

I-INTRODUÇÃO

Segundo pesquisas, a cerâmica exerce um papel fundamental para a economia do país. Sua participação no PIB (Produto Interno Bruto) está estimada em 1%. Isso corresponde a cerca de 6(seis) bilhões de dólares (ACCHAR, 2000). O país tem abundância em matérias-primas naturais, fontes alternativas de energia e disponibilidade de tecnologias práticas embutidas nos equipamentos industriais. Isso tem feito com que as indústrias brasileiras evoluíssem rapidamente e muitos tipos de produtos dos diversos segmentos cerâmicos atingissem nível de qualidade de excelência nesse ramo de empreendimento.

O setor industrial da cerâmica é muito diversificado. Divide-se nos seguintes segmentos: cerâmica vermelha, materiais de revestimento, materiais refratários, louça sanitária, isoladores elétricos de porcelana, louça de mesa, cerâmica artística (decorativa e utilitária), filtros cerâmicos de água para uso doméstico, cerâmica técnica e isolantes térmicos.

No nosso país, todos estes segmentos são encontrados, alguns mais desenvolvidos e com maior capacidade produtiva. Existem ainda fabricantes de matérias-primas sintéticas para cerâmica (alumina calcinada, alumina eletrofundida, carbeto de silício, entre outras), de vidrados e corantes, gesso, equipamento e alguns produtos químicos auxiliares.

Particularmente no setor de revestimentos cerâmicos há poucos estudos sobre o material particulado disperso no ar dos locais de trabalho. São restritas as informações sobre a composição química da poeira, o tamanho das partículas e a sua concentração no ar nas diferentes etapas dos processos de fabricação.

Por meio da avaliação ambiental, com métodos específicos de coleta e análise, podem ser obtidas informações sobre a presença ou não de partículas respiráveis de sílica cristalina na poeira. Os resultados são comparados com limites de exposição ocupacional que indicam as concentrações máximas permitidas para a exposição dos trabalhadores à poeira de sílica nos locais de trabalho. Dessa forma, pode-se definir o risco de silicose e determinar as medidas necessárias para o seu controle.

Este artigo foi elaborado com o objetivo de descrever e difundir a metodologia de avaliação ambiental preconizada pela higiene ocupacional para determinar a presença da sílica cristalina respirável originada pelo processamento das matérias

primas da indústria de materiais cerâmicos, relacionando com os padrões considerados de salubridade aplicados aos trabalhadores da indústria de cerâmicos.

A insalubridade e as doenças causadas por agentes químicos, ao lado das causadas pelo ruído ocupacional, ocupam lugar de destaque na prática industrial, sendo um dos maiores fatores etiológicos no desencadeamento das patologias laborais.

II-CLASSIFICAÇÃO DAS SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Segundo a norma NR-15(quinze) quanto aos produtos químicos, é necessário que se tenha em mente a classificação de tais substâncias adotada pela referida norma, conforme literatura específica estabelecida pela FUNDACENTRO:

Grupo I- Substâncias de ação generalizada sobre o organismo humano: correspondem aos agentes cujo efeito insalutífero depende da quantidade absorvida pelo organismo do trabalhador ao longo do tempo, representando a grande maioria das substâncias classificadas no anexo 11(onze) da NR-15(quinze)(limite de tolerância média aritmética ou ponderada);

Grupo II- Substâncias de ação generalizada sobre o organismo humano, com absorção também pela via cutânea: cujo mecanismo de introdução, além da via respiratória, pode se dar pela pele, correspondendo aos produtos a que o anexo 11(onze) se refere pela expressão “absorção também pela pele”;

Substâncias de efeitos extremamente rápidos: dizem respeito àqueles produtos cuja ação é imediata, resultando em prejuízo à saúde do trabalhador com exposição a pequenas doses. Correspondem à classificação dada pelo anexo 11(onze) aos produtos cuja insalubridade se define pelo valor teto;

Asfixiantes simples: correspondem àquelas substâncias cuja presença no ar, em determinadas concentrações, desloca o oxigênio ambiente. Para este caso, a norma exige a presença de um nível mínimo de oxigênio de 18%;

Poeiras minerais: são partículas sólidas, de reduzido tamanho, derivadas da ruptura mecânica de sólidos maiores ou abrasão de partes maiores de materiais, possuindo importância na origem das pneumoconioses, quanto menor a partícula, mais tempo ela ficará suspensa, e maior a chance ser inalada. São definidas no anexo 12(doze) da NR-15(quinze);

Substâncias Cancerígenas: são aquelas cuja introdução no organismo pode gerar a reprodução desordenada de células, resultando em câncer. São definidas nos anexos 13(treze) e 13-A da NR-15(quinze).

