

## BRITAGEM E MANUSEIO NO ÂMBITO DE MINA SUBTERRÂNEA

SILVA, J.M.<sup>1</sup>, LUZ, J.A.M.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Ouro Preto. jms@demin.ufop.br

<sup>2</sup>Universidade Federal de Ouro Preto. jaurelio@demin.ufop.br

### RESUMO

Existe tendência de as minas de se tornarem mais profundas e a lavrar minério de mais baixo teor, com o conseqüente manuseio de maiores quantidades, impactando o transporte de minério do subsolo para a superfície. Considerando os custos de transporte, existe, com isso, uma mobilização para emprego de sistemas alternativos. O pré-tratamento do minério (com ênfase na britagem) antes de seu içamento pode oferecer inúmeras vantagens, como diminuição da quantidade a transportar, diminuição de custo e possibilidade do estéril ser usado como suporte do maciço. Nas três opções básicas de que se tem lançado mão na lavra de reservas mais profundas, duas incluem geralmente a estação de britagem primária no subsolo. Este trabalho mostra sistemas de conciliação da lavra com cominuição e de manuseio do minério fragmentado; apresentando casos reais de minas subterrâneas de minérios de cobre, ouro, manganês e potássio, lavradas por métodos como câmaras e pilares, abatimento em blocos, lavra por *longwall* e realces em subníveis com enchimento.

**PALAVRAS-CHAVE:** britagem subterrânea; britagem primária; manuseio de minério; transporte em mina subterrânea.

### ABSTRACT

There is a tendency of mines become deeper and exploiting lower grade ore, with the consequent handling of larger amounts, affecting the ore haulage from underground to the surface. Considering the costs of transport, there is, therefore, a mobilization for use of alternative systems. The pretreatment of the ore (crushing emphasizing) before its lifting can offer numerous advantages, such as haulage requirement decrease, decrease in cost and the possibility to solid waste be used as support structure. Two out of three usual options used to exploit deeper reserves generally include underground primary crushing station. This work shows reconciliation systems between mining operation and ore comminution and handling, presenting actual cases of underground mines in a variety of ores such as copper, gold, manganese and potassium, as exploited by room and pillar methods, block caving, longwall method and sublevel stoping with filling.

**KEYWORDS:** underground crushing; primary crushing; ore handling; mine haulage.

## 1. INTRODUÇÃO

No transporte de minério do subsolo para a superfície – primeiro requisito da lavra subterrânea – existe tendência das minas de se tornarem mais profundas e com corpo lavrável de mais baixo teor, com o conseqüente manuseio de maiores quantidades (para a mesma taxa de produção final). Considerando os custos de transporte, existe, com isso, uma mobilização para sistemas alternativos aos considerados convencionais. Dos aspectos de quebra, carregamento e transporte, passando pelos geomecânicos, existe preocupação com o comportamento dos materiais em fluxo, seja por quebra induzida pelas operações, seja por colapso. O transporte do subsolo para superfície tem sido o maior foco. Nesse quesito também existe uma mobilização para sistemas alternativos aos convencionais. Estão em uso sistemas de conciliação da lavra com sistemas de manuseio de minérios fragmentados, como os de cobre, ouro, manganês e potássio, dentre outros, lavrados por diversos métodos como câmaras e pilares, abatimento em blocos, lavra por *longwall* e realces em subníveis com enchimento. Igualmente importante se torna discutir seleção da forma de transporte (caminhões, trens ou correias para o transporte vertical e horizontal em subsolo), em função da distância de transporte e da escala de produção. Percebe-se sempre tendência de aumento de nível de automação, inclusive com a intensificação de uso de operações remotas, haja vista os aspectos de risco ocupacional e higiene industrial das operações subterrâneas (problemas, como riscos de colapso de abertura, desprendimento de choccos, ruídos, vibração e poeira).

