

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Minas e de
Petróleo

ISSN 0104-0553

BT/PMI/202

**Avaliação da Poeira de Sílica: Um
Estudo de Caso em uma Pedreira na
Região Metropolitana de São Paulo**

Gerrit Gruenzner
Sérgio Médici de Eston



São Paulo - 2003

141.8309

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Gerrit Gruenzner, sob a orientação do Prof. Dr. Sérgio Médici de Eston: "Avaliação da Poeira de Silica: Um Estudo de Caso em uma Pedreira na Região Metropolitana de São Paulo", defendida em 15/08/03, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição dos interessados com o autor e na Biblioteca do Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Gruenzner, Gerrit

Avaliação da poeira de sílica : um estudo de caso em uma pedreira na região metropolitana de São Paulo / Gerrit Gruenzner, Sérgio Médici de Eston. -- São Paulo : EPUSP, 2003.

18 p. -- (Boletim técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo ; BT/PMI/202)

1. Saúde ocupacional 2. Pedreiras 3. Mineração I. Eston, Sérgio Médici de II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo III. Título IV. Série
ISSN 0104-0553

CDU 613.62
622.271.2
622

AVALIAÇÃO DA POEIRA DE SÍLICA: UM ESTUDO DE CASO EM UMA PEDREIRA NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO

EVALUATIONS OF SILICA DUST: CASE STUDY AT A QUARRY IN SÃO PAULO'S METROPOLITAN AREA

Autores:

Gerrit Gruenzner.

Sérgio Médici de Eston

Resumo O presente estudo aborda a avaliação da concentração de poeira contendo sílica cristalina no ambiente de trabalho em uma empresa de mineração a céu aberto produtora de brita na região metropolitana de São Paulo. Com o objetivo de estimar os riscos da exposição ocupacional à poeira de sílica cristalina foram obtidas doze amostras de poeira na fração respirável em cinco atividades realizadas na lavra de brita. As amostras de poeira respirável foram coletadas junto aos trabalhadores, utilizando-se bombas de amostragem de uso individual, ciclone Dorr-Oliver e filtros de membrana de PVC. O método analítico adotado para quantificação da sílica cristalina utilizou a técnica de espectrometria de difração de raios X.

Os resultados obtidos nos processos de perfuração e britagem indicaram que os riscos de exposição à poeira são inaceitáveis. Mesmo em condições ambientais apresentando chuviscos ocasionais, a perfuratriz provida de sistema de umidificação proporcionou concentrações de poeira respirável acima dos limites de exposição. Na atividade de movimentação de rochas os resultados apresentaram riscos aceitáveis de exposição para o operador da pá carregadeira devido à cabina dispor de sistema de ar condicionado, isolando o trabalhador do meio externo.

Abstract The study presents the evaluations of dust concentration contend crystalline silica in the working environment in a quarry in São Paulo's metropolitan area. With the purpose of risks assessment estimation of the occupational exposure to crystalline silica were obtained twelve dust samples in the respirable mass fraction in five activities accomplished in the mining process of crushes. The respirable dust samples were collected close to the workers, using personal samplers pump, Dorr-Oliver cyclone and PVC membrane filters. The analytic method adopted for quantification of crystalline silica used X-ray diffraction spectrometry.

The results obtained in the drilling and crushing processes indicated that the exposure risks to the dust are unacceptable. Even in environmental terms happening occasional fine drizzle, the drill resulted from wet system provided concentrations of respirable dust above the exposure level. In the rocks transport activity the results revealed acceptable risks of exposure for the operator of the shovel due to the cabin have air conditioner system, isolating the worker of the external area.

INTRODUÇÃO

A crescente demanda por bens minerais e a conseqüente intensificação dos meios de produção impõem à indústria extrativa mineral, a necessidade de disponibilizarem recursos cada vez maiores para atenderem ao crescimento demográfico e aos anseios da sociedade por uma qualidade de vida melhor. Entretanto, muitos processos produtivos empregados pela mineração ainda incluem métodos, operações e materiais que podem dar origem a danos para a saúde e a integridade física dos trabalhadores e ao meio ambiente.

Coelho (2001) descreve que, embora essa atividade industrial tenha uma atribuição fundamental que é a produção de material básico para a construção civil, a população em geral não a identifica como fonte de matéria prima essencial, mas como uma perturbação a ser suprimida, principalmente quando as jazidas se encontram em áreas urbanas. Geralmente as pedreiras são percebidas isoladamente como uma fonte de poeira, de ruído e de vibração, além da poluição visual.

Não obstante, a industrialização e o desenvolvimento não precisam estar necessariamente associados com perdas e prejuízos para a saúde e segurança dos trabalhadores, nem tampouco com a poluição do meio ambiente. Os riscos presentes em tais atividades podem e devem ser gerenciados a fim de se controlar e reduzir os danos e as conseqüências. O processo empregado para organizar e detalhar essas atividades no ambiente de trabalho, de forma a ajustar o desenvolvimento da empresa com a saúde e segurança dos trabalhadores, é o que denominamos de Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR).

O objetivo do programa do gerenciamento de riscos é assegurar que os riscos potenciais sejam identificados e que ações apropriadas sejam tomadas para reduzir estes riscos, o quanto for tecnicamente factível. Estas ações se baseiam no balanceamento de estratégias para o controle dos riscos, sua eficiência e custo, e das necessidades e interesses das partes interessadas.

Pelas próprias características das pedreiras que movimentam alguns milhares de toneladas de rochas por dia, as fontes de poeiras estão presentes praticamente em todas as operações. Este estudo pretende conhecer o risco de exposição à sílica e se as medidas de controle empregadas estão protegendo os trabalhadores, uma vez que a exposição à poeira não é eventual e sim contínua e constante.

Perfil industrial das pedreiras

A Diretoria de Desenvolvimento Mineral e Relações Institucionais do DNPM selecionou 1.862 minas às quais foram classificadas em pequenas, médias e grandes, com base em informações contidas nos Relatórios Anuais de Lavra, ano-base 2000 apresentados ao DNPM, pelas empresas de mineração (Brasil, 2000a). O critério adotado considerou apenas minas com produção bruta "*run of mine*" igual ou superior a 10.000 t/ano, não sendo consideradas as produções de petróleo, gás natural e água mineral.

Dentre este universo de 1.862 minas, a região sudeste conta com um total de 1.028 minas, e representa a região com a maior concentração de minas (55,2%), em que o Estado de São Paulo destaca-se com o maior número, 537 minas; seguido pelo Estado de Minas Gerais, 307 minas; Rio de Janeiro 153 minas e o Espírito Santo, 31 minas.

Considerando a distribuição das minas por substância mineral, verifica-se que 428 minas do universo de 1.862, ou seja, 23,0% correspondem às de pedras britadas.

Segundo a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (1999), o Estado de São Paulo participa com 181 áreas de exploração mineral de brita.

Tepordei (1999) apud Coelho (2001) relatou que a produção de agregados naturais está diretamente relacionada com a população e o nível de desenvolvimento industrial de uma região. Por exemplo, em 1996, o consumo de agregados *per capita* nos Estados Unidos da América foi de 8,7 t, enquanto no Brasil em 2000 foi de 2,2 t.

Segundo Coelho (2001), o consumo de brita na RMSP cresceu de 11,8 milhões de metros cúbicos em 1994 para 17,7 milhões de metros cúbicos em 2000, o que representou um aumento de 50% em sete anos.

Conforme Brasil (2002b), em 2001 foram produzidos 399,0 milhões de toneladas de agregados para construção civil, representando um crescimento de 4,6% em relação a 2000. Deste total, 162,8 milhões de toneladas são representadas por pedras britadas e 236,1 milhões de toneladas de areia; sendo que o estado de São Paulo respondeu por 33,2% da produção nacional¹.

A segmentação do mercado consumidor brasileiro para brita, em 2001, indicou que 70% da produção foi destinada à mistura com cimento e 30% com asfalto betuminoso. Dentre os 70% integrados ao cimento, o concreto participa com 35%, pré-fabricados com 15%, revenda em lojas de construção e depósitos com 10% e outros segmentos como cascalhamento, enrocamento, gabiões, lastro de ferrovia e contenção de taludes, respondem pelos 10% restantes. Com um consumo em 2001 de 26,9 milhões de t, a RMSP é o maior mercado consumidor de pedra britada do país (Brasil, 2002b).

Segundo Brasil (2000a), a pedra britada está entre as cinco primeiras substâncias com maior valor de produção, que são petróleo, ferro, gás natural, pedras britadas e ouro, e que respondem a 82,1% da produção mineral brasileira durante o ano 2000. Excluindo o petróleo e o gás natural, as pedras britadas contribuem com 11% do valor da produção mineral brasileira em 2000.

Mesmo que a brita ocupe uma posição de destaque em termos de valor de produção, os dados de consumo demonstram que no país existe uma demanda latente de agregados, representada por um alto índice de falta de moradias, por uma infra-estrutura sanitária deficiente, pelo colapso das rodovias, que tem sido agravado pelo acelerado crescimento urbano, como é o caso da RMSP, região mais desenvolvida no país.

Aspectos da legislação

A Portaria nº 3.214 do Ministério do Trabalho e Emprego, define Limite de Tolerância (LT) como sendo "a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará dano à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral" (Brasil, 1978).

Nos Estados Unidos da América, a Occupational Safety and Health Administration (OSHA) é o órgão governamental responsável pelo cumprimento dos limites de tolerância. A OSHA foi criada nos Estados Unidos em 1970, por meio da Lei de Segurança e Saúde Ocupacional, que promulgou em 1971 a sua primeira listagem de Limites de Exposição Permissíveis, baseada na lista de valores dos limites de exposição

¹ Para conversão de m³ em t de brita pode-se utilizar o valor da densidade aparente média de 1,6 g/cm³ (Fábrica de Aço Paulista, 1994). In situ depende da densidade da rocha.

propostos pela American Conference of Governmental Industrial Hygienist – (ACGIH)² de 1968 (Paustenbach, 1997).

Os limites de exposição (TLV[®])³ preconizados pela ACGIH, "referem-se às concentrações das substâncias químicas dispersas no ar e representam condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, dia após dia, sem sofrer efeitos adversos à saúde", American Conference of Governmental Industrial Hygienist (2003).

