

APLICAÇÃO DE SMARTAG™ PARA RASTREAMENTO DE MINÉRIOS DA MINA À USINA¹

*Juliana Colacioppo²
Walter Valery³
David La Rosa⁴
Eduardo Nozawa⁵
Michael Wortley⁶*

Resumo

O rastreamento de minérios desde o desmorte na lavra a usina é importante para a integração e otimização dos processos de mina à usina. A Metso Minerals desenvolveu o sistema chamado SmartTag™, que é composto de etiquetas eletrônicas emissoras de frequência de rádio com identidade única, que são colocadas nos furos de perfuração do desmorte. Essas etiquetas sobrevivem a detonação e as primeiras etapas de britagem, sendo detectadas através de antenas instaladas nas correias transportadoras e portanto possibilitando o rastreamento dos minérios. As SmartTag™ também permitem estimar o movimento da pilha formada após o desmorte, medir a diluição de teores, determinar com precisão quando um tipo de minério atingirá a usina, controlar as estratégias de blendagem e obter melhor reconciliação de teores entre a mina e usina. O uso do sistema de rastreamento, associado às técnicas de análise de imagens on-line, também permite otimizar a fragmentação e portanto maximizar a produção. A Metso Minerals já utilizou as SmartTag™ em diversos projetos de Integração e Otimização de Processos de Mina à Usina ao redor do mundo. Detalhes do sistema e exemplos de aplicações são apresentados nesse trabalho.

Palavras-chaves: Rastreamento de minérios; Integração; Otimização.

THE APPLICATION OF SMARTTAGSTM TO TRACK ORE FROM MINE TO MILL

Abstract

Ore tracking from the mine to the mill is important for the Process Integration and Optimisation of Mine to Mill. Metso Minerals developed the SmartTag™ system, which consists of radio frequency tags with unique identification numbers that are placed into drill holes. The tags resist blasting and primary crushing and are detected by antennas installed on conveyor belts, allowing for ore tracking after blasting. The SmartTag™ system allows for the evaluation of ore/waste movement after blasting, dilution measurement, prediction of ore delivery to the plant, control of blending strategies, and better grade reconciliation between the mine and plant. Ore tracking systems associated with on-line image analysis systems allow for fragmentation optimisation, which can help maximise throughput. Metso Minerals has already applied SmartTag™ to several Mine to Mill Process Integration and Optimisation projects around the world. System details and examples of utilisation can be found in this paper.

Key words: Ore tracking; Integration; Optimisation.

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

² *Engenheira responsável pela Tecnologia de Processos da Metso na América do Sul*

³ *Gerente Geral Tecnologia de Processos Metso*

⁴ *Gerente de Controle de Processos da Tecnologia de Processos da Metso*

⁵ *Engenheiro de Tecnologia de Processo da Metso*

⁶ *Engenheiro de Controle e Sistemas*

1 INTRODUÇÃO

A distribuição granulométrica e a dureza dos minérios influenciam significativamente o desempenho de circuitos de britagem, peneiramento e moagem. Especialmente para minérios de ferro, o controle da granulometria é fundamental para garantir o prognóstico e as especificações dos produtos. Em operações onde a granulometria do minério na alimentação não é bem controlada, há freqüentes perdas de tonelagem e geração de produtos fora de especificação ou com menor valor agregado (em minas de ferro e pedreiras).

Um processo mais estável pode ser obtido com o conhecimento das características do material, definição de domínios de minérios em termos de dureza e estrutura e ajustes de granulometria feitos a partir da mina, na perfuração e desmonte por explosivos. Também são utilizadas técnicas de mescla de distintos tipos de minérios para o ajuste da granulometria nos circuitos de britagem, moagem e flotação.

Através de planos de fogo otimizados para domínios de minérios com estrutura e dureza distintos, é possível ajustar a curva granulométrica do minério (ROM) no desmonte, conseguindo assim estabilidade na alimentação da usina e melhor desempenho dos processos subseqüentes. Manipulando o tamanho de alimentação do circuito, pode-se também obter melhorias significativas de eficiência, disponibilidade e desempenho dos equipamentos de britagem e moagem.