Variações na distribuição de tamanho do minério (ROM) podem ter influência significativa do desempenho da britagem, como da usina toda. Para algumas operações, em que o tamanho da alimentação não é bem controlado, podem ser criados problemas significativos para a estabilidade da usina. A manipulação do tamanho da alimentação de ROM cria, portanto, oportunidades para melhoria do desempenho. As dificuldades de manutenção de regime operacional da usina advêm, muitas vezes, da oscilação estatística de parâmetros operacionais na alimentação (ROM). E o responsável pode ser a própria heterogeneidade de constituição da alimentação (em última instância ligada à granulação dos fragmentos, já que um lote com dada massa – e constituído de partículas grandes – terá população muito menor que outro de mesma massa, mas constituído de partículas de granulação menor). Esse efeito da granulação na variabilidade pode ser aferido a partir das equações seguintes, geradas a partir do formalismo de Gy (Valente, 1989; Pitard, 1993). Seja a massa de uma amostra necessária para garantir estatisticamente um dado coeficiente de variação (variância dividida pela média):

$$M = \frac{C \times d_{\max}^3}{\left(\frac{\sigma(x)}{x}\right)^2} \quad (1)$$

Onde M – massa da amostra [kg]; C – parâmetro dependente do sistema [kg/m<sup>3</sup>];  $d_{\max}$  – diâmetro máximo do sistema particulado (amostra) [m];  $\sigma(x)$  – desvio padrão estatístico do teor da população de partículas [-]; x – teor fracional (ou outra propriedade constitucional) da espécie de interesse [-]. O valor do parâmetro C é dependente do grau de liberação, da densidade do material e do grau de homogeneidade granulométrica (calculável pela metodologia de Gy). Mas, por outro lado a massa é a massa específica vezes o volume, ou seja:

$$M = \rho_p \times V = N_p \times \rho_p \times k_{\text{morf}} \times d_p^3 \quad (2)$$

Onde:  $N_p$  – número total de partículas na amostra [-];  $\rho_p$  – massa específica das partículas da amostra [kg/m<sup>3</sup>];  $k_{\text{morf}}$  – fator morfológico das partículas [-];  $d_p$  – diâmetro médio efetivo das partículas [m]. Naturalmente, para partículas esféricas, o coeficiente morfológico é igual a  $\pi/6$ . Igualando-se as equações e explicitando o coeficiente de variação, resulta:

$$\left(\frac{\sigma(x)}{x}\right) = \sqrt{\frac{C \times d_{\max}^3}{N_p \times \rho_p \times k_{\text{morf}} \times d_p^3}} = \sqrt{\frac{C}{N_p \times \rho_p \times k_{\text{morf}} \times d_p^3}} \times \left(\frac{d_{\max}}{d_p}\right)^3 \quad (3)$$

A equação anterior põe à mostra a dependência da variabilidade intrínseca de uma população com o número total de partículas do sistema. Para sistema monodisperso ( $d_{max} = d_p$ ) o coeficiente de variação intrínseco será inversamente proporcional à raiz quadrada do número de partículas, resultando a equação classicamente encontrada na literatura. A britagem, portanto, leva a melhor homogeneidade constitucional da alimentação da usina. Convém lembrar que um bom sistema de manuseio do material britado também minimiza as variâncias de entrada da usina. Sintomaticamente, há semelhança entre a variabilidade da saída de um sistema de regularização e homogeneização de pilhas em *chevron* (em “v” invertido) e a equação precedente, a saber:

$$\left( \frac{\sigma(x)}{x} \right) = \frac{k}{\sqrt{N_c}} \quad (4)$$

Onde  $N_c$  é o número de camadas na pilha e o parâmetro  $k$  dependente das características do sistema. Ou seja para redução pela metade da variabilidade de entrada (decorrente das operações de lavra) deve-se quadruplicar o número de camadas da pilha de homogeneização. Certos métodos de lavra são mais adequados para se produzir material grosseiro, acima do tamanho desejado, o que pode ter efeitos ruins na remoção planejada para o material. Desmonte com explosivos muitas vezes é um método necessário de diminuição de tamanho em trabalhos subterrâneos. Vários métodos de grandes volumes tendem a produzir faixa ampla de tamanhos de material. A redução de tamanho é muitas vezes essencial para a movimentação segura, produtiva e confiável deste material. As razões para a redução de tamanho podem ser reduzir o desgaste de componentes, passar através de aberturas, reduzir o volume de vazios ou para acesso às instalações de processamento de minério.

