

## REDUÇÃO NO TEOR DE FERRO GLOBAL DO REJEITO– USINA DE ALEGRIA (VALE COMPLEXO MARIANA)<sup>1</sup>

*Eric Vieira Gumaraes<sup>2</sup>*  
*Josê Cândido de Paula Junior<sup>2</sup>*  
*Anderson Avelar Lage<sup>3</sup>*  
*Samara Menezes<sup>4</sup>*

### Resumo

O objetivo do trabalho foi reduzir o teor de Fe global do rejeito da Usina de Alegria e reduzir o impacto ambiental na barragem de Campo Grande, adotando como diretriz a mudança de cultura operacional e melhoria em controle de processo. A metodologia utilizada foi o 6 Sigma nível Green Belt e as ações tomadas foram mudança de cultura operacional, melhoria no controle de processo e adequação da instrumentação. A meta estipulada foi a redução no teor de ferro global em 10%, saindo de uma média de 15,2% para 13,7% até 31/10/2011. Os resultados mostraram uma redução no teor de Fe no rejeito da Usina de Alegria no período de avaliação de 11%, superando a meta estipulada de 10%.

**Palavras-chave:** Usina; Rejeito; Teor de ferro.

### REDUCTION IN THE OVERALL IRON CONTENT IN THE TAILINGS – ALEGRIA PLANT (VALE MARIANA COMPLEX)

#### Abstract

The objective was to reduce the overall Fe content of Alegria Plant tailings and reduce environmental impact in the Campo Grande dam, adopting a guideline of culture change and improvement in operational process control. The methodology used was the 6 Sigma Green Belt level and the actions taken were operating culture change, improved process control and instrumentation adequacy. The target set was to reduce the overall iron content by 10%, from an average of 15.2% to 13.7% until 31/10/2011. The results showed a reduction in the Fe content in the Alegria Plant tailings in the evaluation period by 11%, exceeding the target set of 10%.

**Key words:** Plant; Tailings; Iron content.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 68º Congresso Anual da ABM - Internacional, 30 de julho a 2 de agosto de 2013, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

<sup>2</sup> *Técnico Mineração. Técnico Especializado, Vale S.A., Mariana, MG, Brasil.*

<sup>3</sup> *Técnico Mineração. Técnico Especializado, Vale S.A., Mariana, MG, Brasil*

<sup>4</sup> *Administração de empresas. Analista Operacional Sr, Vale S.A Mariana, MG, Brasil.*

<sup>5</sup> *Engenheira de Minas, Estágiaira, Vale S.A. Mariana, MG, Brasil.*

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Aspectos Gerais**

A flotação é um processo de concentração físico/químico, para partículas finas e explora diferenças nas afinidades das espécies minerais presentes na polpa com o ar e com a água, para promover a separação dos sólidos. A separação ocorre em meio aquoso com presença de ar e com o auxílio de reagentes que modificam as superfícies das partículas, aumentando a afinidade do minério de ferro com a água e transformando a afinidade da sílica para as bolhas de ar.<sup>(1)</sup>

No caso do minério de ferro, os minerais valiosos (concentrado) têm afinidade com a água e são descarregados pelo underflow, enquanto os minerais sem valor econômico (rejeito) aderem-se as bolhas de ar e são descarregados por overflow. Este tipo de flotação denomina-se reversa ou inversa.<sup>(2)</sup>

O teor de ferro no rejeito é a quantidade de substâncias de interesse em relação à quantidade total da amostra do rejeito gerado na flotação, e a sua quantidade deve ser o menor possível. No trabalho, buscou-se o desenvolvimento de ferramentas de 6 Sigma para a redução no teor de Fe do rejeito da usina de alegria do Complexo Mariana. As análises compreenderam avaliações pontuais entre os parâmetros de controle dos rejeitos individuais que compõem o rejeito global, levando-se em consideração as diversas situações operacionais existentes nas usinas de concentração de Alegria (IB2 e IB3), a partir de análises estatísticas de processos (variabilidade, capacidade), tendências e outras. A meta estabelecida foi a redução no teor de ferro global das usinas de flotação de Alegria em 10%, saindo de uma média de 15,2% para 13,7% até 31/10/2011.<sup>(3)</sup>

### **1.2 Área de Influência do Trabalho**

O projeto de redução no teor de ferro global foi realizado na usina de Alegria, que faz parte do Complexo Minerador de Mariana, sendo composto de 04 minas sendo elas: Mina de Alegria, Fazendão, Del Rey e Timbopeba, todas de propriedade da empresa Vale S.A. O Complexo Minerador de Mariana está situado na região sudeste de Minas Gerais nos municípios de Ouro Preto, Mariana e Catas Altas. Os principais produtos são o Sinter Feed, o Pellet Feed e os Granulados, que chegam até os clientes por meio da Estrada de Ferro Vitória Minas (EFVM) e do porto de Tubarão.<sup>(4)</sup>