Para garantir que um determinado tipo de minério atingirá o circuito de britagem em um dado momento, a MMPT desenvolveu o sistema rastreador SmartTagTM. Este sistema é composto de etiquetas eletrônicas que sobrevivem a detonação e as primeiras etapas de britagem, sendo detectadas através de antenas instaladas nas correias transportadoras e portanto possibilitando o rastreamento de minérios.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Integração e Otimização de Processos da Mina à Usina

O grupo de Tecnologia de Processos Austrália e América do Sul da Metso Minerals (MMPT) desenvolveu o conceito e metodologia para Integração e Otimização de Processos de Mina à Usina. Este conceito consiste no desenvolvimento de estratégias integradas de operação e controle da mina à usina, objetivando otimizar os resultados da operação como um todo e conseqüentemente, maximizar o retorno sobre o capital investido.

A primeira parte de um Projeto de Integração e Otimização consiste em caracterizar o maciço rochoso em termos de dureza e estrutura, através de dados de RQD (Rock Quality Designation), freqüência de fratura, Índice de Carga Pontual (PLI), UCS (Resistência a Compressão Uniaxial), WI e parâmetros do Drop Weight Tests.

Após a caracterização é feito um mapeamento dos domínios de fragmentação de minério através dos dados de PLI e RQD. Modelos de blocos são estudados para a definição dos domínios de minérios em termos de dureza e estrutura, assim como apresenta a Figura 1 a e b. Cada domínio pode ter um plano de fogo ótimo e específico, feito através de distintas malhas de perfuração, tipos, quantidade, densidade de explosivos uso de detonadores eletrônicos, etc. Esses são aplicados para minimizar no desmonte a variação na dureza e estrutura natural do corpo de minério. Assim, ajustando a fragmentação do ROM para as etapas consecutivas.

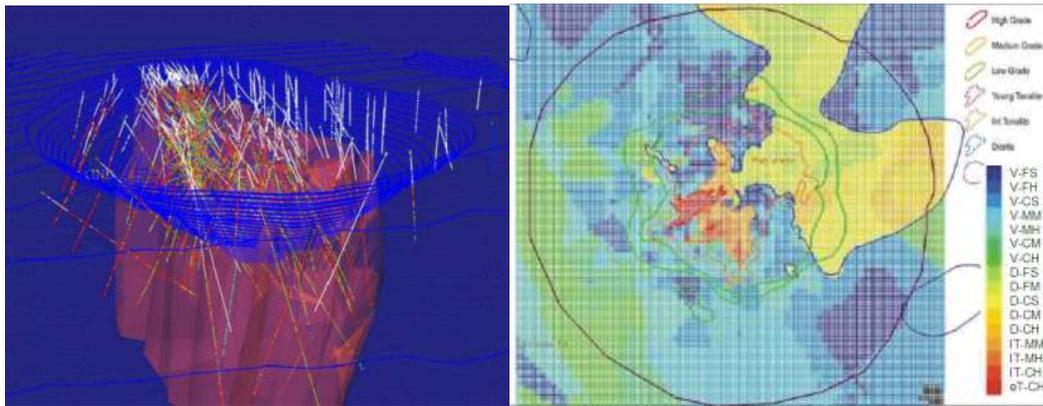


Figura 1 a) Visualização e análise dos dados disponíveis no modelo de blocos; **b)** Definição dos domínios de minério de acordo com a dureza e estrutura do material in situ.

Paralelamente a isso, é feita uma auditoria completa da operação na mina e na usina. São tomadas medidas detalhadas da perfuração e desmonte, e de diversos parâmetros como VOD, densidade de explosivo, comprimento dos furos, subfuração, espaçamento da malha, etc.

Também são coletados dados para analisar a qualidade de implementação dos planos de fogo (projetado versus atual). Após o desmonte, são tiradas fotos digitais das pilhas e são feitos vídeos na descarga dos caminhões no britador primário. Com essas imagens é possível obter a curva granulométrica do ROM. Durante a definição dos domínios são considerados as restrições do processo como: estabilidade do talude, dano e controle, presença de água, diluição de minério, características da pilha formada após o desmonte “muckpile”, tamanho dos equipamentos da mina, tamanho e potência de instalação dos britadores e moinhos.

Através destes dados e informações é possível calibrar o modelo de fragmentação no desmonte, que foi desenvolvido pela MMPT, e realizar as simulações com diferentes parâmetros do desmonte para otimização da fragmentação de cada domínio de rocha.