Várias operações processam material em subsolo para alcançar um padrão antes de movimentá-lo para a usina ou depósitos de rejeitos ou estéreis. O processamento de minério em subsolo pode reduzir desgaste em equipamentos, aumentar a capacidade, reduzir bloqueios e aumentar a produtividade da planta (Vatcher, 2009). Também, o pré-tratamento do minério antes do içamento pode oferecer inúmeras vantagens (Costa, 1984): diminuição da quantidade a transportar e custo; adicionalmente, estéril pode ser usado como suporte do maciço; simplicidade da tecnologia disponível. No Canadá, a britagem (cominuição) e peneiramento (classificação) estão acontecendo em subsolo, em minas metálicas. Práticas têm incluído três versões básicas:

- Aprofundamento das estruturas existentes (poço ou outro acesso principal);
- Construção de rampa ou poço interno, conectado ao acesso antes existente por meio de galeria de transporte;
- Construção de um novo poço a partir da superfície, acessando a zona mineralizada diretamente.

As versões penúltima e última incluem geralmente estação de britagem primária no subsolo (Costa, 1984).

## 2. CONCILIAÇÃO DA LAVRA COM SISTEMAS DE MANUSEIO

Desde Taylor (1972), vários outros autores, como McCarthy (2009), tentam estabelecer diretrizes para seleção de caminhões, trens ou correias para o transporte vertical e horizontal em subsolo, em função da profundidade, da distância de transporte e da escala de produção. Aplicativos permitem modelar e encontrar áreas sub- e sobre-dimensionadas antes da construção, modificações para manter a capacidade desejada, diminuir custo, onde estão os gargalos, alternativas de aumento da capacidade.

Para o caso de içamento vertical do material por esquipas ou caçambas, adotando-se o uso de  $n$  esquipas caçambas simultâneas (aqui referidas como baldes) para engate no cabo do guincho, as

condições para produção ininterrupta estão sistematizadas a seguir, para o progresso da lavra (Luz e colaboradores, 2011).

$$V_b = \left( \frac{2 \times h}{v} + \tau_{man} \right) \times \frac{Q_v}{n} \quad (5)$$

Onde:  $v$  – velocidade de içamento [m/s];  $h$  – distância vertical de transporte [m];  $\tau_{man}$  – tempo de manobra (engate na frente e desengate, quando aplicável) [s];  $Q_v$  – vazão volumétrica requerida de extração [m<sup>3</sup>/s]. A manobra de desengate pode incluir a transferência do balde para o mancral da vagoneta basculante ou para o basculamento no equipamento de transporte até o bota-fora ou até o silo de descarga, ou a área de disposição do material desmontado. Naturalmente, o número total de caçambas ou esquipos extraídos por ciclo de desmonte é o quociente entre a massa total desmontada e a massa útil do sistema de içamento.

Saxby e Elkinik (2010) discutem tendências de automação, inclusive uso de operações remotas em que equipamentos poderão ser controlados a mais de 1.000 km. Citam que aconteceu mudança significativa do uso de correias, passando de média de 5 km correia (1985) para 20 km (2005). Os autores sugerem a seguinte relação com a taxa de extração:

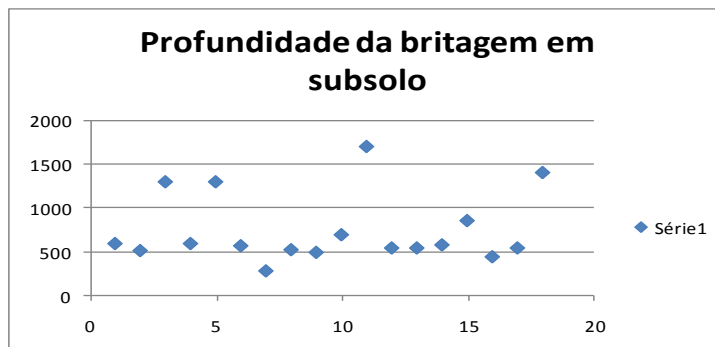
- Até 2,5 Mt/ano – distância 0-1 km correia -> 70 % do transporte por caminhões (1-5 unidades);
- Até 5 Mt/ano – distância 5 km -> 50% por caminhões; distância 5-10 km -> 20 % por caminhões ; distância 25 km – 10 % por caminhões;
- De 5 a 15 Mt/ano – distância 25-40 km -> 20 % por caminhões; para distância superior a 40 km, trens têm menor custo.