A diferença entre a definição técnica da ACGIH para os TLV e a definição legal dos LT, é que a lei não pode fazer distinção entre pessoas, e os LT se aplicam igualmente a todos trabalhadores, devendo garantir que se a exposição ao agente estiver abaixo do LT, não haverá dano à saúde do trabalhador. Por outro lado, a definição técnica não é tão rígida, permitindo que os limites de exposição não sejam aplicados para todos os trabalhadores, devido à variação da suscetibilidade individual, em que uma parcela poderá apresentar até uma determinada doença em concentrações iguais ou inferiores ao TLV.

O Limite de Exposição é um termo genérico que representa a concentração permitida, com base nos efeitos à saúde e no período de tempo para comparação com o limite permitido.

Os limites de exposição podem ser vistos como um referencial na relação entre a exposição e efeito, exposição esta considerada aceitável. Enquanto a relação estimada entre exposição e efeito é um produto do processo de avaliação do risco, o limite desse referencial envolve um julgamento sobre o que é aceitável, passando a ser, então, uma decisão do gerenciamento de riscos.

Sob o enfoque técnico, os limites de exposição foram desenvolvidos como guias de orientação para a prevenção dos riscos à saúde. Estes limites não são fixos, podendo ser alterados, pois refletem o atual conhecimento científico que se tem sobre as substâncias. Face às condições restritas do limite de exposição, que não é considerado uma linha divisória entre concentrações seguras e inseguras, um novo parâmetro foi estabelecido para a prevenção dos riscos no ambiente de trabalho, e também regulamentado em lei, que é o Nível de Ação. Conforme definido na NR-9 - PPRA, regulamentada pela Portaria nº 25 de 29 de dezembro de 1994, que alterou a Portaria nº 3.214 de 1978, "é um valor de concentração que corresponde a metade do LT para os agentes químicos". O que significa dizer que, quando ultrapassado, deverão ser adotadas ações preventivas que, no mínimo, assegurem a manutenção das condições existentes, de forma a não permitirem degenerações próprias de qualquer processo dinâmico, especialmente quando possam conduzir a condições que se aproximem ou ultrapassem os limites de exposição (Saad; Giampaoli, 1999).

Estatisticamente o nível de ação representa um valor de concentração abaixo do qual pode-se garantir, com 95% de confiança que o limite de exposição não será ultrapassado em 95% dos dias de trabalho, durante o ano (Hawkins; Norwood; Rock, 1991).

No caso das poeiras minerais, especificamente as poeiras contendo sílica livre cristalizada, o Anexo 12 da NR-15 estabelece três limites de tolerância distintos, os quais não são fixos, isto é, variam em função da porcentagem de quartzo contida na amostra.

² Entidade privada dos Estados Unidos da América, fundada em 1938, com reconhecimento internacional sobre suas atividades concernentes às informações e recomendações práticas para os higienistas ocupacionais ao redor do mundo.

³ Denominação em inglês Threshold Limit Values e é marca registrada da ACGIH.

O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m^3 , é dado por:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2} \quad \text{mg}/\text{m}^3 \quad (1)$$

Muito embora existam os três limites de tolerância distintos para poeira de sílica, a ACGIH recomenda utilizar o limite de exposição que considera a seleção do tamanho das partículas, como reconhecimento da associação bem estabelecida entre a silicose e as concentrações de poeira respiráveis.

De acordo com a recomendação da ACGIH (2003), quando duas ou mais substâncias que atuam sobre o mesmo sistema orgânico ou órgão estiverem presentes, deverão ser considerados os seus efeitos combinados, e a fórmula preconizada para o cálculo do TLV é para as misturas. Na falta de informações contrárias, a ACGIH (2003) sugere que os efeitos de diferentes riscos devam ser informados como aditivos; isto é, se a soma das seguintes frações:

$$\frac{C_1}{TLV_1} + \frac{C_2}{TLV_2} + \dots + \frac{C_n}{TLV_n} \quad (2)$$

exceder a unidade, então o limite de exposição da mistura deve ser considerado excedido, sendo que C_n indica a n -ésima concentração atmosférica observada e TLV_n o limite de exposição correspondente para as n -ésimas substâncias.

Partindo desse conceito de efeito aditivo, Hearl (1996), demonstrou a seguinte equação matemática para calcular o LT para sílica:

considerando C_q a concentração correspondente a quartzo com TLV de $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$, e, considerando C_p a concentração de poeira respirável com TLV igual a $5,0 \text{ mg}/\text{m}^3$; aplicando a fórmula para misturas obtemos:

$$\left(\frac{C_q}{0,1} \right) + \left(\frac{C_p}{5,0} \right) = 1 \quad (3)$$

Por uma regra de três, determina-se o percentual de quartzo:

$$\begin{array}{ll} C_p \longrightarrow 100\% \\ C_q \longrightarrow \% \text{ quartzo} \end{array} \quad (4)$$

Assim:

$$\% \text{ quartzo} = \left(\frac{C_q}{C_p} \right) \times 100 \quad (5)$$

Multiplicando-se a eq.(3) por $\left(\frac{10}{C_p} \right)$ temos:

$$\left(\frac{C_q}{0,1} \right) \left(\frac{10}{C_p} \right) + \left(\frac{C_p}{5,0} \right) \left(\frac{10}{C_p} \right) = \left(\frac{10}{C_p} \right) \quad (6)$$

Simplificado temos:

$$\left\{ \left(\frac{C_q}{C_p} \right) \times 100 \right\} + 2 = \left(\frac{10}{C_p} \right) \quad (7)$$

Substituindo % quartzo da eq.(5) dentro dos colchetes da eq.(7) temos:

$$\% \text{ quartzo} + 2 = \left(\frac{10}{C_p} \right) \quad (8)$$

Rearranjando a eq.(8) temos que:

$$C_p = \frac{10}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3 \quad (9)$$

Portanto, o TLV para poeira de sílica respirável, que agrupa o TLV de 0,1 mg/m³ para o quartzo e 5,0 mg/m³ para poeira respirável, é a própria fórmula para misturas rearranjada.

Com a publicação da Portaria nº 3.214 de 1978 do MTE, o governo brasileiro passou a adotar os limites indicados pela ACGIH, porém, devido a diferença da jornada de trabalho (na época a jornada de trabalho no Brasil era de 48 horas semanais enquanto a recomendação da ACGIH era para 40 horas semanais), foi necessário adaptar os novos valores dos limites de tolerância.

Segundo Arcuri; Cardoso (1991), o critério aplicado pelo governo para corrigir os novos limites de tolerância foi o modelo toxicocinético desenvolvido pelos pesquisadores Brief e Scala.

O modelo desenvolvido por Brief; Scala (1975), tem a seguinte expressão:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128} \quad (10)$$

onde: FR = fator de redução

h = nova jornada de trabalho em horas (48)

40 = jornada de trabalho de 40 horas semanais

168 = 7 dias da semana multiplicado por 24 horas

128 = 168 - 40 (parcela correspondente ao tempo em horas de não-exposição)

Aplicando $h = 48$ na eq.(10) temos:

$$FR = 0,8 \quad (11)$$

Da multiplicação do FR de 0,8 pelo TLV obtém-se os novos limites de tolerância corrigidos, segundo Brief e Scala.

Assim, o limite de tolerância para sílica respirável é:

$$LT = \frac{8}{\% \text{ SiO}_2 + 2} \text{ mg/m}^3 \quad (12)$$

O modelo proposto por Brief e Scala reduz o TLV proporcionalmente ao aumento de exposição e à redução do tempo de não-exposição. Conforme a ACGIH (2003), este modelo pode ser aplicado para jornadas de trabalho superiores a 8 horas por dia ou 40 horas por semana, não devendo ser aplicado para justificar concentrações mais elevadas que as permitidas, quando as exposições são curtas, por exemplo, exposições a 8 vezes o TLV para uma hora de exposição e exposição zero no restante da jornada. Nestes casos, se aplicam as limitações gerais de digressão do TLV e os limites para curta duração, evitando o uso inadequado deste modelo para períodos muito curto de exposição.

Perigo

É importante não confundir risco com perigo. Conforme consta no dicionário Aurélio (Ferreira, 1986), estas duas palavras são consideradas sinônimas. No entanto no âmbito da SST estes conceitos estão definidos de forma diferente e divulgados em diversas normas técnicas por instituições estrangeiras.

O perigo é definido como algo com potencial de causar dano.

De acordo com British Standards Institute (1996), perigo (*hazard*) é uma fonte de dano ou prejuízo potencial, ou uma situação com o potencial para provocar dano ou prejuízo. Segundo a Canadian Standards Association (1997), o termo perigo é uma fonte ou uma situação com o potencial de causar danos em termos de lesões, danos à saúde, prejuízos à propriedade, prejuízos ao meio ambiente, ou uma combinação destes.

O perigo é somente determinado se uma substância ou situação tem o potencial de causar um efeito danoso. O risco não existe se não houver perigo.

Um perigo totalmente isolado ou afastado não se constitui num risco. Assim por exemplo, a sílica cristalina contida num maciço granítico representa perigo, no entanto não há risco, a menos que a sílica seja liberada e dispersa no ambiente e que algum indivíduo esteja exposto e também inale as partículas.

Embora a sílica possua um perigo intrínseco com potencial de causar a silicose, o risco pode ser controlado de forma que não cause dano à saúde.

A identificação do perigo de uma substância envolve a avaliação qualitativa dos dados disponíveis de toxicologia, epidemiologia e biologia. Um perigo não é quantificado, pode ser expresso, via a classificação do efeito predominante que a substância pode produzir como resultado da exposição.

Risco

O termo risco pode ser definido de várias formas, porém, na perspectiva deste trabalho, significa a probabilidade de um efeito específico ocorrer dentro de um período específico ou em circunstâncias específicas.

Dessa forma, o risco, sob o enfoque adotado, pode ser estimado pela perda econômica e/ou de danos à vida humana, resultante da combinação entre frequência de ocorrência e a magnitude das perdas ou danos (consequências).

Assim, risco é a combinação de dois fatores:

- a) a probabilidade de que um efeito adverso possa ocorrer,
- b) a consequência do evento adverso (perdas e/ou danos).

