

REDUÇÃO DO TEOR DE FERRO NO REJEITO DA ETAPA DE CONCENTRAÇÃO DO *PELLET FEED*¹

Ivan de Jesus Pena²

Michelle Lacerda Sales Marques³

Resumo

A busca de novas tecnologias e soluções para transformar os recursos minerais em riqueza e desenvolvimento sustentável é uma constante na Vale. Para tanto, é primordial otimizar os processos atuais bem como contemplar melhorias nos projetos futuros visando maximizar o aproveitamento dos recursos minerais e minimizar os impactos ao meio ambiente. O processo de flotação é a operação normalmente utilizada para concentração do *pellet feed*, sendo a etapa também responsável pela geração de grande parte do rejeito das usinas de beneficiamento de minério de ferro de baixo teor. A redução do teor de ferro no rejeito desta etapa promove a maximização da produção, reduz o volume de ROM a ser processado e a massa de rejeito a ser disposta nas barragens. O objetivo deste trabalho é mostrar a evolução dos trabalhos desenvolvidos na Vale que permitiram reduzir o teor de ferro no rejeito da etapa de concentração do *pellet feed* de 25% para 8% considerando a otimização dos tempos de residência nas etapas de flotação através da aplicação da cinética de flotação, a adequação da dosagem de reagentes e a aplicação da concentração magnética como etapa *scavenger*. Este trabalho é de fundamental importância para a Vale, principalmente para os sistemas Sul e Sudeste que irão processar num futuro próximo, itabiritos de baixo teor de ferro com vocação para a produção exclusiva de *pellet feed* através da concentração por flotação.

Palavras-chave: Flotação; Concentração magnética; Cinética de flotação; Teor de ferro no rejeito.

REDUCTION OF IRON CONTENT IN REJECT THE STEP OF THE PELLETT FEED CONCENTRATION

Abstract

As the iron ore resources of Brazil have shifted from high grade ores with good liberation in coarse size, which were suited to produce sinter feed, to lower grade ores with good liberation in finer size, requiring grinding down to a fine size to liberate and concentrate and form into pellets. The search for new technologies and solutions to transform mineral resources into prosperity and sustainability is a constant at Vale. Therefore, it is essential to optimize the current processes and future projects include improvements to maximize the utilization of mineral resources and minimize environmental impacts. The flotation process is typically used for concentration of iron ore, producing pellet feed. The reduction of iron content in the tailings promotes the maximization of production, reduces the amount of ROM being processed and the mass of tailings to be disposed in the dams. The main objective of this work is to show the progress of the work developed at Vale that have reduced the iron content in the tailings of flotation from 25% to 8% considering the optimization of the residence time through the application of flotation kinetics, the adequacy of dosage of reagents and application of the magnetic concentration as scavenger.

Key words: Flotation; Magnetic concentration; Flotation's kinetic; Iron grade in the tails.

¹ Contribuição técnica ao 41º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas e 12º Seminário Brasileiro de Minério de Ferro, 12 a 26 de setembro de 2011, Vila Velha, ES.

² Analista de Processo, Gerência Desenvolvimento Processo, Belo Horizonte, Vale, Brasil.

³ Engenheira de Processo, Gerência Desenvolvimento Processo, Belo Horizonte, Vale, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Revisão da Literatura

A concentração do minério de ferro em geral explora as principais características diferenciadoras entre as associações minerais dentre as quais destacam-se a força gravitacional, a susceptibilidade magnética, as características de superfícies minerais entre outras. No que se refere a concentração de minérios de baixo teor de ferro, a concentração por flotação reversa de minério de ferro é o método mais clássico utilizado na atualidade.

1.1.1 Flotação

Flotação é a operação unitária normalmente utilizada para concentração do *pellet feed*. É indicada para tratar minérios cuja granulometria está compreendida entre 0,3 mm e 0,010 mm, como é o caso da rota de processo que irá concentrar os itabiritos de baixo. No tratamento do minério de ferro a flotação é usualmente conhecida como flotação reversa, onde na realidade o quartzo (rejeito) é o material predominantemente flotado.