Silva e Luz (2012) mostram tentativas como planta Python, modular, transportável, para uso em superfície ou em escavações subterrâneas com pouca ou nenhuma escavação adicional. A planta é projetada para britar bem fino e recuperar minerais continuamente por gravidade e concentração por flotação. A utilização mais significativa é o sistema em estágio duplo para alcançar tamanho final com P80 inferior a 400  $\mu$ m, com consumo de energia inferior a 6 kWh/t. O tamanho máximo da alimentação para a unidade é da ordem de 300 mm. De acordo com Gray (2010), o mínimo de passos no processo provê uma plataforma para reduzir consumo de energia, água e reagentes, bem como diminuir a quantidade e tamanho das unidades a partir de perspectiva da manutenção. A maioria das minas de ouro está se movendo para o subsolo e o uso desta tecnologia permite pré-concentrar antes do transporte reduzindo custos de lavra e de processamento. Um significativo benefício da recuperação de grosseiros é a redução tanto em custos de investimento como de operação, bem como habilidade para reduzir o tamanho da instalação.

Quanto ao transporte por correias, ressalta-se a necessidade de leveza e robustez dos transportadores de correias. Acontece o uso de correias com cabos de aço em substituição às cordas de nylon, aumentando muito capacidade de tração para até 4.200 t/m<sup>2</sup>. Também o uso em rampas de acesso em minas subterrâneas para transportadores inclinados longos, para grandes diferenças de nível. Estão disponíveis ainda: transportadores de correia de longa distância (TCLD) - tecnologia denominada *cable belt*, esteiras sustentadas e tracionadas por cabos de aço, que alcançam distâncias superiores a 20 km em único lance, podem ser instaladas em terrenos com acentuados aclives, declives, curvas côncavas, convexas e laterais, para as laterais podem conseguir curvas extremamente reduzidas. Também transportadores tubulares, que resolvem a questão do derramamento de material e aumento da umidade.

### 3. EXEMPLOS DE BRITAGEM EM SUBSOLO

A figura 1 mostra profundidades de britagem em 17 minas subterrâneas em vários países, com métodos de lavra e de substâncias minerais diferentes. A profundidade mais comum está entre 550 e 650 m. A média foi 754 m.



Mina	Profundidade (m)
Big Gossan	600
Argyle	520
Tanami	1.300
McArthur	600
Williams	1.300
Cannington	575
Feitais	290
Panasqueira	530
Neves Corvo	500 e 700
Lisheen	1700
Grasberg	550
Kemmess	550
Celopech	585
Gaisky	860
Windarra	450
Caraíba	550
Pyhasalmi	1.405
Média	754

Câmara de britagem na Mina Argyle (diamante, Austrália)

Figura 1. Profundidades de britagem em subsolo.

A Mina Big Gossan (Indonésia, cobre-ouro-prata) tem poço de produção que trará o minério de 600 m de profundidade para o nível da correia. A capacidade de içamento será de 7.000 t/dia. O poço de produção despachará minério do britador para a nova correia. Dela, o minério será transportado para o ponto em que será descarregado na correia existente e daí para a pilha de estocagem da planta. A mina terá silos de minério como parte do sistema de produção. Dos níveis de produção, os silos terão capacidade pulmão e minimizarão ou prevenirão paradas e retomadas com custo adicional, improdutivas na britagem e transporte de minério (Chadwick, 2010).

