caracterização de minérios [1]. De forma a

estudar o processo de redução directa do minério de ferro é importante conhecer a qualidade do material (composição química). Especialmente, a quantificação da fracção de magnetita. Esse tipo de estudo contribui para propiciar melhorias na eficiência dos processos siderúrgicos e de beneficiamento mineral [2,3,4].

Afim de se fazer a análise quantitativa das fases mineralógicas presentes na amostra de minério. Foi realizada a análise quantitativa através do refinamento de Rietveld [5]. O método de Rietveld permite a caracterização de todas as fases presentes, simultaneamente. Esse método é baseado na comparação do padrão de difração de raios X observado, com um padrão calculado dos dados de estruturas (parâmetros cristalográficos) das fases existentes¹.

As fases mineralógicas mais comuns presentes em minérios de ferro são: hematita, magnetita e goetita. Dentre estas destaca-se a magnetita.

A magnetita tem a composição química de Fe_3O_4 , correspondendo a 72,36 % de ferro e 27,64 % de oxigênio; tem cor cinza a preto e densidade específica de 5,16 a 5,18 [6]. É um mineral fortemente magnético, às vezes, age como magneto natural. A sua propriedade magnética é importante, pois auxilia na exploração por métodos magnéticos, onde a magnetita é facilmente separada, via separação magnética, da ganga produzindo um concentrado de alta qualidade.

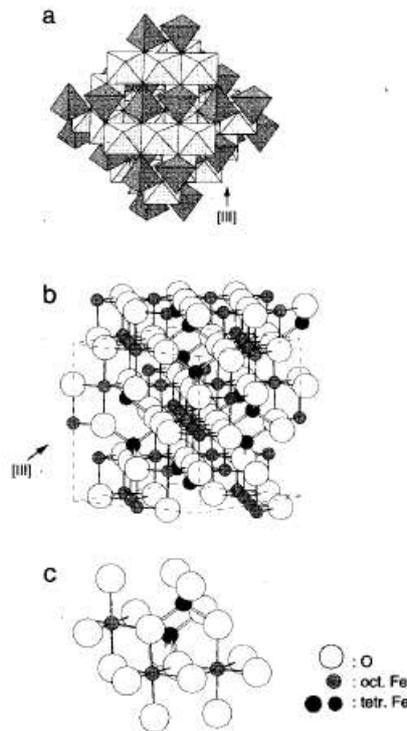


Figura 1: Estrutura da magnetita [Erro! Indicador não definido].

- Modelo poliédrico com a alternância de camadas de octaedros e tetraedros-octaedros.
- Modelo de bolas e bastões.
- Modelo de bolas e bastões do arranjo de octaedros e tetraedros.

A célula unitária da magnetita é cúbica, com parâmetro $a=0,839$ nm, tendo oito fórmulas mínimas por célula unitária, e sua estrutura é de espinélio invertido. A magnetita tem a face centrada da célula unitária cúbica alicerçada em 32 íons O^{2-} regularmente arranjados ao longo da direção [111]. A magnetita difere dos demais óxidos de ferro por conter o ferro bivalente (Fe^{2+}) e o trivalente (Fe^{3+}). Sua fórmula é escrita como $Y[XY]O_4$ onde $X=Fe^{2+}$, $Y=Fe^{3+}$ e os colchetes denotam os sítios octaédricos (sítios B). Os sítios tetraédricos (sítios A) são ocupados por íons Fe^{3+} , enquanto que os sítios octaédricos são ocupados pelos íons Fe^{2+} e Fe^{3+} . A estrutura consiste em camadas octaédricas e tetraédrica/octaédrica empacotadas ao longo da direção [111] [Erro! Indicador não definido].

Uma célula unitária da magnetita contém dezesseis íons Fe^{3+} e oito Fe^{2+} : oito íons Fe^{3+} nos sítios tetraédricos, enquanto que oito Fe^{3+} e oito Fe^{2+} são distribuídos nos sítios octaédricos.

Este artigo tem como objetivo realizar a quantificação da fração magnética (Fe_2O_3) magnetita contida em uma amostra de minério de ferro do tipo pellet feed. Utilizando o método de Refinamento de Rietveld de difratograma de raios X.

Materiais e Métodos

A amostra de minério de ferro analisada neste trabalho, consistiu de um lote de pellet feed fornecido por uma empresa mineradora. A amostra foi homogeneizada e quarteada em pilha alongada e pilha cônica. Uma alíquota representativa da amostra foi tomada. A amostra representativa foi pulverizada em um almofariz e pistilo de ágata.