Pode-se expressar o risco como função da frequência e da consequência; como:

$$\text{Risco} = f(\text{frequência}, \text{consequência}) \quad (13)$$

Na perspectiva de Jayjock; Lynch; Nelson (2000), a avaliação de riscos à saúde humana do ponto de vista da higiene ocupacional pode ser definida como "a avaliação da exposição a agentes químicos ou físicos para estimar a probabilidade dos efeitos adversos à saúde desta exposição em uma população humana específica".

Os referidos autores adotaram o seguinte algoritmo para auxiliar na descrição de vários aspectos e relações envolvendo a avaliação e o gerenciamento de riscos:

$$\text{Risco} = \left(\frac{\text{probabilidade de efeito à saúde}}{\text{unidade de exposição}} \right) \times \left[\text{nível de exposição} \right] \quad (14)$$

Ou seja; a avaliação de risco pode ser determinada pela probabilidade de efeitos adversos à saúde pela combinação da dose-resposta e a avaliação do nível exposição sobre um período relevante de tempo.

A probabilidade de produzir um efeito adverso à saúde por unidade de exposição é a informação que se busca dos efeitos à saúde em animais e indivíduos, por meio de experimentos e estudos epidemiológicos, e representa o conceito clássico toxicológico da dose-resposta.

Para os propósitos deste trabalho, a exposição é expressa como sendo o produto da concentração da substância no ar pelo tempo de inalação da pessoa.

A estimativa do risco para uma determinada atividade ou processo é avaliada, de modo a subsidiar a tomada de decisão quanto à necessidade de sua redução ou não. Para tanto, são utilizados critérios comparativos entre riscos, o que implica necessariamente no estabelecimento de níveis de aceitabilidade ou tolerabilidade de riscos. A aceitabilidade de um risco é tema de julgamento pessoal, social, político e econômico.

A equação (14) apresentada anteriormente estabelece uma definição formal e essencialmente analítica para a avaliação do risco. Porém, na prática, essa equação sofreu algumas alterações de uso comum, passando a incluir o elemento da aceitabilidade de risco. Dessa forma, a avaliação do risco passou a ter embutido um aspecto subjetivo adicional, podendo ser expresso pela seguinte relação simplificada:

$$\text{Risco} = \frac{\text{exposição}}{\text{limite de exposição}} \quad (15)$$

Quanto mais o risco da equação (15) tender a zero, ou quanto menor for a exposição, maior será a garantia de não ocorrer dano, e a aceitabilidade do risco será maior.

A estimativa do risco em determinadas situações é um objetivo técnico, porém, determinar a aceitabilidade desse risco é um julgamento que envolve outros valores. Não há um único número para aceitabilidade do risco, sendo a aceitabilidade o nível de risco associado com a alternativa aceitável, pactuada, ou até imposta às partes afetadas e interessadas.

O estabelecimento de limites para riscos aceitáveis depende de muitos fatores complexos, cujo resultado normalmente apresenta um nível razoável de incerteza. Esse fato decorre principalmente em função das dificuldades para determinação exata de todos os riscos envolvidos, além de ter que se considerar outros aspectos de percepção dos riscos, tais como fatores individuais, fatores ambientais e fatores contextuais.

Dessa forma, a expressão do risco na equação (15), apesar de aparentar ser simples e apresentar o risco numericamente, no máximo poderá indicar uma estimativa do risco como resultado, pois não estão sendo levadas em consideração as outras variáveis estudadas pelas ciências sociais e pela psicologia.

Sílica

Sílica, quartzo, sílica livre, sílica livre cristalizada ou sílica cristalina são sinônimos sendo representadas por um composto unitário de SiO_2 (dióxido de silício). A unidade estrutural da maioria das formas da sílica e dos silicatos é um arranjo tetraédrico de quatro átomos de oxigênio (O) ao redor de um átomo de silício (Si) centralizado formando silício tetraédrico SiO_4 . Variações na orientação entre as células de silício tetraédrico resultam em nova simetria produzindo diferentes polimórficos da sílica como quartzo, tridimita, cristobalita, trípoli, sílica gel e sílica fundida, que também possuem características toxicológicas distintas.

A principal fonte de sílica cristalina é o quartzo, cujo mineral constitui a maioria das classes de rochas. Os silicatos é a classe de maior importância, pois, cerca de 25% dos minerais conhecidos e quase 40% dos mais comuns são silicatos. A sílica constitui cerca de 60%, em peso, da crosta terrestre, ocorrendo sozinha ou combinada com outros óxidos ou silicatos (Patterson, 1997).

Boa parte dos minerais empregados na construção civil é aplicada tal como se encontra na natureza. Um dos mais importantes deles é o granito, notável por sua dureza e resistência. Da trituração de blocos maiores da rocha, obtém-se a brita, que pode ser usada *in natura* ou misturada, servindo de base para produção do concreto, para pavimentação de rodovias e para fabricação de artefatos de cimento e outros pré-moldados.

Segundo Cuchierato (2000), na RMSP, as britas são predominantemente originárias de rochas de composição granítica (granitos e gnaisses), correspondendo em torno de 90% do total de minerações. Neste mesmo estudo, a autora apresenta os resultados das análises químicas realizadas para vários componentes da areia, obtidas em 14 empresas estudadas. As porcentagens em peso referentes aos teores de quartzo variam entre 58,9% e 72,0%, com média de 67,03%. Muito embora esses resultados expressem a porcentagem de quartzo contido nos resíduos de uma parcela das minerações de agregados, e não para todo o universo das pedreiras da RMSP, observamos que o quartzo é a substância predominante na composição desse tipo de material.

Silicose

Poeira respirável envolve partículas cujos diâmetros aerodinâmicos são menores que 10 μm . Essa definição foi originalmente recomendada pelo British Medical Research Council (BMRC) em 1952, e internacionalmente adotada em 1959 durante a Johannesburg Pneumoconiosis Conference (Lioy; Lippmann; Phalen, 1985).

A principal via de entrada das poeiras no organismo é através do sistema respiratório, já que as superfícies dos alvéolos pulmonares num adulto, representam uma área que varia entre 75 a 85 m^2 e um volume respiratório variando aproximadamente entre 500 a 600 litros de ar por hora, segundo Vallyathan; Shi (1997). Assim, o consumo médio diário de um adulto é em torno de 13.000 litros de ar por dia, e dependendo do esforço físico realizado, o consumo de ar pode aumentar.

A inalação de partículas respiráveis de sílica, que são capazes de penetrar e de depositar na região alveolar, conduz a um processo fibrótico no pulmão conhecido por silicose. A sílica cristalina é tóxica para o macrófago alveolar devido às suas propriedades de superfície que levam à destruição da membrana celular.

A sílica amorfa não tem sido associada a silicose, porém pode causar irritação no sistema respiratório.

Segundo Estados Unidos da América (2002), a silicose pode se manifestar patologicamente sob três formas distintas: a silicose aguda, a silicose acelerada ou sub-aguda e a silicose crônica, dependendo da concentração de sílica cristalina. Além disso, a silicose é uma doença irreversível, isto é, mesmo não havendo mais a exposição à poeira de quartzo, a doença não se estabiliza, mas continua progredindo (Kitamura; Bagatin; Capitani, 1996).

Castranova et al. (1996) têm reportado que a trituração da sílica cristalina gera radicais livres de silício-oxigênio na superfície da partícula e que esta poeira recém gerada é mais citotóxica *in vitro* que a sílica fragmentada a mais tempo.

Instrumentação para coleta de poeira

Os materiais utilizados para a coleta de poeira em campo foram: bombas de amostragem de uso individual marca Buck-Genie modelo VSS-5 calibradas na vazão de 1,7 L/min; ciclone de náilon tipo Dorr-Oliver; filtro de membrana de PVC com 37 mm de diâmetro e 5 μm de poro marca MSA tipo FWS-B; porta-filtro de três corpos de 37 mm de diâmetro com suportes de celulose marca Millipore tipo AP-10.

Análises laboratoriais

Para qualificação e quantificação da sílica cristalina presente nas amostras utilizou-se o método analítico MHA 01/D: Determinação quantitativa de sílica livre cristalizada por difração de raios-X, da Fundacentro, que é o método 7500 do NIOSH adaptado (Anjos, 1989). O método foi desenvolvido para atender aos limites legais, sendo que a faixa de trabalho para o quartzo corresponde a 0,006 mg para o limite de detecção e 0,012 mg para o limite da quantificação. Esta metodologia também se mostrou adequada para quantificação da sílica proposta no TLV da ACGIH.

RESULTADOS OBTIDOS

Na tabela 1 são apresentados os dados referentes às amostragens, agrupados de acordo com a atividade, com o respectivo tempo e volume de amostragem, e as análises laboratoriais obtidas na pedreira objeto de estudo.

Tabela 1 – Dados das amostragens, massa e porcentagem de quartzo na poeira.

Data da coleta	Código do filtro	Atividade	Tempo de amostragem (min)	Volume amostrado (m³)	Massa de poeira amostrada (mg)	% Quartzo
13/02	BJ-49	marleteiro	200	0,3432	1,29	17,8
27/02	BJ-53	marleteiro	270	0,4609	1,06	14,2
13/02	BJ-48	operador do britador	207	0,3519	0,51	19,6
27/02	BJ-50	operador do britador	216	0,3700	0,27	14,8
17/03	BJ-55	operador do britador	388	0,6635	0,40	20,0
20/03	BJ-61	operador do britador	375	0,6412	0,51	23,5
27/02	BJ-51	operador da perfuratriz	306	0,5202	0,82	20,7
27/02	BJ-52	operador da perfuratriz	241	0,4121	0,24	29,2
21/03	BJ-58	operador da perfuratriz	284	0,4856	0,25	12,0
21/03	BJ-59	operador da perfuratriz	306	0,5263	0,29	13,8
27/02	BJ-54	motorista do caminhão	230	0,3903	0,10	<2,6
20/03	BJ-60	operador da pá carregadeira	339	0,5797	0,03	massa insuficiente

Na tabela 2 são apresentados os dados referentes às concentrações de poeira das amostras agrupadas por atividade, o Limite de Tolerância para poeira respirável conforme estabelecido no Anexo 12 da NR-15, o nível de ação (50% do LT) e o risco de exposição relativo ao LT.

Tabela 2 – Tabela comparativa entre o valor da concentração de poeira com o Limite de Tolerância, Nível de Ação e o Risco.