## **2 MATERIAIS E MÉTODOS**

O dinamismo das operações de uma usina de Flotação está atrelado às grandes possibilidades de variações e combinações, o que remete à necessidade de um gerenciamento contínuo para proposição de ações e tomada de decisões corretas pelos operadores. As principais variáveis que influenciam o processo de flotação e estão sob o domínio dos operadores, são a granulometria do minério (partículas grosseiras; partículas ultrafinas – lamas), taxa de alimentação e percentagem de sólidos; dosagem e preparação de reagentes (amido; amina; soda cáustica); controle da espessura da camada de espuma; vazão de Ar, Ph da polpa, sistema de amostragem, acompanhamento do sistema de automação (malhas de controle) e acompanhamento do desempenho dos equipamentos do processo de flotação.

Todas as variáveis podem ser obtidas através do banco de dados do sistema de controle (P.I. (Plant Information) - sistema de gerenciamento das operações das usinas), de registros em relatórios e check list operacionais, que proporcionam um planejamento de ações para uma otimização dinâmica da operação da usina de flotação. Este foi o ponto de partida do projeto, todo o seu desenvolvimento se baseou na utilização da metodologia Seis Sigma. Se a variabilidade é reduzida em torno de valores considerados ótimos, ocorrerá o aprimoramento progressivo do processo. Neste processo, o fluxo PDCA foi adotado como referencial para seqüenciamento das vertentes do trabalho, passando pela coleta de dados de desempenho dos processos, análises do sistema de medição, cálculos estatísticos (capabilidade), levantamento de potenciais causas básicas, identificação das variáveis óbvias ou não óbvias, ações e manutenção das melhorias obtidas.

O banco de dados do sistema de controle acumula todas as informações *on line* relacionadas aos parâmetros que influenciam a usina de flotação em operação. A questão inicial foi então como organizar estas informações de forma a permitir análises preliminares e compreensão dos processos. Para tanto, o banco de dados foi aberto e suas informações desmembradas no formato de gráficos de controle e planilhas dinâmicas. Esta disposição e organização de dados permitiram correlacionar os rejeitos individuais de cada usina com os parâmetros de controle das principais variáveis de controle que afetam o teor de ferro no rejeito, possibilitando a identificação dos gargalos operacionais através de cartas de controle X - AM, histograma e teste de normalidade. Estes exemplos de ferramentas auxiliaram na validação das metas para o projeto.

Dando seqüência ao desenvolvimento, foram elaborados faróis dinâmicos reportando os parâmetros que compõem o cálculo do teor de Fe global. Estas informações foram niveladas e sistematicamente disponibilizadas junto ao quadro operacional, de supervisão de operação da usina, sofrendo atualizações e divulgações diárias. Foram realizadas também inúmeras análises de variabilidade dos rejeitos individuais entre as turmas de operação, testando as diversas condições operacionais verificadas na usina.

Na mesma linha de raciocínio, foram compostos cálculos de capabilidade (ou nível Sigma) para cada variável estudada, em períodos bastante regulares (semanalmente). A criação de itens de controle possibilitou a identificação constante dos gargalos dentro das parcelas de cálculo do teor de Fe global, de forma a indicar qual a variável de maior contribuição nas negativas para ação imediata, aspirando-se reversão de desempenhos insatisfatórios. Portanto, após validação das causas fundamentais, identificadas na árvore de falhas, foram definidas e executadas ações gerais para redução do % do teor de ferro nos rejeitos.<sup>(5)</sup>

### 3 RESULTADOS

A redução no teor de Fe global no rejeito da usina de flotação de alegria foi alcançada conforme meta estabelecida com a implementação de um conjunto de ações nas quais podemos citar como as mais relevantes:

- eliminação da amostragem dos rejeitos em manual;
- automação da preparação de soda;
- melhoria no sistema de medição da espessura de espuma;
- adequação da dosagem de amido conforme meta estabelecida;
- criação sistema de controle automatizado de adição de amido nas *scavengers*;

- substituição do sistema de aeração das colunas;
- melhoria no sistema de preparação e distribuição de floculantes nos espessadores, eliminando a recirculação de lamas no processo através de água recirculada;
- análise de comportamento e sintonia das malhas de controle das variáveis;
- revisão nos procedimentos operacionais; e
- treinamentos específicos para os operadores e técnicos.

A forma de tratativa das informações geradas, pelo quadro de operadores e técnicos, para as variáveis de controle que afetam o resultado no teor de Fe do rejeito, caracterizou-se como fator fundamental para a obtenção dos resultados.