Minas Northparkes (cobre e ouro, Austrália) produzem concentrado de cobre de minas a céu aberto e subterrâneas. O minério do subsolo é lavrado pelo método de abatimento em blocos. Weston (2005) mostra que a continuação do projeto requeria rampa de 14.700m e desenvolvimento lateral

para estabelecer duas rampas com correias. Também estava incluído no escopo escavação de câmara de britagem para britador giratório. Na Mina McArthur (Austrália), o material é desmontado, caindo diretamente na caçamba da carregadeira, que leva para a passagem, que transfere para a planta subterrânea, a 600 m de profundidade, onde é cominuído em moinho semi-autógeno (20 mm), espessado e bombeado à superfície (Cameco, 2012). Na Mina Otjihase (cobre, Namíbia), a britagem primária é feita no subsolo, seguida da secundária e flotação. O minério é trazido à superfície por um sistema de 10 esteiras transportadoras (Mining & Construction, 2008). Na Mina Brunswick (chumbo, zinco, cobre e prata, Canadá), lentes de sulfeto são lavradas a 1.125 m profundidade, com acesso por poço. A preferência é aplicação de realce em subníveis. A perfuração, carregamento de furos e limpeza de minério desmontado por LHD's são realizados por controle remoto. O minério segue para passagens de minério e três plantas de britagem. Britadores de mandíbulas e giratórios com 1.500 t capacidade, reduzem a menos de 150 mm. Acontece a estocagem em silos, o transporte ao poço e içamento à superfície. Enchimento com rocha estéril funciona como plataforma de trabalho.

A Mina Nchwaning (manganês, Índia) é semi-automatizada, o minério é transportado da frente de lavra, onde é desmontado por explosivo, para quatro silos, cada um reservado para determinado teor. Dos silos, o material vai para britadores subterrâneos que reduzem a menos de 150 mm, de modo a ser transportado por correia para um dos sete silos, cada um com capacidade para 2.000 t.

A Mina Renison (estanho, Tasmânia) instalou britagem em subsolo, com correias e içamento em poço, eliminando trajeto de cerca de 5 km por caminhões. Isto, de acordo com Fullelove (1998), permitiu aumentar a produção de 628 mil t/ano para 1 milhão de t. A Mina Telfer (ouro e cobre, Austrália) tem transporte por caminhões do material fragmentado para a britagem, seguido de transportador de correia ao içamento para a superfície (Arndt, 2007). As minas de potássio da PotashCorp seguem essencialmente o mesmo processo até a superfície, após a extração. Monitores da sala de controle comunicam algum problema para operadores da planta. O minério é britado a seco e colocado em salmoura, separado o potássio do sal, bombeado em tanques. Partículas de potássio são içadas à superfície, classificadas como granulares, grosseiras, padrão ou suspensão. Reservatórios nas minas provêm estocagem para mais de 1 milhão de toneladas de produtos. Fassa é uma pedreira de calcário e gesso, na Itália, de larga escala, com britagem iniciada em 2010. O primeiro estágio de britagem é em escavação subterrânea. Como resultado, segundo Metso (2012), é uma pedreira altamente eco-eficiente e totalmente livre de emissão de poeira e ruído para o ambiente. A alimentação da planta é lançada na mandíbula de um poço de 85 m de altura, na técnica de *glory hole*. Alimentador de empurrão assegura fluxo uniforme para o britador. A instalação contém ainda peneira de escalpe, correias, silo grande para carregar o material britado em caminhões. A figura 2 mostra instalação na citada pedreira.



Figura 2. Estação primária em subsolo na pedreira Fassa para controle de poeira e ruído.

Na mina de Cananea, no México, também foi instalado o britador primário no fundo de passagem de minério, retirando-se o produto por correias. A longa experiência com lavra subterrânea inspirou a idéia não usual na época de utilizar correia e britador em subsolo para substituir transporte por superfície na mina a céu aberto, conseguindo efetivar cortes substanciais no alto custo de transporte na movimentação de 80 mil t/dia (Fenn, 1969).

#### 4. NOVAS INSTALAÇÕES E PROJETOS DE BRITAGEM EM SUBSOLO

Aplicações se sucedem em diversos países. Na Kvannevann Mine (Noruega) – minério de ferro, teor estimado em 33,5%, incluindo magnetita é transportado por caminhões e britado em subsolo. Correias transportam para silo de estocagem. Minério lavrado a céu aberto entra no *blending* ([www.ranagruber.no](http://www.ranagruber.no), 2012). O aprofundamento da Mina Ridgeway (cobre e ouro, Austrália) terá a mudança para o método abatimento em blocos, com extensão do sistema de manuseio, incluindo dois novos britadores primários subterrâneos (Newcrest, 2012). Além das expansões citadas, há outros projetos, como na Romênia (ouro e cobre), com 19 anos de vida útil prevista, produzindo 395.014 kg equivalentes (12,7 milhões de onças *troy*), entre outros: Estônia, África do Sul (Syferfontein, Thubelisha, Brandspruit).