Código do filtro	Atividade	Concentração de poeira (mg/m ³)	Limite de Tolerância (mg/m ³)	Nível de Ação (mg/m ³)	Risco
BJ-49	marleteiro	3,76*	0,40	0,20	9,4*
BJ-53	marleteiro	2,30*	0,49	0,25	4,7*
BJ-48	operador do britador	1,45*	0,37	0,19	3,9*
BJ-50	operador do britador	0,73*	0,48	0,24	1,5*
BJ-55	operador do britador	0,60*	0,36	0,18	1,7*
BJ-61	operador do britador	0,79*	0,31	0,16	2,5*
BJ-51	operador da perfuratriz	1,58*	0,35	0,18	4,5*
BJ-52	operador da perfuratriz	0,58*	0,26	0,13	2,2*
BJ-58	operador da perfuratriz	0,51	0,57	0,29	0,9
BJ-59	operador da perfuratriz	0,55*	0,51	0,26	1,1*
BJ-54	motorista do caminhão	0,26	1,74	0,87	0,1
BJ-60	operador da pá carregadeira	0,05	—	—	—

Na coluna Concentração de Poeira estão destacados com asterisco os valores que ultrapassam o Limite de Tolerância e na coluna Risco os valores que excedem o LT.

Tabela 3 - Tabela comparativa entre o valor da concentração de quartzo com o TLV e o Risco.

Código do filtro	Atividade	Massa de quartzo (mg)	Concentração de quartzo (mg/m ³)	TLV ⁴ (mg/m ³)	Risco
BJ-49	marleteiro	0,23	0,67*	0,04	16,8*
BJ-53	marleteiro	0,15	0,32*	0,04	8*
BJ-48	operador do britador	0,10	0,28*	0,04	7*
BJ-50	operador do britador	0,04	0,11*	0,04	2,8*
BJ-55	operador do britador	0,08	0,12*	0,04	3*
BJ-61	operador do britador	0,12	0,19*	0,04	4,8*
BJ-51	operador da perfuratriz	0,17	0,33*	0,04	8,3*
BJ-52	operador da perfuratriz	0,07	0,17*	0,04	4,3*
BJ-58	operador da perfuratriz	0,03	0,06*	0,04	1,5*
BJ-59	operador da perfuratriz	0,04	0,08*	0,04	2*
BJ-54	motorista do caminhão	<0,01	<0,03	0,04	—
BJ-60	operador da pá carregadeira	—	—	0,04	—

Na coluna Concentração de Quartzo estão destacados com asterisco os valores que ultrapassam o TLV e na coluna Risco os valores que excedem o limite de exposição.

Discussão dos resultados

Nas tabelas 2 e 3 são comparados os valores das concentrações de poeira com o LT estabelecido na NR-15 e com o nível de ação, e as concentrações de quartzo com o TLV preconizado pela ACGIH respectivamente.

O parâmetro da ACGIH foi adotado porque além de ser mais restritivo que o limite de tolerância, é referência para o estabelecimento de medidas preventivas.

Os Riscos foram obtidos pela relação da equação (15), dividindo-se a concentração de poeira pelo LT e a concentração de quartzo pelo TLV respectivamente.

Todas as amostras foram analisadas por gravimetria, entretanto, não foi possível a quantificação de sílica cristalina da amostra BJ-60, porque a massa obtida foi insuficiente e o método analítico possui sensibilidade somente para amostras com massa acima de 0,10 mg.

O fato da amostra BJ-60 apresentar massa insuficiente para análise, mesmo cobrindo 70% da jornada de trabalho, foi devido a condição da amostragem ser realizada dentro

⁴ Valor do TLV corrigido segundo Brief e Scala para jornada de trabalho de 48 horas semanais.

da cabina fechada da pá carregadeira, equipada com ar condicionado, numa condição isolada do ambiente externo.

Embora a amostra BJ-54, obtida junto ao motorista do caminhão caçamba, apresentasse valores de concentração de poeira abaixo do nível de ação, ela não foi considerada representativa da exposição. A baixa concentração de poeira foi causada pela paralisação da atividade do motorista do caminhão, provocada pela interrupção da britagem, o que motivou o desligamento do equipamento de coleta mesmo antes de completar 50% da jornada de trabalho. A cabina deste caminhão era do tipo comum, sem sistema de ar condicionado.

Dentre as atividades amostradas, as maiores concentrações de poeira foram observadas na perfuração secundária, junto ao marleteiro. Esta operação é realizada a seco, sem nenhuma medida de prevenção coletiva para redução da geração de poeira. Além da poeira provocada por esta operação (maior concentração obtida de $3,76 \text{ mg/m}^3$), o operador do marlete também está exposto simultaneamente ao ruído e vibração provocados pelo próprio equipamento, respingos de óleo mineral, cujos riscos de exposição podem acarretar outros problemas ocupacionais.

Nas operações que utilizam a carreta de perfuração pneumática, as amostras apresentaram as maiores e também as menores porcentagens de sílica respirável, variando entre 12% e 29,2% de sílica para as amostras BJ-58 e BJ-52 respectivamente. Essa variação em mais de 100%, pode ser justificada, principalmente pela composição mineralógica bastante variável.

É importante observar que as amostras BJ-58 e BJ-59, referentes aos operadores das perfuratrizes, foram coletadas ao ar livre e em condições meteorológicas favoráveis à redução da concentração de poeira, por apresentar chuviscos ocasionais. Das quatro amostras obtidas das carretas de perfuração pneumáticas, três perfuratrizes possuíam sistema para umectação da poeira, e para uma amostra (filtro BJ-52), havia o controle de poeira por sistema de ventilação local exaustora com coifa envolvendo a haste de perfuração e ciclone para coleta das partículas. No método a úmido, a água é introduzida na forma de névoa no jato de ar de limpeza do furo, promovendo a aglomeração das partículas de poeira e formando grânulos que saem pelas laterais do furo.

Na atividade da britagem os dados foram obtidos em quatro dias diferentes, sob condições meteorológicas e de produção diferentes, e mesmo assim todas as amostras apresentaram concentrações de poeira acima do LT. Embora a concentração mais baixa na britagem tenha sido a da amostra BJ-55, obtida em dia nublado com chuviscos ocasionais, esta também ultrapassou o LT. O controle da poeira na britagem é realizado por meio de bicos aspersores de água posicionados antes e após a britagem para umedecimento da rocha. Esse processo de aspersão de água não é contínuo, e o acionamento do sistema é realizado pelo operador do britador que segue seu próprio julgamento pessoal, e também porque o excesso de água gera uma lama que impregna a correia transportadora e dificulta a sua movimentação.

CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES

O estudo realizado permitiu avaliar as concentrações de poeira respirável contendo sílica cristalina em algumas operações do processo produtivo de brita.

Os resultados das concentrações de sílica cristalina obtidos apresentam fortes evidências de que o ambiente de trabalho é inadequado para os trabalhadores, com exceção do ambiente da cabina da pá carregadeira.

No cenário no qual o estudo foi realizado, o risco ocupacional à poeira respirável que contém sílica cristalina, é considerado inaceitável no sentido de ser inconsistente com as definições, apresentadas neste texto, sobre o limite de exposição. No entanto, isso não significa que todos que ficarem expostos acima do limite de exposição necessariamente ficarão doentes. Do mesmo modo, não significa que todos que ficarem expostos abaixo do limite de exposição estão seguros e isentos de quaisquer efeitos adversos à saúde.

Os limites de exposição, além das limitações apontadas anteriormente, em geral não consideram a exposição aos vários agentes que ocorrem simultaneamente no ambiente de trabalho, sejam eles físicos, químicos, biológicos, psicossociais ou ergonômicos, hábito de fumar, tratamentos medicamentosos, ingestão de bebida alcoólica, fatores genéticos e estados nutricionais. Em decorrência dessas limitações, a suscetibilidade individual à exposição profissional pode ser alterada, e com isso advirem outros tipos de efeitos (aditivos, sinérgicos, potencializadores, independentes ou antagônicos). Conseqüentemente, os resultados de controles médicos podem variar consideravelmente entre pessoas expostas às mesmas concentrações. No entanto, ainda não é possível avaliar cientificamente a exposição do trabalhador em um ambiente de trabalho com todas as suas inter-relações. Por isso a participação dos trabalhadores, com seus diferentes valores de julgamento, tornam o processo de avaliação do risco mais eficaz a fim de se definir qual é o nível de aceitabilidade possível.

Não basta apenas o enfoque técnico na avaliação dos riscos, é preciso também a sensibilização e negociação de todas as partes envolvidas e interessadas. Ainda que o próprio trabalhador considere que a pior condição à saúde e segurança é deixar de ser trabalhador, há de se ponderar que deve caber também a este o direito à participação e à informação sobre as possíveis conseqüências de sua exposição a fim de que possa incorporar sua percepção ao processo de decisão dos riscos.

Sob o aspecto da justiça social, é inaceitável o sofrimento humano decorrente do trabalho. Além disso, há consideráveis perdas econômicas e financeiras para a Previdência Social, relativas a auxílios doença, invalidez e pensões. Todas essas conseqüências adversas, que são economicamente custosas tanto para o empregador como para a sociedade em geral, podem ser evitadas através da promoção e implementação de medidas preventivas eficientes, integradas com outros programas preventivos de riscos para saúde e segurança do trabalho, de manutenção dos equipamentos, incluindo a melhoria contínua.

Considerações sobre as medidas de controle

As medidas de controle de engenharia observados para redução da poeira na pedreira consistem em métodos de umedecimento e de ventilação local exaustora na perfuração primária da rocha, aspersão de água diretamente sobre as rochas na britagem e nas vias de transporte, e enclausuramento (cabina com ar condicionado) nas máquinas de carregamento e caminhões de transporte.

Um dos meios prevaletentes na redução da poeira na mineração a céu aberto é a aspersão de água. A redução da geração e dispersão da poeira ao longo das vias de transporte é promovida pela aplicação direta da água sobre o leito por meio de caminhão-tanque. No entanto, a aplicação excessiva da água pode deixar o leito escorregadio e também provocar erosão. Porém, a aspersão com água promove um efeito positivo temporário apenas, pois quando a água evapora, transforma o acesso em fonte secundária de geração de poeira.