Auditoria e amostragens completas na usina também são feitas em paralelo a mina para a calibração dos modelos de britagem, peneiramento, classificação, moagem e flotação. Novamente são conduzidas análises de imagens em diversos pontos para a determinação de distribuições granulométricas, coleta de informações e dados de todos os equipamentos da usina além da análise dos dados históricos de operação.

Os modelos de perfuração e desmonte são então utilizados em conjunto com os modelos das operações subsequentes. As curvas granulométricas de ROM são alimentadas na circuito da usina, e então são feitas as simulações de diversos parâmetros como abertura dos britadores, malhas de peneiras, tamanho de bolas, nível de bolas, tipo de revestimento, abertura das grelhas, abertura total, porcentagem de sólidos, parâmetros de operação dos moinhos de bolas, densidade e pressão de alimentação dos ciclones, tamanho de ciclones, e geometria de ápex e vórtex, etc.. Um esquema da metodologia de Integração e Otimização de Processos é apresentado na Figura 2.

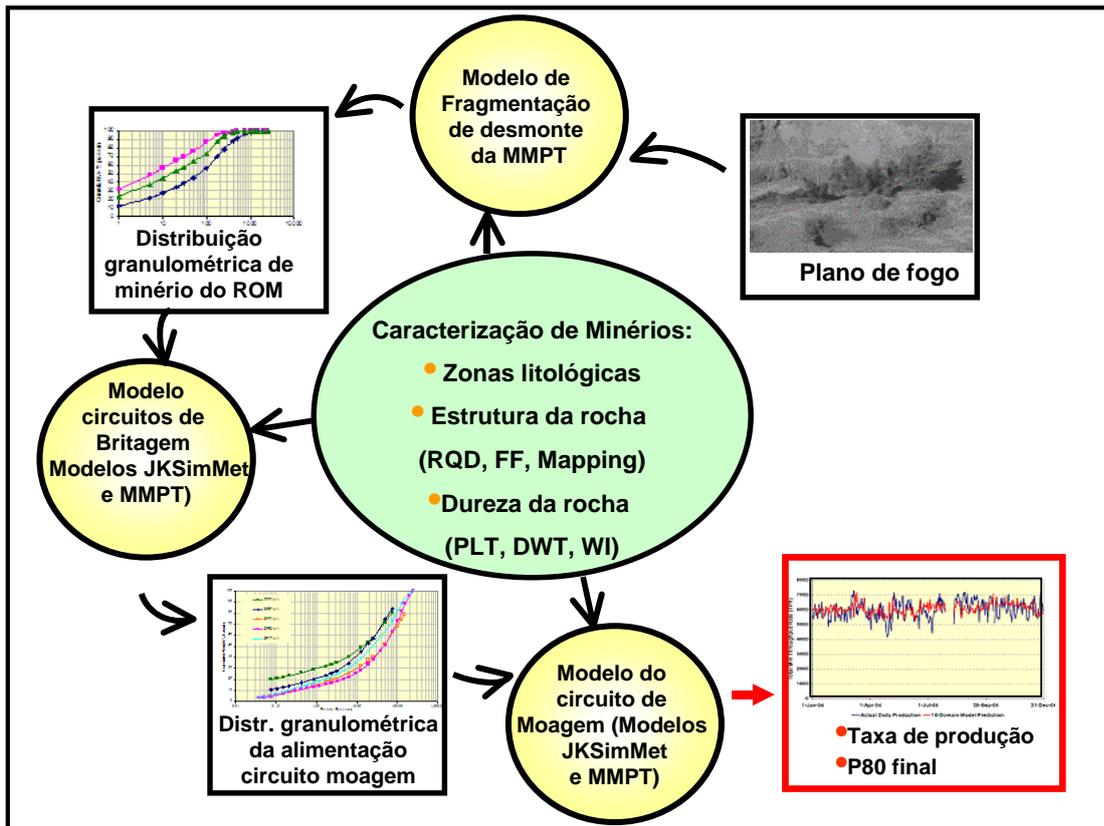


Figura 2 – Esquema da metodologia de Integração e Otimização de Processos

As simulações de processo são feitas em conjunto com simulações e avaliações econômicas detalhadas para determinação das estratégias operacionais ótimas para a operação como um todo. O potencial aumento de custo em uma parte do processo deve ser pago e resultar em benefício econômico em outras áreas.