A flotação explora as diferenças nas características de superfície dos minerais presentes na polpa. Para que ocorra a separação no processo são utilizados reagentes químicos que atuam sobre estas características de superfícies, onde alguns minerais como o quartzo passam a ser hidrofóbicos e alguns têm seu grau de hidrofiliidade aumentados como no caso os minerais de ferro.

1.1.2 Cinética de flotação

Cinética de flotação⁽¹⁾ é o estudo da variação da quantidade de massa extraída por overflow em relação ao tempo de flotação e a identificação quantitativa das variáveis de controle de taxa. Considerando que cada variável seja constante, a relação algébrica entre a proporção do mineral flotado e o tempo de flotação é a equação da taxa de flotação que contém valores da constante de todas as variáveis de determinação de taxa que precisam ser avaliadas a partir de dados experimentais. A interpretação da cinética de flotação permite estabelecer para cada estágio, fatores de referência tais como tempo de residência mínimo, as partições em massa, e estimativa da qualidade final do produto.

1.1.3 Concentração magnética

A concentração magnética⁽²⁾ consiste de um método de separação das espécies minerais presente no minério de ferro, que explora as diferenças na susceptibilidade magnética dos minerais presentes na polpa para promover a sua separação.

A concentração magnética é uma das operações unitárias utilizadas para concentração de minérios finos (abaixo de 1,0 mm). A mesma pode ser utilizada em diferentes aplicações:

- *sinter feed* fino (-1,0 mm + 0,15 mm);
- pré-concentrado para a flotação (-0,15 mm); e
- scavenger do circuito de flotação (-0,15 mm).

A seleção dos equipamentos de concentração magnética e sua disposição na rota de processo são fundamentais para o alcance da melhor seletividade deste processo de concentração, sendo assim, é importante o conhecimento das principais características químicas e mineralógicas⁽³⁾ do material.

1.2 Aspectos Gerais do Estudo

O tratamento de minério de ferro de baixo teor resume-se basicamente na rota de processo composta por cominuição através das etapas de britagem e moagem até se atingir a malha de liberação do quartzo/hematita, seguido das etapas de deslamagem e concentração por flotação proporcionando a geração de um produto único denominado *pellet feed*. O rejeito gerado no processo de flotação representa de 60% a 70% do rejeito total da usina e de uma forma geral apresenta uma limitação para o teor mínimo de ferro encontrado neste fluxo. Essa limitação na maioria das vezes está relacionada a uma série de fatores tais como, características mineralógicas, características físicas, hidrodinâmica dos processos e variáveis operacionais.

Este trabalho objetiva apresentar a evolução dos trabalhos desenvolvidos na Vale que permitiram reduzir o teor de ferro no rejeito da etapa de concentração do *pellet feed* de 25% para 8% considerando a otimização dos tempos de residência nas etapas de flotação através da aplicação da cinética de flotação, a adequação da dosagem de reagentes e a aplicação da concentração magnética como etapa *scavenger*.

2 OBJETIVOS

Desenvolver a aplicação da concentração magnética como etapa *scavenger* nos circuitos de flotação de minério de ferro para promover a redução do teor de ferro perdido no rejeito, maximizar produção do *Pellet Feed* de alto teor de ferro, reduzir os impactos ao meio ambiente aumentando a vida útil das barragens de rejeitos e garantir a rentabilidade do negócio.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Os projetos desenvolvidos na Vale até meados do ano 2000 aplicavam referências e práticas industriais que naquela época praticavam cerca de 25% no teor de ferro do rejeito de flotação, visto que a produção estava voltada para *sinter feed* e *natural pellet ore*.