Em seguida, a amostra em pó foi compactada em um porta amostras. O equipamento utilizado foi um difratômetro Siemens, modelo D500, com radiação cobre $K\alpha$ ($\lambda = 1,5418 \text{ \AA}$), potência de 40 kV e 40 mA. As condições de análise foram: passo de $0,02^\circ$, tempo de passo de 10s e intervalo de medida, em 2θ , de 10° a 90° . As amostras foram submetidas a um feixe de raios monocromático. Durante este procedimento, cada partícula do pó se comporta como um cristal, com orientação aleatória em relação ao feixe de raios incidentes. A Figura 2 mostra imagem de microscopia eletrônica de varredura do pellet feed.

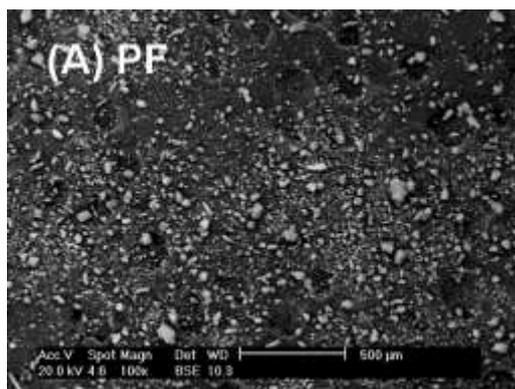


Figura 2: Imagem de Microscopia eletrônica de varredura do pellet feed.

O Refinamento Rietveld dos dados coletados através da difração de raios X para a amostra de minério de ferro, foi realizado numericamente em computador pelo método dos mínimos quadrados, utilizando-se o programa GSAS EXPGUI, onde foram refinados os seguintes parâmetros: de célula unitária, escala, linha de base, largura de linha a meia altura forma e assimetria

dos picos, origem zero para a escala de varredura 2θ e coordenada espacial do ânion na estrutura cristalina.

Resultados e discussão

A Figura 3 mostra o difratograma obtido da amostra de pellet feed. Observa-se que as fases presentes são hematita, magnetita, quartzo e goethita.

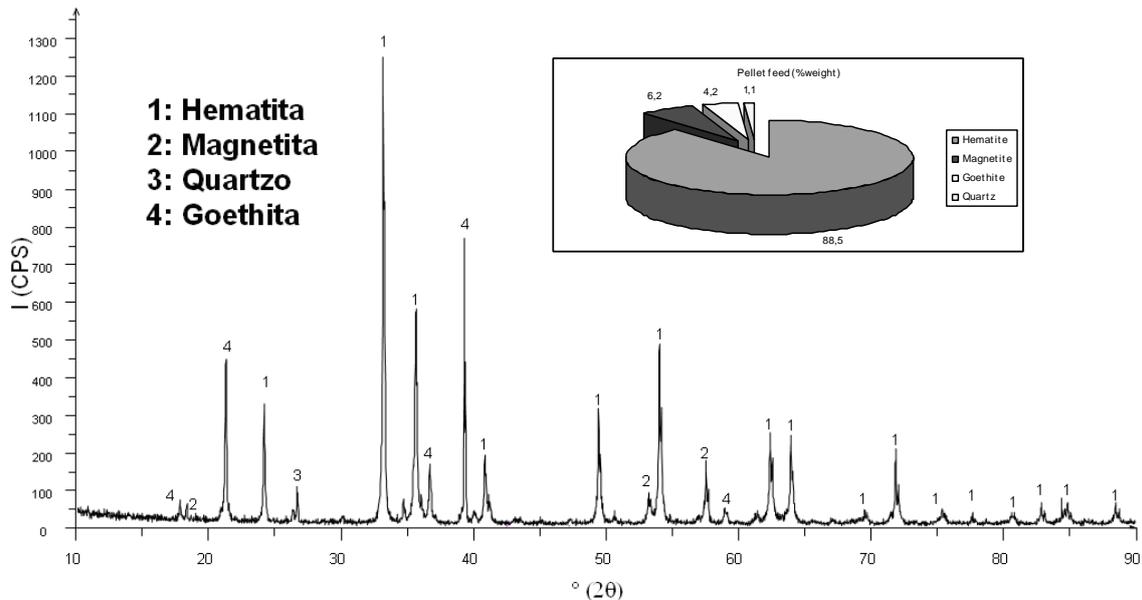


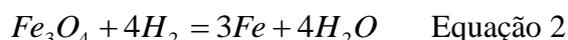
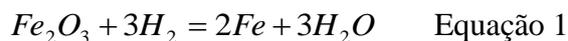
Figura 3: Difratograma da amostra de pellet feed