As análises demonstraram que turmas com os piores desempenhos em relação ao % teor de Fe no rejeito apresentaram maiores dispersões nos controles praticados, o que indicou para estes casos necessidade de equalização de conceitos e práticas operacionais entre as equipes de operação da usina. Estas análises possibilitaram identificar e atuar diretamente nos pontos focais responsáveis pela variabilidade das informações.

Podemos sintetizar os ganhos obtidos nos seguintes itens:

- redução no % do teor de Fe do rejeito global da usina em 10,13%;
- aumento na recuperação metalúrgica de 3,48%;
- redução de 0,85% da massa de ferro enviada para barragem de rejeitos; e
- satisfação da equipe multidisciplinar e melhoria no clima organizacional.

A Figura 1 apresenta o resultado da evolução mensal do teor de ferro no rejeito global da usina de Alegria.

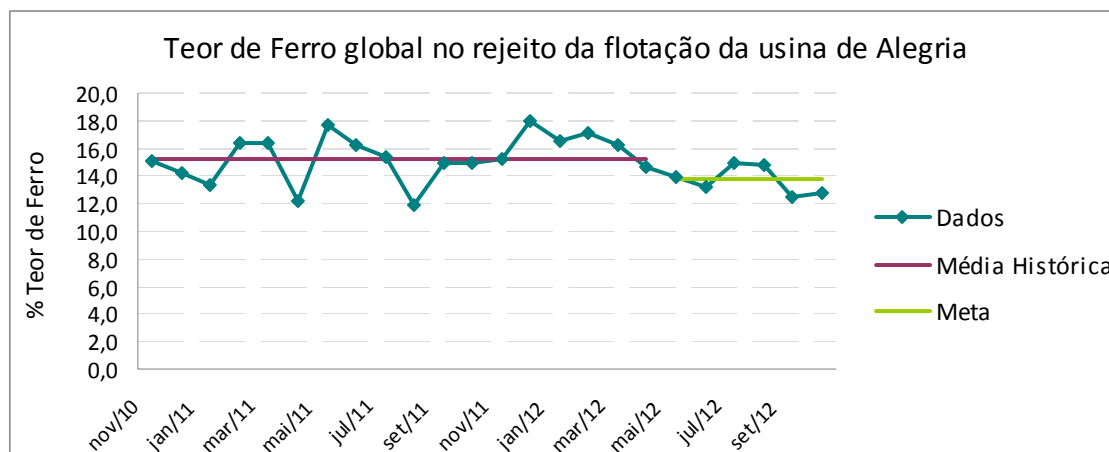


Figura 1 - Teor de ferro global no rejeito flotação.

## 4 DISCUSSÃO

Há varias métodos para análise e solução de problemas, porém é notório que o 6 Sigma a nível Green Belt é um diferencial pois atua de forma sistematizada em etapas onde é feito análise operacional e a sua possibilidade de sucesso, através de ferramentas científicas.

Sendo assim, a utilização da ferramenta de 6 Sigma proporcionou condições para identificação da causa fundamental do problema e auxiliou também na definição das ações mais adequadas para solucionar o mesmo, obtendo até então (julho de 2012 a outubro de 2012) uma redução média de 11,0 % no teor de Fe do rejeito global gerado na Usina de Flotação de Alegria em comparação com a meta estipulada.

Valendo observar que o apoio gerencial, dos coordenadores, supervisores de turno e operadores foi fundamental para o bom andamento do trabalho.

## 5 CONCLUSÃO

Foi possível obter o rejeito global da flotação da usina de alegria com teor de ferro abaixo da meta estabelecida de 13,7%, contra valores em torno de 15,2% praticados anteriormente, com o atuações de forma padronizada, proporcionada pela realização de um trabalho de 6 Sigma , por uma equipe multidisciplinar formado pela operação, automação, processo e manutenção.

## Agradecimentos

Agradecemos ao gerente da Usina de Alegria - Complexo Mariana, Jefferson Corraide pelo incentivo, a toda equipe da Gerência de Automação, de processo e da manutenção do Complexo Mariana pelo apoio na implantação do projeto.

## REFERÊNCIAS

- 1 CHAVES, A. P. Teoria e Prática do Tratamento de Minérios - Flotação – O Estado de Arte no Brasil. Volume 4 p. 1-4
- 2 ROSIERE, C. A.; CHEMALE JUNIOR, F. Itabiritos e minérios de ferro de alto teor do quadrilátero ferrífero: uma visão geral e discussão. *Geonomos*, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 27-42, 2000. 32
- 3 VALE. *Relatório interno*. 2011, 2012.
- 4 IBRAM. *Informações e análises da economia mineral brasileira*. 2011. Disponível em: <<http://www.ibram.org.br/sites/1300/1382/00001455.pdf>>. Acesso em: 24 abril 2012.
- 5 INDG – Programa 6 Sigma.