2.2 Resultados de Projetos de Integração e Otimização de Processos

O grupo de Tecnologia de Processos da Metso Minerals (MMPT) participou até o momento de 28 projetos de Integração e Implementação da Mina à Usina ao redor do mundo, onde foram obtidos:

- Aumento da capacidade das planta de 5 a 20% (sem investimento adicional em equipamentos);
 - Redução do tempo de carregamento nas minas de 5 a 10%;
 - Redução dos custos de carregamento e transporte nas minas de 8 a 10%;
- Benefícios com aumento de disponibilidade e redução de custos de manutenção dos equipamentos de carregamento, transporte e beneficiamento.

2.3 SmartTag™

Um bom entendimento do impacto das práticas da mina no desempenho do circuito de britagem e moagem é importante para um melhor entendimento e correlação das propriedades do material que está sendo processado e das oscilações do processo. Para rastrear o material da Mina à Usina a MMPT desenvolveu as SmartTag™, que são etiquetas emissoras de rádio frequência, colocadas nos furos de perfuração antes do desmonte e na pilha de material formada após o desmonte, assim como

ilustrado na Figura 3 a e b. Essas etiquetas são passivas e possuem identidade única. Quando são colocadas nos furos ou na pilha formada após o desmante, as coordenadas geográficas são registradas e assim é possível relacionar a posição inicial dessas etiquetas com as características do minério ao redor.



Figura 3. a. Locação de etiquetas na superfície da pilha de material formada após o desmante; b. Locação de etiquetas nos furos de perfuração.

No momento em que as SmartTag™ passam pela saída do britador primário e secundários, elas são identificadas através de antenas instaladas nesses pontos, que transmitem os dados de identificação das SmartTag™ com a data/tempo em que foram detectadas. Um esquema ilustrativo é apresentado na Figura 4. Com esse procedimento pode-se rastrear o material correlacionando suas propriedades com as variações do processo.

Como as SmartTag™ podem ser detectadas na alimentação do circuito de britagem secundária, elas são utilizadas para verificar com precisão quando um determinado tipo de mineral é alimentado nos circuitos subsequentes, após a pilha pulmão. Para estratégias de mescla, um seguimento preciso de minérios torna-se fundamental para garantir o conhecimento do exato momento em que um dado tipo de minério atinge a usina.

Outras aplicações das SmartTag™ são a estimativa da diluição/perda de minério após o desmante e medição do tempo de residência do material na pilha pulmão.

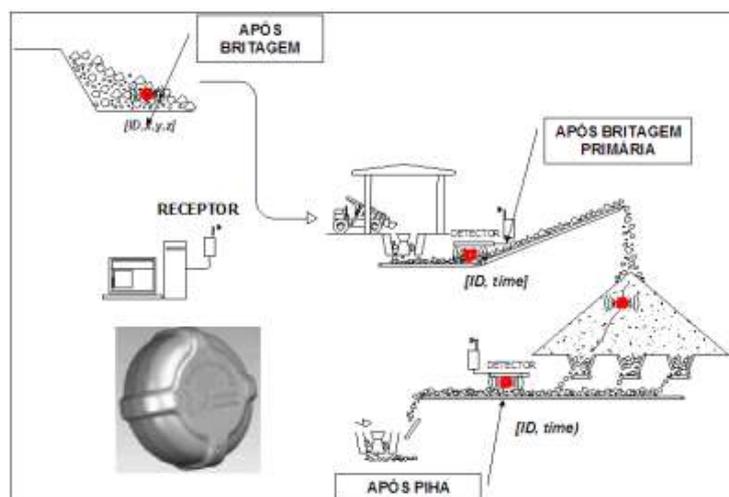


Figura 4. Esquema da localização das antenas e detecção das etiquetas eletrônicas.

3 RESULTADOS

3.1 Estudo de Caso

Esse estudo de caso apresenta os resultados obtidos através do seguimento de minérios para uma operação de cobre localizada na América do Sul, chamado no trabalho como operação 1. As SmartTag™ foram utilizadas como parte do projeto de Integração e Otimização da Mina à Usina para essa operação. Nesse projeto utilizou-se as SmartTag™ para determinar o tempo de residência de material nas pilhas pulmão, medir diluição e determinar quando o material estudado atingiu a usina.

