

ANÁLISE QUÍMICA ON LINE DE MINÉRIO DE FERRO¹

Everaldo Arlindo Duarte Teixeira²
Marco Túlio Santiago Ferreira³
Wallace Carlos Dias Araújo⁴
Rilei Vilaça Ribeiro²
Noeber Maciel Orsine²
Alan Sampaio de Souza²
Sidney Antonio Araujo Viana⁵
Stefan Brauer⁶

Resumo

Esse trabalho mostra os resultados obtidos durante os ensaios desenvolvidos, na usina de tratamento de minérios de Carajás, com um analisador *on line* para materiais à granel de granulometria menor que dez milímetros (SOLAS). Para o *Sinter Feed* (produto de granulometria <10mm), os compostos químicos mais importantes de controle (Fe, SiO₂, P, Al₂O₃ e Mn), mostraram resultados de boa correlação entre as análises do equipamento testado e as do Raio X do laboratório químico de Carajás. Foi possível, ainda, através de correlações, obter valores muito representativos para o *Pellet Feed* (produto de granulometria <0,15mm).

Palavras-chave: Analisador; Granulometria; Qualidade; Raio X.

ON LINE CHEMICAL ANALYSES OF IRON ORE

Abstract

This work shows the results gotten during the tests development, in the ore treatment plant of Carajás, applying on line analyser (SOLAS) to materials with granulometry lesser than ten millimeters. The results showed a good correlation, between the equipment analyses (SOLAS) and the chemical analyses (X-ray method), considering the most important control elements (Fe, SiO₂, P, Al₂O₃ and Mn) during the productive process of the sinter feed (granulometry product < 10mm). it was possible, through correlations, to get very representatives values for the pellet feed (granulometry product < 0,15mm).

Key words: Analyser; Granulometry; Quality; X ray.

¹ Contribuição técnica ao VIII Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 18 a 21 de setembro de 2007, Salvador - BA, Brasil.

² Engenheiro de processo, Gerência de Processo, Mina de Carajás, CVRD.

³ Gerente de Área, Gerência de Processo, Mina de Carajás, CVRD.

⁴ Técnico de Processo, Gerência de Processo, Mina de Carajás, CVRD

⁵ Engenheiro eletrônico, Gerência de Engenharia de Manutenção, Mina de Carajás, CVRD.

⁶ Engenheiro mecânico, APC - Analytische Produktions-, Steuerungs und Controllgeräte GmbH

1 INTRODUÇÃO

Em Carajás são operadas diversas minas, que podem alimentar simultaneamente a usina de tratamento de minério que tem uma previsão de produção de cem milhões de toneladas no ano de 2007.

O controle de qualidade é feito utilizando várias fontes de informação: planos de lavra, amostragem de frentes de lavra e os resultados das análises das amostras dos lotes de produtos retiradas na usina e analisadas no laboratório.

A Figura 1 mostra a distribuição das minas atualmente lavradas em Carajás.