Conforme evidenciado no resultado da concentração de poeira obtida junto ao operador do britador, apresentado nas tabelas 2 e 3, o processo de umedecimento através de bicos aspersores mostrou-se ineficiente para o controle da poeira na fração respirável.

Uma das tecnologias aplicadas para redução da exposição à poeira na lavra de brita consiste na perfuração a úmido, que surgiu nos países desenvolvidos durante a primeira metade do século passado. No entanto, o que comumente ocorre, e também foi observado, é que esses dispositivos de controle são ineficientes porque estão em condições inadequadas de operação por ausência de programa de manutenção preventivo e/ou por falhas de procedimentos operacionais. Na perfuração a úmido, o sistema de injeção de água deve ser balanceado de forma a não entupir os furos com a lama formada devido o excesso de água, nem ser ineficiente pela falta de água. Até mesmo em condições atmosféricas apresentando chuviscos ocasionais, as perfuratrizes providas de sistema de umidificação mostraram-se ineficientes, proporcionando concentrações de poeira respirável acima dos limites de exposição.

Quanto às atividades de movimentação e transporte, a cabina com ar condicionado mostrou ser a medida tecnológica de controle mais eficiente. É importante frisar que as medições foram feitas em máquinas novas, com uma semana de uso. A implantação de um programa de manutenção mecânica preventiva, associado a um programa de monitoramento periódico da poeira, irá assegurar a conservação das condições originais. A atividade mineira tem investido em técnicas de alta eficiência na exploração de recursos minerais, no entanto, a tecnologia para o controle da poeira não tem sido aplicada na mesma intensidade. Assim, ainda há muito por fazer para diminuir esta defasagem. A forma mais barata ou mais conveniente ainda é a utilização de EPI, ou seja, uma medida de uso pessoal. Observou-se que os trabalhadores da área produtiva da pedreira usavam respirador purificador de ar do tipo peça semifacial filtrante para partículas (PFF2), da marca 3M, modelo 8822, recomendável para nível de exposição até dez vezes o LT. Porém, a proteção respiratória não deveria valer-se deste método para a prevenção da exposição. O uso de respiradores como medida de controle pessoal, é recomendado quando as técnicas de controle de engenharia (enclausuramento, ventilação, umidificação) não forem viáveis, ou enquanto estão ainda sendo implantadas (conforme NR-6). Como último recurso, ou para operações temporárias ou esporádicas realizadas para manutenção, ou quando outras medidas de prevenção primária não são factíveis, então a proteção respiratória pode ser empregada, sendo de fundamental importância a sua qualidade, eficiência, adaptação ao rosto do trabalhador, e também a manutenção adequada e periódica. Se forem seguidos *ipsis literis* e aplicadas na íntegra todas as recomendações e procedimentos operacionais descritos no Programa de Proteção Respiratória, pode-se conseguir uma redução da concentração de poeira inalada da ordem de até dez vezes (Torloni, 2002). Ainda assim, na perfuração secundária utilizando o martetele pneumático manual, as concentrações resultantes com o uso de EPI estariam muito próximas do LT, evidenciando que esse tipo de equipamento é inadequado. A utilização de respirador como equipamento de proteção respiratória é uma medida paliativa, impondo restrições individuais, por vezes desconfortáveis, e com eficiência questionável, pois depende fundamentalmente do comportamento individual para o uso correto desse equipamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST. **2003 Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BEIs)**. São Paulo: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais, 2003.
- ARCURI, A.S.A.; CARDOSO, L.M.N. Limite de tolerância?. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, São Paulo, v.19, n.74, p.99-106, 1991.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **O universo da mineração brasileira – 2000**. Brasília, 2000a. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/univmi00.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2002.
- _____. Ministério de Minas e Energia. Departamento Nacional da Produção Mineral. **Sumário mineral brasileiro 2002**. Brasília, 2002b. Disponível em: <<http://www.dnpm.gov.br/sm2002.html>>. Acesso em: 2 mar. 2003.
- _____. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria 3214 de Jul. 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho. NR 15 atividades e operações insalubres**. Brasília, 1978. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/Temas/SegSau/Legislacao/Normas/Default.asp>>. Acesso em: 21 ago. 2002.
- BRIEF, R.S.; SCALA, R.A. Occupational exposure limits for novel work schedules. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Chicago, v.36, p.467-469, 1975.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTE. **Guide to occupational health and safety management systems - BS 8800**. London, 1996.
- CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. **Risk assessment: guideline for decision-makers CAN/CSA-850-97**. Etobicoke, 1997.
- CASTRANOVA, V. et al. Enhanced pulmonary response to the inhalation of freshly fractured silica as compared with aged dust exposure. **Applied and Occupational Environmental Hygiene**, New York, v.7, n.11, p.937-941, July 1996.
- COELHO, J.M. **The mining of aggregates in the metropolitan region of São Paulo**. London: International Institute for Environment and Development, 2001. (Report, n.121). Disponível em: <http://www.iied.org/mmsd_pdfs/121_coelho.pdf> Acesso em: 23 jul. 2002.
- CUCHIERATO, G. **Caracterização tecnológica de resíduos da mineração de agregados da região metropolitana de São Paulo (RMSP), visando seu aproveitamento econômico**. 2000. 201 p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. São Paulo.
- ESTADOS UNIDOS DA AMÉRICA. Department of Health and Human Services. National Institute for Occupational Safety and Health. **NIOSH Hazard Review Health Effects of occupational exposure to respirable crystalline silica**. Cincinnati, 2002.
- FÁBRICA DE AÇO PAULISTA. **Manual de britagem**. 5. ed. São Paulo: FAÇO, 1994.

FERREIRA, A.B.H. **Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1986. 1.838 p.

FUNDAÇÃO SISTEMA ESTADUAL DE ANÁLISE DE DADOS. **Número de municípios e de áreas de exploração mineral do grupo da construção civil, segundo unidades de gerenciamento de recursos hídricos**. São Paulo, 1999, disponível em: <<http://www.seade.gov.br/titabpv98/mam/ANU2000/mam200004.htm>>. Acesso em: 23 jul. 2002.

HAWKINS, N.C.; NORWOOD, S.K.; ROCK, J.C. (Ed.) **A strategy for occupational exposure assessment**. Fairfax: American Industrial Hygiene Association, 1991. 179 p.

HEARL, F.J. Mixture formula justified. **American Industrial Hygiene Association Journal**. Morgantown, v.57, n.6, p. 574-575, Jun. 1996.

KITAMURA, S.; BAGATIN, E.; CAPITANI, E.M. Toxicologia da sílica. **Jornal de Pneumologia**, São Paulo, vol.4, n.22, p.185-193, jul./ago. 1996.

LIOY, P.J.; LIPPMANN, M.; PHALEN, R.F. **Rationale for particle size-selective air sampling**. Cincinnati: ACGIH, 1985. Cap. 2, p.7-14: Particle size-selective sampling in the workplace. (Report of the ACGIH technical committee on air sampling procedures).

PATTERSON, R.E. Silica. In: KIRK-OTHMER **Encyclopedia of chemical technology**. 4.ed. New York: John Wiley & Sons, 1997. v.21. p.977-1005.

PAUSTENBACH, D.J. Updating OSHA's permissible exposure limits: putting politics aside. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Morgantown, v.58, n.12, p.845-849, Dec. 1997.

SAAD, I.F.S.D.; GIAMPAOLI, E. **Programa de prevenção de riscos ambientais – NR-9 comentada**. Campinas: Digital Graph, 1999. 48 p.

VALLYATHAN, V.; SHI, X. The role of oxygen free radicals in occupational and environmental lung diseases. **Environmental Health Perspectives**, Research Triangle Park, v.105, p.165-177, Feb.1997. Supplement 1.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PMI/001 - Características Geométricas da Escavação Mecânica em Mineração: Exemplo de Escavadora de Caçamba de Arraste - ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/002 - Prospecção Geoquímica Experimental na Ocorrência de Ouro Tapera Grande - PAULO BELJAVSKIS, HELMUT BORN
- BT/PMI/003 - Estudo de Processo de Dupla Flotação visando o Beneficiamento do Minério Carbonático de Fosfato de Jacupiranga - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/004 - Desenvolvimento de um Equipamento Não-Convencional em Beneficiamento Mineral: A Célula Serrana de Flotação Pneumática - RICARDO NEVES DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/005 - Ajuste de Modelos Empíricos de Operação de Ciclones - HOMERO DELBONI JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/006 - Contribuição ao Estudo dos Explosivos Permissíveis - AMILTON DOS SANTOS ALMEIDA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/007 - Contribuição ao Dimensionamento de Pilares em Minas Subterrâneas de Manganês - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/008 - Exploração Mineral: Conceitos e Papel do Estado - LUIZ AUGUSTO MILANI MARTINS, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/009 - Otimização do Projeto de Pátios de Homogeneização através do Método da Simulação Condicional - FLAVIO MOREIRA FERREIRA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/010 - Considerações Gerais sobre Desmonte de Rocha: Análise de Custo - Índice de Produtividade e Otimização da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE SILVA, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/011 - Aglomeração de Rejeitos de Fabricação de Brita para sua Reciclagem - ARTHUR PINTO CHAVES, BRADDLEY PAUL
- BT/PMI/012 - Método de Dimensionamento de Peneiras para a Classificação Granulométrica de Rochas ou Minérios - FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/013 - Processo de Beneficiamento para Obtenção de uma Carga Mineral Nobre a partir do Fosfogesso - WALTER VALERY JUNIOR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/014 - Estudo da Carboxi-Metil-Celulose como Aglomerante para Pelotização - JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/015 - A Influência do Amido de Milho na Eficiência de Separação Apatita/Minerais de Ganga Via Processo Serrana - LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/016 - Beneficiamento de Criolita Natural - Estado da Arte - HENRIQUE KAHN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/017 - Estudo da Variação do Índice Energético Específico - W_i , segundo a Granulometria do Ensaio, Obtida através de um Moinho de Bolas Padrão, em Circuito Fechado - MARIO SHIRO YAMAMOTO, FERNANDO AMOS SIRIANI
- BT/PMI/018 - Fluorita - FERNANDO FUJIMURA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/019 - O Aproveitamento de Recursos Minerais: Uma Proposta de Abordagem a Nível Nacional - CELSO PINTO FERRAZ, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/020 - Comparação de duas Metodologias - A de Bieniawski e a de Panek, para Dimensionamento de Tirantes em Galerias Subterrâneas de Seção Retangular em Camadas Estratificadas - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/021 - Caracterização de Maciços Rochosos através de Envolvimentos de Resistência por Tratamento Estatístico utilizando Dados de Laboratório do IPT Simulando Condições Geotécnicas do Maciço - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/022 - Avaliação de Impactos Ambientais na Mineração de Combustíveis Fósseis Sólidos - GILDA CARNEIRO FERREIRA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/023 - O Lado Nocivo do Elemento Quartzo no Desgaste Abrasivo de Mandíbula de Britadores - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/024 - Conceitos Básicos de Iluminação de Minas Subterrâneas - SÉRGIO MEDICI DE ESTON, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/025 - Sistema Computadorizado para Ajuste de Balanço de Massas e Metalúrgico - ANTONIO CARLOS NUNES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/026 - Caracterização Mineralógica/Tecnológica das Apatitas de alguns Depósitos Brasileiros de Fosfato - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN
- BT/PMI/027 - Classificação de Maciços quanto à Escarificabilidade - GUILHERME DE REZENDE TAMMERIK, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, LINDOLFO SOARES