3.2 Tempo de Residência da Pilha Pulmão

Através do instalação das antenas detectoras das SmartTag™, antes e depois da pilha pulmão foi possível determinar o tempo de residência da pilha pulmão para a operação 1. Geralmente os tempos de residência das pilhas pulmão são estimados e o erro entre a estimativa e o momento real em que um dado tipo de minério atinge a pilha pulmão pode variar significativamente. O histograma presente na Figura 5, mostra que enquanto a maior parte das SmartTag™ demoraram 5 horas para passar pela pilha pulmão, 8 SmartTag™ demoraram mais de 20 horas e o período mais longo foi de 42 ½ h. Isso pode ter ocorrido devido a um grande numero de razões entre elas o formato, tamanho e densidade das SmartTag™ ou a altura da pilha quando as etiquetas foram lançadas na pilha. A Figura 6 mostra as condições da pilha e a SmartTag™ que foram detectadas.

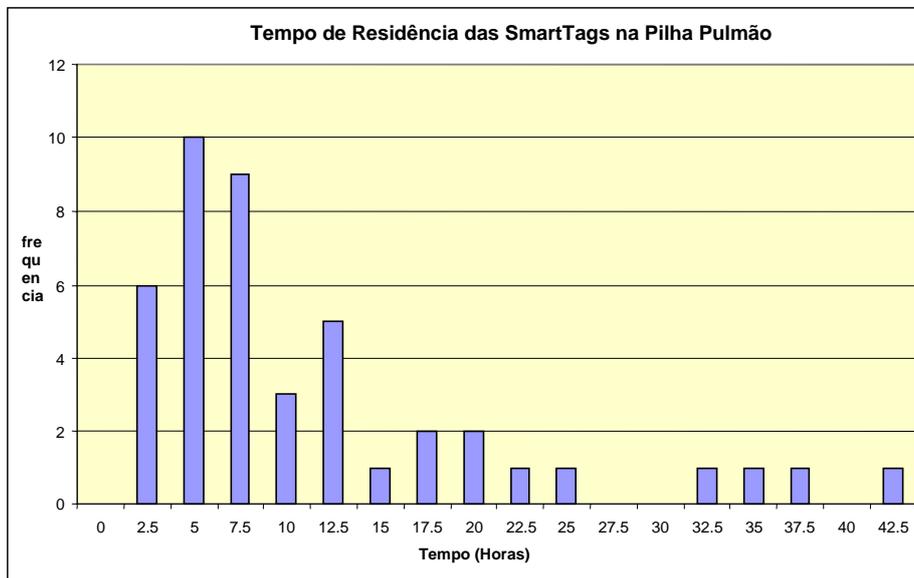


Figura 5. Tempo de residência da Pilha Pulmão da Operação 1

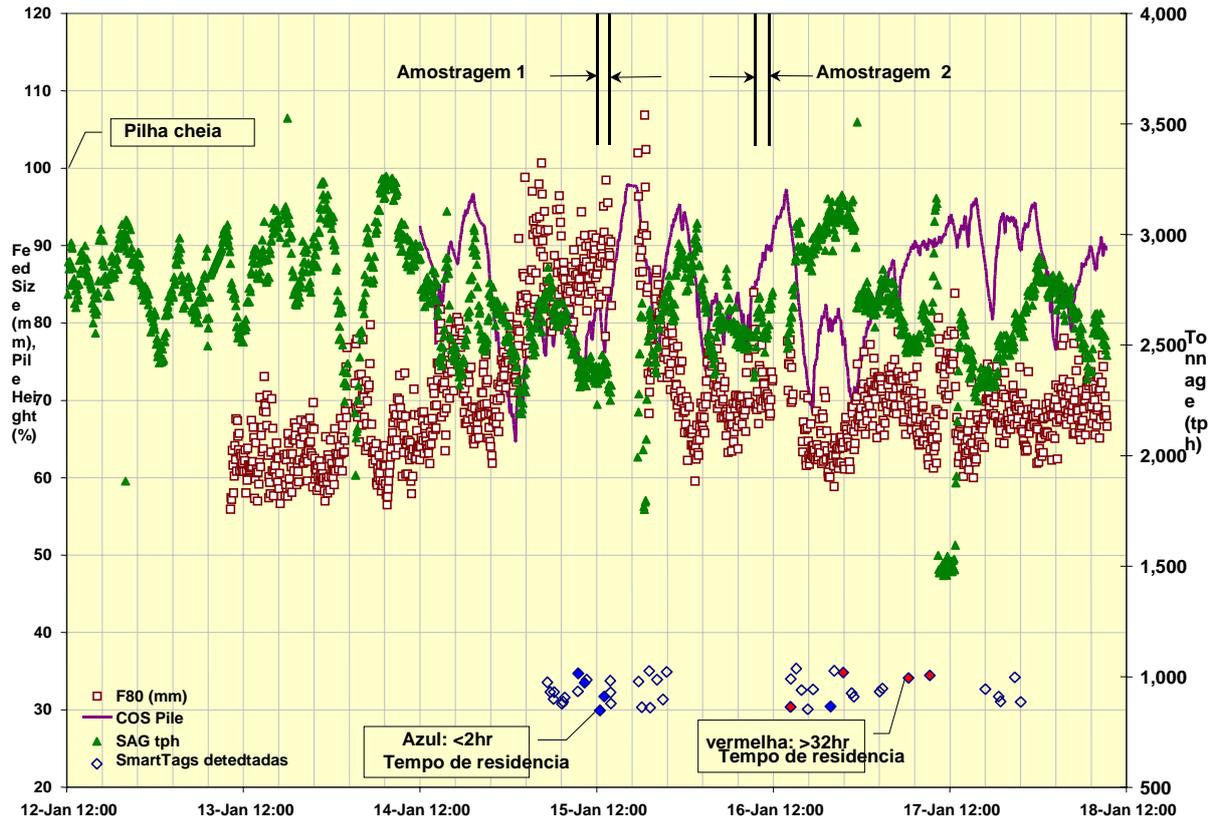


Figura 6. Detecção das SmartTag™ para condições da pilha grossa

A Figura 6 mostra os tempos de detecção das SmartTag™, aonde a cor azul representa as SmartTag™ que passaram pela pilha rapidamente (menos de duas horas) enquanto as de cor vermelha representa as etiquetas que passaram pela pilha devagar (mais que 32 horas).

O primeiro grupo de SmartTag™ azuis aparece quando a altura da pilha estava baixa por um período longo. O período em que essas etiquetas apareceram também coincide com o aumento da granulometria da alimentação do SAG, F80, assim como foi medido pelo sistema on-line medidor do tamanho das partículas e pelo decréscimo de toneladas do moinho.

A explicação para os longos tempos de residência de algumas SmartTag™ dá-se baseada na altura da pilha que aparece alta no período em que as etiquetas foram lançadas (amostragem 2). Provavelmente essas SmartTag™ foram lançadas para a parte externa da pilha e somente foram detectadas quando a altura da pilha abaixou e o formato da pilha alterou.