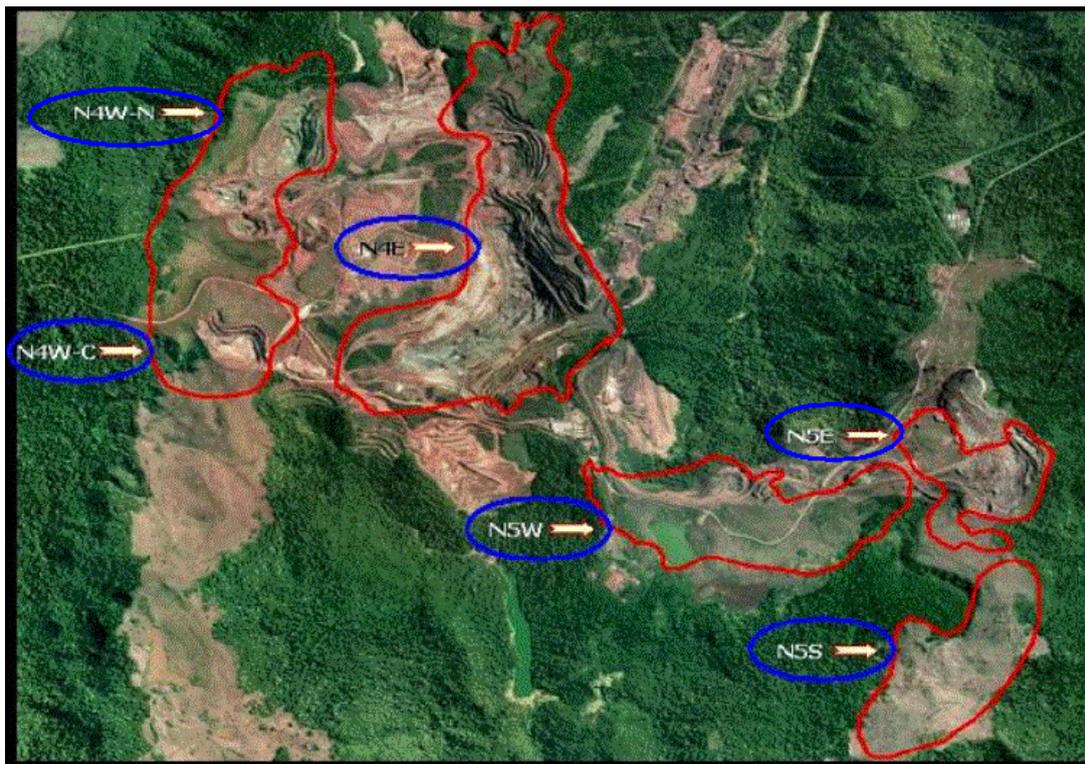


Figura 1. Localização das minas em lavra em Carajás

Buscando aumentar a confiabilidade do controle de qualidade da produção, foi testado um analisador *on line* de química para material à granel (SOLAS) desenvolvido pela APC (Analytische Produktions, Steuerungs und Controllgeräte GmbH). A utilização do SOLAS visa fornecer informação adicional para tomada de decisão de curto prazo no controle de qualidade e tem como uma das principais vantagens a redução do tempo de resposta.

A utilização do analisador *on line* é voltada para controle de processo expedito, desta forma não substitui a análise de laboratório convencional que certifica os lotes.

Este equipamento consiste num sistema integrado e automatizado de coleta, preparação e análise química de amostras de minério para determinação *on line* do teor dos produtos, permitindo melhor controle de qualidade dos lotes produzidos.

2 METODOLOGIA

Após identificada a possibilidade de utilização do analisador *on line* SOLAS, foi elaborado um plano de trabalho que consistia de:

- avaliar a qualidade da análise química de amostras de minério de Carajás com o equipamento SOLAS em comparação com a análise das mesmas amostras no Raio X da CVRD
- testar industrialmente o analisador *on line*.

No início do trabalho, foram enviadas vinte amostras do minério de ferro de Carajás para análise no equipamento. Os principais elementos/compostos químicos analisados foram Fe, Si, P, Al_2O_3 e Mn. Os resultados obtidos apresentaram boa correlação com exceção de alguns elementos (P e Si). Após esta fase, a APC desenvolveu o equipamento, principalmente na parte de análise, usando novas fontes radioativas no tubo de Raio X, obtendo assim melhores resultados de leitura utilizando as reservas das amostras tratadas inicialmente.

Baseado nestes resultados, o trabalho foi continuado, com a realização de novos testes de laboratório, porém com novas amostras. Os resultados obtidos nesta fase apresentaram uma satisfatória correlação estatística entre as leituras feitas pelo analisador e pelo laboratório CVRD. Os resultados obtidos estão mostrados nas Figuras 2 a 6.