A necessidade de reduzir os impactos ambientais, tratar minérios de baixo teor e otimizar os processos produtivos levou à necessidade de estudar os parâmetros de influência nessa operação unitária e adequá-las, de forma a reduzir ao máximo a geração do rejeito.

Para tanto, algumas usinas (atualmente em operação) foram otimizadas por meio de um estudo que contemplou em uma primeira fase, ensaios em escala de laboratório e piloto que exploraram diversas condições de dosagens de reagentes e em uma segunda fase, a confirmação dos parâmetros ótimos em escala industrial. Esse conhecimento foi então incorporado aos futuros projetos que então passaram a ter como meta rejeitos da ordem de 12% de ferro. As Figuras 1 e 2 apresentam respectivamente o aspecto das espumas na etapa de flotação piloto e um exemplo esquemático da aplicação da cinética de flotação.



Figura 1. Aspectos da espuma de flotação nas etapas *rougher*, *cleaner* e *scavenger*, respectivamente.

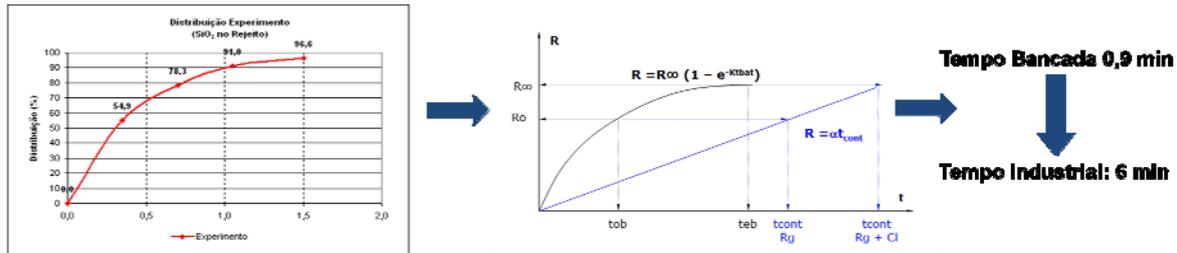


Figura 2. Desenho esquemático aplicação cinética de flotação.

Em 2009 foi identificada a oportunidade de conjugar duas operações unitárias distintas para reduzir ainda mais o teor de ferro: flotação e concentração magnética de alta intensidade. Foram realizados testes em escala piloto e industrial que subsidiaram a decisão de trabalhar com teores de ferro no rejeito da ordem de 8%.⁽⁴⁾ Os testes em escala piloto foram realizados nos equipamentos P40 e Minimag e industrialmente realizou-se uma adaptação no circuito da usina de Alegria, onde parte do fluxo de rejeito da flotação foi direcionado a um concentrador (WHC 150D) existente. A figura a seguir apresenta fotos e desenho que representam o concentrador tipo WHIMS.

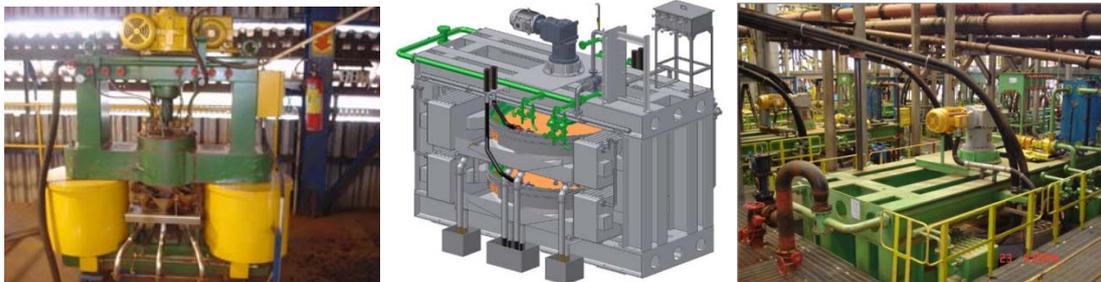


Figura 3. Fotos e desenhos dos concentradores magnéticos tipo WHIMS.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico são apresentados alguns resultados obtidos em testes realizados em escala de laboratório, piloto e industrial com minérios de diversas unidades em operação bem como minérios referentes a novos projetos.