Diante das classificações dos tipos de agentes químicos descritos acima, os trabalhadores das indústrias de cerâmicos estão diariamente expostos as poeiras minerais.

Segundo a norma NR-15(quinze) do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) em seu anexo de nº 12(doze), as principais poeiras minerais que acometem os trabalhadores a doenças do trabalho são: o Asbesto, Manganês e seus compostos e a Sílica livre cristalizada.

Para a determinação da insalubridade em relação às poeiras minerais utiliza-se o critério quantitativo, sendo definido por meio de medição do agente químico presente no ambiente.

A coleta da poeira mineral no ambiente de trabalho por meio de metodologia própria, poderá ser instantânea ou contínua.

A amostragem instantânea, como o próprio nome já diz, quantifica momentos de concentração isolados no tempo (normalmente inferiores a cinco minutos), e separados entre si.

A amostragem contínua, por sua vez, é aquela que se estende por períodos longos de jornada de trabalho (normalmente superiores a 30(trinta) minutos), ou até mesmo sua totalidade.

A amostragem contínua, embora mais representativa da exposição, por se ocupar da quantificação de parte relevante ou de toda a jornada, apresenta o inconveniente de não precisar os pontos elevados de concentração mais altos, apresentando falhas na medição de picos de exposição.

Assim, quando a medição se destina à quantificação de valores máximos ou picos de altas concentrações, deverá ser utilizada a amostragem instantânea.

De acordo com o item 6 (seis), anexo 11(onze), da NR-15(quinze), a avaliação das concentrações dos agentes químicos por meio de método de amostragem

instantânea, de leitura direta ou não, deverá ser feita pelo menos 10(dez) amostragens, para cada ponto ao nível respiratório do trabalhador, sendo que entre cada uma das amostragens deverá haver um intervalo de, no mínimo, 20(vinte) minutos.

Veja-se que a NR-15(quinze) não prevê a amostragem contínua, fato que não invalida a medição feita por referido critério.

Para as amostragens de agentes químicos, são utilizados vários tipos de equipamentos, que podem ser classificados em aparelho de leitura direta (quando a medição da concentração do agente químico é feita pelo próprio aparelho sem necessidade de análise laboratorial posterior), e os aparelhos amostradores (que coletam material para posterior verificação em laboratório).

III-MATERIAIS PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

As exposições mais importantes à sílica cristalina são aquelas que ocorrem em ambientes com misturas de poeiras com variável conteúdo de sílica e que devem ser avaliadas pela coleta e análise da poeira.

Para caracterizar a presença da sílica cristalina na poeira dispersa nos ambientes de trabalho da indústria de revestimento cerâmico, as amostras ambientais devem ser coletadas com procedimentos padronizados, de forma a garantir a confiabilidade e reprodutibilidade dos resultados.

Para a determinação da poeira mineral e outros aerodispersóides, são utilizados os aparelhos amostradores, que utilizam com freqüência as bombas de amostragem, que promovem a passagem de vazão determinada de ar por filtro (instrumento de captação do agente).



Figura 1: Bomba programável de amostragem de poeira, marca Instrutemp

Os filtros utilizados para captação dos poluentes podem ser de vários tipos de materiais, sendo comumente acondicionado em unidades próprias, denominadas porta cassetes.

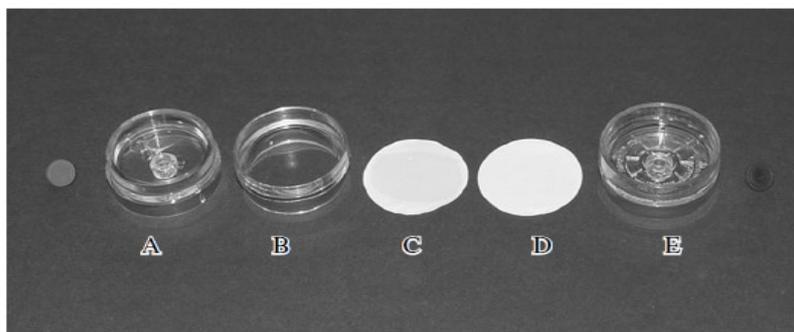


Figura 2. a) Porta-filtro de poliestireno aberto, composto pela tampa; b) anel central; c) filtro de membrana; d) suporte; e) base; e plugs de vedação²⁰.



Figura 3: Porta-Cassete, marca SKC

No caso de ser necessária a separação de partículas respiráveis em relação ao total de particulado coletado, pode ser utilizado um mini-ciclone acoplado ao equipamento, que seleciona as partículas que passam pelo filtro.