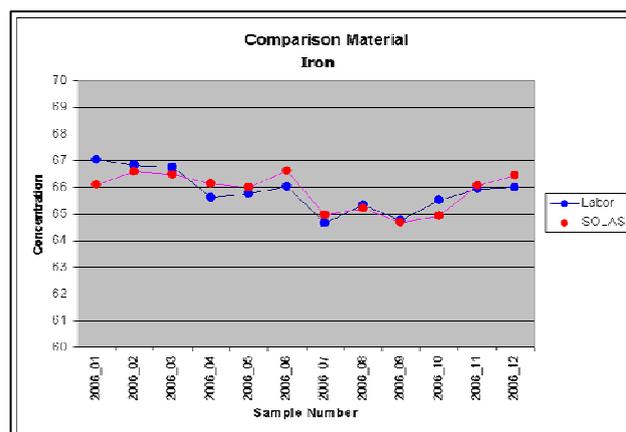


Figura 2. Comparativo Fe

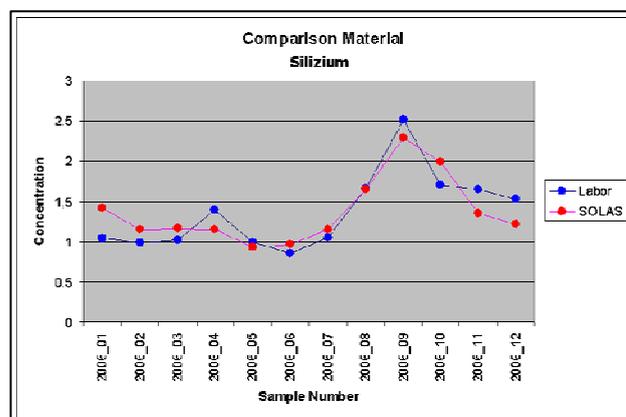


Figura 3: Comparativo Si

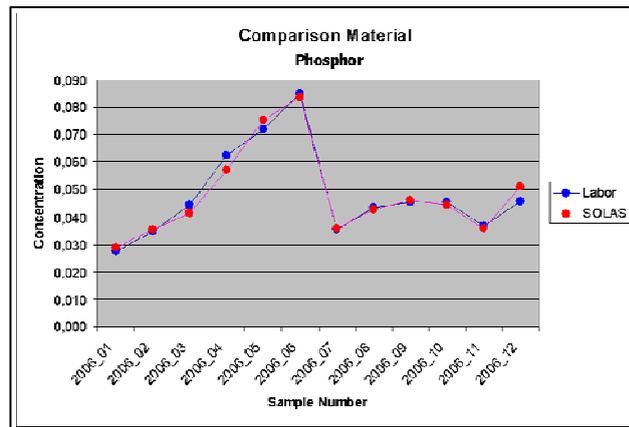


Figura 4. Comparativo P

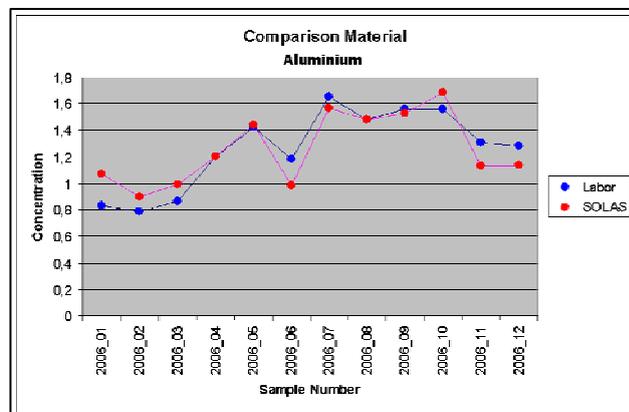


Figura 5. Comparativo Al

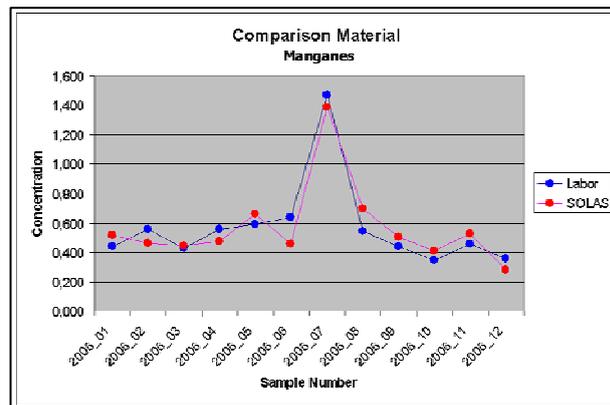


Figura 6. Comparativo Mn

Após a avaliação dos resultados obtidos na segunda fase de laboratório foi decidido estender o trabalho de avaliação do equipamento, colocando-o em funcionamento industrialmente em Carajás.

A coleta das amostras é feita nas transferências entre correias transportadoras na usina. Um tubo de amostragem é posicionado embaixo do fluxo de minério na transferência, e por sucção, uma porção de minério é coletada e transportada até o

interior do container onde estão localizados os equipamentos para preparação das amostras (moinho e secador); o Raio X para análise química; um computador com *software* apropriado para liberação dos resultados e interface homem-máquina e tubulações para descarte das amostras analisadas.