Na Figura 4, é possível identificar através do estudo em escala de laboratório a dosagem ótima do depressor para garantir a máxima recuperação metálica para as etapas de flotação *rougher* e *cleaner*, ou seja, a partir de certa dosagem, não é identificado mais variações nos resultados e, assim, pode-se definir a dosagem ótima para cada tipo de minério.

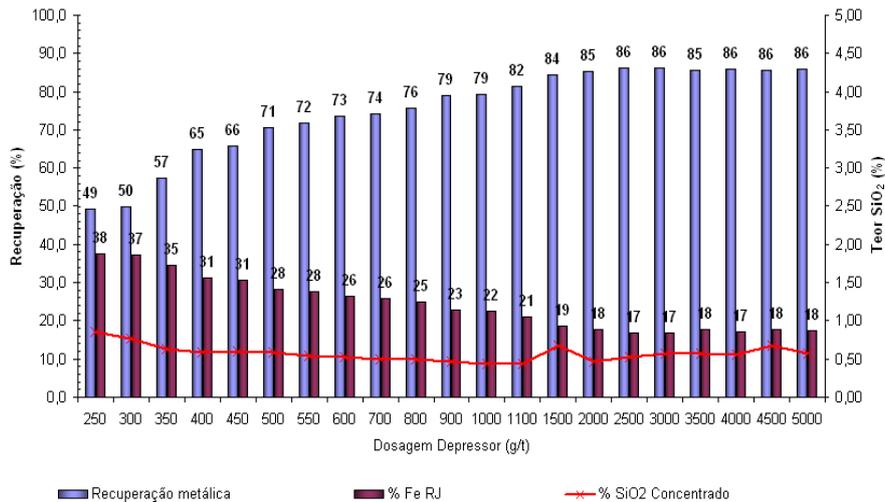


Figura 4. Estudo de dosagem de reagentes.

A Tabela 1 contempla resultados obtidos em escala piloto, que foram suportados pelos estudos de cinética de flotação realizados em escala de laboratório com amostras de pequeno volume, ou seja, através de uma boa interpretação da cinética de flotação e da execução de um teste piloto dentro das premissas definidas em escala de laboratório (tempo de residência, dosagem de reagentes e partições de massa em cada etapa) é possível representar os resultados em escala piloto e industrial.

Tabela 1. Resultados testes piloto suportados pelo estudo de cinética de flotação

Etapa	Recuperação (%)		Fe (%)		SiO ₂ (%)		Tempo Residência (min)	
	Piloto	Cinética	Piloto	Cinética	Piloto	Cinética	Piloto	Cinética
Alimentação Nova	100,00	100,00	51,89	51,14	23,44	25,12	-	-
Concentrado Rougher	67,88	62,52	64,55	65,26	5,64	5,12	6,44	6,08
Rejeito Rougher	32,12	37,48	25,13	27,66	61,05	58,38		
Concentrado Cleaner	59,60	57,19	67,50	67,82	1,51	1,49	6,75	4,39
Rejeito Cleaner	8,28	5,33	43,37	37,34	35,35	44,70		

Na Figura 5 é possível verificar o resultado dos testes industriais na etapa de flotação, onde se buscou validar os parâmetros de processo que foram identificados nas caracterizações em escala de laboratório e piloto para o material de uma determinada usina da Vale. Após a regulagem adequada dos parâmetros de processo e dosagem ótima de reagentes, observou-se a queda significativa do teor de ferro no rejeito da flotação de 27,5% para 15,5%.