3.3 Diluição e Perda de Minério

O conhecimento da posição das pás carregadoras no tempo, juntamente com o registro do tempo em que as SmartTag™ foram detectadas, permitiu a medição de movimento de material com o desmonte. A partir do conhecimento desse movimento a diluição e perda de minério pode ser quantificada. Essa informação é bastante importante para operações onde um mesmo desmonte pode conter polígonos de diferentes tipos de minérios pequenos e próximos. Através da detecção das SmartTag™ que passaram pelo britador primário e conhecendo-se os registros do sistema de Dispatch, pode-se determinar qual caminhão descarregou uma específica SmartTag™ e a localização da pá carregadora quando esse caminhão foi

carregado. A posição da pá carregadora foi então assumida como sendo a posição da SmartTag™ após o desmonte e a posição inicial foi registrada quando essas foram postas nos furos de perfuração. A posição pré e pós desmonte está apresentada pelos vetores presentes na Figura 7a.

O comprimento desses vetores também representam a distância das SmartTag™ durante o desmonte e possivelmente durante a escavação. Em média a distância percorrida por essas etiquetas para a superfície do material foi de 25 metros. Contudo como se assume que parte dessa distância deve-se ao movimento das SmartTag™ na frente livre, estimasse que pelo menos 15 metros de movimento ocorreu em direção a face livre. A implicação desse movimento é significativa, uma vez que as bandeiras que dividem os distintos tipos de minérios são colocadas sem considerar tal movimento e permitindo assim que minérios de altos teores sejam enviados para a barragem de rejeitos e que material estéril seja enviado para a usina.