Figura 4: Miniciclone, marca SKC

Conforme o tipo de agente químico amostrado, também é comum a utilização como meio de captação de tubos contendo materiais adsorvente sólidos conectados

à bomba de amostragem (por exemplo: tubos de carvão ativado e sílica gel) como meio de retenção dos agentes químicos.

Muito importante nos diversos equipamentos de amostragem, é a sua calibração, que deve ser realizada por laboratórios idôneos e credenciados, o que pode ser efetivado por vários métodos, a serem citados pelo perito quando da realização do laudo.

As Normas NHO-07 e NBR 10562 descrevem os procedimentos de calibração primária das bombas de amostragem pelo método da bolha de sabão. Na atualidade, esses equipamentos funcionam eletronicamente com sistemas de correção do fluxo de ar, modificando a necessidade de certos procedimentos descritos nas normas de calibração em vigor. As bombas de coleta do ar apresentam mecanismos que permitem a compensação automática da perda de carga introduzida pela deposição da poeira sobre o filtro durante a coleta e outras alterações em função da pressão e temperatura atmosférica, mantendo a vazão constante e registrando esses valores. Isso torna desnecessária a aferição da vazão ao final da coleta da amostra e a introdução dos procedimentos de correção preconizados pelas normas citadas.

As amostras de poeira respirável podem ser obtidas de forma individual, com o equipamento de amostragem colocado no trabalhador, para se caracterizar a exposição em uma determinada função, ou com o equipamento posicionado em um ponto fixo da área de trabalho. A indicação de onde coletar a poeira, e se por meio de amostras individuais ou de área, vai depender do objetivo que se pretende alcançar com a avaliação ambiental, Leidel (1977).

IV-MÉTODO PARA AVALIAÇÃO AMBIENTAL

Segundo a NR-15 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), em seu anexo 12, o limite de tolerância expresso em milhões de partículas por decímetro cúbico, é dado pela seguinte fórmula:

$$L.T. = \frac{8,5}{\% \text{ quartzo} + 10} \text{ mppdc (milhões de partículas por decímetro cúbico)}$$

Esta fórmula é válida para amostras tomadas com “impactador” (*impinger*) no nível da zona respiratória e contadas pela técnica de campo claro. A percentagem de quartzo é a quantidade determinada através de amostras em suspensão aérea.

O limite de tolerância para poeira respirável, expresso em mg/m³, é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{L.T.} = \frac{8}{\% \text{ quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

Tanto a concentração como a percentagem do quartzo, para a aplicação deste limite, devem ser determinadas a partir da porção que passa por um seletor com as características do Quadro n.º 1

Quadro 1

Diâmetro (um) (esfera unitária)	Aerodinâmico de densidade	% de passagem pelo seletor
Menor ou igual a	2	90
	2,5	75
	3,5	50
	5,0	25
	10,0	0 (zero)

O limite de tolerância para poeira total (respirável e não - respirável), expresso em mg/m³, é dado pela seguinte fórmula:

$$\text{L.T.} = \frac{24}{\% \text{ quartzo} + 3} \text{ mg/m}^3$$

Sempre será entendido que "Quartzo" significa sílica livre cristalizada.

Os limites de tolerância fixados são válidos para jornadas de trabalho de até 48 (quarenta e oito) horas por semana, inclusive. Para jornadas de trabalho que excedem a 48 (quarenta e oito) horas semanais, os limites deverão ser deduzidos, sendo estes valores fixados pela autoridade competente.

Fica proibido o processo de trabalho de jateamento que utilize areia seca ou úmida como abrasivo.

As máquinas e ferramentas utilizadas nos processos de corte e acabamento de rochas ornamentais devem ser dotadas de sistema de umidificação capaz de minimizar ou eliminar a geração de poeira decorrente de seu funcionamento.

O limite de exposição ocupacional de referência técnica, recomendado atualmente pela ACGIH®(2006) para o quartzo e para a cristobalita é de 0,025mg/m³ (para jornadas de trabalho de 40 horas semanais).

Na utilização desse valor para julgamento do risco de exposição dos trabalhadores, em jornadas superiores a 8 horas diárias ou a 40 horas semanais, este tem de ser adequado proporcionalmente ao aumento do tempo de exposição e à redução do tempo de não exposição. O modelo matemático para essa adequação proposto por Brief e Scala (1975), referenciado e indicado pela ACGIH® com base em Paustenbach (2000), reduz o TLV proporcionalmente ao aumento do tempo de exposição e à redução do tempo de não exposição. Utiliza a equação 1 para derivação do fator de redução:

$$FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128} \quad (1)$$

Onde FR = fator de redução; 40 = jornada de trabalho de referência (horas); 168 = número de horas totais em uma semana (24 horas x 7 dias = 168); 128 = tempo de não exposição durante a semana(168 - 40 horas); e h = tempo da jornada real (horas).