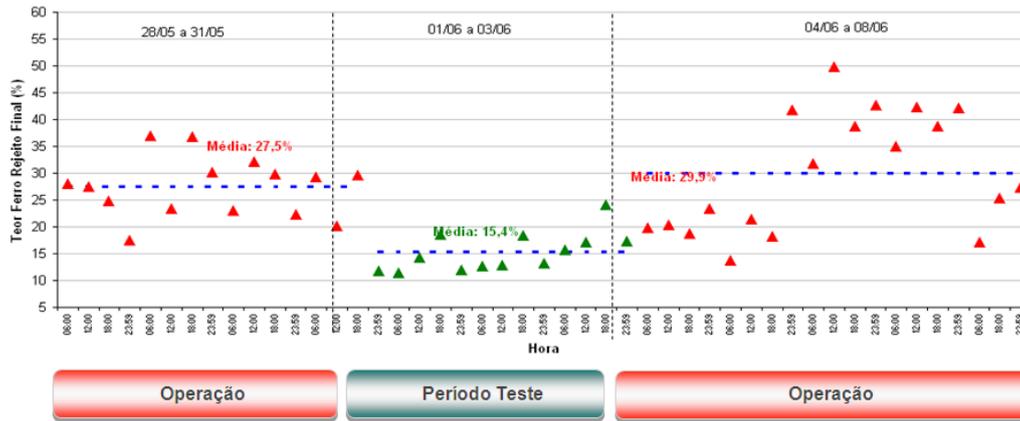


Figura 5. Teste Industrial para Definição da Dosagem de Reagentes.

Na Figura 6 é apresentado o resultado de testes industriais realizados com separadores magnéticos de alta intensidade (WHC – 150D), sendo aplicados como etapa *scavenger* do processo de flotação, onde foi possível obter um ganho significativo na redução do teor de ferro, onde o teor médio saiu de 18% para 8% mostrando a aplicabilidade desta tecnologia como etapa *scavenger* de concentração do *pellet feed*.

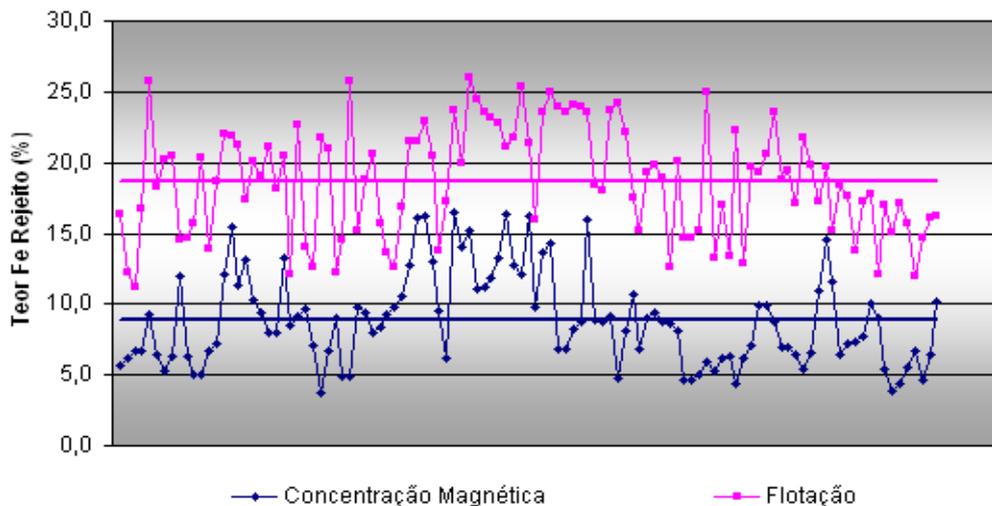


Figura 6. Teste industrial concentração magnética.

A Figura 7 ilustra de forma simplificada as alternativas de rota de processo considerando o circuito convencional onde a etapa *scavenger* é realizada com células de flotação e o circuito onde são conjugadas duas operações unitárias distintas, sendo a flotação para a geração do concentrado final e a concentração magnética sendo aplicada como *scavenger*.