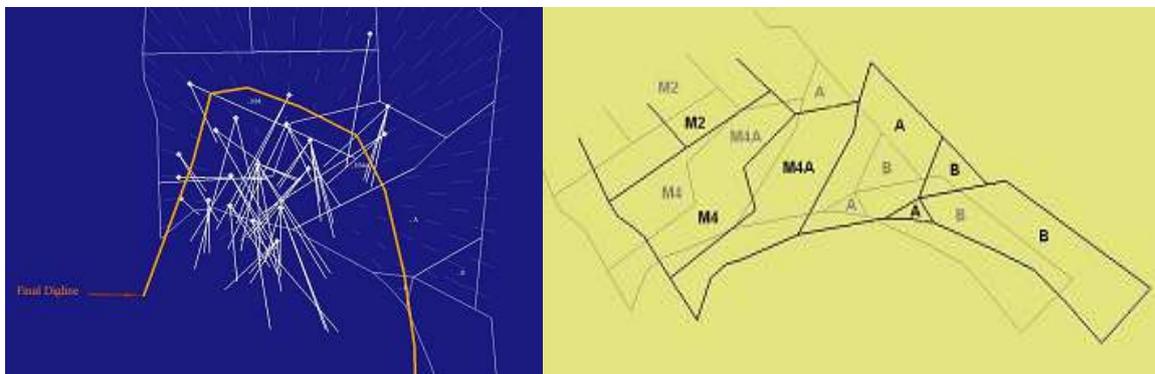


Figura 7. a) Vetores de movimento de minérios após o desmonte; b) Ilustração da movimentação do material após o desmonte na parte próxima a superfície.

Para confirmar essa análise os teores de zinco e cobre de alimentação são mostrados na Figura 8. Pode ser observado um período em que o teor de zinco está maior que 5%. A área do material processado nesse mesmo período é mostrada na Figura 9, juntamente com a posição em que a pá carregadora estava trabalhando.

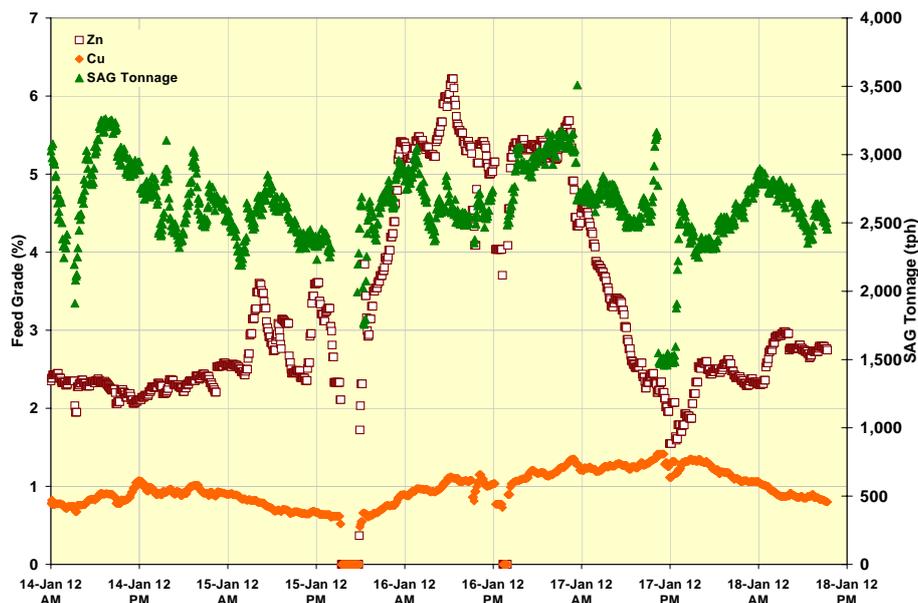


Figura 8. Sumário do teor de alimentação da moagem e taxa de produção durante a auditoria do desmonte.