A partir dos difratogramas de raios X de pó da amostra de minério foi realizado o refinamento dos dados estruturais pelo método Rietveld. Foram adotados dados dos modelos estruturais da magnetita, hematita, goetita e quartzo disponíveis na literatura⁷.

A análise quantitativa estimada da fração molar de magnetita existente no minério de ferro é de 6,2%. Outros minerais que fazem parte da composição do minério também foram estimados, estes são: hematita 88,5%, goetita 4,2% e quartzo 1,1%.

Em uma análise estequiométrica da equação 1 mostra que é preciso reagir 1 mol de hematita (Fe_2O_3) com 3 mols de hidrogênio (H_2) para produzir 2 moles de ferro (Fe) e 3 moles de água (H_2O). Enquanto que em uma análise da

equação 2 mostra que é preciso reagir 1 mol de magnetita (Fe_3O_4) com 4 mols de H_2 para produzir 3 moles de Fe e 4 moles de H_2O .



Portanto do ponto de vista estequiométrico a produção de ferro a partir da magnetita consome menos redutor (H_2) do que a produção de ferro a partir da hematita.

Conclusões

Com os resultados obtidos neste trabalho conclui-se que a fração magnética da amostra de minério de ferro é composta por magnetita representando 6,2% em massa. O refinamento pelo Método Rietveld se mostrou efetivo na quantificação da fração magnética (Fe_2O_3) contida no minério.

Referências Bibliográficas

[1] König, U.; Pöllmann, H.; Angélica, R. S.; O Refinamento de Rietveld como um método para o controle de qualidade de minérios de ferro, Rem: Rev. Esc. Minas vol.55 no.2 Ouro Preto Apr. 2002.

[2] PIRARD, E.; LEBICHOT, S. Image analysis of iron oxides under the optical microscope. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON APPLIED MINERALOGY, 2004, Águas de Lindóia. Anais... São Paulo: ICAM-BR, 2004. p. 153-6. Technol. Metal. Mater. Miner., São Paulo, v. 6, n. 2, p. 91-95, out.-dez. 2009 95

[3] SANTOS, L.D.; BRANDÃO, P.R.G. LM, SEM and EDS study of microstructure of Brazilian iron ores. *Microscopy and Analysis*, v. 19, n. 1, p. 17-9, Jan. 2005.

[4] WAGNER, D.T.; ROUCO, H.V.; GOMES, O.D.M; PACIORNIK, S.; VIEIRA, M.B. Iron ore pellet characterization through digital microscopy. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON IRON ORE, 2., 2008, São Luís. *Proceedings...*São Paulo: ABM, 2008. p. 231-6.

[5] RIETVELD, H.M. A profile refinement method for nuclear and magnetic structures. J. Appl. Cryst., n.2, p.65-71, 1969.

[6] Poveromo, J. J. Iron Ores. In: The Aise Steel Foundation. (Ed.) Ironmaking Volume – Chapter 8. Pittsburgh. p. 547 – 550, 1999.

[7] Crystallography Open Database. Disponível em:
<http://www.crystallography.net/result.php> acesso em 06/12/2012

QUANTIFICATION OF Fe_3O_4 FRACTION IN PELLET FEED FOR THE DIRECT REDUCTION PROCESS

ABSTRACT

In order to study the process of direct reduction of iron ore is important to know the quality of the material (chemical composition). Especially, the quantification of the fraction of magnetite In this work, the sample was homogenized and quarteada stacked elongated and tapered, so that the portion extracted for analysis was representative. Subsequently, analysis was performed on X-ray diffraction, resulting in a diffraction pattern, from which the ferromagnetic phase was quantitated by analysis Rietveld. From the analysis of the diffractogram were found the following phases: hematite, magnetite, goethite and quartz. The magnetic fraction (magnetite) present in the sample was 6.2 wt%. From this value could be estimated energy savings compared to the ore devoid of magnetic phase.

Key-words: Quantification, Rietveld, Magnetite