- BT/PMI/028 - Análise Comparativa de Métodos de Amostragem de Depósitos Auríferos - FÁBIO AUGUSTO DA SILVA
SALVADOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/029 - Avaliação da Qualidade de Corpos Moedores para o Minério Fosfático de Tapira - MG - GERALDO DA SILVA MAIA,
JOSÉ RENATO B. DE LIMA
- BT/PMI/030 - Contribuição ao Estudo da Cominação Inicial à Partir da Malha de Perfuração - MARCO ANTONIO REZENDE
SILVA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/031 - Análises Químicas na Engenharia Mineral - GIULIANA RATTI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/032 - Usos Industriais da Atapulga de Guadalupe (PI) - SALVADOR LUIZ MATOS DE ALMEIDA, ARTHUR PINTO
CHAVES
- BT/PMI/033 - Minerais Associados às Apatitas: Análise de sua Influência na Produção de Ácido Fosfórico e Fertilizantes
Fosfatados - ROBERTO MATTIOLI SILVA, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/034 - Beneficiamento dos Caulins do Rio Capim e do Jari - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/035 - Dimensionamento de Suportes em Vias Subterrâneas - LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA, WILDOR THEODORO
HENNIES
- BT/PMI/036 - Estudos da Modelagem Matemática da Moagem com Seixos para Talco de Diversas Procedências - MARIO
VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/037 - Mecânica de Rochas Aplicada ao Dimensionamento do Sistema de Atirantamento em Minas Subterrâneas -
LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO
- BT/PMI/038 - Geometria de Minas a Céu Aberto: Fator Crítico de Sucesso da Indústria Mineral - FÁBIO JOSÉ PRATI, ANTÔNIO
JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/039 - Substituição do Aço por Polímero e Compósitos na Indústria Automobilística do Brasil: Determinantes e
Consequências para o Mercado de Minério de Ferro - WILSON TRIGUEIRO DE SOUSA, EDUARDO CAMILHER
DAMASCENO, ANTONIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/040 - Aplicação de uma Metodologia que Simule em Moinho de Laboratório Operações Contínuas de Moagem com Seixos
para Talco - REGINA COELI CASSERES CARRISSO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/041 - A Indústria Extrativa de Rochas Ornamentais no Ceará - FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO
STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/042 - A Produção de Fosfato no Brasil: Uma Apreciação Histórica das Condicionantes Envolvidas - GILDO DE A. DE SÁ
C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/043 - Flotação em Coluna - Estado de Arte - JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO SALIES LEAL FILHO
- BT/PMI/044 - Purificação de Talco do Paraná por Flotação e Alvejamento Químico - IVAN FALCÃO PONTES, LAURINDO
SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/045 - Pequena Empresa - A Base para o Desenvolvimento da Mineração - GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO
CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/046 - Máquinas de Flotação - ROGÉRIO CONTATO GUIMARÃES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/047 - Aspectos Tecnológicos do Beneficiamento do Carvão de Candiota (RS) - ANTONIO RODRIGUES DE CAMPOS,
ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/048 - Efeito das Dimensões de Provetas no Dimensionamento de Espessadores - ELDON AZEVEDO MASINI, ARTHUR
PINTO CHAVES
- BT/PMI/049 - Água no Processamento Mineral - RODICA MARIA TEODORESCU SCARLAT, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/050 - Drenagens Ácidas do Estéril Piiritoso da Mina de Urânio de Poços de Caldas: Interpretação e Implicações Ambientais
- VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/051 - "Caracterização Tecnológica de Minérios Auríferos. Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Jazida de
Salamangone, AP." - MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/052 - Ensino de Engenharia de Minas - WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/053 - Redistribuição de Tensões e Desenvolvimento da Zona Clástica em Túneis Circulares - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/054 - Projeto de Barragem para Reservação de Mistos de Minerais Pesados Rejeitados pelo Beneficiamento de Cassiterita
na Mina do Pitinga - MARCELO PIMENTEL DE CARVALHO, EDER DE SILVIO, LINDOLFO DE SILVIO
- BT/PMI/055 - A Segurança e a Organização do Trabalho em uma Mineração Subterrânea de Carvão da Região de Criciúma - Santa
Catarina - DORIVAL BARREIROS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/056 - Diagnóstico de Lixiviação para Minérios de Ouro - VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/057 - O Estado da Arte em Tratamento de Minérios de Ouro - RONALDO DE MOREIRA HORTA, ARTHUR PINTO
CHAVES
- BT/PMI/058 - Vias Subterrâneas em Rocha - Escavação por Explosivos - WILDOR THEODORO HENNIES, LINEU AZUAGA
AYRES DA SILVA

- BT/PMI/059 - Aumento da Seletividade na Separação da Fluorita/Calcita/Barita/Apatita por Flotação. Jazida de Mato Preto - PR - MONICA SPECK CASSOLA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMC/060 - Desenvolvimento de Processo para Extração de Gálio do Licor de Bayer por Resinas de Troca-Iônica de Poli (Acrilamidoxima) - WALDEMARAVRITSCHER, LAURINODESALLES LEALFILHO
- BT/PMI/061 - Estudo de Aspectos Geomecânicos Aplicados ao Projeto de Minas Subterrâneas - EDUARDO CÉSAR SANSONE, LINEU A. AYRES DA SILVA
- BT/PMI/062 - Avaliação da Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo - OMAR YAZBEK BITAR, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/063 - Avaliação Técnica dos Processos de Cianetação/Adsorção da Mina de Fazenda Brasileiro - ÁUREA MARIA DIAS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/064 - A Nova Configuração da Indústria de Fertilizantes Fosfatados no Brasil - YARA KULAIF, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/065 - Estudos de Flotação em Coluna com Finos de Fosfato da Ultrafertil em Escala Piloto - JOSÉ PEDRO DO NASCIMENTO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/066 - Flotação da Apatita da Jazida de Tapira - MG - LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO- LUIZ A. F. BARROS, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/067 - Minerais Industriais: Conceituação, Importância e Inserção na Economia - FRANCISCO REGO CHAVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/068 - Atividades Micro-Sísmicas e a Ruptura de Rochas - FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/069 - Metodologia para Caracterização Tecnológica de Matérias Primas Minerais - LÍLIA MASCARENHAS SANT'AGOSTINO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/070 - Aplicação de Modelos Numéricos ao Projeto de Escavação por Explosivos de Túneis e Galerias - LUIZ CARLOS RUSILO, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/071 - O Estado da Arte da Cianetação de Minérios Auríferos - ROBERTO GOULART MADEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/072 - Revisão da Indústria Mineral de Titânio - ANTÔNIO HELENO DE OLIVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/073 - Sistematização de Casos de Instabilidades em Encostas Rochosas no Município de Santos, Através de Nova Metodologia de Avaliação de Estabilidade - NESTOR KENJI YOSHIKAWA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/074 - A Minero-Metalurgia e suas Ligações com a Geologia e suas Engenharias de Minas, Metalúrgica e Química - RICARDO ALVARES DE CAMPOS CORDEIRO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/075 - A Redução da Umidade de Minérios de Ferro com o Emprego de Microondas - FERNANDO LEOPOLDO VON KRÜGER, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/076 - Estimação de Parâmetros do Modelo Cinético de Moagem - CLÁUDIO FERNANDES, ANTÔNIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMC/077 - A Bauxita e a Indústria do Alumínio - JOSÉ CRUZ DO CARMO FLÔRES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMC/078 - Técnicas de Tratamento de Minérios para Reciclagem de Vidro - CLEUSA CRISTINA BUENO MARTHA DE SOUZA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/079 - Comparação entre Cylpebs e Bolas na Moagem Secundária da Samarco Mineração - JOAQUIM DONIZETTI DONDA, ANTONIO EDUARDO CLARK PERES
- BT/PMI/080 - Calcários Dolomíticos da Região de Ouro Preto para usos na Metalurgia e como Rochas Ornamentais - MARCÍLIO DIAS DE CARVALHO, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/081 - Estudo de Reoxidação e Redução de Ferro Contido em Caulins - ADÃO BENVINDO DA LUZ, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/082 - Recuperação do Gálio Existente no Licor de Bayer de Poços de Caldas por Flotação Iônica: Estudo dos Coletores - ANA MARGARIDA MALHEIRO SANSÃO, LAURINDO DE SALLES LEAL
- BT/PMI/083 - Contribuição ao Conhecimento de Argilas de Cuba - GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/084 - Determinação da Rugosidade da Superfície de Descontinuidades Rochosas - JOSÉ MARGARIDA DA SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/085 - Serragens de Granitos para Fins Ornamentais - ANTONIO STELLIN JR
- BT/PMI/086 - Evolução Magmática e Modelo Metalogenético dos Granitos Mineralizados da Região de Pitinga, Amazonas, Brasil - SARA LAIS RAHAL LENHARO, HELMUT BORN
- BT/PMI/087 - Considerações sobre o Dimensionamento de Equipamentos de Carga e Transporte em Mineração a Céu Aberto - IESO DO COUTO COUTINHO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI

- BT/PMI/088 – Tratamento do Minério de Transição de Cobre e Ouro de Igarapé Bahia, Carajás, PA – DACILDO RODRIGUES DE SOUZA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/089 – Variáveis que Interferem nos Problemas Ambientais Gerados Durante os Desmontes de Rochas – VALDIR COSTA E SILVA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/090 – Caracterização Mineralógica do Minério de Cobre e Ouro Secundário de Igarapé Bahia – LUIS RODRIGUES ARMÔA GARCIA, PAULO ROBERTO GOMES BRANDÃO
- BT/PMI/091 – O Topázio na Região de Ouro Preto: Minas do Vermelho e Capão do Lana – JAIR MAZON JÚNIOR, HELMUT BORN
- BT/PMI/092 – A Mineralização Aurífera de Fazenda Brasileiro – BA Aspectos Geológicos e Planejamento de Lavra – MARCO ANTONIO DE MORAES SILVA, HELMUT BORN
- BT/PMI/093 – Estudo dos Mecanismos de Adsorção em Meio Ácido dos Metais Chumbo e Zinco em uma Turfa de Jaconé – RJ – MARIA DIONÍSIA COSTA DOS SANTOS, LAURINDO DE SALLES LEAL
- BT/PMI/094 – Cartografia de Riscos Geológicos Associados a Escorregamentos no Município de Embu – RMSP – CÉLIA MARIA GARIBLADI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/095 – Revisão da Teoria para Projeto de Taludes Heterogêneos em Minas a Céu Aberto – FLÁVIO MOREIRA FERREIRA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/096 – Estratégias para Remediação de um Sítio Contaminada por Metais Pesados: Estudo de Caso – JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAUJO DOS ANJOS, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/097 – Estudo dos Elementos Abrasivos de Fios Diamantados para a Lavra de Granitos do Ceará – FRANCISCO WILSON HOLLANDA VIDAL, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/098 – Caracterização Mineralógica do Depósito de Terras no Complexo Alcalino – Carbonatítico de Barra do Itapirapuã (SP/PR) – Área de Detalhe I – Maria de Lourdes Lorenzi, Henrique Kahn
- BT/PMI/099 – Considerações sobre a Seleção de Equipamentos para o Transporte de Minérios – ALEXANDRE DE SANT'ANNA, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/100 – Desgaste Abrasivo em Britadores de Mandíbulas – NILSON MAR BARTALINI, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/101 – Viabilidade do Emprego de Finos de Basalto em Concreto Compactado a Rolo – KLEBER DA SILVA MENDES, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/102 – Sistema Especialista para o Processamento de Minérios de Ouro – VANESSA DE MACEDO TORRES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/103 – Desenvolvimento de Eletrodos de Pasta de Carbono Modificados com a Resina Poliamidoxima (ES-346) para a Determinação Potenciométrica de Gálio – MARCO ROGÉRIO BARRIOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/104 – Desenvolvimento de Processo para o Aproveitamento do Feldspato Contido em Finos de Pedreira de Nefelina Sienito – PAULO FERNANDO ALMEIDA BRAGA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/105 – Os Recursos Minerais e a Economia Internacional: Uma Reavaliação das Teorias – FRANCISCO REGO CHEVES FERNANDES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/106 – Importância dos Aspectos Geológico-Geotécnicos em Obras Implantadas na Serra do Mar – Uma Metodologia de Manutenção Preventiva – ORIOVALDO CUNHA MARTINEZ, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/107 – Lixiviação e Adsorção em Fazenda Brasileiro – CVRD: Uma Questão de Produtividade – ÁUREA MARIA DIAS GOMES, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/108 – Análise Quantitativas por Difração de Raios-X em Engenharia Mineral – Aplicação dos Métodos de Rietveld e do Padrão Interno – GABRIELA CAMPOS FRONZAGLIA, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/109 – Avaliação das Principais Causas de Acidentes em Barragens de Contenção de Rejeitos Devido a Fatores Geológicos e Geotécnicos – FERNANDO IVAN VÁSQUEZ ARNEZ, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/110 – Problemas Relacionados a Tensões Naturais Durante a Lavra de Rochas Ornamentais – HUGO ANTONIO MERCONCHINI VEGA, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/111 – Sistemas de Classificação na Análise da Estabilidade de Taludes em Maciços Brandos – ANDREA CRISTINA Y. DE MATTOS, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/112 – Metodologia para Amostragem de Material Particulado em Suspensão (MPS) – IVO TORRES DE ALMEIDA, SERGIO MEDICI DE ESTON
- BT/PMI/113 – Viabilização da Recuperação de Ouro de Minério Primário por Lixiviação em Pilha Mediante o uso de Britadores não Convencionais: Um Estudo de Caso: O Minério Primário da Mina de Almas-Paiol, TO – SALOMÃO SOLINO EVELIN, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/114 – Aplicação de Aditivos Químicos à Filtragem de Polpas de Minerais – LUIZ GUSTAVO ESTEVES PEREIRA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/115 – Proposta de Gerenciamento Ambiental de uma Área Degradada nos Municípios de Mauá e Ribeirão Pires – Região Metropolitana de São Paulo – ÁLVARO GUTIERREZ LOPEZ, LUIZ ENRIQUE SÁNCHEZ

- BT/PMI/116 – Experiência de Gerenciamento da Reforma e Adequação de um Moinho de Bolas de 4000 HP para nova Aplicação – AROLDO DUTRA GARCIA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/117 – Efeitos da Viscosidade no Processo de Deslamagem com Microciclones em Polpa Não-Newtoniana de Rocha Fosfática – MARIO VALENTE POSSA, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/118 – Caracterização Tecnológica de Depósitos de Cromita da Província de Camagüey, República de Cuba – JULIÁN ANDRÉS MÉNDEZ GARCÉS, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/119 – Garimpo de Ouro no Brasil: Desafios da Legalização – MARIA LAURA TAVEIRA DA MOTA GERALDES DE CARVALHO BARRETO, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/120 – Contribuição ao Projeto de Reatores de Ácido Fosfórico para Processamento de Concentrados Apatíticos Brasileiros – ROBERTO MATTIOLI SILVA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/121 – Lixiviação em Pilhas de Minérios Oxidados de Cobre – GEYSA SANTOS DE PONTES PEREIRA, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMI/122 – Produção de Agregado como Alternativa para Produtores de Corretivo de Solo da Grande Curitiba – PLÍNIO CRISTIANO CAMBOIM DE OLIVEIRA, ANTÔNIO JOSÉ NAGLE
- BT/PMI/123 – A Competitividade da Mineração Nacional com Ênfase no Minério de Ferro – GILSON EZEQUIEL FERREIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/124 – Aplicação de Turfa na Recuperação de Solos de Degradados pela Mineração de Areia – JOSÉ GUILHERME FRANCHI, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/125 – Aproveitamento de Materiais Fosfáticos Marginais para a Produção de Fertilizantes Organo-Fosfatados – CARLOS ALBERTO IKEDA OBA, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/126 – Abordagem Participativa na Gestão de Recursos Minerais – CARLOS C. PEITER, ROBERTO C. VILLAS BÔAS
- BT/PMI/127 – A Importância dos Condicionantes Geológicos-Geotécnicos na Recuperação de Áreas Degradadas por Lavra de Minas a Céu Aberto – RICARDO DEGUTI DE BARROS SILVA, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/128 – Determinação de Indicadores de Impactos Ambientais Cumulativos Decorrentes da Mineração de Areia no Vale do Paraíba Através de Geoprocessamento – EDER LUIZ SANTO, LUIS HENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/129 – Tecnologia de Corte de Rocha Ornamental com Fio Helicoidal – FERNANDO FUJIMURA, ANTONIO STELLIN JUNIOR
- BT/PMI/130 – Diagnóstico da Degradação do Meio Físico e Proposição de Medidas de Recuperação em Áreas de Mineração Abandonadas na Bacia do Guarapiranga, Região Metropolitana de São Paulo – MARIA MARTA TEIXEIRA VASCONCELOS, LUIS ENRIQUE SANCHEZ
- BT/PMI/131 – A Integração Competitiva do Setor Mineral Brasileiro no Cenário Internacional Estudo de Caso: O Setor de Aços Especiais Inoxidáveis – MANOEL RODRIGUES NEVES, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/132 – Contribuição à Implantação de um Novo Pólo de Fertilizantes no Nordeste do Brasil – GILDO DE ARAÚJO SÁ C. DE ALBUQUERQUE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/133 – Metodologia Construtiva do Poço de Produção da Mina Fazenda Brasileiro – LEONCIO TEÓFILO CARNERO CARNERO, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/134 – Aproveitamento de Finos Gerados nas Ferragens de Mármore e Granitos – IVAN FALCÃO PONTES, ANTÔNIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/135 – Aspectos Hidrodinâmicos na Flotação de Partículas Grossas – WENDEL JOHNSON RODRIGUES, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/136 – Aproveitamento de Rejeitos de Pedreiras de Santo Antônio de Pádua – RJ para Produção de Brita e Areia – SALVADOR LUIZ DE MATOS DE ALMEIDA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/137 – Análise Crítica do Desenvolvimento de Processos de Cianetação em Tanques Agitados – RINALDO PEDRO NARDI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/138 – A Utilização de Finos de Pedreira em Solo-Cimento Ensacado – EDILSON PISSATO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/139 – Dessulfuração de Finos de Carvão de Santa Catarina por Concentradores Centrífugos – ANTÔNIO RODRIGUES DE CAMPOS, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/140 – Estereoquímica de Polissacarídeos e sua Influência na Seletividade da Separação Apatita/Calcita por Flotação Aniônica Direta – JULIO CESAR GUEDES CORREIA, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/141 – Avaliação do Desempenho Ambiental – Proposta Metodológica e Diretrizes para Aplicação em Empreendimentos Cívicos e de Mineração – FRANCISCO NOGUEIRA DE JORGE, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/142 – Formação de Barreira Geoquímica para o Abatimento de Drenagens Ácidas de Estéril Piritoso – VICENTE PAULO DE SOUZA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/143 – Técnicas de Preparação de Areia para uso na Construção Civil – WILLIAM WHITAKER, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/144 – Inovação Tecnológica e Setores da Indústria: O Contexto da Indústria Extrativa e de Transformação Mineral – MARIA HELENA MACHADO ROCHA LIMA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO