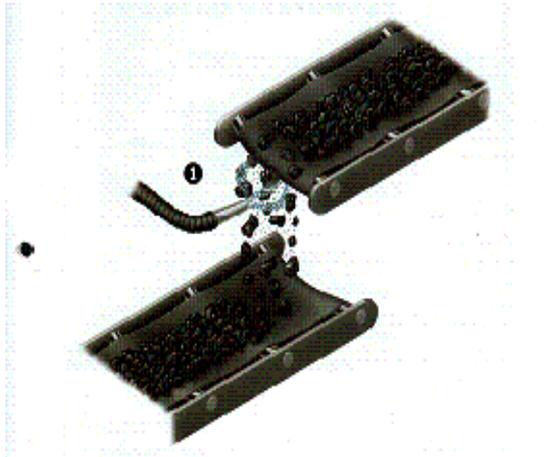


Figura 7. Sistema de amostragem

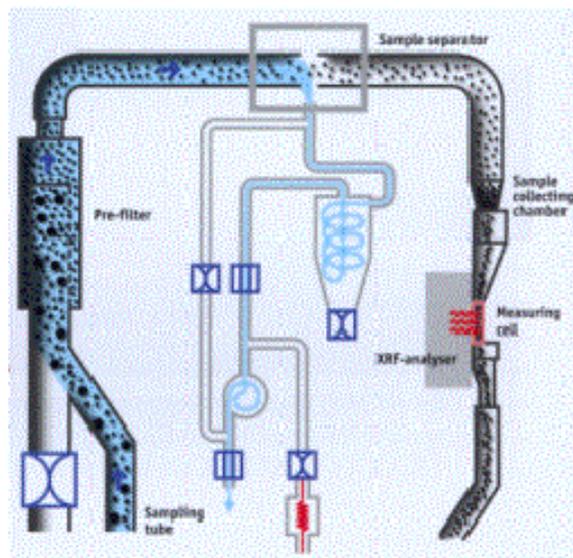


Figura 8. Esquema do princípio de funcionamento do analisador

O sistema integrado trabalha em ciclos de coleta, leitura e descarte de amostras, sendo que a duração de cada ciclo é de aproximadamente de 3 minutos. Para o funcionamento do sistema existem equipamentos auxiliares: container, compressor, ar condicionado e filtros de ar. Foi utilizado um moinho (pulverizador) como equipamento acessório na preparação das amostras antes da leitura, pois os testes de laboratório mostraram que a amostra moída tem resultado mais preciso.

O SOLAS tem como princípios de funcionamento:

- Operação cíclica: amostragem, manuseio e preparação, análise e limpeza do circuito.

- Amostragem em pontos de transferência de minério a cada 3 min, aproximadamente.
- Manuseio da amostra por sucção (tubo de coleta).
- Preparação da amostra: secagem, moagem, filtragem de ar.
- Leitura por espectrometria de Raio X.

Entre as diversas possibilidades de pontos de amostragem para alimentar o analisador foi escolhido a planta da britagem secundária, sendo a coleta de amostras realizada em dois pontos:

1º) passante nas peneiras: fluxo <75mm que alimenta o peneiramento secundário. A análise deste fluxo foi usada para estimativa da qualidade do *sinter Feed* (produto <10mm) e *Pellet Feed* (produto < 0,15mm).

2º) retido nas peneiras: fluxo britado e recirculado na britagem secundária. A análise deste fluxo foi usada para estimativa da qualidade do granulado.