A Mina Argyle (diamante, Austrália) terá transição em 2013 para subsolo, com previsão de britagem subterrânea, a 520 m de profundidade, com carregadeiras LHD alimentando dois britadores, na lavra por *block caving* (International Mining, 2009). Mining Weekly (2011) mostra sistema implantado com britadores de mandíbula simples e alimentadores vibratórios com grelhas (200 mm) na Mina Avgold (ouro, África do Sul), com taxa de 565 t/h. A alimentação está entre 200 mm e 600 mm. O projeto Tanami (Austrália) prevê britagem em subsolo, estocagem, transporte em correias e içamento em poço, a 1.300 m de profundidade, com conclusão da implantação em 2014 ([twsp.com.au](http://twsp.com.au), 2012).

#### 5. IMPACTOS: RUÍDO, VIBRAÇÃO E POEIRA

O desmonte de maciços consolidados é feito através de explosivos, seguido de britagem, resultando ruídos quase sempre prejudiciais. Podem ser adotadas certas medidas: orientação da frente de lavra, controle da detonação, enclausuramento da operação. Para evitar ruídos decorrentes dos equipamentos de beneficiamento, deve-se aproveitar ao máximo os obstáculos naturais ou então criar barreiras artificiais. Como exemplo, um marteleto pneumático emite 100 dBA.

A poeira pode ter origem tanto nos trabalhos de perfuração da rocha como nas etapas de beneficiamento e de transporte da produção. Estes resíduos podem ser solúveis, ou particulados que ficam em suspensão. Segundo Souza Silva (2007), a contribuição da mineração para a poluição do ar é principalmente uma poluição por poeira. Medições de exposição a ruído na Denison Mine (Canadá, urânio, lavra por câmaras e pilares, já exaurida) foram realizadas e divulgadas por Savich (1982). Foram registradas 39 medições por operadores de diversas máquinas: fragmentadores, plataformas, correias transportadoras com grelha e britadores. Os níveis excederam o aceitável em fragmentadores e plataformas. Pesquisa em 2003, na Minas Neves Corvo (Portugal), revelou que chaminés principais de ventilação são fonte principal de ruído para a comunidade em torno da mineração (Abreu *et al.*, 2004). A mina tem chaminés de ventilação de 2,4 e 3,5 m diâmetro, 350 e 400 m de extensão ([www.epos.pt](http://www.epos.pt), 2011). A maior fonte de emissão de vibração em mina, que pode ser de resistência suficiente para causar problema à comunidade é o desmonte com explosivo. Também é significativa a vibração de equipamentos como de circuitos de britagem e peneiras

vibratórias, que emite energia sonora de muito baixa frequência (Department of Environment. Australia, 2012).

## 6. CONCLUSÕES

A britagem do minério antes do içamento em subsolo pode oferecer vantagens como diminuição da quantidade a transportar, diminuição de custo e possibilidade do estéril ser usado na sustentação do maciço rochoso. O processamento de minério em subsolo pode reduzir desgaste em equipamentos de manuseio, aumentar a capacidade, reduzir bloqueios no fluxo por gravidade e aumentar a produtividade da planta. Minas metálicas têm estudado a continuação do manuseio de minério em profundidade. Das opções recorrentes (construção de poço interno, conectado ao acesso antes existente por meio de rampa interna de transporte; construção de um novo poço a partir da superfície, acessando a zona mineralizada diretamente), duas incluem geralmente estação de britagem primária no subsolo. Desenvolvimentos em automação, em transporte por correias e em estudos de propriedades necessárias ao estéril e rejeito para sustentação de escavações, associados à britagem em subsolo, podem auxiliar na solução de algumas questões em minas subterrâneas com redução tanto em custos de investimento como de operação, bem como do tamanho da instalação necessária.