- BT/PMI/145 – Determinação e Análise Estatística dos Índices Físicos de Pedras Ornamentais Brasileiras – ANTONIO STELLIN JUNIOR, EDUARDO CESAR SANSONE, MARIA RENATA MACHADO STELLIN
- BT/PMI/146 – Avaliação de Impacto Ambiental de Projetos de Mineração n Estado de São Paulo: A Etapa de Acompanhamento – ELVIRA GABRIELA C. S. DIAS, LUIS E. SÁNCHEZ
- BT/PMI/147 – Contribuição ao Estudo do Corte de Rochas por Jato D'Água Abrasivo – CARLOS TADEU LAUAND, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/148 – Competitividade na Exploração Mineral – Um Modelo de Avaliação – JOSÉ GUEDES DE ANDRADE, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/149 – Caracterização Tecnológica do Depósito de Terras Raras de Catalão I, GO. Áreas: Córrego do Garimpo e Lagoa Seca – MARIA MANUELA MAIA LÉ TASSINARI, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/150 – Contribuição ao Método de Determinação do Índice de Abrasividade de Bond (A. i.) à Luz de Outros Materiais Metálicos – JOSÉ BRUNO NETO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/151 – Fabricação de Termofosfato Utilizando Fosfogesso – REYNALDO ARBUE PINI, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/152 – Desenvolvimento de Tecnologia Eletrohidráulica Aplicada a Desmonte de Rochas em Áreas Urbanas – CARLOS MAGNO MUNIZ E SILVA, ANTONIO STELLIN JÚNIOR
- BT/PMI/153 – Novo Método de Caracterização Tecnológica para Cominuição de Minérios – ANA CAROLINA CHIEREGATI, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/154 – Desenvolvimento de Processo do Projeto Rocha Sã em Pitinga, AM – EDER DE SILVIO, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/155 – Aplicação dos Finos Gerados pela Produção de Pedras Britadas Graníticas no Concreto Pré-Misturado em Substituição às Areias Naturais – LIGIA NEVES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/156 – Técnica de Simulação Numérica de Escavação Subterrânea por Computador – MÁRCIO DELCHIARO NIEBLE, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/157 – Jato de Água Abrasivo para Corte e Gravação de Materiais Friáveis – WILDOR THEODORO HENNIES, CARLOS TADEU LAUAND, GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS
- BT/PMI/158 – Desativação de Empreendimentos Mineiros: Estratégias para Diminuir o Passivo Ambiental – JOSÉ BAPTISTA DE OLIVEIRA JÚNIOR, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/159 – Previsão de Desempenho do Circuito de Moagem SAG da MSF a Partir do Índice de Quebra – FERNANDO KARAM DELBIM, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/160 – A Poluição das Águas em Mineração de Calcário – MARCIA ADRIANI JORGE SIQUEIRA, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/161 – Aplicação de Métodos Computacionais no Planejamento para Extração de Rocha Ornamental em Maciços Rochosos – MARCELO FILIPOV, FERNANDO FUJIMURA
- BT/PMI/162 – Proposições para Investigação de Parâmetros Controladores da Contaminação do Subsolo e das Águas Subterrâneas – MARILDA TRESSOLDI, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/163 – Fundamentos Teóricos para a Análise dos Mercados de Matérias-Primas Minerais – YARA KULAIF, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/164 – Análise Comparativa do Desempenho de Ciclones com base em Simulações Prévias e Ensaios em Escala Industrial – FLÁVIO AUGUSTO PESCE STOROLLI, HOMERO DELBONI JR.
- BT/PMI/165 – Flotação de Gálio a Partir do Licor de Bayer – LUIZ PAULO BARBOSA RIBEIRO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/166 – Avaliação de Técnicas de Instrumentação para o Monitoramento de Deformações nas Escavações Subterrâneas – MOUSTAFA HAMZE GUILART, LINEU AZUAGA AYRES DA SILVA
- BT/PMI/167 – Aplicações do Mapa de ISO-Velocidades – WILSON SIGUEMASA IRAMINA, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/168 – Dureza Knoop em Rochas para Revestimento: Correlação com Desgaste Abrasivo – EDUARDO BRANDAU QUITETE, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/169 – Aplicação de Impelidores de Alta Eficiência na Indústria Mineral – SÉRGIO PETER HAUSER, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/170 – Recuperação de Partículas Minerais Finas e Ultrafinas de Cassiterita - PRISCILA CORREIA DE FIGUEIREDO, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/171 – Concentração de Minerais com Jigue Centrífugo Kelsey – JAIME HENRIQUE BARBOSA DA COSTA, HOMERO DELBONI JÚNIOR
- BT/PMI/172 – Caracterização Tecnológica do Carvão das Camadas Barro Branco e Bonito para Fins Energéticos na Região de Criciúma – SC – ROSIMERI VENÂNCIO REDIVO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/173 – Desenvolvimento de Processo para Produção de Gálio Metálico a Partir do Licor de Bayer da Companhia Brasileira de Alumínio – CBA – WALDEMAR AVRITSCHER, ELDON AZEVEDO MASINI

- BT/PMI/174 – A Influência de Aditivos Químicos na Moagem de Minério de Nióbio – MARCUS VINICIUS PELAI BENOTI, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/175 – Considerações Sobre o Aproveitamento dos Rejeitos de Produção do Carvão Catarinense – CLAUDIO BENETON ZILLI, ELDON AZEVEDO MANSINI
- BT/PMI/176 – Contabilidade Ambiental: Ensaio de Aplicação a uma Empresa Extrativa de Carvão Mineral – SERGIO BRUCHCHEN, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/177 – Análise de Parâmetros do Monitoramento Ambiental da Mina do Trevo – Siderópolis – SC – CLEUSA CREPALDI, SERGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/178 – Avaliação da Eficiência de uma Zona Alagadiça (Wetland) no Controle dos Metais Chumbo, Cádmio, Cobre e Zinco: O Caso da Metalurgia da Plumbum em Santo Amaro da Purificação/BA – JOSÉ ÂNGELO SEBASTIÃO ARAÚJO DOS ANJOS, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/179 – Caracterização Tecnológica de Produtos de Beneficiamento de Minério de Ni-Cu-Co de Fortaleza de Minas, MG – ELIANA SATIKO MANO, HENRIQUE KAHN
- BT/PMI/180 – A Importância dos Fatores Ambientais na Reutilização de Imóveis Industriais em São Paulo – ANNA CAROLINA MARQUES AYRES DA SILVA, LUIS ENRIQUE SÁNCHEZ
- BT/PMI/181 – Medições do Material Particulado em Chaminé e das Partículas Totais em Suspensão no Ar Ambiente: O Caso da Empresa Colominas – MARCOS BIANCHINI, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/182 – Implantação de Modelos de Gestão para a Segurança e Saúde no Trabalho Mineral – CRISTIANE QUEIROZ BARBEIRO LIMA, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/183 – Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho: Estudo de um Modelo Sistêmico para as Organizações do Setor Mineral – DORIVAL BARREIROS, SÉRGIO MÉDICI DE ESTON
- BT/PMI/184 – Contribuição ao Estudo de Ruptura de Taludes em Barragens de Contenção de Rejeitos Devido ao Desenvolvimento de Subpressões – GERSON RIBEIRO DE SOUZA JÚNIOR, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/185 – Estabilidade de Taludes: O Papel da Proteção Superficial – FÁBIO CANZIAN, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/186 – Utilização de uma Água Residuária da Extrusão de Alumínio na Neutralização de Efluentes Ácidos da Mineração de Carvão – JULIANO NATAL, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/187 – Aplicação da Realidade Virtual no Planejamento de Lavra – RICARDO CABRAL DE AZEVEDO, GIORGIO FRANCISCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/188 – Influência da Composição Química da Água no Desempenho da Flotação de Fluorita com Ácidos Graxos – VALMIR MACHADO, LAURINDO DE SALLES LEAL FILHO
- BT/PMI/189 – Retrospectiva Histórica, Diagnóstico e Possibilidades da Mineração de Carvão na Região de Criciúma – SALOMÃO ROMAN DA SILVEIRA, EDUARDO CAMILHER DAMASCENO
- BT/PMI/190 – Determinação e Análise Estatística de Propriedades Tecnológicas de Pedras Ornamentais Brasileiras – EDUARDO CÉSAR SANSONE, ANTONIO STELLIN JÚNIOR, MARIA RENATA STELLIN
- BT/PMI/191 – Avaliação do Emprego de Filito como Carga em Plastisol – ALCIDIO PINHEIRO RIBEIRO, LINDOLFO SOARES
- BT/PMI/192 – Considerações sobre o Aproveitamento dos Rejeitos de Produção do Carvão Catarinense – CLÁUDIO BENETON ZILLI, ELDON AZEVEDO MASINI
- BT/PMI/193 – Avaliação Econômica de Projetos de Mineração, Envolvendo Decisões de Investimento sob Condições de Incerteza – JORGE LUIZ FARIA GARCIA, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/194 – Planejamento de Serragem de Rochas Ornamentais – MARIA RENATA MACHADO STELLIN, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/195 – Interação do Software de Mineração com Sistemas ERP – RENATO MASTRELA, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/196 – Controle de Qualidade na Lavra em Minas de Calcário para Cimento – SÍLVIA LÊDA TORRES DE FARIAS, GIORGIO FRANCESCO CESARE DE TOMI
- BT/PMI/197 – Estudo Tecnológico de Materiais Industriais (Caulim) – Caso Cubano – NAELCIO GOMES DE CARVALHO, ARTHUR PINTO CHAVES
- BT/PMI/198 – Métodos de Corte de Rochas com Jato de Água Abrasivo – GUILLERMO RUPERTO MARTÍN CORTÉS, WILDOR THEODORO HENNIES
- BT/PMI/199 – Caracterização Tecnológica do Fosfogesso Gerado na Produção de Ácido Fosfórico – ROSANA MARIA DE MACEDO BORGES, JOSÉ RENATO BAPTISTA DE LIMA
- BT/PMI/200 – Estudo da Influência da Densidade de Partículas no Desempenho de Ciclone – RAMON LINSINI FINKIE, HOMERO DELBONI JUNIOR
- BT/PMI/201 – Caracterização Tecnológica do Quartzito Friável de Itutinga, MG, com Vista à Produção de Carbetos de Silício (SiC) – ARTHUR JARBAS CARDOSO DA SILVA, HENRIQUE KAHN