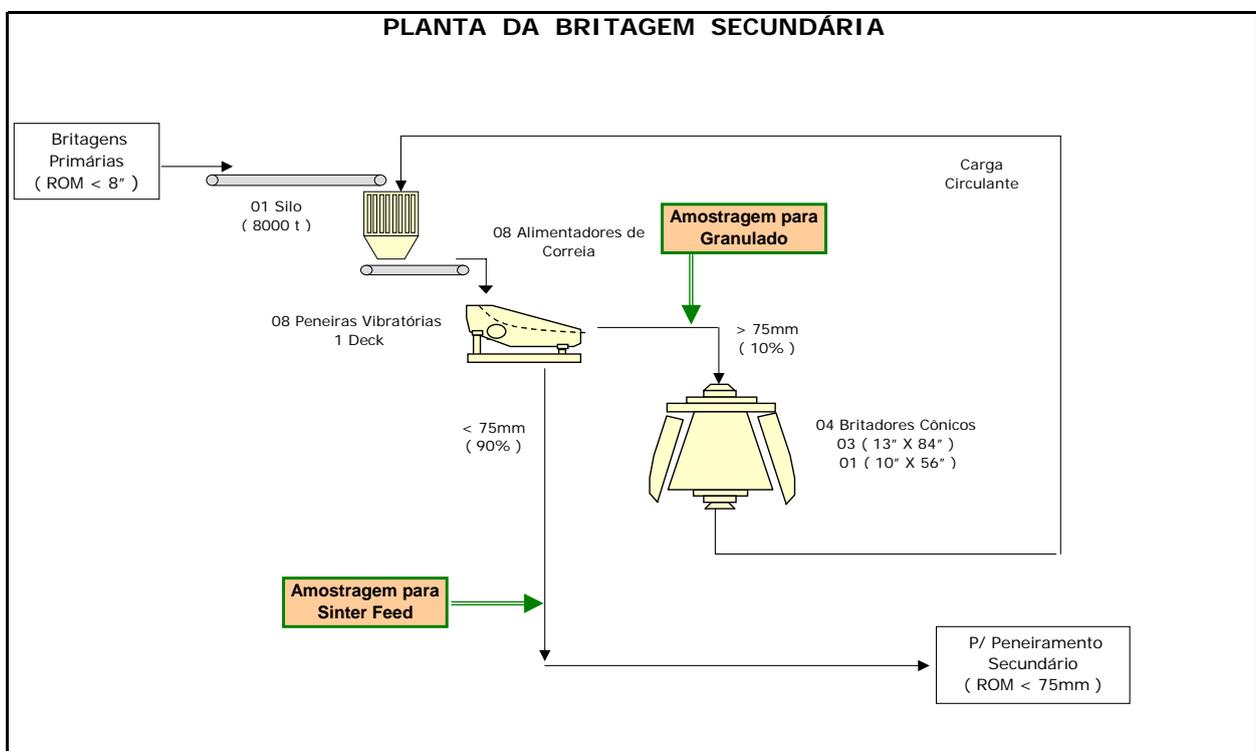


Figura 9. Fluxograma simplificado da britagem secundária de Carajás

Como o sistema é integrado e automatizado, todo o transporte e manuseio das amostras é feito pneumaticamente (utilizando-se um compressor) ou por gravidade.

Como as amostras de ROM enviadas para o laboratório da APC estavam com umidade média de 7%, o manuseio foi considerado favorável no SOLAS.

Na condição industrial esta umidade sofre variações, atingindo valores acima de 8% e, neste caso, provocou dificuldades de manuseio durante o teste (interrupção por entupimentos, contaminações por limpeza ineficiente do sistema, etc) sendo este um aspecto importante na operação do equipamento.

Não foi feito o confronto direto de todas as amostras do teste individualmente, pois a quantidade de amostras foi muito grande devido a duração do teste e a alta frequência

de coleta. Somente algumas amostras individuais foram confrontadas para calibração do SOLAS.

Um dos pontos mais importantes na avaliação do analisador *on line*, é de utilização da informação gerada no SOLAS pelo Controle de Qualidade. Assim, os dados foram transmitidos para o Sistema Supervisório de Carajás, de onde puderam ser extraídos juntamente com a leitura da balança de produção para ponderação e cálculo da qualidade média dos produtos *on line*.

Durante todo o período de testes, mais de quatro mil amostras foram coletadas. As amostras coletadas e analisadas pelo SOLAS foram agrupadas em intervalos de horas para confronto com os resultados das amostras oficiais analisadas no Raio X do laboratório da CVRD.

3 RESULTADOS

Dos dois pontos selecionados para os testes, resultados satisfatórios foram obtidos para o *Sinter Feed*. Alta correlação pode ser observada entre os resultados das amostras analisadas pelo SOLAS e pelo laboratório CVRD. Como o número de amostras do SOLAS é muito elevado, para comparar seus resultados com os do laboratório, determinava-se a média dos seus resultados no intervalo correspondente a coleta dos incrementos da amostra analisada no Raio X, normalmente de duas horas. Nas Figuras de 10 a 14 estão os resultados do comparativo para o *sinter feed*.