## 7. REFERÊNCIAS

ABREU, T.; RODRIGUES, C. C.; ZAMBUJO, M. J.; BENTO COELHO, J. L. 2004. Controle de ruído na indústria mineira, 8p. Disponível em [www.sea-acustica.es](http://www.sea-acustica.es), acesso em 05/01/2011.

ARNDT, P. (2007). Telfer Gold Mine. Disponível em [www.newcrest.com](http://www.newcrest.com), acesso em julho/2012.

CAMECO. [www.cameco.com](http://www.cameco.com), acesso em julho/2012.

CHADWICK, 2010. Freeport Indonesia's next underground mine. International Mining, February 2010, p. 10-18.

COSTA, L. R. C. (1984). Underground Sorting in Deep Mines. Canadá. Queen's University.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENT. AUSTRALIA. Noise, vibration and airblast control. Disponível em <http://www.ret.gov.au/resources/Documents>, acesso em dezembro/2012.

FENN, A. J. Cananea Lowers Open-Pit Haulage Costs Through Underground Crusher-Conveyor System. Mining Engineering, v. XXI, 6 p. AIME. 1969.

FULLELOVE, N. (1998). Renison Internal Shaft Materials Handling System. Disponível em <http://www.onemine.org>, acesso em julho/2012.

GRAY, S. PYTHON Underground Processing Plant Critical Design. XXV International Mineral Processing Congress (IMPC). Austrália. 2010.

INTERNATIONAL MINING. Argyle diamonds, 6p., january/2009. Disponível em [www.infomine.com](http://www.infomine.com), acesso em julho/2012.

SILVA, J. M. ; LUZ, J. A. M. . Britagem em Minas Subterrâneas. In: XXIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa, 2011, Salvador. In: LIMA, L. R.P. A. *et al.* (ed.).



Anais do XXIV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa. Salvador: EUFBA, 2011. v. 1. p. 392-399.

LUZ, J. A. M.; SILVA, J. M.; TEIXEIRA, L. A. C. Índices de produtividade em escavação de pequenos poços. Cyted – 3: Red Iberoamericana “Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad” –

MASYS 3ª Jornada técnico-científica de “Medio Ambiente Subterráneo y Sostenibilidad” – Investigación y innovación. Quito, 2011.

METSO. Fassa makes sustainable quarrying a reality. Disponível em <http://www.metso.com/miningandconstruction>, acesso em dezembro/2012.

MINING WEEKLY. [www.miningweekly.com/article/underground-crushing-plant-handles-565-th](http://www.miningweekly.com/article/underground-crushing-plant-handles-565-th), acesso em 03/04/2011, postado em 14/12/2001.

NEWCREST Mining Limited. Cadia Valley Province. Disponível em [www.newcrest.com.au/projects](http://www.newcrest.com.au/projects), acesso em julho/2012.

PITARD, F. F. Pierre Gy's sampling theory and sampling practice, Second Edition, CRC Press, New York, 1993.

SAVICH, M.U. Noise measurement on underground crushing equipment at Denison Mines Ltd. in Elliot Lake. Canada Centre for Mineral and Energy Technology. 1982.

SAXBY; ELKINK. Materials transportation in mining – trends in equipment development and selection. Australian Bulk Handling Review, 11p. 2010.

SOUZA SILVA, J. P. Impactos Ambientais Causados por Mineração. Revista Espaço da Sophia, n. 08, 2007.

TANAMI Shaft Project. Newcrest Mining. Disponível em [www.twsp.com.au](http://www.twsp.com.au), acesso em julho/2012.

VALENTE, J. M. G. P. Geomatemática: Lições de Geoestatística. Ouro Preto: Fundacao Gorceix, 1989.

VATCHER, J. L. 2009. Underground Comminution of Ore. Disponível em <[wiki.queensu.ca](http://wiki.queensu.ca)>, acesso em 2013.

WESTON, A. Excavation of the Lift 2 Crusher Hydroset Chamber and Orepass in Seismically Active Conditions at Northparkes Mines. 2005.