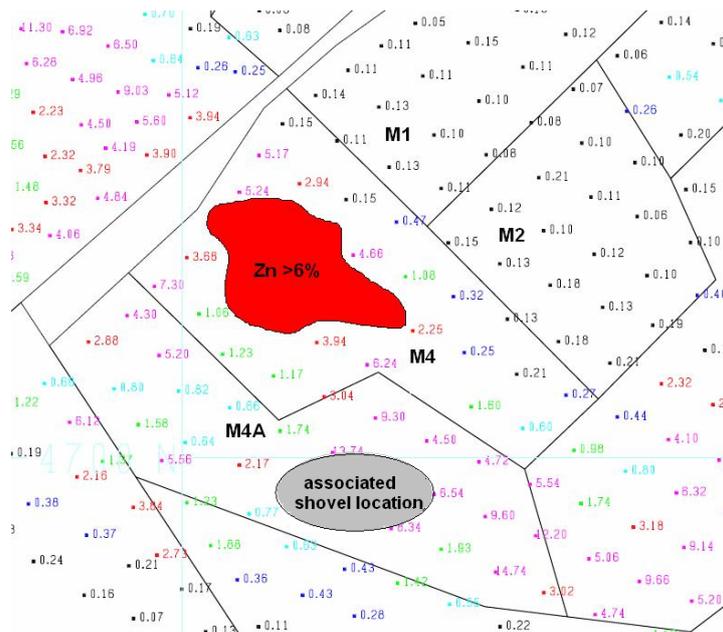


Figura 9. Área do polígono com alto teor de zinco.

A relação entre a localização original dos furos para essa zona de altos teores de cobre e zinco e a posição da pá carregadora confirma a direção e magnitude do movimento de material pelo desmote medido pelas SmartTag™.

A ilustração final do movimento de material no desmote é apresentado na Figura 7 b. Mesmo considerando que o movimento de material é maior próxima a superfície a diluição e perda ocorre significativamente, sendo que alguns polígonos pequenos aparecem quase que completamente fora da delimitação definida.

Com o conhecimento do movimento de material no desmote, alterações no desmote e posteriormente na demarcação dos domínios pode ser feita para minimizar a diluição e a perda.

4 CONCLUSÃO

A metodologia para Integração e Otimização de Processos de Mina à Usina, desenvolvida pelo grupo de Tecnologia de Processos da Metso Minerals da Austrália e ÁsiaPacífico, tem sido implementada em várias minerações ao redor do mundo, onde se obteve um aumento de produção entre 5 e 20%. Benefícios adicionais e ganhos no carregamento e transporte na mina, além de redução de custos de manutenção e aumento de disponibilidade de equipamentos também são normalmente obtidos através desta metodologia.

Com o uso das SmartTag™ é possível medir a diluição e perda de minério, tempo de residência na pilha pulmão e conhecimento com precisão de quando um dado material atinge a usina. Movimentação de até 15 metros foram detectadas usando o sistema de SmartTag™ e tempo de residência as pilhas foram determinados e correlacionados com a granulometria do material e com a altura da pilha. Estudos futuros serão realizados com as SmartTag™ para a determinação de tempo de residência de acordo com a forma, tamanho e densidade das SmartTag™.

REFERÊNCIAS

- 1 BURGER, B., VALERY JR, W., MCCAFFERY, K., JANKOVIC, A., MCGAFFIN, I., (2006). Batu Hijau. Model for Throughput, Mining and Milling Optimization and Expansion Studies. SME Conference.
- 2 COLACIOPPO, J., VALERY JR., W. (2006). Integração e Otimização de Processos de Produção em Minas à Céu Aberto. IV Congresso de Mineração à Céu Aberto, IBRAM, Belo Horizonte, Brasil.
- 3 FRANKLIN, J.A. (1985). Suggested Method for Determining Point Load Strength. Int. J. Rock Mech. Min. Sci & Geomech. Abstr. Vol.22, No. 2, pp51-60.
- 4 LA ROSA, D., VALERY, W., WORTLEY, M., OZKOCAK, M., PIKE, M.. The use of the radio frequency ID tags to track ore in mining operations. APCOM, Santiago, Chile, 2007.
- 5 VALERY JR., W., et al. (2001). Mine to mill optimisation and case studies presented at VI Southern Hemisphere Conference on Minerals Technology in Rio de Janeiro, Brazil, 2003 maio.