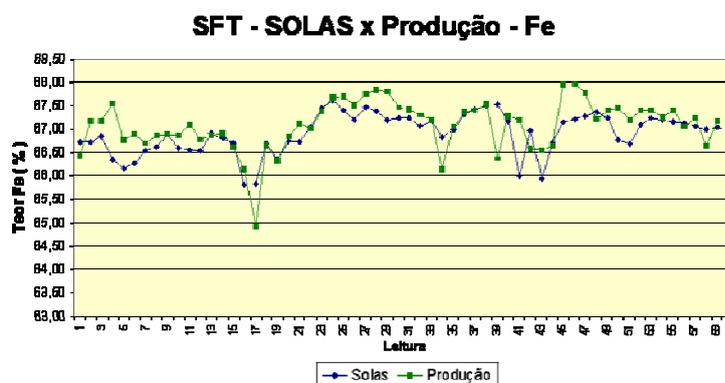


Figura 10. comparativo Fe – Sinter Feed

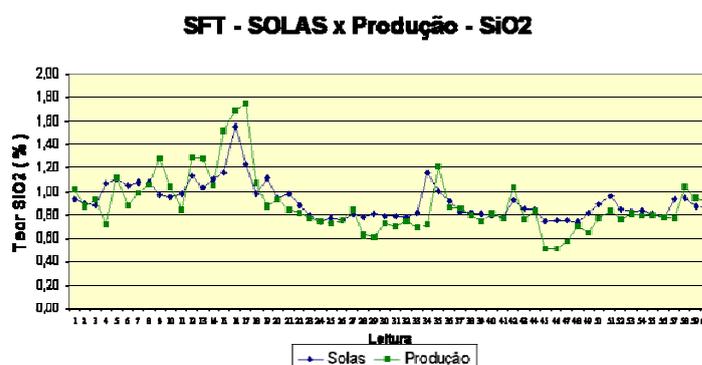


Figura 11. comparativo SiO₂ – Sinter Feed

SFT - SOLAS x Produção - Al₂O₃

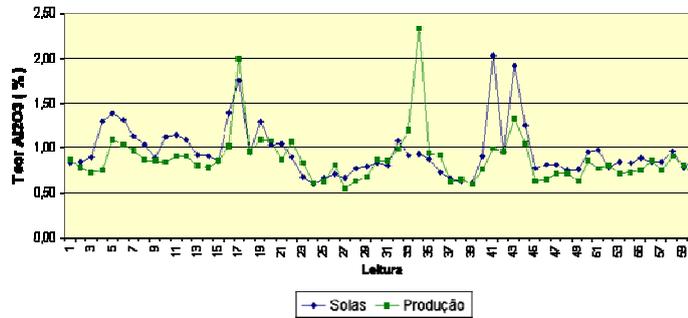


Figura 12. comparativo Al₂O₃ – Sinter Feed

SFT - SOLAS x Produção - P

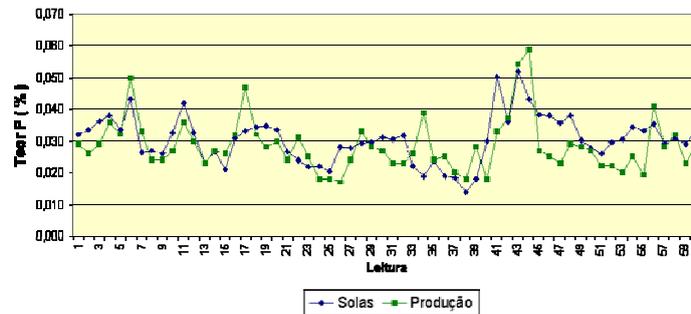


Figura 13: comparativo P – Sinter Feed

SFT - SOLAS x Produção - Mn

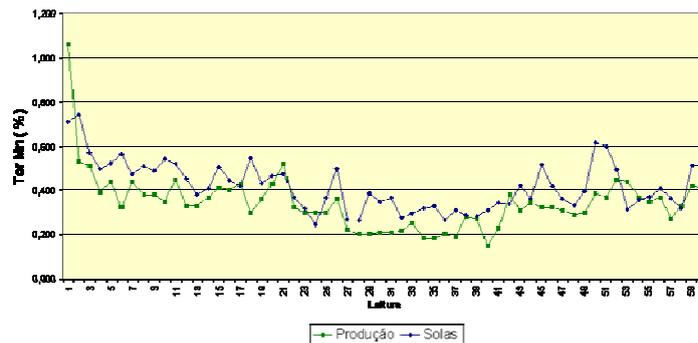


Figura 14. comparativo Mn – Sinter Feed

Com a determinação da equação de correlação entre os resultados do *Sinter Feed* e *Pellet Feed* produzidos, e posterior aplicação desta equação aos resultados do SOLAS para o *Sinter Feed*, obteve-se uma qualidade estimada para o *Pellet Feed*. Comparando-se estes valores com a qualidade do pellet feed fornecida pelo laboratório,

concluí-se que este raciocínio fornece bons resultados para previsão da qualidade do pellet feed, conforme pode ser visto nas Figuras de 15 a 18.