O fator de redução tende à zero de forma não linear quando as horas de não exposição são próximas de zero e as horas de exposição próximas de 168.

A partir da aplicação do FR sobre o TLV da ACGIH (FR x TLV) obtém-se o valor do limite de exposição ocupacional ajustado para comparação com as

concentrações ambientais de sílica cristalina obtidas durante a jornada de trabalho avaliada.

V- CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de avaliação ambiental da sílica cristalina disponível no Brasil, baseada na norma regulamentadora de número 15 do Ministério do trabalho e Emprego deve ser aplicada pelas empresas para caracterizar a poeira nos processos de fabricação de produtos cerâmico com relação à presença da sílica cristalina. O método de coleta e análise aqui descrito permite estabelecer os níveis de exposição à poeira de sílica cristalina e orientar a necessidade da implantação de medidas para o seu controle nos ambientes de trabalho. Os resultados da metodologia descrita são comparáveis com os limites de exposição ocupacional existentes na referência técnica da ACGIH® até 2005 e com os estabelecidos pela legislação brasileira (NR-9 e NR-15), para verificação da conformidade legal dos ambientes de trabalho.

Para valores da ordem do atual limite de exposição ocupacional recomendado pela ACGIH®, os métodos de análise necessitam ser adaptados e validados. O método de avaliação pode, ainda, ser utilizado para oferecer parâmetros para o estabelecimento e acompanhamento da eficiência das medidas de engenharia para o controle da poeira, em um programa de monitoramento, buscando a melhoria contínua das condições de trabalho e dos processos industriais.

REFERÊNCIAS

ACCHAR, W. *Materiais cerâmicos: ciência e tecnologia*. Natal: EDUFRRN, 2000.

Tratado de Segurança e Saúde Ocupacional, vol III: aspectos técnicos e jurídicos: NR 13 a NR 15/ Alexandre Demetrius Pereira. – São Paulo: LTR, 2005, págs 271 a 282.

Segurança e Medicina do Trabalho, Normas Regulamentadoras- NR-1 a 33, editora Atlas, 60^o Edição.

http://portal.mte.gov.br/seg_sau/

<http://www.fundacentro.gov.br/>

Brief, R. S.; Scala, R. A. Occupational exposure limits for novel work schedules. **American Industrial Hygiene Association Journal**, Oakland,CA, v. 36, n. 6, p. 467-469, 1975. (Publicação encerrada 1970-2003).

Paustenbach, D. J. Pharmacokinetics and unusual work schedules. In: **Patty's industrial hygiene**, 5. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., v. 3, part. VI, law, regulation and management, cap. 40, p. 1787-1901, 2000.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH®. **2006 TLVs® and BEIs®**: Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati, 2006. 236 p. ISBN: 1-882417-62-3.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR-10562**: Calibração de vazão, pelo método da bolha de sabão, de bombas de baixa vazão utilizadas na avaliação de agentes químicos no ar. Rio de Janeiro, 1988. 10p.

FUNDACENTRO. **NHO- 07**: Calibração de bombas de coleta individual pelo método da bolha de sabão. Procedimento Técnico. São Paulo, 2002. 30 p. (Normas de higiene ocupacional).

Leidel, N. A.; Bush, K. A.; Lynch, J. R. **Occupational exposure sampling strategy manual**. Cincinnati: DHEW (NIOSH) Publication n. 73-173, 1977. 132 p.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho. Portaria n. 3214, de 08 de junho de 1978. Norma Regulamentadora n. 15: NR-15 - Atividades e operações insalúbres. In: **Manuais de Legislação Atlas – Segurança e Medicina do Trabalho**. 59a ed. São Paulo: Atlas, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. Portaria n. 25, de 29 de dezembro de 1994. Altera a Norma Regulamentadora n. 9 NR-9 - Riscos Ambientais. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 dez. 1994. (Republicada em 15 de fevereiro de 1995).

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH®. 2005 TLVs® e BEIs®: Limites de exposição ocupacional e índices biológicos de exposição. Tradução de Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais (ABHO®). São Paulo, 2005. 226 p. Título original: **2005 TLVs® and BEIs®**: Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. ISBN: 1-882417-58-5.