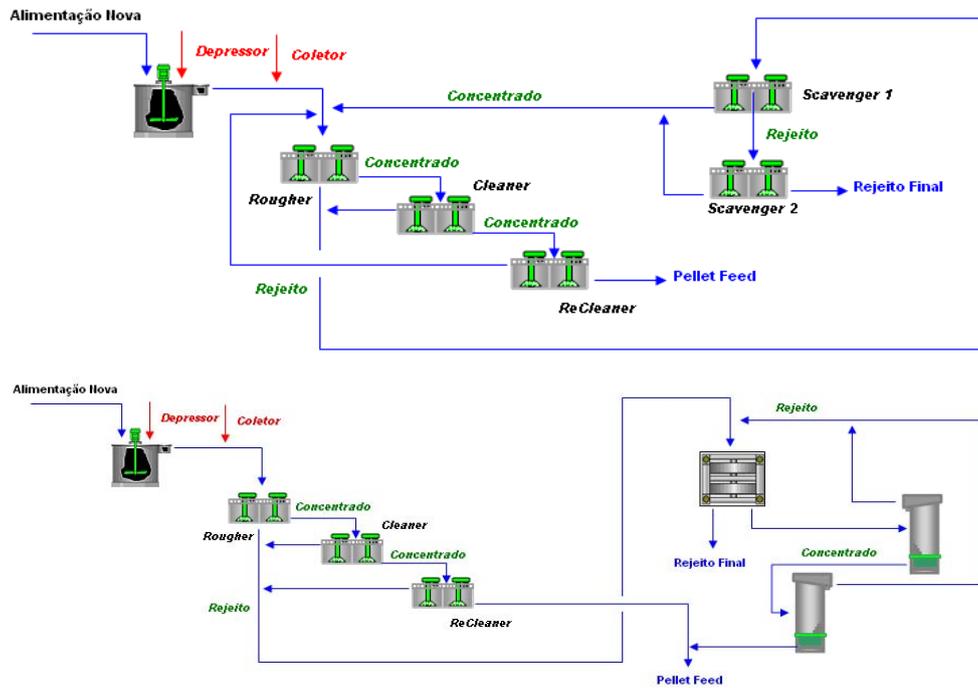


Figura 7. Opções de circuito de concentração do pellet feed.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A redução no teor de ferro no rejeito é possível e recomendada mesmo apresentando um maior custo de capital, pois promove a indústria benefícios ambientais e técnicos reduzindo o impacto ambiental através da redução dos volumes de rejeito a serem dispostos nas barragens, redução da emissão de CO₂ devido à necessidade de menor volume de ROM, maximização da produção, além de gerar valor para a empresa.

Como grande desafio a área técnica deve buscar identificar e desenvolver equipamentos de concentração magnética de maior capacidade visando minimizar o impacto no CAPEX bem como rotas de processo alternativas.

Os estudos realizados indicam que essa é a linha a ser seguida e empregada em novos projetos, bem como em otimizações dos circuitos das usinas existentes.

REFERÊNCIAS

- 1 QUEIROZ, L. A.; Estimativa do Tempo de Residência em circuito de flotação de Minério de Ferro com Células mecânicas, a partir do Emprego de Modelo Cinético.
- 2 QUEIROZ, L. A.; BRANDÃO, P. R. G. (2009). Aspectos Mineralógicos relacionados à concentração magnética de minério de ferro itabirítico, Revista Metalurgia e Materiais, Volume 65.
- 3 QUEIROZ, L. A.; BRANDÃO, P. R. G. (2009). Análise da Partição de Minerais de Ferro em Equipamentos de Concentração Magnética, Revista Metalurgia e Materiais, Volume 65.
- 4 MARQUES, M. L. S.. Relatórios Internos Vale sobre o estudo de Redução de Ferro no Rejeito das Usinas de Concentração da Vale.