PF- Produção x Calculado (base SF SOLAS) - Fe

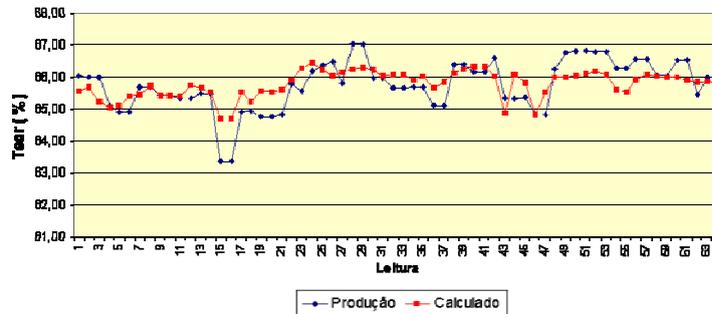


Figura 15. comparativo Fe – Pellet Feed

PF - Produção x Calculado (base SF SOLAS) - Si

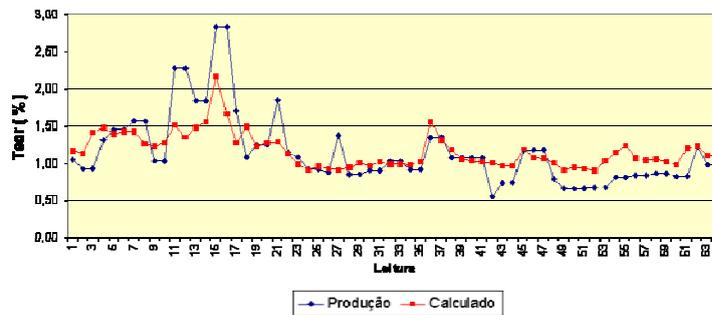


Figura 16. comparativo SiO₂ – Pellet Feed

PF- Produção x Calculado (base SF SOLAS) - Al

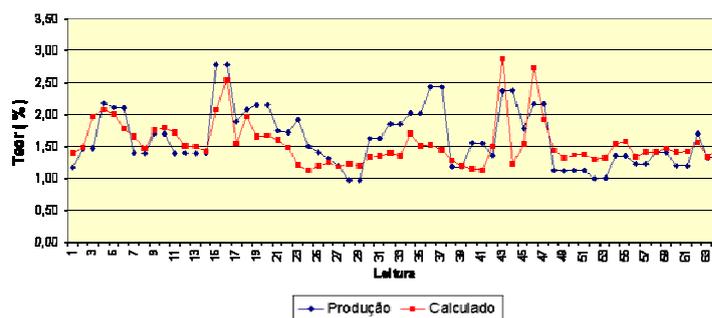


Figura 17. comparativo Al₂O₃ – Pellet Feed

PF- Produção x Calculado (base SF SOLAS) - P

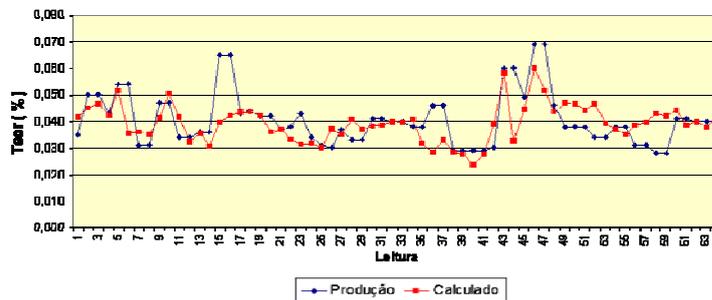


Figura 18. comparativo P – Pellet Feed

A baixa correlação entre os resultados do SOLAS para a amostra >75mm e a qualidade oficial dos granulados pode ser explicada pela presença de pilhas intermediárias entre os pontos de amostragem (do SOLAS e oficiais da produção analisadas no raio X). A seguir, nas Figuras 19 a 22, estão alguns resultados para os dois granulados produzidos em Carajás: NP2 – mercado interno (11 a 25mm) e NP3 – mercado externo (13 a 45mm).

Lump - SOLAS x Merc. Interno x Merc. Externo - Fe

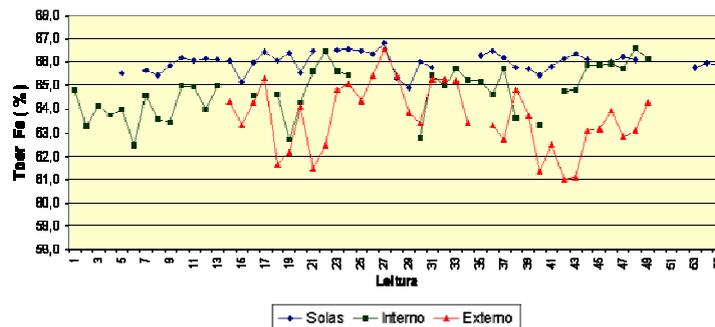


Figura 19. comparativo Fe – granulados

Lump - SOLAS x Merc. Interno x Merc. Externo - SiO2

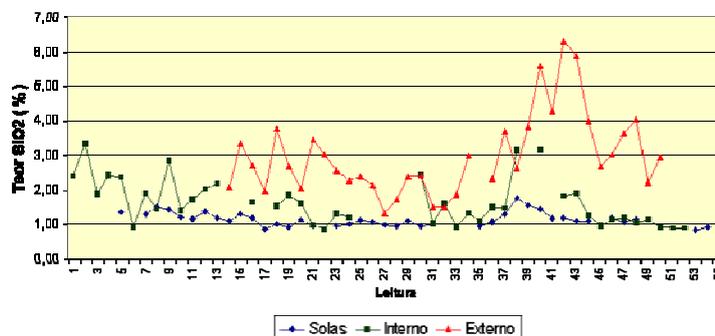


Figura 20. comparativo SiO₂ – granulados

Lump - SOLAS x Merc. Interno x Merc. Externo - Al₂O₃

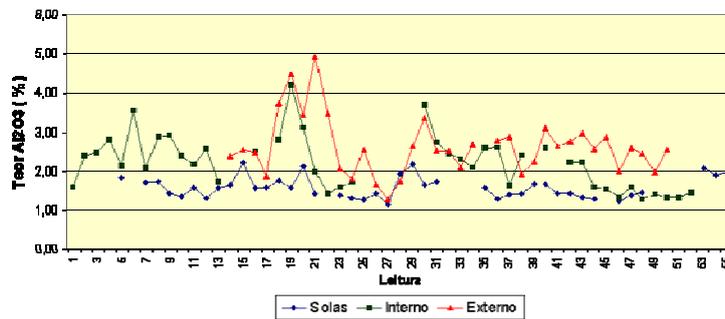


Figura 21. comparativo Al₂O₃ – granulados

Lump - SOLAS x Merc. Interno x Merc. Externo - P

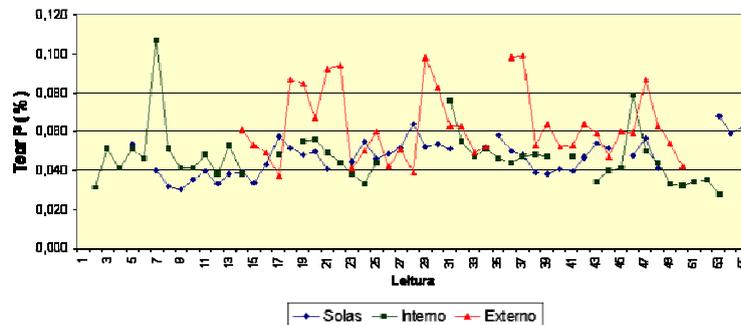


Figura 22. comparativo P – granulados

4 CONCLUSÃO

O analisador on line para materiais à granel testado, produz resultados satisfatórios para controle de qualidade química dos principais elementos presentes no minério de Carajás.

A aplicação do analisador on line para materiais a granel como complemento no controle de qualidade da produção é viável, principalmente para as granulometrias de até 10mm.

BIBLIOGRAFIA

- 1 FERREIRA, M.T.S.; MAPA, L.A.; SOUZA, A.S.; DANTAS, A.E.; ARAÚJO, W.C. Relatório de Progresso, 2006.
- 2 BRAUER, S.; KÖNIG, S. Final Report: Feasibility of SOLAS for on-line analysis of iron ore as tested in the CVRD iron ore mine of Carajás, 2007
- 3 APC , On Line Analyser Products – Catálogo do SOLAS
- 4 LOTTER, N. O. Review of Avaluation Models for the Representative Sampling of ore, 1995
- 5 Minérios de Ferro - Procedimentos de amostragem e preparação - INTERNATIONAL STANDARD - ISO 3082 - Terceira edição - 2000 - 12 - 15.